

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI HAMMADDELERDEN ÜRETİLMİŞ
BALIK AĞLARINA UYGULANAN KİRLENMEYİ
ÖNLEYİCİ İŞLEMLERİN ETKİSİNİN
İNCELENMESİ

Korhan ŞEN

Haziran, 2019
İZMİR

**FARKLI HAMMADDELERDEN ÜRETİLMİŞ
BALIK AĞLARINA UYGULANAN KİRLENMEYİ
ÖNLEYİCİ İŞLEMLERİN ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

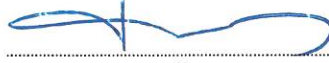
Korhan ŞEN

Haziran, 2019

İZMİR

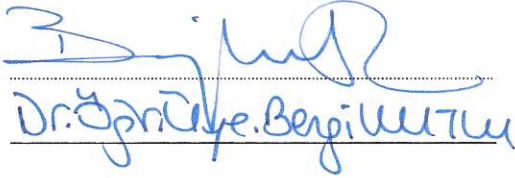
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

KORHAN ŞEN, tarafından DOÇ. DR. ÜMİT HALİS ERDOĞAN yönetiminde hazırlanan “FARKLI HAMMADDELERDEN ÜRETİLMİŞ BALIK AĞLARINA UYGULANAN KİRLENMEYİ ÖNLEYİCİ İŞLEMLERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

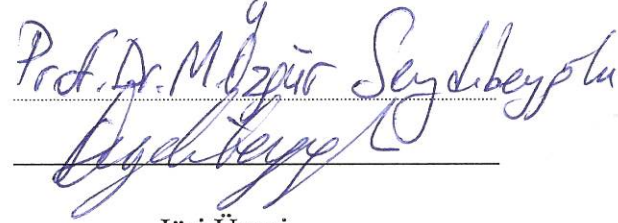


Doç. Dr. Ümit Halis ERDOĞAN

Yönetici



Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimden başlayarak, yüksek lisans tez ve proje çalışmalarım boyunca değerli deneyimleri ışığında yol aldığım ve ileri görüşüyle yenilikçi ve özgün konularda çalışmamı ve gelişmemi sağlayan, bilgisini paylaşmaktan kaçınmayan, sevgisini her daim hissettiğim saygı değer danışmanım Sayın Doç. Dr. Ümit Halis ERDOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gerek tez çalışmamda gerek hayatımın diğer bölümlerinde beni motive ederek bana yol gösteren, bilgisini ve tecrübesini her daim benimle paylaşan hocam Sayın Doç. Dr. Yasemin SEKİ'ye ve proje çalışmamda değerli fikirleri ve birikimiyle aydınlanma yoluma ışık tutan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Levent ÇAVAŞ'a teşekkür ederim.

Tez süresi boyunca yardımlarını ve tecrübelerini esirgemeyen her zaman fikir alabildiğim ve keyifli bir takım olarak güzel anılar biriktirdiğimiz Figen SELLİ ve Hicran DURAN'a ayrıca saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında sevgi ve sabırla her zaman yanımda olduğunu hissettiren, her zaman her anlamda desteklerini gördüğüm aileme ve sevgili arkadaşım Özgür DİKAY'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmamda 118M793 numaralı proje ile 1002 Hızlı Destek Programı kapsamında maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez kapsamındaki teknik desteklerinden dolayı Isparta Ege Balık Ağları, Çakır Balıkçılık ve Güven Balık'a ve Karaburun Ege Denizi'ndeki saha çalışması için Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma Genel Müdürlüğü ve Milli Parklar Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Korhan ŞEN

FARKLI HAMMADDELERDEN ÜRETİLMİŞ BALIK AĞLARINA UYGULANAN KİRLENMEYİ ÖNLEYİCİ İŞLEMLERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZ

Bu çalışmada kültür balıkçılığında kullanılan farklı hammaddeden üretilmiş ağların aynı kirlenmeyi önleyici (antifouling) boyalar ile işleme tabi tutulması ve daha sonra deniz ortamındaki denemeler ile kirlenme ve hammadde arasındaki ilişkinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan üç farklı hammaddeden üretilmiş kafes ağı ve bakır esaslı iki farklı antifouling boya üreticilerden temin edilmiştir. Ayrıca bakır içermeyen çevre dostu bir antifouling boya ise tarafımızdan laboratuvarında üretilerek denemelerde kullanılmıştır. Çalışmanın deneysel kısmında ilk olarak balık ağlarının hammadde analizleri ve yapısal analizleri (kumaş analizleri) gerçekleştirilmiştir. Daha sonra antifouling boyalar daldırma kaplama yöntemi ile ağlara uygulanarak, ağlar altı ay süre ile bir balık çiftliği yakınında saha çalışmasına bırakılmıştır. Bu dönem içerisinde periyodik olarak ağların fotoğrafları çekilerek zamana bağlı kirlenme düzeyleri gözlemlenmiştir. Saha çalışması sonrasında ağlar üzerinde biriken fouling incelenmiş, örnekler alınmış ve daha sonra ağlar temizlenmiştir. Ağların deniz denemesi öncesi ve sonrasında ağırlık ve mukavemet değişimleri de ayrıca incelenmiştir.

Çalışmada üç farklı hammaddeden üretilmiş kafes ağı yine üç farklı antifouling boya ile muamele edilerek kafes ağlarındaki kirlenmeye hem hammaddenin hem de antifouling boya tipinin etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak tarafımızdan üretilen çevre dostu antifouling boyanın tüm hammadde tiplerinde en az bakır içeren boyalar kadar etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca hammadde tipinin hiçbir boya için kirlenme mekanizması açısından önemli olmadığı görülmüş bununla birlikte hammadde tipinin antifouling boyasının % ağırlık değişiminde etkili olduğu ve ağ ağırlıklarını değiştirdiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların hem hammadde seçiminde ve antifouling boyalar konusunda üreticilere fikir vermesi hem de bu

alanda yapılacak ileriki araştırmalara yardımcı olması beklenmektedir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda, sürdürülebilir balık yetiştiriciliğinin sağlanması için evre dostu antifouling boyların kullanımı ve kullanılacak ağların hammaddeleri mukavemetli ve biyolojik kirlenmeyi minimize edecek özellikte olmasının esas alınması nerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kültür balıkılığı, kafes ağları, kirlenme, antifouling, tekstil hammaddeleri



INVESTIGATION THE EFFECTS OF ANTIFOULING PROCESS APPLIED ON FISH NETS PRODUCED FROM DIFFERENT RAW MATERIALS

ABSTRACT

In this study it is aimed to treat nets from various raw materials used in aqua culture with identical dyes and then determine the relationship between antifouling agent and raw materials via in situ experiments in the marine environment. For this purpose, the cage nets which are commonly used produced from three different raw materials and two different antifouling paints based on copper were supplied from the manufacturers. In addition, an environmentally friendly copper-free antifouling dye produced by us in the laboratory and used in the experiments. In the experimental part of the study raw material analysis and structural analysis (fabric analysis) of nets were carried out. Then, antifouling dyes were applied to the nets by dip plating method and the nets were immersed in the marine ecosystem nearby a fish farm for six months. During this period, the temporal fouling levels were observed periodically by taking photographs of the nets. After field study, the foulings accumulated on the nets were examined, samples were removed from the sea and then nets were cleaned. Changes in weight and strength of the nets before and after field study were also investigated.

In this study, the nets produced from three different raw materials were treated with three different antifouling dyes and the effects of both raw material and antifouling dye type on the fouling of the cage nets were determined. As a result, it is seen that the environmentally friendly antifouling paint produced by us is as effective as copper containing paints in all raw material types. In addition, it was found that the type of raw material was not significant for the temporal fouling levels for all dyes, however it was found that the type of raw material is effective in the add-on and causes change in the net weights.

The results are expected to inspire producers and lead to following studies about both choice of antifouling agents and raw materials. For sustainable aquaculture, the future studies should be predicated on the use of environmentally friendly antifouling agents and high strength raw materials for nets to decrease the biological fouling.

Keywords: Aquaculture, cage nets, fouling, antifouling, textile raw materials



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xii

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 Genel Bilgiler	1
1.2 Kültür Balıkçılığının Dünya ve Türkiye’deki Önemi	2
1.3 Kafes Balıkçılığının Geçmişi ve Kafeslerin Tarihsel Gelişimi	5
1.4 Kafes Sistemini Oluşturan Unsurlar	6
1.4.1 Ağ Materyalleri.....	6
1.4.2 Kafeslerde Kullanılan Tekstil Esaslı Ağ Materyalinin Kısımları.....	7
1.4.3 Kafeslerde Kullanılan Tekstil Esaslı Ağ Materyalinin Özellikleri.....	7
1.4.3.1 Tekstil Esaslı Ağ Materyalinde Kullanılan Lifler.....	7
1.4.3.2 Tekstil Esaslı Ağlarda Kullanılan Ağ Gözü Şekli, Genişliği ve Örgü Tipleri	9
1.5 Kafes Balıkçılığında Karşılaşılan Problemler	10
1.5.1 Kafes Ağlarındaki Kirlenme Sorunu	10
1.5.2 Kafes Ağlarındaki Ağırlık Artışına Bağlı Olarak Zaman İçerisindeki Deformasyon.....	11
1.6 Antifouling İşlem	12
1.6.1 Antifouling Boyaların Tarihsel Gelişimi	13
1.7 Araştırma Konusu ile İlgili Olarak Yapılmış Çalışmalar	15

BÖLÜM İKİ – MATERYAL VE METOT..... 20

2.1 Materyal.....	20
2.2 Metot	23
2.2.1 Kafes Ağlarının Yapısal Analizleri	24
2.2.1.1 Hammadde Analizi	24
2.2.1.2 Gramajlarının Hesaplanması.....	24
2.2.1.3 Göz Açıklıklarının Ölçümü.....	25
2.2.1.4 Kopma Mukavemetlerinin Ölçümü	25
2.2.1.5 Nem Alım Miktarının Ölçümü.....	26
2.2.2 Kafes Ağlarının Kirlenmeyi Önleyici Boyalar ile Muamele Edilmesi....	26
2.2.2.1 Antifouling Boya Aplikasyonu Sonrası % Ağırlık Artışının Hesaplanması	27
2.2.2.2 Boyama Sonrası Renk Değişimlerinin Analizi	27
2.2.2.3 Deniz Suyu Haslığı	28
2.2.3 Kafes Ağlarının Denize Yerleştirilmesi ve Belirli Aralıkları ile Kirlenme Durumlarının İncelenmesi.....	28
2.2.4 Kafes Ağlarının Kirlenme Analizleri, Ağırlık, Mukavemet Değişimlerinin İncelenmesi.....	30
2.2.5 Kafes Ağlarının Yüzey Özelliklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri ile İncelenmesi	30

BÖLÜM ÜÇ – SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ..... 31

3.1 Yapısal Analizler	31
3.2 Antifouling Boya Aplikasyonu Sonrası % Ağırlık Artışı Sonuçları	31
3.3 Kafes Ağlarının Nem İçeriği Sonuçları	32
3.4 Ağlarda Renk Değişimlerinin Değerlendirilmesi	32
3.5 Deniz Suyu Haslığı Test Sonuçları	33
3.6 Deniz Denemeleri Sonrası Ağlardaki Ağırlık ve Mukavemet Değişimleri. ...	35
3.7 Balık Ağlarının Belirli Sürelerdeki Kirlilik Düzeylerinin Tespiti	36

3.8 Denizden Çıkarılan Ağların Üzerindeki Makro fouling Organizmalar.....	39
3.9 Kafes Ağlarının SEM Görüntüleri	40
BÖLÜM DÖRT – SONUÇ VE ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR	47



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Türkiye’de yıllara göre su ürünleri üretimi.....	4
Şekil 1.2 Tekstil esaslı esnek ve rijit materyaller.....	6
Şekil 1.3 Balık yetiştiriciliğinde kullanılan ağ kafes platformu	7
Şekil 1.4 Yüksek yoğunluklu polietilen esaslı kafes ağlarından kurulu balık çiftliği..	8
Şekil 1.5 Ağ ipliğinin çalışma koşullarında etkilendiği faktörler	8
Şekil 1.6 Düğümlü ve düğümsüz ağ materyali	9
Şekil 1.7 Ağların örgü tipleri	9
Şekil 1.8 Kafes ağlarında meydana gelen kirlenme sorunu	11
Şekil 1.9 Antifouling boya bileşenleri	13
Şekil 2.1 Antifouling Boya-C hazırlanması	22
Şekil 2.2 Ağların boyarmaddeler ile muamelesi	22
Şekil 2.3 Çalışma alanı.....	23
Şekil 2.4 Hammadde analizi	24
Şekil 2.5 Göz açıklıklarının ölçümü	25
Şekil 2.6 Balık ağlarında mukavemet testleri	25
Şekil 2.7 Balık ağlarının antifouling boyalar ile boyanması.....	26
Şekil 2.8 Minolta spektrofotometre ölçüm cihazı	27
Şekil 2.9 Deniz suyu haslığının gerçekleştirilmesi	28
Şekil 2.10 25 × 25 cm ² PVC borulardan oluşan çerçevelere takılan balık ağları	29
Şekil 2.11 4-5 m derinliğindeki ağların dizilimi	29
Şekil 2.12 Ağlardaki kirlenmenin su-jet basıncı aparatı ile temizlenmesi.....	30
Şekil 3.1 Deniz denemeleri sonrası ağlardaki mukavemet değerleri	36
Şekil 3.2 Ağlarda belirli sürelerde meydana gelen kirlilik düzeyleri.....	37
Şekil 3.3 Denizden çıkarılmış ağların görüntüleri	38
Şekil 3.4 Denizden çıkarılan ağların üzerindeki makrofouling organizmalar	39
Şekil 3.5 PA 6.6 ağlarının SEM görüntüleri	40
Şekil 3.6 HDPE ağlarının SEM görüntüleri	41
Şekil 3.7 UHMWPE ağlarının SEM görüntüleri	41

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Dünya su ürünleri üretiminin son 30 yıldaki gelişimi	3
Tablo 2.1 Balık ağları ve antifouling boyaların özellikleri	20
Tablo 2.2 Boya-C'nin hazırlanmasında kullanılan kimyasallar	21
Tablo 2.3 Deneysel çalışmalarda kullanılan kodlar	22
Tablo 3.1 Balık ağlarının temel yapısal özellikleri	31
Tablo 3.2 Antifouling boya uygulaması sonrası ağların % ağırlık artışı	32
Tablo 3.3 Ağların ortalama nem içeriği	32
Tablo 3.4 İşlem görmemiş ve AF ile işlem görmüş ağların deniz denemeleri öncesi ve sonrası kolorimetrik değerleri	33
Tablo 3.5 Deniz suyu haslığı sonuçları	34
Tablo 3.6 İşlem görmemiş ve görmüş balık ağlarının deniz denemeleri sonrası ağırlık kayıpları.....	35

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

1960'lı yıllardan sonra yeni liflerin geliştirilmesi ve yeni üretim teknolojileri sayesinde ayrıca aynı zamanda rekabet koşulları ile insan ihtiyaçlarının giderek artması sonucunda tekstil ürünleri için farklı uygulama ve kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Yıllardır hazır giyim ve ev tekstili gibi kullanım alanlarında kendini gösteren tekstil sanayi, hızla katma değeri yüksek ürünlere yönelmiştir. Bu ürünler içerisinde son yıllarda kaydettiği hızlı büyüme ile en dikkat çekici ve gelecek vadeden ürün grubu olarak teknik tekstiller görülmektedir. Teknik tekstiller, üretimleri gün geçtikçe artış gösteren, estetik ve dekoratif özelliklerden ziyade teknik performansları ve fonksiyonel özellikleri için üretilen tekstil malzemeleri ve ürünleridir (Erdoğan, 2011). Başlangıçta urgan, halat, çuval, yelken bezi, keçe vb. gibi kısıtlı miktar ve kullanım alanına sahip olan teknik tekstiller, zamanla tarımdan inşaata, her türlü taşıt ve taşıma aracından savunma sanayiine, sağlık sektörüne kadar geniş bir alana yayılmış ve günümüzde dünyada kullanılan liflerin %25'i teknik tekstil sektöründe kullanılır hale gelmiştir. Denizlerle çevrili olan Türkiye coğrafyasında, büyük bir önem arz eden kültür balıkçılığında kafes olarak kullanılan balık ağları, tarım teknik tekstil malzemeleri olarak tekstil sanayinin bir alt sektöründe yer almaktadır. Kafes balıkçılığında kullanılan ağlarda poliamid (PA) lifleri geleneksel olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra yüksek mukavemetli polietilen (PE) liflerin kullanımı ve pazarı da giderek artmaktadır (Mecit ve diğer., 2007a, 2007b). Kafes ağlarının dışında kültür balıkçılığı tesislerinde tekstil materyali olarak kullanılan bağlayıcı halatlar ve koruyucu ağlar da önem taşımaktadır. Bu tip ürünlerde de genellikle PE veya polipropilen (PP) iplikler kullanılmaktadır.

