

**T.C.  
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SİNTİNE ATIKSULARININ MEMBRAN FİLTRASYON SİSTEMİYLE  
ARITIM PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

**DUYGU SESLİ BABAOĞLU  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GEBZE  
2016**

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SİNTİNE ATIKSULARININ MEMBRAN  
FİLTASYON SİSTEMİYLE ARITIM  
PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

**DUYGU SESLİ BABAOĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI**  
**PROF. DR. BÜLENT KESKİNLER**

**GEBZE**  
**2016**

**T.R.**  
**GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY**  
**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**STUDY OF THE BILGE WASTEWATER  
TREATMENT PERFORMANCE WITH  
MEMBRANE FILTRATION SYSTEM**

**DUYGU SESLI BABAÖLU**  
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE**  
**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

THESIS SUPERVISOR  
PROF. DR. BÜLENT KESKİNLER

**GEBZE**  
**2016**



## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27/06/2016 tarih ve 2016/43 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/07/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Duygu SESLİ BABAOĞLU'nun tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE  
(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Bülent KESKİNLER

ÜYE : Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ

ÜYE : Doç. Dr. Mahir İNCE

### ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## ÖZET

Günümüzde meydana gelen çevre kirliliği insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır ve gemilerden hiçbir işleme tabi tutulmadan denize deşarj edilen sintine atıksuları deniz ortamı için oldukça zararlıdır. Arıtım süreci oldukça zor olan sintine atıksuları toksik, korozif, yanıcı özelliğe sahip olmanın yanı sıra yüksek miktarda kirlilik içermektedir. Literatürde bu tip atıksuların membran teknolojisi ile arıtılması üzerine fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında laboratuvar şartlarında Çanakkale limanında bir gemiden temin edilen sintine atıksuyu ilk olarak işlem görmemiş daha sonra kaba filtreden geçirilme, havalandırma gibi ön işlemler uygulanarak çeşitli membranlar (Nf90, Nf270, Uc005, Uc030...) ve membran filtrasyon sistemi kullanılarak arıtım performansları incelenmiştir. Ayrıca UC030 ve UC005 membranları seçilerek atıksu membran filtrasyon sisteminde toz ve granülür aktif karbonla çeşitli yüzdelerde çalışılmıştır. (%0,125, %0,25 ve %0,5). Bütün bu değerler göz önünde bulundurularak optimum membran tipi, aktif karbon türü ve miktarı belirlenmiştir. Çalışmalar boyunca yapılan deneyler sonlu membran filtrasyon sisteminde gerçekleştirilmiştir. Yapılan arıtılabilirlik çalışmaları ile %91 KOİ giderim verimi elde edilerek deşarj standartları sağlanmıştır. Ayrıca %71 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte optimum aktif karbon türü ve miktarı belirlenerek toplam %90,2 KOİ giderim verimi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler: Sintine Atıksuyu Arıtım Çalışmaları, Membran Filtrasyon Sistemi, Atıksu Arıtımında Aktif Karbon Kullanımı, KOİ Giderim Verimi.**

## SUMMARY

Nowadays, pollution has reached to threatening ocuring human health and bilge wastewater discharged into the sea from the ship without any treatment, is very harm ful to the marine environment. Treatment of the bilge wastewater is quite difficult and also it contains high amounts of pollution as well as toxic, corrosive and flammable. Literature studies about the treatment of bilge wastewater by membrane technologies are limited. In this thesis, bilge wastewater provided from a ship of Canakkale harbor, firstly untreated and then applying some pre-treatments such as aeration, using various membranes (Nf90, Nf270, Uc005, Uc030 ...) treatment performance of membrane filtration systems are investigated in labrotary conditions. Also, the bilge wastewater has been studied by using powder and granular activated carbon in various percentages(0.125%, 0.25% and0.5%) in membrane filtration system with UC030 and UC005 membranes selected. Consedering all these values; optimum membrane type, the type and amount of activated carbon are defined. All the experiments through the study carried out in the dead-end membrane filtration system. As a result of treatability studies are obtained with 91% COD removal efficiency is achieved discharge standards. Also conductivity removal efficiency is obtained71%. By the way, optimum activated carbon type and the amount of carbon are defined total COD removal efficiency of 90.2% has been achieved.