Sürdürülebilir üretimin her geçen gün daha çok önem kazandığı günümüzde, yenilenebilir kaynakların kullanımı, geri-dönüşümü, doğaya karışabilir hammaddelerin tercihi son derece dikkat edilmesi gereken özelliklerdir. Balık

yetiştiriciliği sektöründe dikkat edilmesi gereken en önemli faktör ise çevresel ortama en az etki yapan tekstil hammaddelerin ve kirlenmeyi önleyici (antifouling) boya ve kimyasal bileşiklerin kullanımınıdır. Ağ kafes tesislerinde balık yetiştiriciliği uygulamalarında, kirletici deniz organizmalarının ve balıkların metabolik atıklarının ağlarda birikimi nedeniyle kirlilik problemi ve önemli fiziksel hasarlar meydana gelmektedir. Bu kirlilik problemi başta yetiştirilen balıklara ardından da su kütlesiyle etkileşimde olan tüm çevreye bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Ayrıca, balık çiftliklerinde kullanılan tekstil malzemesi esaslı ağ kafes sistemlerine yapışan kirletici deniz organizmaları ağları deforme etmekte ve ağların kullanım ömürlerini kısaltmaktadırlar. Bu kapsamda ağların çeşitli kirlenmeyi önleyici boya ve kimyasallar (antifouling boyalar) ile muamele edilerek kirlenmesini minimize etmek ve ekosistem yaklaşımı maliyet-etkin bir ağ sistemi oluşturmak, hem çevresel, hem ekonomik kazanımlar getirecek bir yaklaşımdır. Tüm bunlar göz önünde bulundurularak çevresel ortama en az etki yapan balık ağlarının seçilmesine özen gösterilmelidir. Öte yandan periyodik olarak kafes ağları denizden çıkarılarak, zahmetli bir temizleme ve bakım işleminin ardından tekrar kirlenmeyi önleyici çeşitli işlemlere tabi tutulduktan sonra yerlerine yerleştirilmektedir. Bu aşamalar üretim maliyetini arttırmaktadır. Bu çalışmanın amacı, kafes balıkçılığında kullanılan farklı ağ hammaddelerine uygulanacak kirlenmeyi önleyici işlemlerinin etkisini incelemektir. Bu amaçla ağ kafes tesislerinde balık yetiştiriciliği uygulamalarında, kullanılan 3 farklı hammaddeden üretilmiş ağların aynı kirlenmeyi önleyici işlemlere tabi tutulması ve daha sonra deniz ortamındaki denemeler ile kirlenme ve hammadde arasındaki ilişkiyi tespit etmek hedeflenmiştir.

1.2 Kültür Balıkçılığının Dünya ve Türkiye'deki Önemi

Kültür Balıkçılığı; Balık Yetiştiriciliği; Kafes Balıkçılığı; sucul organizmaların, su kaynaklarının ekolojik yapılarını ve dengelerini bozmadan mevcut üretimini arttırmak ve insanların faydasına sunabilmek için optimum çevresel kontrollü koşullarda üretilmesidir (Nybakken, 1988).

Endüstrinin hızla gelişmesiyle birlikte çevre kirliliği de günümüzün en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Çevre kirliliği deniz kaynaklarının ve insanlar tarafından gıda olarak tüketilen birçok canlının azalmasına neden olmaktadır ve bunun sonucunda meydana çıkan bu açığı kapatma amacıyla yetiştirme olanakları aranmıştır. Doğal stokların giderek azalması, dünya çapında hızla artan nüfusun protein ihtiyacının karşılanmasında kültür balıkçılığının önemini arttırmıştır (Şahin, 2011; Yılmaz ve diğer., 2015). Dünyada artan nüfusla birlikte, canlı deniz kaynaklarına olan talebin artması, su ürünleri sektörünü daha cazip hâle getirmiştir ve bu talebin avcılık yoluyla karşılanması artık yetersiz kalmaktadır. Günümüzde su ürünlerinin yarıya yakını okyanus, deniz ve iç sularda yetiştiricilikle elde edilmektedir. Son yıllarda yaşanan gelişmelerle birlikte denizlerden avcılık yolu ile elde edilebilecek ürün miktarının, büyük balık sürülerinin, eskiye oranla azalması, bazı türlerin fazla avlanma nedeniyle ortadan kalkması, denizlerdeki ekolojik dengenin bozulması kültür balıkçılığının önemini bir kez daha arttırmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) verileriyle hazırlanan Tablo 1.1'de avcılık ve yetiştiricilik (kültür balıkçılığı) ile sağlanan su ürünlerinin yıllar itibariyle değişimi gösterilmiştir (Tarım ürünleri piyasaları, 2018).

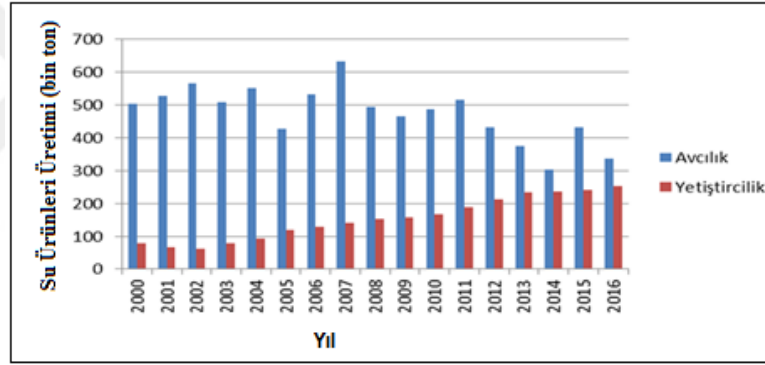
Tablo 1.1 Dünya su ürünleri üretiminin son 30 yıldaki gelişimi - (milyon ton) (FAO, 2011)

Yıllar	1980	1990	2000	2011	2016
Yetiştiricilik	4,70 (%7)	13,10 (%13)	32,40 (%26)	62,70(%40)	80,07 (%47)
Avcılık	67,30 (%93)	84,70 (%87)	93,50 (%74)	93,50 (%60)	90,92 (%53)
Toplam	72,00 (%100)	97,80 (%100)	125,90(%100)	156,20(%100)	170,99 (%100)

Tablo 1.1'de görüldüğü gibi 1980'de %7'lik bir paya sahip olan yetiştiriciliğin toplam üretim içerisindeki payı sürekli artmış ve 2011 yılına gelindiğinde %40'a yükselmiştir. Tabloda dikkat çeken bir diğer husus ise son 30 yılda avcılık yöntemiyle elde edilen su ürünleri miktarının %39'luk bir artış göstermesine rağmen yetiştiricilikten elde edilen su ürünlerinin 13 kattan fazla artış göstererek toplam üretimdeki artışa önemli bir katkı sağladığı görülmektedir. 2016 yılında toplam dünya su ürünleri üretimi 170,99 milyon tona ulaşırken bunun 90,92 milyon tonu

(%53) avcılık ile 80,07 milyon tonu (%47) da yetiştiricilik ile elde edilmiştir (FAO, 2016).

Türkiye’de sadece avlanma faaliyetleri ile değil, aynı zamanda yetiştiricilik faaliyetleri ile de su ürünleri üretimi açısından dünyada önemli bir yere sahiptir. Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili bir ülke olarak, gölleri, barajları, akarsuları ve kaynak suları ile su ürünleri potansiyeli bakımından oldukça elverişlidir. Bu doğal yapısı nedeni ile deniz ve iç sularında zengin bir su ürünleri potansiyeline sahip ülkemizde yetiştiricilik faaliyetlerinin önemi de giderek artmıştır. Ayrıca üzerinde bulunduğu iklim kuşağı ve coğrafi yapısı su ürünleri açısından üretimin artırılmasını olanaklı kılmaktadır. Şekil 1.1’de avcılık ve yetiştiricilik ile sağlanan su ürünlerinin Türkiye’de yıllar itibariyle değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Türkiye’de yıllara göre su ürünleri üretimi (TÜİK, 2017)

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi 2016 yılında Türkiye’de avcılık ile yapılan üretim 431,9 bin tona ulaşırken, yetiştiricilik üretimi 240,3 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Öte yandan Şekil 1.1’de, son on yılda Türkiye’de su ürünleri üretim miktarlarına bakacak olursak avcılık yoluyla gerçekleşen üretimde yıllık ortalama %2 oranında azalma olduğu, yetiştiriciliğin ise yıllık ortalama %8 büyüdüğü görülmektedir. Son 10 yılda yetiştiricilikteki toplam üretim miktarı neredeyse 2 katına çıkmıştır (TÜİK, 2017). Yapılan bilimsel araştırmalara göre, önümüzdeki yıllarda su ürünlerine olan yatırımın daha da genişleyerek artacağı, 2030 yılında yetiştiricilik yoluyla elde edilen su ürünleri miktarının avcılıkla elde edilen su ürünleri miktarına eşit olacağı ve uzun

vadede yetiştiricilik sektörünün avcılık sektörünü geçeceği tahmin edilmektedir (Su ürünleri raporu, 2014).

Kültür balıkçılığında bu artışın temel sebeplerinden birisi de kafes sistemlerindeki gelişmelerdir. Çünkü yetiştiricilik faaliyetleri, açık denizlerde veya koylarda uygulanan ağ kafes sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu açıdan, kafes sistemlerinde balık yetiştiriciliğinde daha verimli üretim yapılmasını sağlayan çevresel ortama en az etki yapan tekstil esaslı ağların kullanımı dikkat edilmesi gereken bir konudur.

1.3 Kafes Balıkçılığının Geçmişi ve Kafeslerin Tarihsel Gelişimi

Ağ kafes tesislerinde balık yetiştiriciliği uygulamalarında, su ürünlerine olan talebin de etkisiyle hızlı değişimler ve gelişmeler yaşanmaktadır. Önceleri balıkları canlı olarak saklamak için kullanılan kafesler daha sonra canlı organizmaya gerçek orjinaleri ile karşılaştırıldığında boy ve ağırlıkça büyüebilecekleri besleme ve büyütme işlerinin yapıldığı canlı stoklama araçları olarak kullanılmıştır (Dikel, 2005).

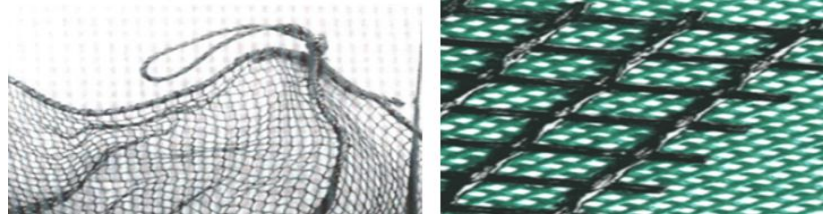
Türkiye’de denizlerdeki balık çiftlikleri (ve daha geniş olarak su ürünleri yetiştiriciliği; kültür balıkçılığı sektörü) üretime hem dünyadaki öncü ülkelere hem de çoğu Avrupa ülkelerine göre geç başlamıştır. Norveçli uzmanların da desteğiyle girişilen Karadeniz’deki somon üretimi denemeleri başlangıçta çok başarılı olamamış; 1980’lerin sonlarına doğru ise çipura ve levrek çiftlikleri Ege’de kurulmuştur. 2000’lere kadar çok belirgin bir üretim hacmine ulaşmasa da, özellikle de 2001’deki ekonomik krizden sonra devlet teşviklerinin de yardımıyla sektör son 15 yılda alabalık, çipura ve levrek üretiminde oldukça kayda değer bir büyüme göstermiştir. Ülkemiz iç sularında Alabalık, Sazan, Yılan Balığı, denizde ise Çipura, Levrek başta olmak üzere Orkinoz, Kalkan Balığı, Lahoz, Karagöz, Sinagrit, Fangiri, Sivri burun gibi alternatif türlerin yetiştiricilik çalışmalarını yapıldığı da bildirilmiştir (Akbulut, 2004).

1.4 Kafes Sistemini Oluşturan Unsurlar

Balık yetiştiriciliğinde farklı yapı ve şekilde kafesler kullanılmaktadır. Sahip olduğu kafes ağ torbalarının tekstil esaslı esnek ya da rijit materyal olmasından esnek ya da gergin torba biçimine göre ve yine ağ materyalinin örme ya da düğümlü olmasına göre çeşitlendirilebilir (Dikel, 2005).

1.4.1 Ağ Materyalleri

Balıkçılık sektörü içinde özellikle su ürünleri avcılığı ve yetiştiriciliğinde çeşitli ağlar ve ağdan yapılmış araçlar büyük yer tutar. Balık ağları, ağ iplikleri ile düğüm atarak veya örerek göz sıraları oluşturulması ve bu göz sıralarının art arda devam etmesiyle elde edilen tekstil yüzeyleridir. Avcılık ve yetiştiricilikte kullanılan ağların özelliklerini, kullanılan hammadde tipi (polimer tipi), iplik tipi (monofilament, multifilament) ve örgü tipi (düğümlü, düğümsüz) belirlemektedir. Aynı zamanda bu yapısal parametrelerin özellikleri (lif-iplik inceliği, bükümü vb.) de ağın fonksiyonunu etkilemektedir. Bunlara ek olarak kullanılan kimyasal boyalar, stabilizörler, antifoulantlar ve sertleştiriciler de ağlara özellik katabilen faktörlerdir. Kafes tesislerinde yaygın kullanılan ağ materyalleri esas olarak iki kısımda incelenir. Bunlar; tekstil esaslı esnek materyaller ve rijit materyallerdir (Şekil 1.2). Genellikle tekstil esaslı esnek materyallere oranla, rijit materyaller daha çok dezavantaja (korozyon ve kimyasal bozulma vb.) sahiptirler. Günümüzde tekstil esaslı esnek materyallerin sağladıkları teknik performanslarından dolayı, kullanımları daha çok tercih edilmektedir (Dikel, 2005).



Şekil 1.2 Tekstil esaslı esnek ve rijit materyaller (Dikel, 2005)

1.4.2 Kafeslerde Kullanılan Tekstil Esaslı Ağ Materyalinin Kısımları

Ağ kafes tesislerinde balık yetiştiriciliğinde tekstil esaslı üç tip ağ kullanımı söz konusudur. Bunlar üretim alanını dış ortamdan ayıran ve yetiştiriciliğin yapılacağı hacmi belirleyen esas kafes ağı, kuş vb. dışardan gelen tetkiklere karşı koruyan üst koruma ağı ve potansiyel zararlı hayvanlara (fok, deniz kaplumbağası vb.) karşı koruma sağlayan alt koruma ağıdır (Şekil 1.3) (Can, 2014; Yılmaz ve diğer., 2015).



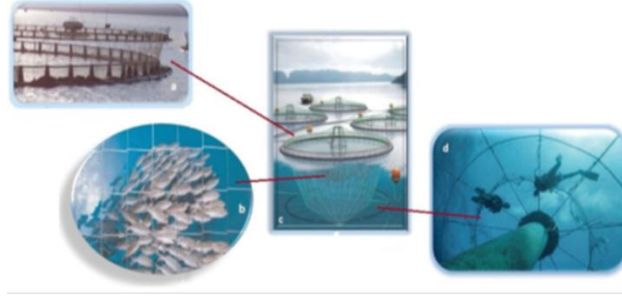
Şekil 1.3 Balık yetiştiriciliğinde kullanılan ağ kafes platformu (Can, 2014; Yılmaz ve diğer., 2015)

1.4.3 Kafeslerde Kullanılan Tekstil Esaslı Ağ Materyalinin Özellikleri

1.4.3.1 Tekstil Esaslı Ağ Materyalinde Kullanılan Lifler

Tekstil esaslı esnek materyaller genellikle poliamid (PA), poliester (PET), polietilen (PE) ve polipropilen (PP) gibi sentetik liflerden üretilmiş malzemelerdir (Ateşşahin ve Dartay, 2010). Sentetik liflerden yoğunluğu $1,00 \text{ g/cm}^3$ 'ün altında olan PE ve PP lifleri su içinde yüzdüklerinden, daha fazla taşıma gücüne sahip tekstil materyalleri olarak balık ağı yapımında tercih edilmektedir. Kafes ağlarında kullanılan en önemli liflerden birisi de ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (UHMWPE) lifleridir. Bu lifler yüksek gerilme mukavemeti ve korozyon direnci nedeniyle deniz suyunda uzun süre parçalanmadan durabilmektedir. Yüksek molekül ağırlık, yüksek oryantasyon ve yüksek kristalin bölge içeriği UHMWPE lifini yüksek mukavemetli kılmaktadır. Aynı zamanda balık çiftlikleri için büyük tehlike arz eden köpek balığı saldırılarının yüksek performanslı liflerden üretilen ağlar sayesinde önlendiği belirtilmiştir. İstenilen uzunlukta, genişlikte ve derinlikte kullanılabilen bu ağlar balık üreticileri için avantaj sağlamaktadır (Erdoğan, 2012;

Kalaycı ve diğer., 2016). Şekil 1.4’de ise yüksek yoğunluklu polietilen liflerinden (HDPE) üretilen ağlar ile kurulmuş bir balık çiftliği görünümü yer almaktadır.



Şekil 1.4 Yüksek yoğunluklu polietilen esaslı kafes ağlarından kurulu balık çiftliği (Kalaycı ve diğer., 2016)

Şekil 1.5’de bir lifin ağ ipliği olarak çalışma koşullarında maruz kaldığı ve yapısında bazı bozulmalara yol açan çeşitli faktörler yer almaktadır. Bu faktörler dikkate alındığında, doğal liflerden yapılmış bir ağın uzun süre parçalanmadan suda durması mümkün olmadığı için, ağ hammaddesi olarak sentetik liflerin kullanımı tercih edilmektedir. (Ateşşahin, 2010; Mengi, 1989) .



Şekil 1.5 Ağ ipliğinin çalışma koşullarında etkilendiği faktörler (Hoşsucu ve diğer., 2002;)

Bu çalışmada kafes malzemesi olarak akuakültür firmalarının yaygın olarak kullanılan poliamid 6.6 (PA 6.6), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) esaslı sentetik liflerden üretilmiş ağlar kullanılmıştır. PA 6.6, heksametilen diamin $[H_2N-(CH_2)_6-NH_2]$ ile adipik asidin $[HOOC-(CH_2)_4-COOH]$ polimerizasyonu sonucunda elde edilmektedir. Polietilen lifleri ise etilen gazının polimerizasyonu sonucu elde edilir (Erdoğan, 2013). Normal polietilen molekülleri oryante değildir ve kolayca birbirinden ayrılır. Yüksek ve ultra yüksek moleküler ağırlık, liflerin mukavemetinde sağlanan

iyileştirme, lif eksenine yönündeki oryantasyonun artırılması ve kristalin bölge oranının artırılması esasına dayanmaktadır (Erdoğan, 2017).

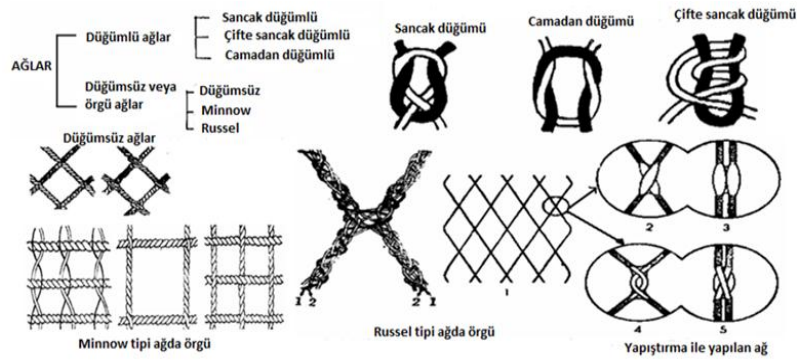
1.4.3.2 Tekstil Esaslı Ağlarda Kullanılan Ağ Gözü Şekli, Genişliği ve Örgü Tipleri

Ağ gözü şekli bakımında iki tipin kullanımı yaygındır. Bunlar kare kesimli ve baklava biçimlidir (Şekil 1.6). Baklava biçimli kesimde tam göz açıklığı verebilmesi için daha fazla ağ kullanılması gerekir. Böylece tam istenilen ölçülerde ağ yapıldığında ağ, kare ağ gözlü kesime göre daha ağır olmaktadır. Kare kesimde ise ağ gözleri tam açıklıkla durabilmektedir. Kare kesimde hem daha az ağ kullanılmakta hem de daha hafif olmaktadır. Tabii ki en önemlisi tam açık duran ağın gözünden bol su sirkülasyonu, yani bol oksijen sağlanmış olmasıdır. (Dikel, 2005; Garner, 1962).



Şekil 1.6 Düğümlü ve düğümsüz ağ materyali (Dikel, 2005)

Tekstil esaslı ağ materyalinde kullanılan örgü tipleri ise örme ve düğümlemedir. Genelde yaygın olarak iki tip düğümsüz ağ kullanılır: Bunlar, Japon sarması ve Raschel olarak isimlendirilir. Bunlardan Raschel tipinde ekleme ve onarım daha kolay olduğu için tüm dünyada daha yaygın kullanılmaktadır. Şekil 1.7’de tekstil esaslı ağ materyalinde kullanılan örgü tiplerinin görünüşleri yer almaktadır. (Dikel, 2005).



Şekil 1.7 Ağların örgü tipleri (Dikel, 2005)

1.5 Kafes Balıkçılığında Karşılaşılan Problemler

1.5.1 Kafes Ağlarındaki Kirlenme Sorunu

Deniz içerisine bırakılan ağlar, geçen zamanla birlikte ortamdaki birçok canlı için bir yaşam alanı haline gelir. En başta ağların yüzeyine tutunan mikroskobik canlıları, bu canlıları tüketmeye gelen daha büyük makroskobik canlılar takip eder. Bu tabaka bakteri ve diatomlar gibi deniz mikroorganizmalarının bağlanması için bir platform görevi görmektedir. Bu mikroorganizmalar daha sonra biyofilm oluşturarak biyokireçlenme olarak adlandırılan midyeler gibi makro-organizmaların yerleşmesini kolaylaştıran alglerin sporlarının yerleşmesine izin vermektedir (Almeida ve diğer., 2007; Ashraf ve Edwin, 2016; Yebra ve diğer., 2004). Birçok deniz organizması, batık yüzeylere yapışmak için ekstra hücrel polimerik malzeme bazlı protein kullanır ve bu da diğer organizmaların daha sonraki bağlanmasını etkiler. Gemi gövdeleri, kültür balıkçılığında kullanılan kafes ağları gibi batık yüzeyler üzerindeki istenmeyen biyokütle birikimi oluşmaya başlar (Ashraf ve Edwin, 2016; Crisci ve diğer., 2010).

Fouling, gemi yüzeyi, sal, liman yapıları, ağ kafesler, balık ağlarının su içinde kalan yüzeyleri üzerine yapışarak büyüyen kabuklu, alg, mikroorganizma gibi canlıların oluşturduğu tabakadır (Alyuruk ve diğer., 2010; Clare, 1996; Karabay, 2011; Lewis, 1998; Wahl, 1989; Yebra ve diğer., 2004). Ağ kafeslerde fouling tehlikesinin oluşturduğu en önemli sorun, yüzey alanını artırarak kafes torbasının ağ gözü açıklığını daraltması ve su değişimine engel olmasıdır. Bu durumda balıklar için zararlı olabilecek metabolik artıkların ortamdaki uzaklaşması zorlaşır ve çözülmüş oksijen miktarında azalma meydana gelir. Öte yandan, kültür balıkçılığında kullanılan tekstil esaslı ağ kafes sistemlerine yapışan kirlenici deniz organizmaları ağları deforme etmekte ve ağların kullanım ömürlerini kısaltmaktadırlar (Büyükkateş ve diğer., 2017; Yiğit ve diğer., 2013). Şekil 1.8'de kafes ağlarında oluşan fouling görülmektedir.



Şekil 1.8 Kafes ağlarında meydana gelen kirlenme sorunu (Fittridge ve diğer., 2012)

1.5.2 Kafes Ağlarındaki Ağırlık Artışına Bağlı Olarak Zaman İçerisindeki Deformasyon

Kafes ağlarında oluşan fouling, ağ gözlerinde giderek daha geniş bir yüzey alanı oluşturmaya başlayarak ağ gözlerinin kapanmasına yol açmaktadır. Böylece kapanan gözlerden kafes içerisine su giriş çıkışı sınırlanmış olmakta ve kafes ağları giderek ağırlaşarak yüzeydeki kafes düzeneğine yüklemeye başlamaktadır. Ayrıca yüzey alanı arttığından kafes ağları deniz yüzeyinin altındaki akıntılarında suya karşı direnç uygulamaya ve dolayısıyla da kafeslerin bağlı olduğu demirleme sistemini zorlamaktadır (Braithwaite ve diğer., 2007; Cheah ve Chua, 1979; Cronin ve diğer., 1999; Edwards, 2014; Milne (1979a, 1979b). Kirli bir ağ üzerindeki zamana bağlı akma deformasyonu temiz bir ağa göre 12,5 kat daha fazla olabileceği tespit edilmiştir (De Nys ve Guenther, 2009; Edwards, 2014; Milne 1970, Swift ve diğer., 2006). Zaman içerisindeki deformasyon artışı, ağın yapısal yorgunluğuna neden olmakta ve kafes hacmini azaltarak kafes deformasyonuna sebep olmaktadır (Aarsnes ve diğer., 1990; Edwards, 2014). Fouling ile birlikte biyokütlesi artan kafes ağları, ekstra bakım gereksinimleriyle ve stok, ekipman kaybı nedeniyle daha fazla üretim maliyetine yol açmaktadır (Fittridge ve diğer., 2012). Su ürünleri yetiştirme endüstrisine biyolojik kirlenmeyi kontrol eden doğrudan ekonomik maliyetin, üretim maliyetinin %5 ila %10'u olduğu tahmin edilmektedir (Lane ve Willemsen, 2004; Swain ve Shinjo, 2014). Sadece birkaç ay boyunca daldırma işleminden sonra, biyolojik kirlenmenin, ağların ağırlığını iki yüz katına ve çekme kuvveti beş katına kadar artırabileceği belirtilmiştir. (Milne, 1970; Swain ve Shinjo, 2014). Tarihte, bu

ek ağırlık ve sürüklenme, çeşitli büyük ticari deniz kültür balıkçılığı yapılarının çökmesine veya başarısız olmasına yol açmıştır (Ansuini ve Huguenin, 1978; Swain ve Shinjo, 2014). Kirlenme ayrıca kafes açıklığında ve kafes içerisindeki su sirkülasyonunda azalmaya neden olmaktadır. Bu durum, taşıma kapasitesinde önemli bir azalmaya neden olmaktadır (Dürr ve Watson, 2010; Hodson ve Burke, 2000; Swain ve Shinjo, 2014).

Bu olumsuzlukların yaşanmaması için fouling (kirlenme) denilen biyolojik birikim sürecinin mümkün olduğunca sınırlandırılması gerekmektedir. Bu nedenle ağlar, antifouling (kirlenmeyi önleyici) kimyasal bileşikler veya boyalar ile muamele edilmektedir. Bu maddelerin zararlı organizmalar üzerinde caydırıcı etkiye sahip olmasıyla birlikte, toksik etkisi de bulunmaktadır (Edwards ve diğer., 2014).

1.6 Antifouling İşlem

Günümüzde kafes ağlarındaki kirlenme tipik olarak ağları değiştirerek ve temizleyerek ya da bakır oksit, bakır izosiyanat, bakır piriton, çinko piriton, çinko oksit ve E-conea gibi biyositler içeren kimyasal antifoulantların kullanımıyla kontrol edilmektedir. İşlenmemiş ağların kullanımı çevre için güvenli olmasına rağmen, ağların sık sık temizlenmesi ve değiştirilmesi, balıklara ve ağlara zarar verir, bakım maliyetlerini arttırır ve kar marjlarını azaltır. Antifouling boyalar biyosidal ürünlerdir. Biyosidal ürünler, zararlı organizmalar üzerinde kimyasal ya da biyolojik yollar ile yok edici ve yapılarını bozucu etki oluşturmakta ya da başka bir yol ile kontrol etkisi yaratmaktadırlar (Alyuruk ve diğer., 2010; Erensoy, 2013). Antifouling boyaların içeriğine bakıldığında bu boyaların genel olarak bağlayıcı (binder), temel biyosit (çoğunlukla bakır(I) oksit), çözücü ve diğer katkı maddelerinden oluştuğu gözlenir (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 Antifouling boya bileşenleri (Karabay, 2011)

İdeal antifouling boyada biyositin yayılma hızı ve etki süresi önemli parametrelerdir. Antifouling boyalarda biyosit, boyanın yapısını oluşturan reçinemi yapı içerisinde dağılmış durumda olmalı ve boyanın su ile temasından sonra bu yapı biyositi yavaşça suya salmalıdır. Eğer biyosit suyla temastan sonra hızlı bir şekilde ortama yayılırsa, boyanın antifouling etkisi kısa süreli olacaktır. Bu salınım hızı çok önemlidir ve ürünün kullanım ve etki süresini belirler. Salınım hızının daha fazla olması, antifouling boyanın etki süresini kısaltır. Boya içerisindeki biyosidal aktifin suya salınması ile kirlilik yaratıcı istenmeyen deniz canlılarının balık ağlarına yapışması engellenir (Alyuruk ve diğer., 2010; Erensoy, 2013).

1.6.1 Antifouling Boyaların Tarihsel Gelişimi

Günümüze kadar uygulanan antifouling boyalar değerlendirildiğinde en etkili antifouling boyanın 1960lı yıllardan itibaren kullanılmaya başlanan kalay içerikli antifouling boyalar olduğu ortaya çıkmaktadır. Kalay içerikli antifouling boyalarda biyosit ve kopolimer reçine sisteminin aralarında kimyasal bağ (organo kalay-ester bağı) bulunmaktadır. Boyanın suyla temasından sonra boya yüzeyinde bulunan ester grupları hidrolize uğrar, bu biyositin suya yavaş ve kontrollü bir şekilde dağılmasını sağlar. Böylece biyosit suyla temastan sonra yavaş bir şekilde ortama yayıldığı için kalay içerikli antifouling boyaların antifouling etkisi de uzun süreli olmaktadır (Champ, 2001; Gerigk ve diğer., 1998; Karabay, 2011; Yebra ve diğer., 2004).

Deniz biyologlarının yaptığı araştırmalar uzun yıllar kullanılan kalayın bazı deniz organizmalarına oldukça kalıcı zararlar verdiğini ortaya koymuştur. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) kalayın deniz ekosistemleri için tehdidinden ötürü 2003'ten itibaren üretimini, 2008'den sonra da kullanımını yasaklamıştır (IMO, 2001; Karabay, 2011). Uluslararası Denizcilik Örgütü kararlarına uygun olarak, boya endüstrisi kalay esaslı boyalar yerine deniz ekosistemlerine zarar vermeyecek boyalar geliştirmiştir. Avrupa Komisyonu, Biyosidal Ürünler Direktifi gereğince de kalay ve diğer kirlilik önleyici zehirli boya kayıtlarını gözden geçirmektedir (Almeida ve diğer., 2007; Alyuruk ve diğer., 2011; Jacobson ve diğer., 2000).

Kalayın kullanımının yasaklanmasından sonra, kalaylı organikler kadar etkin, ancak onlar kadar doğaya ve organizmalara zararlı olmayan antifouling bileşiklerinin geliştirilmesi için yoğun bir araştırma yapılmaktadır. Kalay yerine alternatif olarak piyasa sürülen/sürülmesi planlanan antifouling bileşiklerin deniz ekosistemi üzerinde bırakacağı olası zararların ve risklerin önceden belirlenmesi ve bu kimyasalların deniz ortamındaki çeşitli matrislerde (su, sediment, organizma) ölçülerek takip edilmesi gerekmektedir. Kalay esaslı boyaların yasaklanmasından sonra, buna alternatif olabilecek bakır karışımlı boyalar (bakır(I) oksit) kullanılmıştır (Jacobson ve diğer., 2000; Almeida ve diğer., 2007). Antifouling boyaların aktif bileşenleri arasında, bakır(I) oksitin yanında, kadmiyum ve çinko da bulunmaktadır (Braithwaite ve Mcevoy, 2005; Berillis ve diğer., 2017; Solberg ve diğer., 2002). Bakır bileşiklerinin bir üyesi olan bakır(I) oksit, polimerle kolayca karıştığı ve hem kimyasal hem de fiziksel özellikler bakımından nispeten kararlı olduğundan dolayı günümüzde kullanımı daha çok tercih edilmektedir (Kara ve diğer., 2012, 2016; Gabbay ve diğer., 2006; Ranjan ve diğer., 2009). Fakat bakır(I) oksit kullanımı ağlardaki kirlenmeyi kontrol etmede etkili yöntem olmasına rağmen çevrede bakır birikimi ile ilgili endişeler vardır (Hodson ve Burke, 1994; Swain ve Shinjo, 2014). Öte yandan, bakır bileşikleri içeren boyaların kullanılmasının maalesef deniz organizmaları üzerinde de bazı olumsuz etkileri vardır (Andersson ve Kautsky, 1996; Anderson ve diğer., 1990; McPherson ve Chapman, 2000; Mert ve diğer., 2014). Bu nedenle, bakır bazlı zehirli boyalara alternatif olan çevre dostu boya bileşenleri geliştirmeye ihtiyaç vardır. Literatürde, yeni bileşiklerin antifouling ajanlar olarak

değerlendirilmesi üzerine birçok çalışma vardır (Chambers ve diğer., 2011; Dahlstrom ve diğer., 2000; Xu ve diğer., 2010; Zimmerman ve diğer., 1995; Şen ve diğer., 2019). Econea (ISO genel adı: tralopir; kimyasal adı: 2- (p-klorofenil) -3-siyano-4-bromo-5-triflorometil pirol), çevre dostu bir biyosit olarak Janssen Pharmaceutica NV, Belçika tarafından önerilmiştir. Econea, hızlı bozunumu ve yavaş salınım mekanizmalarıyla çevre dostu olarak nitelendirilebilir (Janssen PMP, 2019).

1.7 Araştırma Konusu İle İlgili Olarak Yapılmış Önceki Çalışmalar

Alyuruk ve diğer. (2010), çevre dostu biyositlerin akut toksisitelerini ve antifouling performanslarını araştırmışlardır. Sonuç olarak, çevre dostu biyositlerin az çözünen tiplerinin yer aldığı çalışmaların bakır bazlı biyositlerin yerini alacağı öngörmüşlerdir. Yeni geliştirilen biyositlerin çevre dostu özellikte olmasının önemini vurgulamışlardır.

Mert ve diğer. (2014), ters faz kromatografisi (RP-HPLC) optimizasyonunu yapay sinir ağları (ANN) yoluyla elde etmek ve antifouling etkinliğinin performansını görmek için model biyosit olarak çevre dostu özellikte olan Econea kullanılmışlardır. Econea' nın bakır(I) oksitle kullanılmasının uygun olmadığı ve bakır reçinesi formülasyonunda jelatinli yapı oluşturduğu tespit etmişlerdir.

Ashraf ve Edwin (2016), yaptıkları çalışmada polietilen glikol metakrilat esaslı hidrojel ile birleştirilmiş ve mikrodalga yardımı ile yerinde sentezlenmiş nano bakır oksit kompleksini poliamid 6.6 kafes ağlarına antifouling malzemesi olarak uygulamışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında daha sonra 15 mm ağ gözü açıklığında, 10 x 20 cm² boyutlu poliamid ağları kullanarak sahada antifouling performansı ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir.