**Keywords: Bilge Wastewater Treatment, Membrane Filtration System, Wastewater Treatment With Activated Carbon, COD Removal Efficiency.**

## TEŞEKKÜR

Üstün bilgi ve engin deneyimleriyle beni yönlendirip bilimsel bakış açısı kazanmamı sağlayan saygıdeğer danışman hocam Sayın Prof. Dr. Bülent KESKİNLER'e,

Çalışmalarım sırasında bilgi ve hoşgörüsü ile yanımda olan, benden her konuda desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Nadir DİZGE'ye,

Tez çalışmam boyunca bana yardım eden arkadaşlarım Bahar ÖZBEY ve Elif YAZICI'ya,

Her sıkıntıda bana yardımcı olan, tez çalışmam boyunca her aşamada maddi ve manevi olarak beni destekleyen her zaman yanımda olan eşim Semih BABAOĞLU'na,

Son olarak benim bu aşamalara gelmemde tartışılmaz katkısı olan, hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini, sevgilerini ve ilgilerini benden hiç esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Anlamı ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Sintine Atıksuları İle İlgili Genel Bilgi	5
2.2. Sintine Atıksularının Çevresel Etkileri	10
2.3. Sintine Atıksularının Arıtımı ve Bertarafı ile İlgili Yasal Düzenlemeler	17
2.3.1. Uluslararası Yasal Zorunluluklar	18
2.3.2. Ülkemizde Uygulanan Yasal Zorunluluklar	21
2.3.3. Yasalar Çerçevesinde Sintine Atıksularının Ülkemizdeki Arıtım ve Bertarafı ile İlgili Çalışmalar	30
2.4. Membran Teknolojileri	39
2.4.1. Membran Teknolojilerine Giriş	39
2.4.2. Membran Seçimi	40
2.4.3. Membran Prosesler	43
2.4.3.1. Mikrofiltrasyon (MF)	44
2.4.3.2. Ultrafiltrasyon (UF)	44
2.4.3.3. Nanofiltrasyon (NF)	45
2.4.3.4. Ters Osmoz (RO)	47
2.5. Literatürde Sintine Atıksularıyla Yapılan Arıtım Çalışmaları	48
2.6. Membran Teknolojisi Kullanılarak Atıksu Arıtılabilirlik Yapılan Çalışmaları	51



2.7. Aktif Karbon Kullanılarak Yapılan Atıksu Arıtılabilirlik Çalışmaları	52
3. MATERYAL VE METOT	55
3.1. Sintine Atıksuyunun Karakterizasyon Çalışması	55
3.2. Sintine Atıksuyunun Arıtılabilirlik Çalışması	56
3.2.1. Membran Prosesler ile Arıtılabilirlik Çalışmaları	56
3.2.2. Laboratuvar Ölçekli Sonlu Membran Filtrasyon Sistemi	56
3.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Kimyasallar ve Cihazlar	58
3.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Membranların Genel Özellikleri	59
3.5. Analitik Ölçümler	60
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	61
4.1. Membran Prosesler ile Arıtılabilirlik Çalışmaları Deneyleri	61
4.1.1. Birinci Aşama Membran Filtrasyon Çalışmaları	61
4.1.2. İkinci Aşama Membran Filtrasyon Çalışmaları	68
4.1.3. Üçüncü Aşama Membran Filtrasyon Çalışmaları	77
5. SONUÇLAR	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	100

# SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b><u>Simgeler ve</u></b>	<b><u>Acıklamalar</u></b>
<b><u>Kısaltmalar</u></b>	
AKM	: Askıda Katı Madde
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
GAK/GAC	: Granülür Aktif Karbon
KOİ/COD	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MF	: Mikrofiltrasyon
NF	: Nanofiltrasyon
RO	: Ters Osmoz
TAK/PAC	: Toz Aktif Karbon
UF	: Ultrafiltrasyon

# ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil No</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1: Balast suyunu boşaltan gemiye ait görüntü.	7
2.2: Sintine suyunun deniz yüzeyindeki görüntüsü.	8
2.3: Makine dairesi planı örneği.	9
2.4: Sintine suyunun havadan görüntüsü.	11
2.5: Yağlı su seperatörü (Oily Water Separator, OWS).	13
2.6: Ana güvertede bulunan Marpol Annex-1/eg 19 kuralınca mecburen gerekli kirli atık yağının Sahil Atık İstasyonuna bağlantı noktası.	14
2.7: Bir gemideki sintine pompası.	14
2.8: Sintine atık alım sistemi.	34
2.9: Gemilerden alınan sintinelerin toplanıp dinlendirildiği tanklar, Haydarpaşa Limanı.	34
2.10: Türkiye geneli 2008 yılı gerçekleşen sintine ve atık yağ toplama miktarları.	36
2.11: Sintine Seperatörü.	37
2.12: Sintine kabul tesisinde yapılan arıtma işleminin filtrasyon basamağı.	38
2.13: Membran akımlarının şematik gösterimi.	39
2.14: Gözenek boyutuna göre membranlar.	41
2.15: Partikül boyutlarına göre, membran tipleri.	41
2.16: Kapiler nanofiltrasyon cihazının çalışma prensibi.	46
2.17: Elektron mikroskobu ile aktif karbonun gözenek yapısı.	53
2.18: Granüler aktif karbonun gözenek yapısı.	54
3.1: Ham sintine atıksuyu.	55
3.2: Laboratuar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemi.	57
3.3: Laboratuar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemi akım şeması.	57
4.1: İşlem görmemiş ham numune UC 005 akı-zaman grafiği.	62
4.2: İşlem görmemiş ham numune UP 010 akı-zaman grafiği.	62
4.3: İşlem görmemiş ham numune UC 030 akı-zaman grafiği.	63

4.4:	Sol baştan sırasıyla ham numune ile UC 030, UP 010, UC 005 süzüntüleri.	63
4.5:	İşlem görmemiş ham numune Nf 270 akı-zaman grafiği.	64
4.6:	İşlem görmemiş ham numune Nf 90 (10 bar) akı-zaman grafiği.	65
4.7:	İşlem görmemiş ham numune Nf 90 (20 bar) akı-zaman grafiği.	65
4.8:	Sol baştan sırasıyla ham numune ile UC 030, UP 010, UC 005, Nf 270, Nf 90 süzüntüleri.	66
4.9:	Kullanılan membranların KOİ giderim verimleri karşılaştırması.	67
4.10:	Ham numune ile ham numunenin havalandırma öncesi ve sonrası görüntüleri.	68
4.11:	Havalandırılmış numune Nf 90 akı-zaman grafiği.	69
4.12:	Havalandırılmış numune UC 005 akı-zaman grafiği.	69
4.13:	UC 005 süzüntüsü Nf 90 akı-zaman grafiği.	70
4.14:	Kaba filtre sonrası Nf 90 akı-zaman grafiği.	71
4.15:	Kaba filtreden geçirilmiş numune Nf 90 ile havalandırılmış numune Nf 90 görüntüsü.	71
4.16:	Nf 90 (20 bar) akı-zaman grafiği.	72
4.17:	Nf 90 (25 bar) akı-zaman grafiği.	72
4.18:	Nf 90 (30 bar) akı-zaman grafiği.	73
4.19:	Nf 90 farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) KOİ giderim grafiği.	74
4.20:	Nf 90 farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) iletkenlik giderim grafiği.	74
4.21:	Farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) Nf 90 süzüntüleri görünümü.	75
4.22:	Birtakım ön işlemlerden geçirilmiş numunenin Nf 90 KOİ giderim verimleri.	76
4.23:	Birtakım ön işlemlerden geçirilmiş numunenin Nf 90 iletkenlik giderim verimleri.	76
4.24:	UC 030 (%0,125 TAK) akı-zaman grafiği.	77

4.25: UC 030 (%0,25 TAK) akı-zaman grafiği.	78
4.26: UC 030 (%0,5 TAK) akı-zaman grafiği.	78
4.27: UC 030 (%0,125 TAK, %0,25 TAK, %0,5 TAK) KOİ giderim verimi grafiği.	79
4.28: UC 030 farklı yüzdelerde TAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri.	79
4.29: UC 005 (%0,125 TAK) akı-zaman grafiği.	80
4.30: UC 005 (%0,25 TAK) akı-zaman grafiği.	81
4.31: UC 005 (%0,5 TAK) akı-zaman grafiği.	81
4.32: UC 005 (%0,125 TAK, %0,25 TAK, %0,5 TAK) KOİ giderim verimi grafiği.	82
4.33: UC 005 farklı yüzdelerde TAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri.	82
4.34: UC 030 (%0,125 GAK) akı-zaman grafiği.	83
4.35: UC 030 (%0,25 GAK) akı-zaman grafiği.	84
4.36: UC 030 (%0,5 GAK) akı-zaman grafiği.	84
4.37: UC 030 (%0,125 GAK, %0,25 GAK, %0,5 GAK) KOİ giderim verimi grafiği.	85
4.38: UC 030 farklı yüzdelerde GAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri.	86
4.39: UC 005 (%0,125 GAK) akı-zaman grafiği.	86
4.40: UC 005 (%0,25 GAK) akı-zaman grafiği.	87
4.41: UC 005 (%0,5 GAK) akı-zaman grafiği.	87
4.42: UC 005 (%0,125 GAK, %0,25 GAK, %0,5 GAK) KOİ giderim verimi grafiği.	88
4.43: UC 005 farklı yüzdelerde GAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri.	88
4.44: Üçüncü aşama aktif karbon deneyleri KOİ giderim verimleri grafiği.	90
4.45: Üçüncü aşama toz aktif karbon deneyleri sonuç görüntüleri.	90
4.46: Nf90, nf270 ve nf-nf membranlarının akı-basınç grafikleri.	93