Heuser ve Cardenas (2014), poliamid ağına 3 farklı kirlilik önleyici boya emdirme işlemi uygulayarak, hangi boyanın life daha çok nüfus ettiğini gözlemlemişlerdir. Bu

çalışma kapsamında da uygulamaya ve literatüre benzer şekilde antifouling boyaların balık ağlarına muamelesi emdirme yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir.

Greene ve diğer. (2007), balık ağlarının denize daldırılması işlemi için yapılan 1,3 cm iç çaplı PVC borudan yapılmış $10 \times 10 \text{ cm}^2$ çerçevelere takılı panel düzeneği tasarlamışlardır.

Kalantzi ve diğer. (2016), yaptıkları çalışmada bakırın su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan ağlarının çiftlik balıklarında ve Akdeniz'in deniz ortamındaki potansiyel etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla, balık çiftliklerinde kullanılan poliamid esaslı kafes ağları, bakır alaşım ve bakır oksit boya ile muamele ederek bakırın çevresel ve biyolojik etkilerini, Yunanistan'daki bir balık çiftliği alanında test etmişlerdir. Bakır alaşım ve bakır oksit ile muamele edilmiş ağ kafeslerinde sudaki bakır, sediment ve organizmalar (çiftlik balıkları, midye) konsantrasyonlarını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, bakırın tekstil esaslı ağ kafeslerindeki etkilerinin belirlenmesinde, farklı ağ tipleriyle yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Büyükkateş ve diğer. (2017), bakır alaşım kaplamalı kafes ağlarının biyolojik kirlilik direnç ve mukavemetlerinin yüksek olması nedeniyle kullanılmasını desteklemişlerdir. Bakır alaşım kafes ağları Akdeniz'de balık yetiştiriciliği için biyolojik kirliliğe dayanıklı bir materyal olarak rapor etmişlerdir. Dahası, bakır alaşım kafes sistemlerini, Şili'deki Atlantik somon su ürünleri yetiştiriciliği alanında işlem görmemiş PA 6.6 ağlar ile karşılaştırıldıklarında ekonomik yararlar sağladığını öngörmüşlerdir

Jerabek ve diğer. (2016), ağlara iki adet indirgenmiş bakır boyası (% 21 ve % 40 bakır(I) oksit) ve bir bakır içermeyen çevre dostu E-conea bazlı boya ile 3 farklı kirlenmeyi önleyici işlem uygulamışlardır. Üç boyanın da deneyin ilk altı haftasında kafeslerin tıkanmasını azaltmak için iyi bir performans gösterdiğini, ancak “çevre dostu” boyaların etkinliğinin 14 hafta süren uzun bir süreç sırasında azaldığını gözlemlemişlerdir.

Silva ve diğer. (2015), ticari biyositler olan Irgarol ve Ecomea kullanarak biyolojik kirlenmenin kaplamalara yapışmasını önleyen yeni stratejiler geliştirmişlerdir. Silikon bazlı kaplamalarda immobilize edilmiş biyositlerin, 23 haftalık deniz suyuna maruz kaldıktan sonra umut verici kirlenme önleyici etki ortaya çıkardığını öngörmüşlerdir.

Cardia ve Lovatelli (2015), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kafeslerinin, çok yönlü olması, kültür balıkçılığı işlemlerinin performansındaki nispi basitlik nedeniyle yaygın olarak kullanıldığını ve teknik, yapısal ve operasyonel özellikleri ile teknolojik iyileştirmeler sağladığını öngörmüşlerdir.

Downs ve diğer. (2017), antifouling işlemlerde kullanılan yeni tip çevre dostu boya bileşiği olan biyosit Ecomea'yı 45 günlük bir süre boyunca yapay deniz suyunda bırakmışlardır ve biyositin salınımı gözlemek için yeni yöntemler geliştirmişlerdir. Ecomea'nın salınım hızını yaklaşık olarak $4,3 \pm 0,6 \mu\text{g cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ bulmuşlardır.

Swain ve Shinjo (2014), işlem görmemiş, ticari olarak temin edilmiş, ağırlıkça yaklaşık %86 oranında katkı içeren bir biyosit bazlı antifouling bakır boya ile işlem görmüş ve silikon ile işlem görmüş poliamid ağların biyolojik kirlenmeyi önlemek için etkinliğini ve özelliklerini değerlendirmişlerdir. Bu 3 farklı numune (muamele edilmemiş, bakır ile işlem görmüş ve silikon ile işlem görmüş) poliamid ağ malzemesini $20 \times 20 \text{ cm}^2$ kare olarak kesmişlerdir. Bakır ile muamele edilen poliamid ağların, kirlenmeyi kontrol etmede en etkili sonucu verirken silikonla muamele edilen ağların diğerlerine göre daha kolay temizlendiğini gözlemişlerdir. Ağ üzerindeki sürüklenme kuvvetleri, iplik çapının, iplik pürüzlülüğünün ve kirlenmenin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Daldırma işleminden sonra, işlem görmemiş ağlarda en fazla deformasyon meydana gelmiştir ve ardından silikon ve bakır işlemlerini izlemiştir.

Edwards ve diğer. (2014), biyosidal olmayan 4 farklı ve bakır oksit kullanılan biyosidal (Netrex) antifouling ile işlem görmüş, işlem görmemiş PA 6.6 ağı ile karşılaştırılarak boyaların antifouling etkinliklerini değerlendirilmişlerdir. 8 ay sonra bu etkinliği, ağ tıkanma yüzdesi, büyük kirlilik gruplarının yüzde örtüsü ve biyokütle miktarlarındaki değişmeler ile belirlenmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, bakır oksit içeren biyosidal Netrex'in biyolojik kirliliğin önlenmesi için en etkili işlem olduğunu göstermişlerdir. Aynı zamanda biyosidal olmayan Dyneema ağının biyokütleyi önemli derecede azalttığını görmüşlerdir.

Hodson ve diğer. (1994), Avustralya-Tazmanya'daki balık kafesi ağlarının hızlı bir şekilde biyolojik olarak kirlendiği gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, kıyı temizliği için ağların sıkça değiştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu sermaye ve emek yoğun prosese ilişkin maliyeti azaltmak için Tazmanya Atlantik somon endüstrisi için bir prototip sualtı ağ temizleyicisi tasarlamışlardır. Yapılan bu çalışmada prototipin etkinliğini saptamayı ve iyileştirilmesi gereken alanları belirlemeyi amaçlayan denemeler tanımlamışlardır. Kirlenme büyümesinden dolayı ağ örgüsünün ağ gözü açıklığındaki daralmayı ve ardından temizlendikten sonra bu alanlardaki artışları, sualtı fotoğraflarının görüntü analizi ile izlemişlerdir.

Braithwaite ve diğer. (2007), hem antifouling hem de işlem görmemiş balık kafesi ağında gelişen biyolojik topluluklar hakkında veri elde etmek için deneyler yapılmışlardır. Tipik bir bakır esaslı zehirli boya muamelesinin etkinliğini, bir somon çiftliği alanındaki batırma denemelerini değerlendirilmişlerdir. 10 aylık periyod boyunca düzenli örnekler almışlar ve geliştirilen toplulukların kirlenme öncesi biyokütle ve tür kompozisyonu hakkında veriler oluşturulmuşlardır. Ayrıca, gelecekteki ağ kirlenme denemelerinde mükemmel bir potansiyel gösteren bir yöntem olan bir görüntü yakalama ve analiz sistemi yardımı ile ağ tıkanma yüzdesini hesaplanmışlardır.

Bu çalışmada kafes balıkçılığında kullanılan farklı hammaddeden üretilmiş ağların aynı kirlenmeyi önleyici işlemlere tabi tutulması ve daha sonra deniz

ortamındaki denemeler ile kirlenme ve hammadde arasındaki ilişkiyi tespit etmek hedeflenmiştir. Çalışmada ilk olarak balık ağlarının hammadde analizleri ve daha sonra yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir. Seçilen örneklere daldırma kaplama yöntemi ile balık ağlarında kullanılan çeşitli kirlenmeyi önleyici işlemler uygulanmış ve daha sonra uygulanan işlemin performansı ağın hammaddesi de dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ağların kirlenmeyi önleyici performansının ve deniz ortamındaki etkinliğinin değerlendirilmesi için ağlar işlem görmüş ve görmemiş olarak, altı ay boyunca balık çiftliğine yakın deniz ekosistemine daldırılmış ve periyodik aralıklarla su altı kamera görüntüleri çekilerek gözlemlenmiştir. Deniz denemelerinin ardından, ağların ağırlık ve mukavemet değişimleri incelenmiş ve ağlardaki kirlenme süreci çekilmiş su altı kamera görüntüleri ile değerlendirilmiştir. Tüm ağ örneklerinde elde edilen veriler değerlendirilerek hammadde tipinin kirlenmeyi önleyici işlemindeki etkisi incelenmiş ve sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Bu çalışmada materyal olarak, balık çiftliklerinde esas kafes ağı olarak tasarlanmış farklı hammaddelerden üretilmiş tekstil yapıları ve çeşitli antifouling boyalar (AF) kullanılmıştır. Tez kapsamında kullanılan üç kafes ağı ve antifouling boyaların ikisi yerel şirketlerden tedarik edilmiştir. Çevre dostu etken madde içeren üçüncü antifouling boya ise laboratuvarında tarafımızdan hazırlanmıştır. Çalışmada kafes malzemesi olarak akuakültür firmalarınca da yaygın olarak kullanılan poliamid 6.6 (PA 6.6), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) filamentlerinden yapılan çözümlü örme ağlar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ağlar balık çiftlikleri için örme ağ üretimi yapan Isparta Ege Balık Ağları firmasından temin edilmiştir. Tez kapsamında kullanılan ağlara sırası ile Ağ-1 (PA 6.6), Ağ-2 (HDPE), Ağ-3 (UHMWPE) kodları verilmiştir.

Çalışmada antifouling boya olarak ise Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında hazırlanan ve üretici firmalardan temin edilen iki farklı tipte ticari antifouling boya olmak üzere üç farklı boya kullanılmıştır. Tez kapsamında kullanılan balık ağları ve antifouling boyaların kodları ve özellikleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Balık ağları ve antifouling boyaların özellikleri

Balık ağları	Örnek kod	Ağ-1	Ağ-2	Ağ-3
	Hammadde	PA 6.6	HDPE	UHMWPE
	Gramaj (g/m ²)	332,10	296,30	285,50
	Göz açıklığı (mm)	20	18	19
	Nem içeriği (%)	4,07	0,205	0,001
AF Boyalar	Örnek kod	Boya-A	Boya-B	Boya-C
	Özellikleri	Bakır bazlı (%40 konsantre.)	Bakır bazlı (%25 konsantre.)	Econea bazlı çevre dostu

Çalışma kapsamında kullanılan Boya-A ve Boya-B hakkında genel bilgiler ile Boya-C'nin hazırlanışı ve içeriği aşağıda verilmiştir.

Boya-A: Ülkemizde yaygın olarak kullanılan, içeriğinde bakır(I) oksit yanında artırılmış güçlendirici biyositler içeren bir ithal boya tipidir.

Boya-B: Ülkemizde balık ağlarının boyanmasında yaygın olarak kullanılan içeriğinde temel olarak bakır oksit bulunan ve güçlendirici biyosit yer almayan boya tipidir. Bu boyalar balık çiftlikleri için ağ boyaması ve temizlemesi yapan lokal bir firmadan temin edilmiştir.

Boya-C: Çalışma kapsamında hazırlanan ağırlıkça %3,4 Econea içeren bakır ya da bakır bazlı toksik kimyasallar içermeyen çevre dostu boyadır. Boya-C Mert ve diğer. 2013 yılında Econea kullanarak yaptıkları çalışmadaki yöntem dikkate alınarak hazırlanmıştır (Mert ve diğer., 2013). Boya-C'nin hazırlanmasında kullanılan kimyasallar Tablo 2.2'de verilmiştir. Kimyasallar Dokuz Eylül Üniversitesi Kimya Bölümü laboratuvarlarından temin edilmiştir.

Tablo 2.2 Boya-C'nin hazırlanmasında kullanılan kimyasallar

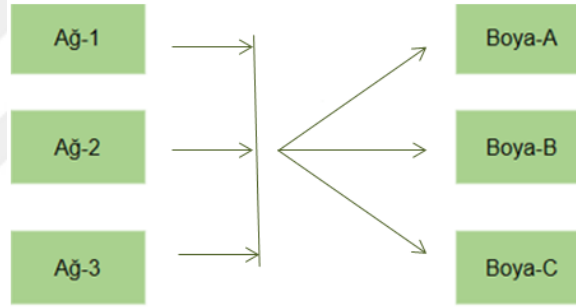
AF kimyasalları	Bileşim (% Ağırlıkça)
Kolofan	34,00
Econea	3,40
Lutanol M40	3,40
Ksilen	59,20

Antifouling boyanın hazırlanması için ilk olarak, kolofan (çam sakızının damıtılmasıyla oluşan, saydam, sarı renkli binder), 200 ml ksilen (uçucu organik bileşikli çözücü) içerisinde IKA-Werke dijital karıştırıcı yardımı ile çözüldü. Daha sonra, Econea (çevre dostu bir biyosit) ve Lutanol M40 (% 70 etanol içerisinde çözüldürülmüş, yapışmayı arttıran polivinil eter reçine) karışıma eklenmiştir (Şekil 2.1). Böylelikle etken biyosit madde olarak çeşitli konsantrasyonlarda bakır içeren antifouling boyalarla karşılaştırılmak üzere etken biyosit madde olarak çevre dostu Econea içeren AF formülasyonu geliştirilmiştir.



Şekil 2.1 Antifouling Boya-C' nin hazırlanması (Kişisel arşiv, 2018)

Balık ağlarının boyarmaddeler ile muamelesi Şekil 2.2'deki gibi uygulanmış ve ileriki işlemler sırasında karışmaması amacıyla tüm ağlar belirli bir sistematığe göre kodlanmış daha sonra da bu kodlar deneysel çalışmalar için basitleştirilerek yeniden düzenlenmiştir. Tablo 2.3'de ağların deneysel çalışmalar için basitleştirilmiş kodları görülmektedir.



Şekil 2.2 Ağların boyarmaddeler ile muamelesi

Tablo 2.3 Deneysel çalışmalarda kullanılan kodlar

Örnek Kod	Kafes Ağ	Antifouling Boya
A1	Ağ-1	Boya-A
A2	Ağ-2	Boya-A
A3	Ağ-3	Boya-A
B1	Ağ-1	Boya-B
B2	Ağ-2	Boya-B
B3	Ağ-3	Boya-B
C1	Ağ-1	Boya-C
C2	Ağ-2	Boya-C
C3	Ağ-3	Boya-C

2.2 Metot

Çalışmada ilk olarak boyanmamış balık ağlarının hammadde analizleri ve daha sonra yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında kafes ağları, emdirme yöntemi ile kirlenmeyi önleyici boyalarla işleme tabi tutularak, uygulanan işlemin performansı ağın hammaddesi ve uygulanan antifouling boyanın etkisi de dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ağların kirlenmeyi önleyici performansının ve deniz ortamındaki etkinliğinin değerlendirilmesi için antifouling boyalar ile işlem görmüş ve görmemiş ağlar Balıklıova'da bulunan bir balık çiftliği yakınında (38°27'31.7"N 26°36'58.1"E) saha denemesine tabi tutulmuştur. Saha çalışmasının yapıldığı alan Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Çalışma alanında sıcaklık 20-26 °C arasında değişkenlik gösterirken, çözünmüş oksijen seviyeleri 5 m-6 mg/L aralığındadır. Tuzluluk konsantrasyonu ise %36'dır. Çalışma Haziran 2018 ve Aralık 2018 dönemleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte ağlar belirli periyotlarda (ayda bir) kontrol edilmiştir.



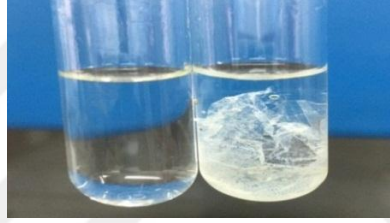
Şekil 2.3 Çalışma alanı (Google Maps, 2019)

Bu çalışmada tüm ağ örneklerinden elde edilen veriler değerlendirilerek hammadde tipinin kirlenmeyi önleyici işlemlerdeki etkisi incelenmiş ve sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

2.2.1 Kafes Ağlarının Yapısal Analizleri

2.2.1.1 Hammadde Analizi

Çalışmada ilk olarak ticari üreticilerden temin edilen balık ağlarının hammaddeleri kalitatif yöntem ile kontrol edilmiştir. Analizler TS EN ISO 1833-1 (2013) standardına göre Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Kimyasal Tekstil Muayeneleri laboratuvarlarında yapılmıştır. Analiz için lifler kaynar derişik formik asit çözeltisi içerisinde muamele edilmiştir. Çözünen PA, çözünmeyen ise PE lifleri olarak lifler birbirinden ayırt edilmiştir (Şekil 2.4). Deney iki tekrarlı olarak yapılmıştır. Ayrıca kontrol amaçlı PA ve PE lifleri kaynama derecesinde ksilen ile muamele edilen PA lifleri çözünmemiştir. PE ağlarının ayırımı ise yoğunluk farkı ile tespit edilmiştir.