# TABLolar DİZİNİ

<b><u>Tablo No</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
1.1: Gemilerden katı-sıvı atıkların toplanması hizmeti veren firmalar.	2
2.1: Deniz suyunda tespit edilen bazı bileşiklerin miktarları.	12
2.2: Türkiye denizlerinde ve boğazlarında petrol kirliliği derişiminin yıllara göre değişimi.	12
2.3: Deniz suyunun genel kalite kriterleri.	25
2.4: Sulara boşaltılabilecek atıklar, Su Ürünleri Yönetmeliği, Ek-6 Mülga Tablo.	29
2.5: Sintine ve balast suları için kabul ve arıtma tesisleri.	31
2.6: Türkiye' deki önemli liman atık kabul tesisleri ve onları işleyen kurumlar.	32
2.7: Türkiye geneli, atık kabul ve arıtma tesisleri ile bunları işleyen kuruluşlara olan dağılımları.	33
2.8: İstanbul 2006, 2007 ve 2008 yılı gerçekleşen atık toplama miktarları.	35
2.9: Türkiye geneli 2008 yılı gerçekleşen atık toplama miktarları.	35
2.10: İstanbul limanında demirli deniz araçlarından alınan sintine miktarları.	37
2.11: Ambarlı liman işletmeleri tarafından yapılan sintine alım miktarları.	37
2.12: Ticari olarak üretilen organik membran çeşitleri.	40
2.13: Uygulanan basınçlara göre membranlar.	42
2.14: Membran proseslerin özellikleri.	43
2.15: Nanofiltrasyon sistemine ait besleme ve süzüntü suyu kalite parametreleri.	46
2.16: Nanofiltrasyon sistemine ait tasarım ve işletme parametreleri.	47
3.1: Ham sintine atıksuyuna ait karakterizasyon.	55
3.2: Laboratuvar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemine ait teknik özellikler.	58
3.3: Deneysel çalışmalarda kullanılan cihazlar.	58

3.4: Ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon membranlarına ait teknik özellikler.	59
4.1: Sulara deşarj edilebilecek atık parametreleri.	66
4.2: İşlem görmemiş numunenin sonlu membran filtrasyon işlemi analiz sonuçları.	67
4.3: İşlem görmemiş numunenin sonlu membran filtrasyon işleminden sonra KOİ giderim verimleri.	67
4.4: Nf 90 farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) analiz sonuçları.	73
4.5: Nf 90 farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) KOİ ve İltekenlik giderim verimleri.	74
4.6: Birtakım ön işlemlerden geçirilmiş numunenin Nf 90 ve UC 005 analiz sonuçları.	76
4.7: UC 030 (%0,125 TAK, %0,25 TAK, %0,5 TAK) KOİ giderim verimi değerleri.	79
4.8: UC 005 (%0,125 TAK, %0,25 TAK, %0,5 TAK) KOİ giderim verimi değerleri.	82
4.9: UC 030 (%0,125 GAK, %0,25 GAK, %0,5 GAK) KOİ giderim verimi değerleri.	85
4.10: UC 005 (%0,125 GAK, %0,25 GAK, %0,5 GAK) KOİ giderim verimi değerleri.	88
4.11: Üçüncü aşama aktif karbon deneyleri analiz sonuçları.	89
4.12: Üçüncü aşama aktif karbon deneyleri KOİ giderim verimi değerleri.	89
4.13: Tez çalışması boyunca yapılan analiz sonuçları.	92
4.14: Nf90, nf270 ve nf-nf membranlarının saf su akı sonuçları.	93

# 1. GİRİŞ

## 1.1.Çalışmanın Anlamı ve Önemi

Yapılan araştırmalar Dünyadaki mevcut çevre kirliliğinin %50'sinin, son 35 yılda meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Buradaki en önemli etkenlerden biri ise hızlı nüfus artışı olarak gösterilmektedir [1].