Şekil 2.4 Hammadde analizi (Kişisel arşiv, 2018)

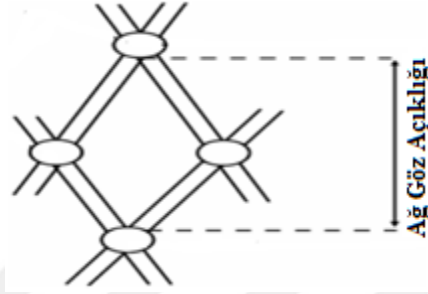
Hammaddeleri tespit edilen kafes ağlarının daha sonra gramaj, göz açıklığı, kopma mukavemeti gibi yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir.

2.2.1.2 Gramajlarının Hesaplanması

Numunelerin gramajlarının (m^2 ağırlıklarının) hesaplanması için farklı hammaddelerden yapılmış kafes ağlarından $10 \times 10 \text{ cm}^2$ olacak şekilde cetvelle ölçülmüş ve makasla kesilerek numune hazırlanmıştır. Daha sonra numuneler hassas terazide birer birer tartılarak g olarak ağırlıkları tespit edilmiştir. Her bir numune için bulunan değerler 100 ile çarpılarak 1 m^2 deki ağırlıkları hesaplanarak gramajlar g/m^2 olarak bulunmuştur. Ölçümler TS EN 12127 standardı kapsamında 5 tekrar olacak şekilde yapılmıştır. Gramaj ölçümleri işlem görmemiş, AF ile işlem görmüş ve saha işlemleri sonrası temizlenmiş numunelerde gerçekleştirilmiştir.

2.2.1.3 Göz Açıklıklarının Ölçümü

Balık ağlarının göz açıklıkları mikroskobik olarak yapılan ölçümler ve cetvel yardımıyla saptanmıştır (Şekil 2.5). Mikroskobik ölçümler için Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Mikroskop laboratuvarlarında bulunan OLYMPUS SZ61 stereo mikroskop ve görüntüleme sistemi kullanılmıştır.



Şekil 2.5 Göz açıklıklarının ölçümü (Özyurt ve Yeşilçimen, 2013)

2.2.1.4 Kopma Mukavemetlerinin Ölçümü

Testler kuru ağ kopma mukavemetinin ölçülmesi prensibine uygun olarak ağ gözünün kopana kadar genişletilmesi ve kopma yükünün ölçülmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir (Atayeter ve diğer., 2014). Çalışma kapsamında balık ağlarında mukavemetleri, ağın direnç kaybını ve ağın uzamasını ölçen bir araç olan DYNA 300 DP Dinamometre ile saptanmıştır (Şekil 2.6). Mukavemet ölçümleri işlem görmemiş, AF ile işlem görmüş ve saha çalışması sonrası temizlenmiş ağlarda 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.



Şekil 2.6 Balık ağlarında mukavemet testleri (Kişisel arşiv, 2018)

2.2.1.5 Nem Alım Miktarının Ölçümü

İşlem görmemiş ağlardaki nem alım miktarının ölçümü ASTM D 629-08 standartına göre gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir. Farklı hammaddelerden yapılmış kafes ağı numuneleri standart atmosfer koşullarında (% 65±2 bağıl nem 20 ±2°C) en az 24 saat bekletilerek ağlar kondisyonlanlanmış ve hassas terazide tartılmıştır. Kondisyonlanan ağlar, mutlak kuru ağırlığa ulaşması için; 105°C 'de 4 saat etüvde kurutulup, 2 saat desikatörde soğutulmuş ve tartılarak mutlak kuru ağırlık bulunmuştur. Desikatörden çıktıktan sonra alınan ağırlık son ağırlıktır ve ağlar içerisindeki nemi kaybettiği için ilk ağırlıktan düşüktür. Ağların % nem içeriği Eşitlik 2.1 kullanılarak bulunmuştur.

$$\text{Nem içeriği (\%)} = \frac{\text{Nemli ağırlık} - \text{Mutlak kuru ağırlık}}{\text{Nemli ağırlık}} \times 100 \quad (2.1)$$

2.2.2 Kafes Ağlarının Kirilenmeyi Önleyici Boyalar ile Muamele Edilmesi

Kafes balıkçılığında boyama işlemleri ülkemizde çoğunlukla ortam sıcaklığında ağların vinçler ile beton veya toprak havuzunda hazırlanmış antifouling boyalar içerisine daldırılması ve belirli süre bekletilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma kapsamında deney planında belirtilen boyamalar daldırma kaplama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Birer beher içerisine her tip boyadan 200 ml konularak farklı hammaddeden oluşan ağlar behere daldırılmış ve 4 saat süre ile numuneler oda sıcaklığında bekletilmiştir (Şekil 2.7). Örneklerin kurutma işlemi oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.7 Balık ağlarının antifouling boyalar ile boyanması (Kişisel arşiv, 2018)

Çalışma kapsamında tüm numunelerin boyanması aynı yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada antifouling boya uygulaması sonrası % ağırlık değişimi, renk değişimi, deniz suyu haslığı gibi parametrelerin ölçümü ile boyamanın performansının ön değerlendirmeleri yapılmıştır.

2.2.2.1 Antifouling Boya Uygulaması Sonrası % Ağırlık Artışının Hesaplanması

Farklı hammaddelerden yapılmış kafes ağırları belirli boyutlarda numune olarak kesilmiş hassas terazide tartılıp numunelerin kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Numuneler AF boyalar ile muamele edildikten sonra daldırılmış numunenin ağırlığı da tartılarak ağ tipine göre ağların antifouling boya uygulaması sonrası % ağırlık artış miktarı aşağıda verilen Eşitlik 2.2 ile hesaplanmıştır (Tarakçıoğlu, 1979).

$$\% \text{ Ağırlık Artış Miktarı} = \frac{M_{son} - M_{ilk}}{M_{son}} \times 100 \quad (2.2)$$

2.2.2.2 Boyama Sonrası Renk Değişimlerinin Analizi

Numunelerin boyama sonrası ve deniz denemeleri sonrası renk değişimleri Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümü Laboratuvarlarında bulunan Minolta 3600 CM marka spektrofotometrede (Şekil 2.8) CIElab sistemine göre, D65 ışık kaynağı altında, 10° gözlem açısı ile yapılmıştır. Cihaz ayrıca 400 nm'de ki yansıma (%R) ve renk kuvveti (K/S) değerlerini hesaplayarak vermektedir.



Şekil 2.8 Minolta spektrofotometre ölçüm cihazı (Kişisel arşiv, 2018)

2.2.2.3 Deniz Suyu Haslığı

Deniz suyu haslığı ISO 105 E02 standardı kapsamında Dokuz Eylöl Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Kimyasal Tekstil Testleri laboratuvarlarında yapılmıştır. Analiz edilecek tekstil numunesi ağ formunda olduğu için; kullanılacak refakat kumaşlarının yarısı ağrlığında analiz örneği tartılarak numune hazırlanmıştır. (40 ± 2) mm \times (100 ± 2) mm boyutlarında deney koşullarında boyanmayacak bir kumaş ile analiz edilecek tekstil materyali dört tarafından dikilmiştir. Sodyum klorür çözeltilisi: 30 g/L sulu çözeltili saf su yardımıyla hazırlanmıştır. Numuneler 1:50 flote oranı ile oda sıcaklığındaki sodyum klorür çözeltilisi içerisine konularak, 30 dakika boyunca bekletilmiştir (şekil 2.9). Çözeltilinin homojen olarak numuneyi ıslatması amacıyla zaman zaman yüzeye çıkan numune, baskı uygulanarak çözeltili içine daldırılmıştır. 30 dakikalık bekleme süresinin ardından iki cam çubuk arasında sıkılarak numune üzerindeki fazla çözeltili alınmıştır. Analiz edilecek numuneler $(12,5\pm 0,9)$ kPa nominal basınç altında, iki akrilik reçine levhalar arasına yerleştirilerek ve aparat daha önceden (37 ± 2) 'ye ısıtılmış olan etüve yerleştirilerek 4 saat bekletilmiştir.



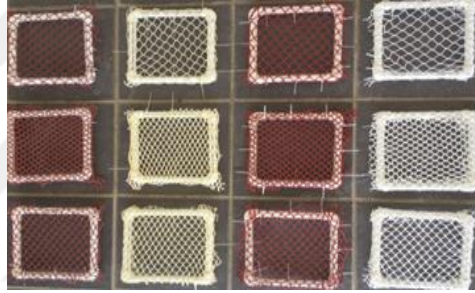
şekil 2.9 Deniz suyu haslığının gerçekleştirilmesi (Kişisel arşiv, 2018)

2.2.3 Kafes Ağlarının Denize Yerleştirilmesi ve Belirli Aralıkları ile Kirlenme Durumlarının İncelenmesi

Kafes balığçılığında kullanılan balığ ağları uzun süre deniz ortamında kalan ve bu süreç içerisinde deniz canlıları tarafından kirlenilen ve özelliklerini kaybeden tekstil materyalleridir. Bu nedenle ağların kullanım ömürlerini uzatmak için ağlar kirleticiler deniz canlılarının tutunmasını geciktirici çeşitli boyar maddeler ile muamele

edilmektedir. Bu çalışma kapsamında farklı hammaddelerden üretilmiş ağların boyanma sonrası kullanım performansları incelenmiştir. Çalışmada ağların denize daldırılması ve belirli sürelerde ağların performanslarının değerlendirilmesi için literatür çalışmalarındaki gibi fotoğraf çekimi ve görüntülerin incelenmesi yöntemi uygulanmıştır.

Bu çalışmada ağların denize daldırma işlemleri öncesinde AF ile işlem görmüş ve işlem görmemiş balık ağları Şekil 2.10'da ki gibi numaralı halde $25 \times 25 \text{ cm}^2$ çerçevelere takılarak PVC borulardan bir panel düzeneği oluşturulmuştur. Panel düzeneğinin su yüzeyine çıkmaması için PVC borularının içi kum ile doldurulmuştur.



Şekil 2.10 $25 \times 25 \text{ cm}^2$ PVC borulardan oluşan çerçevelere takılan balık ağları (Kişisel arşiv, 2018)

Ağların kirlenmeyi önleyici performansının ve deniz ortamındaki etkinliğinin değerlendirilmesi için işlem görmüş ve işlem görmemiş balık ağları, Balıklıova'da bulunan bir balık çiftliğinin yakınlarının 4-5 m derinliğine asılmıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 4-5 m derinliğindeki ağların dizilimi (Kişisel arşiv, 2018)

Böylelikle ağlar belirli periyotlarda (ayda bir) kontrol edilerek kirlenme miktarına göre GoPro Hero 2018 su altı kamerası ile görsel incelemeler yapılmıştır. Çalışma Haziran 2018 ve Aralık 2018 dönemleri arasında sürdürülmüştür.

2.2.4 Kafes Ağlarının Kirlenme Analizleri, Ağırlık, Mukavemet Değişimlerinin İncelenmesi

Çalışmada, numunelerin denizde bekletilmeleri sonunda ağların üzerinde oluşan film tabakadan makro fouling organizmalardan numune alınmıştır. Organizmalar beherler içerisindeki formaldehit ile bekletilerek dijital kamera ile görüntüleri alınmıştır. Ağlardaki kirlenme su-jet basıncı aparatı kullanılarak temizlenmiştir (Şekil 2.12). Sonrasında deniz denemeleri öncesi ve denizden çıkarılıp su-jet basıncı ile temizlenmiş ağların kullanım performanslarındaki değişimin ölçümü ağırlık ve mukavemet değişimleri ile saptanmıştır.



Şekil 2.12 Ağlardaki kirlenmenin su-jet basıncı aparatı ile temizlenmesi (Kişisel arşiv, 2018)

2.2.5 Kafes Ağlarının Yüzey Özelliklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri ile İncelenmesi

İşlem görmemiş ve antifouling boyalar ile işlem görmüş ağların deniz denemeleri öncesi ve sonrası yüzey özellikleri JEOL JSM-6060 taramalı elektron mikroskobunda 1000 büyütme altında incelenmiştir.

BÖLÜM ÜÇ

ARAŞTIRMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez çalışması kapsamında farklı hammaddelerden üretilmiş ağ örneklerine gerçekleştirilen analizler ve testler sonucu elde edilen veriler ile bunların değerlendirilmeleri aşağıdaki kısımlarda verilmiştir.

3.1 Yapısal Analizler

Denemede kullanılan balık ağlarının yapısal özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Balık ağlarının temel yapısal özellikleri

Örnek kod	Hammadde	Göz açıklığı (mm)	Gramaj (g/ m ²)
Ağ-1	PA 6.6	20	332,10
Ağ-2	HDPE	18	296,30
Ağ-3	UHMWPE	19	285,50

Tablo 3.1’de ki sonuçlar incelendiğinde ağların göz açıklıklarının birbirine yakın olduğu görülmektedir.

3.2 Antifouling Boya Aplikasyonu Sonrası % Ağırlık Artışı Sonuçları

DeneySEL çalışmada kullanılan ağlar antifouling boyalar ile işlem gördükten sonra tekrar gramajlarına bakılmış ve ağların ne kadar boya aldıkları tespit edilmiştir. Tablo 3.2’de farklı hammaddelerdeki ağların aynı boya ile işlem görmesinden sonra hesaplanan % ağırlık artış miktarı sonuçları yer almaktadır.

Tablo 3.2 Antifouling boya aplikasyonu sonrası ağların % ağırlık artışı

Örnek kod	Ağırlık artış miktarı (%)
A1	65,14
A2	52,81
A3	54,99
B1	59,43
B2	49,62
B3	50,31
C1	62,83
C2	50,78
C3	51,52

Tablo 3.2’ de görüldüğü üzere balık ağlarına uygulanan kirlenmeyi önleyici işlemlerinden sonra ağların gramajları artmıştır. Özellikle A boyasının diğer boyalara göre gramajı daha çok artırdığı görülmüştür. B boyası tüm hammaddeler için diğer AF boyalara göre biraz daha düşüktür. AF boya aplikasyonu sonrası % ağırlık artış miktarındaki fark lif tipi başta olmak üzere boyanın içerisinde bulunan binder özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca veriler incelendiğinde Poliamid 6.6 ağlarının daha çok boya aldığı görülmektedir. Bunun nedeni polimerin moleküler yapısıdır.

3.3 Kafes Ağlarının Nem İçeriği Sonuçları

Farklı hammaddelerden oluşan ağların ortalama nem içeriği (%) ölçüm sonuçları Tablo 3.3’de verilmektedir.

Tablo 3.3 Ağların ortalama nem içeriği

Örnek kod	Ortalama nem içeriği (%)
Ağ-1	4,070
Ağ-2	0,205
Ağ-3	0,001

Tablo 3.3'teki veriler incelendiğinde Poliamid 6.6'nın nem içeriği değerinin %4,07; HDPE'nin ise 0,205 ve UHMWPE'nin de 0,001 olduğu ve standartlarda belirtilen tekstil lifleri ile benzer değere sahip olduğu görülmektedir (ASTM D 1909-04, 2004).

3.4 Ağlarda Renk Değişimlerinin Değerlendirilmesi

Tablo 3.4'de işlem görmemiş ve AF ile işlem görmüş ağların deniz denemeleri öncesi ve sonrası L* açıklık koyuluk, %R yansıma, K/S renk kuvveti gibi kolorimetrik değerleri görülmektedir.

Tablo 3.4 İşlem görmemiş ve AF ile işlem görmüş ağların deniz denemeleri öncesi ve sonrası kolorimetrik değerleri

Örnek kod	L*	%R	K/S		L*	%R	K/S	
Deniz denemeleri Öncesi	Ağ-1	83,866	18,410	1,808	Sonrası	68,191	17,272	1,968
	Ağ-2	88,719	62,320	0,114		75,310	41,180	0,428
	Ağ-3	88,799	63,600	0,104		73,313	29,760	0,829
	A1	46,50	4,690	9,684		53,335	7,090	6,153
	A2	50,977	4,780	9,484		55,419	7,824	5,601
	A3	61,043	4,870	9,291		69,667	8,120	5,012
	B1	40,999	11,510	3,679		44,419	15,045	2,601
	B2	47,919	12,700	3,062		49,652	16,165	2,012
	B3	47,486	14,850	2,537		49,865	16,980	2,069
	C1	66,473	7,810	5,695		69,667	11,595	4,097
	C2	74,630	7,850	5,532		76,017	10,831	3,862
	C3	74,682	7,874	5,408		75,310	10,320	3,708

Şekil 3.4'de görüldüğü üzere örneklerin L* değerleri (açıklık koyuluk) incelendiğinde boyama sonrası L* değerlerinin azaldığı görülmektedir; dolayısıyla boyanan örnekler koyulaşmaktadır. Antifouling boyalar ile işlem görmüş ağların L* değerlerinin deniz denemeleri sonrasında arttığı, işlem görmemiş ağların ise azaldığı görülmüştür.