Yaşadığımız yüzyılda hızla artan insan nüfusu ihtiyaçları da arttırmakta, ekonomik, teknolojik gelişmelerle birlikte, hızlı kentleşme ve doğal kaynakların tüketimi sonucu oluşan atık miktarlarının ve kirliliğın giderek artmasına yol açmakta bununla birlikte tabiata ve ekosistemimize verilen zararlar her geçen gün dahada artmaktadır. Başta su, hava, toprak olmak üzere birçok kirliliğe neden olan bu gelişmeler doğal kaynaklarımıza geri dönüşümüimkansız olan zararlar vermektedir. Bu kapsamda üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde de deniz kirliliği ele alınması gereken en önemli sorunlardan biri haline gelmiştir.

2007 yılında, ülkemizdeki bölgelere göre gemi sayılarına baktığımızda, İstanbul Boğazı-Tuzla Tersanesi bölgesinde 56.000 gemi bulunmaktaydı ve bu ülkemizdeki gemi sayısının %43,12 'sini oluşturmaktaydı. Çanakkale Boğazı' ndaki 50.000 gemi %38,16'ya denk gelirken, İzmit bölgesindeki 16.000 gemi ise %12,21 'e denk gelmekteydi. Geri kalan 8.500 civarı gemi ise Ali Ağa, Ceyhan, Mersin limanı, İzmir, Samsun, İskenderun, Trabzon bölgelerinde bulunmaktaydı [2].

Günümüzde gemilerden kontrolsüz bir şekilde denize bırakılan evsel, sintine, kirli balast suları vb. atıksular denizler için her geçen gün daha fazla sorun oluşturmakta olup bu atıksular yüzünden denizlerimizde canlı türlerinin ve yaşamının giderek azalması, özellikle su kaynaklarının azaldığı son yıllarda birçok sorun oluşturmaktadır.

Gemi atıksularından olan ve arıtımı oldukça zor olan sintine atıksuları toksik, korozif, yanıcı özelliğe sahip olmanın yanı sıra yüksek miktarda kirlilik içermektedir. Gemilerden hiçbir işleme tabi tutulmadan denize deşarj edilen sintine atıksuları deniz ortamı için oldukça zararlıdır ve günümüzde meydana gelen çevre kirliliği insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır. Ülkemizde Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 2009 yılı verilerine göre atık alım işlemi gerçekleştirmek için 98 adet tesis Atık Kabul Tesisi Lisansı almış olup muafiyetlerle birlikte bu sayı 161'e



ulaşmıştır.(Petrol türevli...) Ülkemizde 2008 yılına ait toplanan atıkların, türüne göre miktarlarına bakıldığında sintine, slop, atık yağ, slaç, pis su, kirli balast ve çöp atıklarının toplamı Türkiye genelinde 267.171 m<sup>3</sup> iken bunun 54,842 m<sup>3</sup> 'ü sintine atığıdır ve toplanan sintinenin İstanbul'daki miktarı 48,690 m<sup>3</sup>'tür [2].

Her yıl oluşan sintine atıksuyu miktarı gemi sayısı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Oluşan atık türleri ve miktarları incelendiğinde sintine atıksularının senelik miktarı yadsınamaz boyuttadır. Bu da deniz kirliliğinin önüne geçmek için sintine atıksularının deşarjından önce arıtım işlemlerinin önemini gözler önüne sermektedir.

Ülkemizin de taraf olduğu Marpol 73/78'e göre taraf devletler, limanlarına gelen gemilerin sıvı ve katı atıklarını almak üzere kabul tesisi buldurmak zorundadırlar. Limanlarımızda Devlet Liman Hizmetleri haricinde, 1996 yılından günümüze, gemilerden katı-sıvı atıkların alınması talebi uygun görülen bazı özel kuruluşların adları ve hizmet çeşitleri Tablo 1.1'de verilmiştir. Buna göre ülkemizde sintine atıklarını alan sadece bir firma gözükmektedir. Günümüzde bu firmaların sayısı artmış olsa dahi yine de yetersiz kalmaktadır [3].

Tablo1.1:Gemilerden katı-sıvı atıkların toplanması hizmeti veren firmalar.