Antifouling boyalar ile işlem görmüş örneklere ait K/S değerleri incelendiğinde, antifouling boyalar ile boyamalarda kromatik nokta 400 nm ve K/S değerlerinin deniz denemeleri sonrasında azaldığı gözlemlenmiştir. Renk verimleri açısından ise en yüksek değere sahip boyama ise A bunu izleyen C ve B olarak sıralanmaktadır. İşlem görmemiş ağlarda K/S değerlerinin deniz denemeleri sonrasında arttığı gözlemlenmiştir. Kirlenmeden kaynaklı örneklerin koyuluğu arttığı için K/S değerlerinin arttığı söylenebilir. İşlem görmemiş örneklerin reflektans (%R) değerlerinin deniz denemeleri sonrasında 400 nm’deki minimum reflektans (%R) değerlerinde azalma, AF ile işlem görmüş örneklerde ise artma meydana geldiği görülmektedir. Ağların rengindeki değişiklikler deniz organizmaları tarafından sentezlenen primer veya sekonder metabolitler, deniz suyunun korozif etkisi ve basınçlı yıkamadan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

3.5 Deniz Suyu Haslığı Test Sonuçları

Tablo 3.5’de ağlara uygulanan deniz suyu haslığı sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 3.5 Deniz suyu haslığı sonuçları

Örnek Kod	Deniz suyu haslığı
A1	3-4
A2	3
A3	3
B1	3
B2	2-3
B3	2-3
C1	4
C2	3-4
C3	3-4

Tablo 3.5’de görüldüğü üzere A boyası ile işlem görmüş ağlar için 3 ve 3-4, B boyası için 2-3 ve 3, C boyası için 3-4 ve 4 deniz suyu haslığı değerleri elde edilmiştir. A ve C boyaları ile işlem görmüş ağların deniz suyu haslıklarının B boyalarına göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Poliamid ağları A1, B1 ve C1, her üç

AF için PE ve UHMWPE ağlarına göre deniz suyuna daha yüksek haslık değerler göstermiştir. Bunun sebebi Poliamid'in kimyasal yapısındaki reaktif gruplar nedeniyle AF boyaların daha çok tutunması olabilir.

3.6 Deniz Denemeleri Sonrası Ağlardaki Ağırlık ve Mukavemet Değişimleri

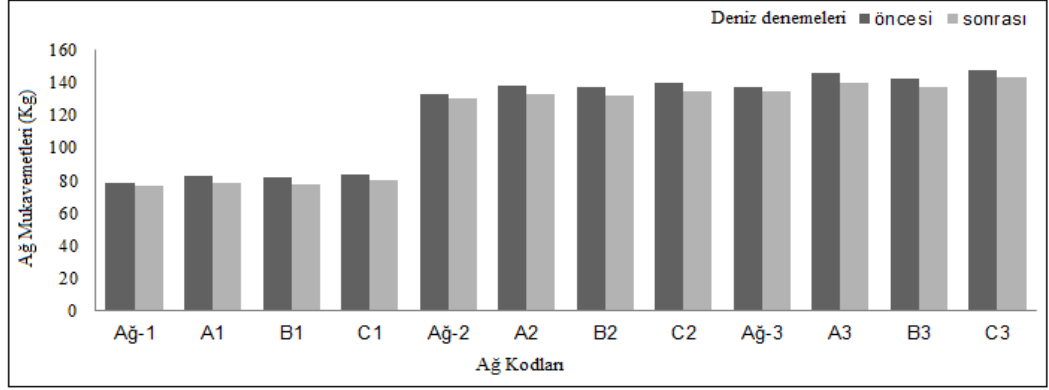
Çalışmada, deniz denemeleri öncesi ve 6 aylık dönem sonrasında denizden çıkarılıp su-jet basıncı ile temizlenmiş ağların kullanım performanslarındaki değişimi saptamak için ağırlık ve mukavemet değişimleri ölçümleri yapılmıştır. Tablo 3.6'da işlem görmemiş ve görmüş farklı hammaddelerden üretilmiş balık ağlarının deniz denemeleri sonrası ağırlık değişimi görülmektedir.

Tablo 3.6 İşlem görmemiş ve görmüş balık ağlarının deniz denemeleri sonrası ağırlık kayıpları

Örnek kod	Ağırlık kaybı(%)
Ağ-1	1,73
Ağ-2	3,34
Ağ-3	2,10
A1	4,79
A2	8,61
A3	6,38
B1	4,15
B2	8,11
B3	6,46
C1	4,03
C2	8,35
C3	6,68

Tablo 3.6 incelendiğinde AF ile işlem görmüş ağların işlem görmemiş ağlara göre ağırlık değişimlerinin daha çok olduğu görülmektedir. İşlem görmemiş ve AF ile işlem görmüş PA ağlarının HDPE ve UHMWPE ağlara kıyasla daha az ağırlık kaybına uğradığı gözlenmiştir. Kirlenmeye neden olan mikro ve makro organizmalar ağlara zarar verebilir ve temizleme işleminden sonra ağırlık kaybı gözlenebilir. AF ile işlem görmüş ağlarının su-jet basıncı ile temizleme sırasında ağlardaki antifouling boyaların sökülmesinden kaynaklı daha çok ağırlık kaybının olduğu saptanmıştır.

Şekil 3.1’de işlem görmemiş ve AF ile işlem görmüş balık ağlarının deniz denemeleri öncesi ve sonrası mukavemet değerleri görülmektedir.

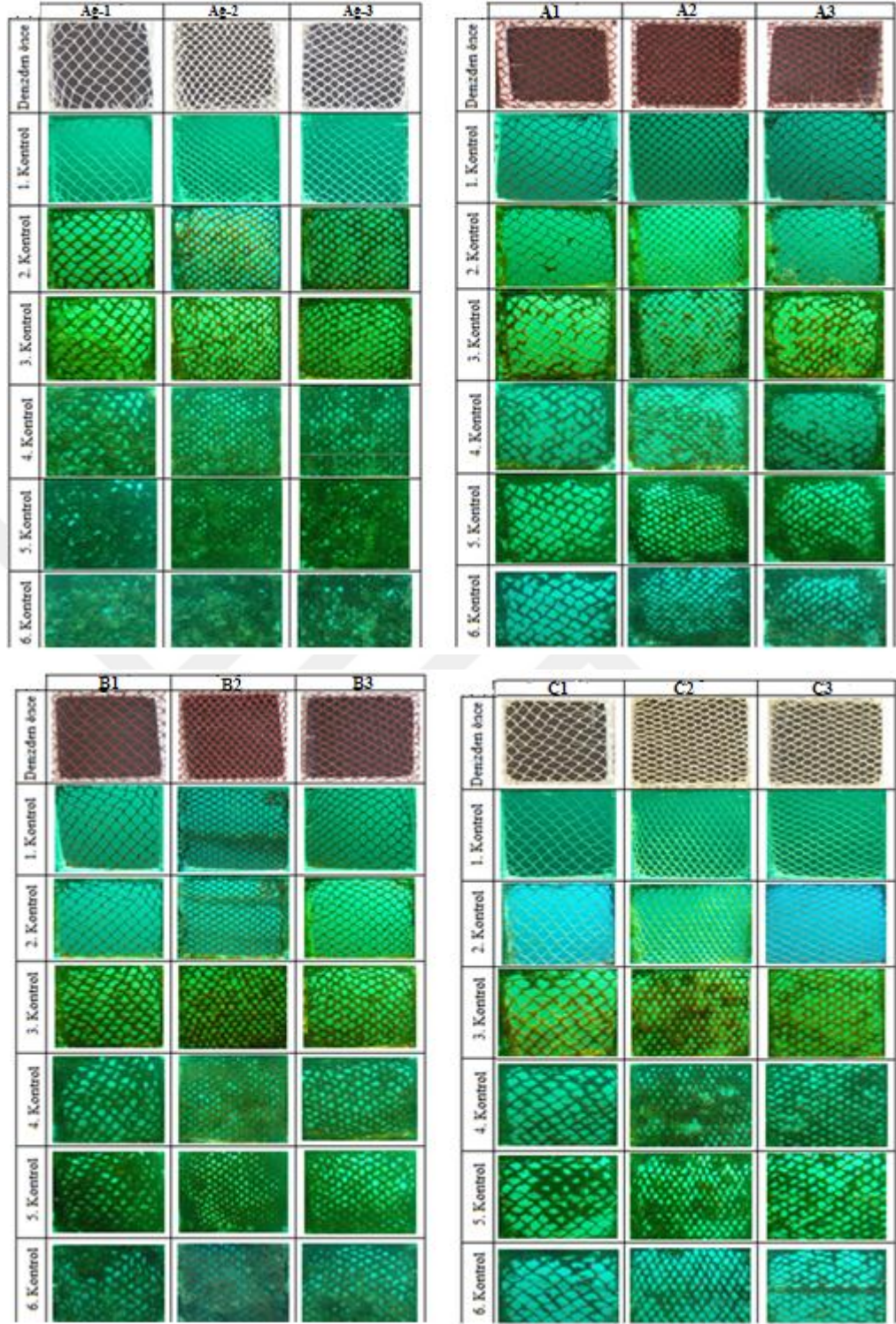


Şekil 3.1 Deniz denemeleri sonrası ağlardaki mukavemet değerleri

Ağların mekanik özellikleri deniz denemeleri öncesi ve sonrası ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere ağlar AF ile işlem gördükten sonra mukavemetleri artmıştır. Deniz denemeleri ve temizleme işlemi sonrası tüm ağ örneklerinde mukavemet kaybı görülmüştür. İşlem görmemiş ağlarda %2-3 oranında mukavemet kaybı gözlenirken, AF ile işlem görmüş ağlarda %3-5 oranında mukavemet kaybı görülmüştür. Deniz ekosistemi, deniz suyu içinde çözünmüş minerallerin neden olduğu son derece korozif koşullar olarak kabul edilir. Bu, 6 ay boyunca deniz ekosisteminde kalan ağlarda mukavemet kaybına neden olmuştur. Üstelik bu süreçte kirlenmeye neden olan mikro ve makro organizmalar ve basınçlı suyla temizleme işlemi de ağlarda mukavemet kaybına neden olmuş olabilir.

3.7 Balık Ağlarının Belirli Sürelerdeki Kirlilik Düzeylerinin Tespiti

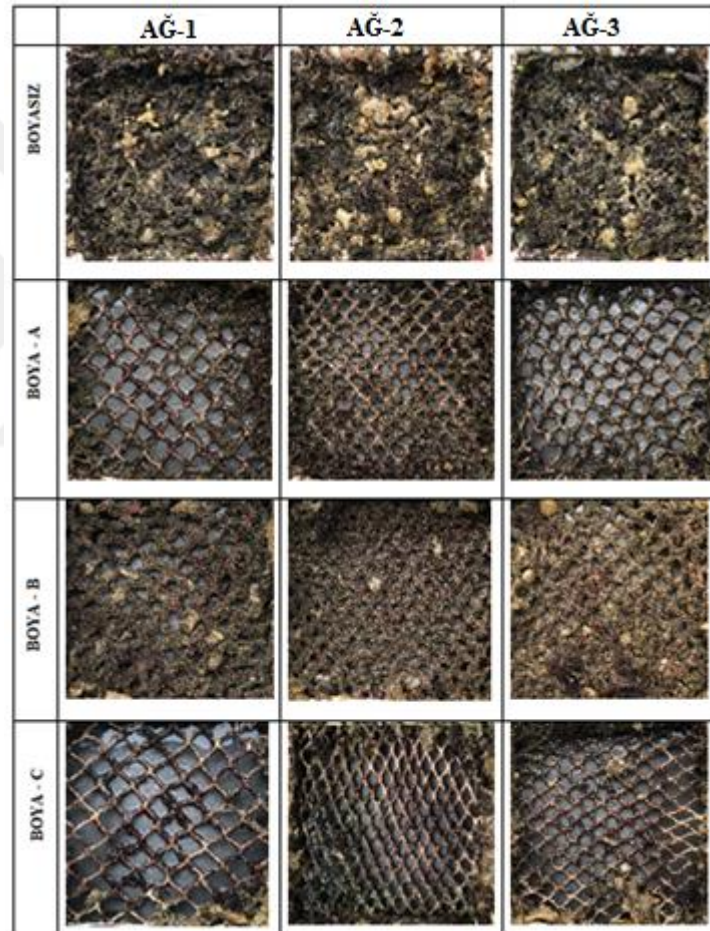
6 aylık periyot boyunca denize bırakılan işlem görmüş ve görmemiş balık ağlarının kirlenme düzeyleri su altı kamera görüntüleri ile tespit edilmiştir. Şekil 3.2’de sırasıyla işlem görmemiş ve boya-A, boya-B, boya-C ile işlem görmüş ağların denizde bekletilerek belirli sürelerde meydana gelen kirlilik düzeyleri görülmektedir.



Şekil 3.2 Ağlarda belirli sürelerde meydana gelen kirlilik düzeyleri (Kişisel arşiv, 2018)

Resimlerde görüldüğü gibi, AF ile işlem görmüş ve işlem görmemiş ağlar arasında belirli bir fark vardır. Altı ayın sonunda, işlem görmemiş ağlarda daha fazla kirlenme meydana geldiği ve neredeyse ağ gözü açıklığının kapandığı görülmektedir.

AF ile işlem gören ağlarda ise A ve C boyası ile işlem gören ağların benzer sonuçlar verdiği, B boyası ile işlem gören tüm ağ örneklerinin ise diğer boyalara göre daha çok kirlendiği gözlenmiştir. Bunun nedeni B boyasındaki Cu_2O oranı ve bağlayıcı tipidir. Biyosit olarak kullanılan Econea ile tez kapsamında üretilen antifouling boyanın en az bakır oksit kadar kirlenme mekanizmalarına karşı etkili sonuç vermiştir. Ayrıca çalışmanın sonuçları ağların kirlenmesinin her tür hammadde için benzer olduğunu göstermektedir. Şekil 3.3’de ağların deniz denemeleri sonrası dijital kamera ile çekilmiş detaylı görüntüleri verilmiştir.

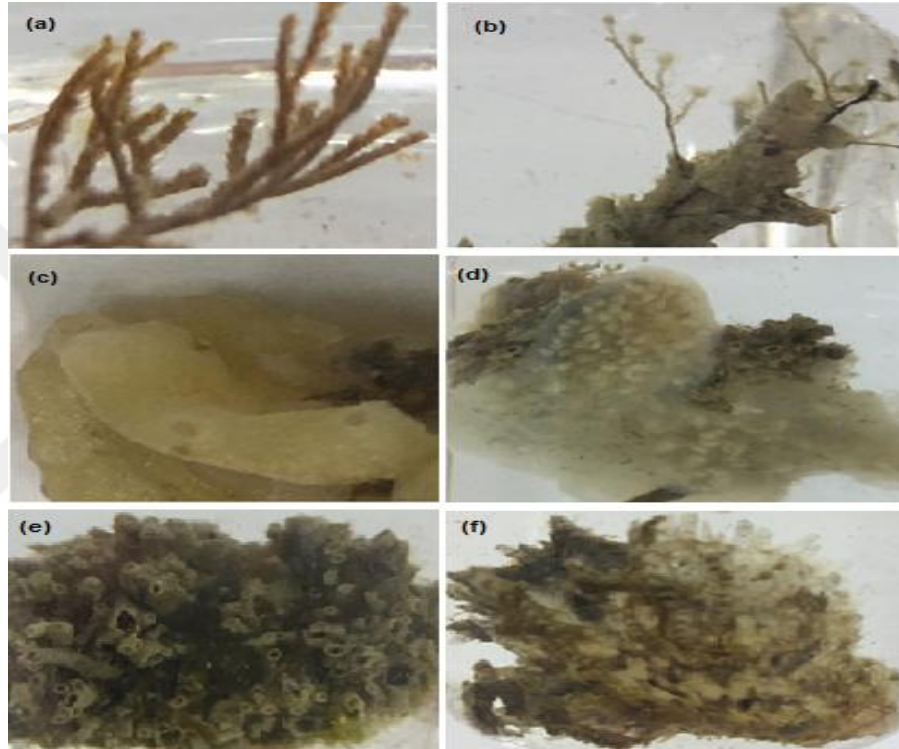


Şekil 3.3 Denizden çıkarılmış ağların görüntüleri (Kişisel arşiv, 2018)

Şekil 3.3’de daha net bir şekilde görüldüğü üzere işlem görmemiş ağların göz açıklıklarının tamamen kapandığı gözlenmiştir. Sonuç olarak antifouling boyalar ile işlem gören ağların kullanım ömürlerinin daha çok olduğu söylenebilir.

3.8 Denizden Çıkarılan Ağların Üzerindeki Makro fouling Organizmalar

Araştırma istasyonumuzda 6 ay deniz ekosistemi içerisinde bekletilen ağların üzerindeki makro fouling organizmalar boyutlarına göre gerek çıplak gözle gerekse mikroskopik analizlerle incelenmiştir. Fouling organizmalar beherler içine formaldehit ile birlikte konularak dijital kamera ile çekilen görüntüleri Şekil 3.4’de verilmiştir.



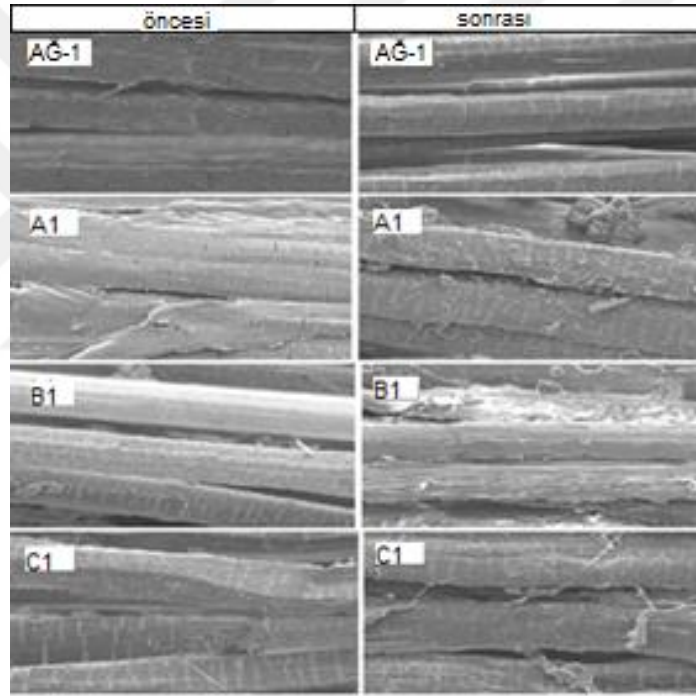
Şekil 3.4 Denizden çıkarılan ağların üzerindeki makro fouling organizmalar (Kişisel arşiv, 2018)

Resimlerde görüldüğü üzere ağlar üzerinde *Bryozoa* ordosuna ait (a) *Bugula neritina* (Linnaeus, 1758) ve (b) *Hydra spp* saptanmıştır. Ayrıca Akdeniz ekosistemi için önemli olan (c) *Tunicate* ordosuna ait olan *Ciona intestinalis* (Linnaeus, 1767) ve balık ağları üzerine bol miktarda (d) deniztavşanı yumurtaları gözlenmiştir. Bu türler *Lobiger Serradifalci*, *Oxynoe Olivacea* olduğu tahmin edilmektedir. Bu türler Akdeniz ekosistemi için oldukça yaygın türlerdendir. Tez kapsamında saptanan fouling organizmalarından bir diğeri (e) *Tubulipora* ve (f) *Bivalvia* ordosuna ait *Pinctata radiata* (Leach, 1814) olduğu gözlenmiştir. Bu organizmaların Akdeniz ekosisteminde önemli biyolojik rolleri bulunmaktadır. Bununla birlikte Balık

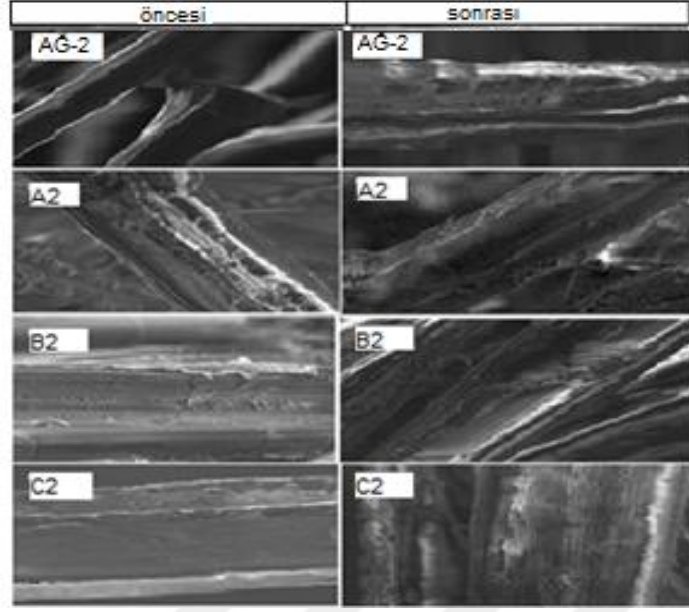
yetiştiriciliğinde kafes gözeneklerini kapatmaları yoluyla Balık yetiştiriciliğine zarar verdiği gözlenmektedir. Sürdürülebilir bir yetiştiricilik için bu türlere öldürücü etkide bulunmayan, güneş ışığı ve mikrobiyal degradasyona uygun biyosidal ajanların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

3.9 Kafes Ağlarının SEM Görüntüleri

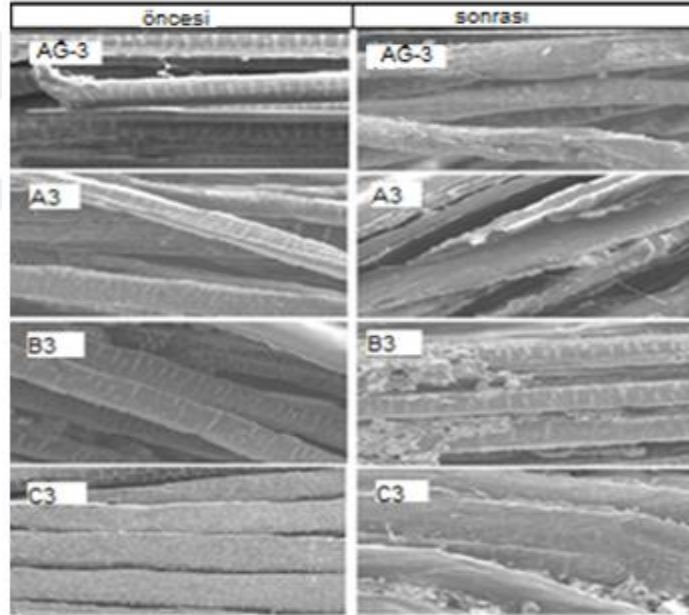
Şekil 3.5-3.7’de deniz denemeleri öncesi ve sonrası işlem görmemiş ve antifouling boyalar ile işlem görmüş ağlarının taramalı elektron mikroskobu ile 1000 büyütmede çekilen boyuna görünüşleri yer almaktadır.



Şekil 3.5 PA 6.6 ağlarının SEM görüntüleri



Şekil 3.6 HDPE ağlarının SEM görüntüleri



Şekil 3.7 UHMWPE ağlarının SEM görüntüleri

Deniz denemeleri sonrası ağların SEM görüntüleri incelendiğinde, lif yüzeylerinde tabakaların meydana geldiği ve farklı boyutlarda boya partiküllerinin lif yüzeyine dağılmış olduğu görülmektedir. Ayrıca mikroorganizmalar, deniz suyunun korozif etkisi ve basınçlı yıkama nedeniyle liflerde fiziksel hasarlar meydana gelmiş olabilir. Çünkü lif yüzeylerinde mikro çatlaklar artmış ve AF boya artıkları gözlenmiştir.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tezi çalışması kapsamında, farklı hammaddelerden üretilmiş balık ağlarına uygulanan kirlenmeyi önleyici işlemlerin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ağlar kirlenmeyi önleyici (antifouling boya) ile işlem gördükten sonra ağların kirlenmeyi önleyici performansının ve deniz ortamındaki etkinliğinin değerlendirilmesi için ağlar işlem görmüş ve görmemiş olarak, altı ay boyunca balık çiftliğine yakın deniz ekosistemine daldırılmış ve periyodik aralıklarla su altı kamera görüntüleri çekilerek gözlemlenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, temin edilen ağlara hammadde analizi yapılmıştır. Daha sonra ağların gramajları ve göz açıklıkları belirlenmiştir. PA ağlarının gramajlarının $332,10 \text{ g/m}^2$, HDPE ağlarının $296,30 \text{ g/m}^2$, UHMWPE ağlarının ise $285,50 \text{ g/m}^2$ olduğu tespit edilmiştir. Göz açıklıklarının ise birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. PA'nın nem içeriği değerinin %4,070; HDPE'nin ise 0,205 ve UHMWPE'nin de 0,001 olduğu ve standartlarda belirtilen tekstil lifleri ile benzer değere sahip olduğu görülmüştür. Ağlara antifouling boyaların uygulanması daldırma kaplama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. AF boya uygulaması sonrası, ağlardaki % ağırlık artış miktarları tespit edilmiştir. Balık ağlarına uygulanan kirlenmeyi önleyici işlemlerden sonra ağların gramajları artmıştır. B boyası için artışın tüm hammaddelerde diğer AF boyalara göre biraz daha düşük olduğu gözlenmiştir. AF boya uygulaması sonrası % ağırlık artış miktarındaki fark lif tipi başta olmak üzere boyanın içerisinde bulunan binder özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca veriler incelendiğinde Poliamid 6.6 ağlarının daha çok boya aldığı görülmüştür. Bunun nedeni polimerin moleküler yapısıdır. Ağlar boyandıktan sonra deniz denemeleri öncesi deniz suyu haslıkları yapılarak boyanın ağlar üzerindeki etkinliği değerlendirilmiştir. A ve C boyaları ile işlem görmüş ağların deniz suyu haslıklarının B boyamalarına göre daha iyi olduğu gözlenmiştir. Poliamid ağlarda her AF boyası için PE ve UHMWPE ağlarına göre deniz suyuna daha yüksek haslık değerler saptanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, ağların kirlenmeyi önleyici performansının ve deniz ortamındaki etkinliğinin değerlendirilmesi için işlem görmüş ve işlem görmemiş balık ağları, Balıklıova'da bulunan bir balık çiftliğinin yakınlara 4-5 m derinliğine asılmıştır. 6 aylık dönem boyunca denize bırakılan işlem görmüş ve görmemiş balık ağlarının kirlenme düzeyleri su altı kamera görüntüleri ile tespit edilmiştir. Altı ayın sonunda, işlem görmemiş ağlarda daha fazla kirlenme meydana geldiği ve neredeyse ağ gözü açıklığının kapandığı görülmüştür. Antifouling boyalar ile işlem gören ağlarda ise, A ve C boyası ile işlem gören ağların benzer sonuçlar verdiği, B boyası ile işlem gören ağların ise diğer boyalara göre daha çok kirlendiği gözlenmiştir. Bunun nedeni B boyasındaki Cu_2O oranı ve bağlayıcı tipi olabilir. Biyosit olarak kullanılan Econea ile tez kapsamında üretilen antifouling boya en az bakır oksit kadar kirlenme mekanizmalarına karşı etkili sonuç vermiştir. Ayrıca çalışmanın sonuçları ağların kirlenmesinin her tür hammadde için benzer olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında, ağlar denizden çıkartılarak ağların üzerinde oluşan film tabakadan makrofouling organizmalardan numune alınmıştır ve türleri tespit edilmiştir. Türleri saptanan makrofouling organizmaların Akdeniz ekosistemi için oldukça yaygın türlerden olduğu gözlenmiştir. Ağlardaki kirlenme su-jet basıncı aparatı kullanılarak temizlenmiştir, sonrasında deniz denemeleri öncesi ve denizden çıkarılıp su-jet basıncı ile temizlenmiş ağların kullanım performanslarındaki değişiminin saptanması ağırlık ve mukavemet ölçümleri ile belirlenmiştir. AF ile işlem görmüş ağların işlem görmemiş ağlara göre ağırlık değişimlerinin daha çok olduğu görülmüştür. İşlem görmemiş ve AF ile işlem görmüş PA ağlarının HDPE ve UHMWPE ağları ile kıyaslandığında daha az ağırlık kaybının olduğu gözlenmiştir. Kirlenmeye neden olan mikro ve makro organizmalar ağlara zarar verebileceği ve temizleme işleminden sonra ağırlık kaybının gözlenebileceği sonucu çıkarılmıştır.

Ağların mekanik özellikleri deniz denemeleri öncesi ve sonrası ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Ağlar AF ile işlem gördükten sonra mukavemetleri artmıştır. Deniz denemeleri ve temizleme işlemi sonrası tüm ağ örneklerinde mukavemet kaybı görülmüştür. İşlem görmemiş ağlarda %2-3 oranında mukavemet kaybı gözlenirken,

AF ile işlem görmüş ağlarda %3-5 oranında mukavemet kaybı görülmüştür. Deniz ekosistemi, deniz suyu içinde çözünmüş minerallere neden olan son derece korozif koşullar olarak kabul edilir. Bu, 6 ay boyunca deniz ekosisteminde kalan ağlarda güç kaybına neden olabilir. Üstelik bu süreçte kirlenmeye neden olan mikro ve makro organizmalar ve basınçlı suyla temizleme işlemi de ağlarda mukavemet kaybına neden olmuş olabilir.

Çalışmanın dördüncü aşamasında, denizden çıkarıldıktan sonra basınçlı yıkama ile temizlenen ağların renk değişimlerine bakılmıştır. İşlem görmemiş, antifouling boyalar ile işlem görmüş ve deniz denemeleri sonrası ağların renk değişimleri değerleri incelendiğinde ağların boyama sonrası koyuluklarının arttığı, deniz denemeleri sonrası ise azaldığı gözlenmiştir. Ağların rengindeki değişiklikler deniz organizmaları tarafından sentezlenen primer veya sekonder metabolitler ile açıklanabilir. Deniz denemeleri sonrası ağların yüzey özellikleri taramalı elektron mikroskobu ile incelendiğinde, lif yüzeylerinde tabakaların meydana geldiği ve farklı boyutlarda boya partiküllerinin lif yüzeyine dağılmış olduğu görülmüştür. Ayrıca mikroorganizmalar, deniz suyunun korozif etkisi ve basınçlı yıkama nedeniyle liflerde fiziksel hasarlar meydana gelmiş olabilir. Çünkü lif yüzeylerinde mikro çatlaklar artmış ve AF boya artıkları gözlenmiştir.

Kafes balıkçılığında farklı hammaddelerden üretilmiş ağlar kullanılmaktadır. Tekstil esaslı bu ağlar çiftlik balıklarına hem yaşam ortamı sağlamakta hem de dış ortama karşı koruma fonksiyonu yerine getirmektedirler. Ağların mekanik performanslarının yanı sıra kirlenme mekanizmaları da kafes ağı olarak kullanımları açısından önemlidir. Bir diğer faktör ise ağların ağırlıklarıdır. Kafes balıkçılığında esas kafes ağlarında yaygın olarak poliamid ve polietilen esaslı ağlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada üç farklı hammaddeden üretilmiş ağlara aynı antifouling boyalar uygulanarak hammaddenin antifouling işlem ve antifouling performans üzerindeki etkilerini incelenmiştir. Poliamid ağlar polimerin yapısı gereği ve tutabildikleri nem ve su miktarı dolayısı ile daha yüksek oranlarda antifouling boya emmişlerdir ve boyama sonrası ağırlık artışları daha fazla olmuştur. Öte yandan deniz denemeleri sonrası ise ağırlıklarında ki değişim daha az olmuştur.

Polietilen ağlar ise polimerin yapısı nedeniyle yapılarında neredeyse %0 nem ve su tutabilmektedirler. Bundan dolayı aynı tip boyalarla boyanan polietilen ağların ağırlık artışı poliamid ağlara göre daha düşük olmuştur. Ayrıca bunun sebebi polietilenin kimyasal yapısında reaktif grupların olmaması ve poliamidin ise kimyasal yapısındaki reaktif gruplar nedeniyle AF boyaların daha çok tutunması olabilir. Öte yandan deniz denemeleri sonrası ağırlık kayıpları daha fazla olmuştur. Bu çalışmada yapılan saha denemeleri hammadde tipinin kirlenme mekanizmasında farklılık olmadığını göstermiştir. Aynı antifouling boyalarla boyanan farklı hammaddelerdeki ağlar benzer şekilde kirlenmiştir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde biyolojik kirlilik önemli bir konudur ve günümüzde geleneksel antifouling boyalar kullanılarak ağlardaki kirlenme önlenmeye çalışılmaktadır. Geleneksel antifouling boyalarda biyosidal olarak çoğunlukla bakır esaslı bileşenler içeren malzemeler kullanılmaktadır. Bakır içeren antifouling boyalar etkili sonuçlar veren boyalar olmakla birlikte diğer deniz canlılarına ve çevreye verdikleri zarar hala tartışma konusudur. Bu nedenle çevre dostu antifouling işlemlerin geliştirilmesi için çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Bu tez kapsamında da bakır oksit içermeyen çevre dostu bir antifouling boya üretilmiş ve çalışma materyali olan farklı hammaddelerdeki ağlara uygulanmıştır. Çevre dostu boya tüm ağ tiplerinde en az bakır oksit kadar kirlenme mekanizmalarına karşı etkili sonuç vermiştir. Sürdürülebilir bir yetiştiricilik için kirlenmeye uzun süreli dayanıklı, toksik olmayan ve balıklar için su akımları ile daha iyi oksijen sağlayan, bakım ve yaşam döngüsü maliyetini düşüren, deniz ekosistemlerine olumlu katkı sağlayan biyosidal ajanların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Türkiye için de önemli bir besin kaynağı ve ihraç ürünü olan çiftlik balıklarının yetiştirilmesinde kullanılan kafeslerdeki esas ağlarının kirlenme durumları incelenmiştir. Kafes ağlarındaki kirlenme ağ gözünü tıkayarak balık ölümlerine sebep olabilmekte hem de ağırlık artışına neden olarak kafeslerin deformasyonuna yol açmaktadır. Kirlenmeyi önlemek için yapılan periyodik temizlik ve bakımlar maliyetlere ağır yük getirmektedir. Çalışmamızda üç farklı hammaddeden üretilmiş kafes ağı yine üç farklı antifouling boya ile muamele

edilerek kafes ağlarındaki kirlenmeye hem hammaddenin hem de antifouling boya tipinin etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak tarafımızdan üretilen evre dostu antifouling boyanın tüm hammadde tiplerinde en az bakır içeren boyalar kadar etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca hammadde tipinin tüm boyalar için kirlenme mekanizması açısından önemli olmadığı görülmüş bununla birlikte hammadde tipinin alınan flotte oranında etkili olduğu ve ağ ağırlıklarını değiştirdiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların hem hammadde seçiminde ve antifouling boyalar konusunda üreticilere fikir vermesi hem de bu alanda yapılacak ileriki araştırmalara yardımcı olması beklenmektedir. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda, sürdürülebilir balık yetiştiriciliğinin sağlanması için evre dostu antifouling boyaların kullanımı ve kullanılacak ağların hammaddeleri mukavemetli, su iletimini artıracak, akımlardan sürüklenmeyi azaltacak ve biyolojik kirlenmeyi minimize edecek özellikte olması esas alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aarsnes, J., Rudi, J. ve Loland, G. (1990). *Current forces on cage, net deflection*. Proceedings of a Conference Organised By The Institution Of Civil Engineers. Glasgow, UK, October 17-19.
- Akbulut, B. (2004). Su ürünleri yetiştiriciliği ve stratejileri. *Sümae Yunus Araştırma Bülteni*, 4(1), 9-11.
- Almeida, E., Diamantino, T.C. ve Sousa, O. (2007). Marine paints: The particular case of antifouling paints. *Progress in Organic Coatings*, 59, 2-20.
- Alyuruk, H., Döner, E., Karabay, Z. ve Çavaş, L. (2010). Antifouling performances and acute toxicities of eco-friendly biocides. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 38, 277-286.
- Anderson, S., Hunt, J.W., Turpen, S.L., Coulon, A.R., Martin, M. (1990). Copper toxicity to microscopic stages of giant kelp *Macrocystis pyrifera*: interpopulation comparisons and temporal variability. *Marine Ecology Progress Series*, 68, 147–156.
- Andersson, S., Kautsky, L. (1996). Copper effects on reproductive stages of Baltic Sea *Fucus vesiculosus*. *Marine Biology*, 125, 171–176.
- Ansuini, F.J. ve Huguenin, J.E. (1978). The design and development of a fouling resistant marine fish cage system. *Proceedings of the annual meeting - World Mariculture Society banner*, 9, 737-745.
- Ashraf, P.M. ve Edwin, L. (2016). Nano copper oxide incorporated polyethylene glycol hydrogel: An efficient antifouling coating for cage fishing net. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 115, 39-48.
- ASTM D 1909-04 (2004). Standart table of commercial moisture regains for textiles fibers, ASTM International, West Conshohocken, PA.

- ASTM D 629-08. (2008). Standard test methods for quantitative analysis of textiles-moisture content or moisture regain. ASTM, International, West Conshohocken, PA.
- Atayeter, S., Atar, H.H., Ören, Ö. ve Meriç, İ. (2014). Determination of mesh breaking strength of polyamide fishing nets under the exposure of different heavy metal concentrations and temperature. *Journal of Agricultural Sciences*, 20, 57-62.
- Ateşşahin, T. ve Dartay, M. (2010). Ağ ipliklerinin yapımında kullanılan materyaller ve kopma dayanımına olan etkileri. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 70-75.
- Berillis, P., Mente E. ve Kormas K.A. (2017). The use of copper alloy in aquaculture fish net pens: mechanical, economic and environmental advantages. *Journal of FisheriesSciences.com*, 11(4), 1-3.
- Beveridge, M. (1987). *Cage aquaculture*. England: Fishing News Books.
- Braithwaite, R. ve Mcevoy, L. (2005). Marine biofouling on fish farms and its remediation. *Advances in Marine Biology*, 47, 216–252.
- Braithwaite, R.A., Cadavid, Carrascosa M.C. ve McEvoy, L.A. (2007). Biofouling of salmon cage netting and the efficacy of a typical copper-based antifoulant. *Aquaculture*, 262, 219–226.
- Büyükateş, Y., Çelikkol, B., Yiğit, M., DeCew, J. ve Bulut, M. (2017). environmental monitoring around an offshore fish farm with copper alloy mesh pens in the Northern Aegean sea. *American Journal Environmental Protection*, 6, 50-61.
- Can, E. (2014). *Ağ kafes teknolojileri (Tamamlanmamış Ders Notları)*. Tunceli: Tunceli Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi.

- Cardia, F. ve Lovatelli, A. (2015). Aquaculture operations in floating HDPE cages: a field handbook. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper Publishing*, 593, 152s.
- Chambers, L.D., Hellio, C., Stokes, K.R., Dennington, S.P., Goodes, L.R. ve diğ er. (2011). Investigation of *Chondrus crispus* as a potential source of new antifouling agents. *International Biodeterioration & Biodegradation* 65(7), 939-946.
- Champ, M.A. (2001). *The Status of the Treaty to Ban TBT in Marine Antifouling Paints and Alternatives*. Published in the Proceedings of the 24th UJNR (US/Japan), Marine Facilities, Hawaii, November 7–8.
- Cheah, S.H. ve Chua, T.E. (1979). A preliminary study of the tropical marine fouling organisms on floating net cages. *Malayan Nature Journal*, 33, 39–48.
- Clare, A.S. (1996). Marine natural product antifoulants: status and potential. *Biofouling*, 9, 211–229.
- Crisci, G.M., La Russa, M.F., Macchione, M., Malagodi, M., Palermo, A.M. ve Ruffolo, S.A. (2010). Study of archaeological underwater finds: deterioration and conservation. *Applied Physics A*, 100, 855-863.
- Cronin, E.R., Cheshire, A.C., Clarke, S.M. ve Melville, A.J. (1999). An investigation into the composition, biomass and oxygen budget of the fouling community on a tuna aquaculture farm. *Biofouling*, 13, 279–299.
- Dahlstrom, M., Martensson, L.G.E., Jonsson, P.R., Arnebrant, T., Elwing, H. (2000). Surface-active adrenoceptor compounds prevent the settlement of cyprid larvae of the barnacle *Balanus improvisus*. *Biofouling*, 16, 201-213.
- Dikel, S. (2005). *Kafes balıkç ılığ ı*. Adana: Ç ukurova Ü rü nleri Su Ü rü nleri Fakültesi Yayınları.

- De Nys, R. ve Guenther, J. (2009). *The impact and control of biofouling in marine finfish aquaculture*. Hellio C. ve Yebra D., (Ed.), *Advances in Marine Fouling and Coatings Technology* içinde (177-221) Woodhead Publishing Cambridge UK.
- Downs, R.A., Dean, J.R., Downer, A. ve Perry J.J. (2017). Determination of the biocide E-conea in artificial seawater by solid phase extraction and high performance liquid chromatography mass spectrometry. *Separations*, 4(34), 1-7.
- Dürr, S. ve Watson, D.I. (2010). *Biofouling and antifouling in aquaculture*. Dürr S. ve Thomason J.C., (Ed.), *Biofouling* içinde (267-287) Wiley-Blackwell Publishing Singapore.
- Dwyer, R.L. ve Stillman, H. (2009). *Environmental performance of copper alloy mesh in marine fish farming: the case for using solid copper alloy mesh*. EcoSea Innovation in Aquaculture, International Copper Association.
- Edwards, C.D., Pawluk, K.A. ve Cross, S.F. (2014). The effectiveness of several commercial antifouling treatments at reducing biofouling on finfish aquaculture cages in British Columbia. *Aquaculture Research*, 1-11.
- Erdoğan, Ü.H. (2011). *Teknik tekstiller (Basılmamış Ders Notları)*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.
- Erdoğan, Ü.H. (2012). Yüksek mukavemetli lifler ve iplikler, *TSE Standard Ekonomik ve Teknik Dergi*, 51(602), 57-65.
- Erdoğan, Ü.H. (2013). *Kimyasal lifler (Basılmamış Ders Notları)*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.
- Erdoğan, Ü.H. (2017). *High performance fibers (Basılmamış Ders Notları)*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi.

- Erensoy, H. (2013). Biyosidal ürün olarak antifouling boyaların durumu, CRAD Çevre Risk Analiz Denetim ve Eğ. Hizm. Ltd. Şti., *Boyatürk dergisi-Ağustos/Eylül*, 82-86.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2016) *Food and agriculture statistics*. 16 Mayıs 2019, <http://www.fao.org/statistics/en/>.
- Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J. ve De Nys R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture. *Biofouling* 28, 649–669.
- Gabbay, J., Borkow, G., Mishal, J., Magen, E., Zatcoff, R. ve diğer. (2006). Copper oxide impregnated textiles with potent biocidal activities. *Journal of Industrial Textiles*, 35, 323-335.
- Garner, J. (1962). *How to make and set nets*. Farnham: Fishing News Books Ltd.
- Gerigk, U., Schneider, U. ve Stewen, U. (1998). The present status of TBT copolymer antifouling paints versus TBT-free technology. *Prepr. extension Abstracts American Chemical Society National Meeting*, 38, 91–94.
- Gonzalez, E. P., Hurtado, C. F., Gace, L., ve Augsburg, A. (2013). Economic impacts of adopting copper alloy mesh in trout aquaculture: Chilean example. *Aquatic Economic Management*, 17(1), 71-86.
- Google Maps, 2019 “Balıklıova, Karaburun.” 16 Mayıs 2019, <https://www.google.com.tr/maps/search/körfez/+küme/+evleri/+near+Mordoğan+Mordoğan+Mahallesi,+Karaburunİzmir/@38.4653792,26.5931305,2335>.
- Greene, J.K., Grizzle, R.E. (2007). Successional development of fouling communities on open ocean aquaculture fish cages in the western Gulf of Maine, USA. *Aquaculture*, 262, 289–301.
- Heuser, M. Ve Cardenas, G. (2014). Chitosan-copper paint types as antifouling. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 59(2).

- Hodson, S.L. ve Burke, C. (1994). Microfouling of salmon-cage netting: a preliminary investigation. *Biofouling*, 8, 93-105.
- Hodson, S.L., Lewis, T.E. ve Burke, C.M. (1997). Biofouling of fish-cage netting: the efficacy and problems of in situ cleaning. *Aquaculture*, 152, 77-90.
- Hodson, S.L., Burke, C.M. ve Bissett, A.P. (2000). Biofouling of fish-cage netting: the efficacy of a silicone coating and the effect of netting colour. *Aquaculture*, 184, 277-290.
- Hoşsucu, H., (1998). *Balıkçılık I (avlanma araçları ve teknolojisi)*. İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Hoşsucu, H. (2002). *Balıkçılık III (avlama yöntemleri)*. İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- IMO (2001). International Maritime Organisation. *International conference on the control of harmful anti-fouling systems for ships, adoption of the final act of the conference and any instruments, recommendations and resolutions resulting from the work of the conference*, London: UK.
- Jacobson, A.H. ve Willingham, G.L. (2000). Sea-nine antifoulant: an environmentally acceptable alternative to organotin antifoulants. *The Science of the Total Environment* 258, 103-110.
- Janssen PMP: Preservation and Material Protection, 26 Mayıs 2019,
<http://www.janssenpmp.com/?product=Econea>.
- Jerabek, A.S., Wall, K.R. ve Stallings, C.D. (2016). A practical application of reduced-copper antifouling paint in marine biological research. *PeerJ*, 4, 1-15.
- Kalantzi, I., Zeri, C., Catsiki, V.A., Tsangaris, C. ve Stroglyoudi, E. (2016). Assessment of the use of copper alloy aquaculture nets: Potential impacts on the marine environment and on the farmed fish. *Aquaculture*, 465, 209-222.

- Kalaycı, E., Avinç, O.O. ve Yavaş, A. (2016). Yüksek Performanslı Polietilen Lifleri. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 13-34.
- Kara, Ş. (2011). *Farklı enine kesit şekillerinde üretilen kimyasal lifleri yapısal davranışları ve kullanım özelliklerinin incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Karabay, Z. (2011). *Antifouling performances of some eco-friendly*. Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Klust, G. 1973. *Netting materials for fishing gear*. London: FAO Fishing Manuals.
- Klust, G. 1982. *Netting materials for fishing gear*, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Fishing News Books Ltd.
- Lane, A. ve Willemsen, P.R. (2004). Collaborative effort looks into biofouling. *Fish Farming International*, 34-35.
- Lewis, J.A. (1998). Marine biofouling and its prevention on underwater surfaces. *Material Science Forum*, 22, 41-61.
- Li, L., Jiang, L., Wang, W., Du, C., Fuchs, H., Hu, W. ve diğer. (2012). High-performance and stable organic transistors and circuits with patterned polypyrrole electrodes. *Advanced Materials*, 24 (16), 2159-2164.
- Mecit, D., Ilgaz, S., Duran, D., Başak, G., Gülümser, T. ve diğer. (2007a). Teknik tekstiller ve kullanım alanları (Bölüm 1), *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(2), 79-82.
- Mecit, D., Ilgaz, S., Duran, D., Başak, G., Gülümser, T. ve diğer. (2007b). Teknik tekstiller ve kullanım alanları (Bölüm 2), *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(3), 154-160.
- Mengi, T. (1989). *Ağ yapımı (Materyal ve Teknik)*. Elazığ: Fırat Üniversitesi.
- McPherson, C.A., Chapman P.M. (2000). Copper effects on potential sediment test organisms: the importance of appropriate sensitivity. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 656-665.

- Mert, N., Topcam, G. ve Çavaş, L. (2014). RP-HPLC optimization of Ectocarpus by using artificial neural networks and its antifouling performance on the Turkish coastline. *Progress in Organic Coatings*, 77, 627–635.
- Milne P.H. (1970). *Fish farming: A guide to the design and construction of net enclosures*. London: Stationery Office Books.
- Milne, P.H. (1979a). Fouling of marine cages–part one. *Fish Farming International*, 2, 15–19.
- Milne, P.H. (1979b). Fouling of marine cages–part two. *Fish Farming International*, 2, 18–21.
- Nybakken, J. W. (1988). *Marine biology: an ecological approach (2nd ed.)*. New York: Harper and Row Publishing.
- Özyurt, C.E., Yeşilçimen, H.Ö. (2013). Ağ gözü açıklığı ölçüm yöntemleri ve bunun balıkçılık yönetimi üzerindeki etkileri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 3, 21-31.
- Ranjan, S., Jue, Z., Chen, F.L. (2009). Multi-walled carbon nanotube/polymer composite: a nano-enabled continuous fiber. *Journal of Composite Materials*, 44, 1305-1316.
- Sarıözkan, S. (2016). Türkiye’de balıkçılık sektörü ve ekonomisi. *Turkish Journal Of Aquatic Sciences*, 31(1), 15-22.
- Solberg, C., Saethreb, L. ve Julshamn, K. (2002). The effect of copper-treated net pens on farmed salmon (*Salmo salar*) and other marine organisms and sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 45, 126-132.
- Soyaldın, B. ve Toka, A. (2008). Türkiye balık ağı fabrikaları ve teknolojileri. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 25(1), 95–99.
- Silva, E.R., Ferreira, O. ve Bordado, J.C. (2015). New strategy to prevent adhesion of biofouling to coatings. *Special issue on WCARP-V*, 51, 239-240.

Swain, G. ve Shinjo, N. (2014). Comparing biofouling control treatments for use on aquaculture nets. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(12), 22142–22154.

Swift, M.R., Fredriksson, D.W., Unrein, A., Fullerton, B., Patursson, O. ve diğ er. (2006). Drag force acting on biofouled net panels. *Aquacultural Engineering* 35, 292–299.

Su ürünleri raporu, (2014). 26 Mayıs 2019,

http://www.isub.org.tr/assets/rapor_suurunlerivekulturbalikciligiileilgilirevize_3eylul2014.pdf

Ş ahin, Y. (2011). *AB ve İş Dünyası: Balıkçılık Sektörü. İKV Değ erlendirme Notu*, İktisadi Kalkınma Vakfı, İstanbul.

Ş en, K., Erdoğan, Ü.H. ve Çavaş L. (2019). Investigating the effect of an antifouling paint applied on polyamide 6.6 fish nets. *International Congress of Innovative Textiles*, 2, Tekirdag-Çorlu, Turkey, April 17-18.

Tarakçioğ lu, I. (1979). *Tekstil terbiyesi ve makinaları (1.Baskı)*. İzmir: Ege Üniversitesi Matbaası.

Tarım Ürünleri Piyasaları, (2018). Su ürünleri. 26 Mayıs 2019,

<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarim%20Urunleri%20Piyasaları/2018-Temmuz%20Tarim%20Urunleri%20Raporu/2018-Temmuz%20Su%20Urunleri.pdf>.

TS EN 12127 (1997). Textiles- Fabrics- Determination of mass per unit area using small samples.

TS EN ISO 1833-1 (2013). Textiles - Quantitative chemical analysis - Part 1: General principles of testing.

TS EN ISO 105-E02 (2013). Textiles - Test for colour fastness - Part E02: Colour fastness to sea water.

- Tsibouklis, J., Stone, M., Thorpe, A.A., Graham, P., Nevell, T.G. ve diğeri. (2000). Inhibiting bacterial adhesion onto surfaces: the non-stick coating approach. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 20, 91–96.
- TÜİK. (2017). Türkiye İstatistik Kurumu. *Konularına göre istatistikler, su ürünleri istatistikleri*. 26 Mayıs 2019, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005
- Wahl, M. (1989). Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series*, 58, 175–189.
- Webster, D.C. ve Chisholm, B.J. (2010). *New directions in antifouling technology*. Dobretsov ve J. Thomason., (Ed.), Biofouling içinde (366-387) Wiley- Blackwell Publishing Oxford UK.
- Xu, Y., He, H., Schulz, S., Liu, X., Fusetani, N. ve diğeri. (2010) Potent antifouling compounds produced by marine Streptomyces. *Bioresource Technology*, 101(4), 1331-1336.
- Yebra, D.M., Kiil, S. ve Dam-Johansen, K. (2004). Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress in Organic Coatings*, 50, 75–104.
- Yılmaz, K., Özçiçek, E. ve Can, E. (2015). Ağ kafeslerde periyodik operasyonlar. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 1(2), 127-135.
- Yiğit, M., Çelikkol, B., Gace, L., DeCew, J., Hisar, O. ve diğeri. (2013). *Present state and future expectations of Mediterranean aquaculture: environmental concern and benefits of copper alloy nettings for a sustainable high value aquaculture industry*. WAS-Asian pacific: High value aquaculture finfish symposium. Kagoshima, Japan, October 15-18.
- Zimmerman, R.C., Alberte, R.S., Todd, J.S. ve Crews, P. (1995). *Phenolic acid sulfate esters for prevention of marine biofouling*, U.S. Patent 5384176.