<b>Firma Adı</b>	<b>Hizmet Çeşidi</b>	<b>Hizmet Bölgesi</b>
Kaptan Necdet Deniz Tic. Ltd. Şti.	Katı atıklar	Gemlik Körfezi
Misciler Deniz Nak. Ltd. Şti.	Katı - sıvı atıklar	İstanbul Limanı
Başan Deniz Ltd. Şti.	Sintine atıklar	Tuzla Limanı
Bilen Deniz Ltd. Şti.	Katı atıklar	İskenderun Körfezi
Çağan Ltd. Şti.	Katı atıklar	İskenderun Körfezi
Gizem Deniz Ltd. Şti.	Sıvı atıklar	İstanbul Limanı

TÜİK'e göre, ülkemizi her yıl 20 binin üstünde gemi ziyaret etmesine rağmen limanlarda yapılan incelemede arıtma sistemlerinin çalıştırılmadığı görülmüştür [4]. Sintineatıksuları arıtma yapılmadığından limanlarda dinlendirme yöntemi ile ayrıştırılmaktadır. Bu yüzden, ayrıştırılmak için gemilerden alınan sintine atıksularının toplandığı tanklar kapasite bakımından yetersiz kalmakta bunun sonucunda da kabul ücreti veren atığını veremeyen gemilerin atıklarını denize boşaltması beklenen bir durum haline gelmiştir [5].

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda sintine atıksuyu gibi yağ/su karışımlarının ayrıştırılmasında gerçekleştirilen klasik yöntemlerin yeterince verimli olmadığı, bu atıkların arıtımı ile ilgili universal bir metodun henüz geliştirilmemiş olduğu belirtilmektedir [6]-[7]-[8]. Ayrıca bu atıksuyun arıtılması ile ilgili olarak, sulu oksidasyon (wet air oxidation)[9], UF/ fotokatalitik oksidasyon [10], ultrafiltrasyon(UF)[11]-[12], biyoteknolojik[7], elektrokoagülasyon [13] ve UF/membran destilasyonu [8] yöntemlerinin uygulandığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Atıksuyu tekrar kullanılabilir hale getirebilen membran prosesler ile kalitesiz suların, evsel ve proses atıksuların tekrar kullanımını mümkün kılarak alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmeleri sağlanmaktadır. Membran ayırma işlemlerinde akışı sağlamak için basınç farkı, kimyasal potansiyel farkı, elektriksel potansiyel farkı, sıcaklık farkı gibi itici bir kuvvete ihtiyaç vardır. Bu itici güç yardımıyla kütle transferi gerçekleşir. En yaygın kullanılan itici kuvvet ise basınçtır. Ultrafiltrasyon (UF), mikrofiltrasyon (MF) ve nanofiltrasyonda (NF) itici kuvvet tamamen basınçtır. Ters osmoz (RO) prosesinde ise itici kuvvet kısmen basınç kısmen de konsantrasyon olmaktadır. Membran prosesler arasındaki temel fark membranın gözenek boyutundaki farklılıklardır. RO prosesi en küçük gözenek boyutuna sahip olduğu için çok yüksek basınca ihtiyaç duyar ve en yaygın uygulama alanı deniz suyu veya tuzlu sudan içme suyu elde edilmesidir. UF ve MF proseslerinde membranların gözenek boyutları daha büyük olduğundan ayırma işlemi için daha düşük basınca ihtiyaç duyulmaktadır. Genellikle UF prosesi, RO yada NF prosesi öncesi ön arıtım kademesi olarak kullanılır. Nanofiltrasyon prosesi membran gözenek çapı açısından RO ile UF arasında bulunmaktadır. NF membranları, RO'dan daha düşük basınçlarda işletilmekte ve RO'a göre daha düşük kalitede su vermektedir. NF membranlarındaki kirletici giderim mekanizması, RO ile karşılaştırıldığında çok değerlikli iyonlar için daha iyi seçici olduğu ve daha yüksek akıya sahip olduğu görülmektedir [14].

## **1.2.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Yüksek lisans tez çalışmasında laboratuvar şartlarında çeşitli membranlar kullanılarak sonlu membran filtrasyon (dead-end) sistemiyle Çanakkale limanından

alınan gemi kaynaklı atıksuda (sintine) havalandırma, santrifüj gibi ön işlemlere tabi tutulduktan sonra membran filtrasyon prosesleri kullanılarak arıtım performansları incelenmiştir ve bu arıtım sonucu doğaya verebilecek zararların ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Ayrıca toz ve granüle aktif karbonun membran proseslerle arıtılabilirlik çalışmasındaki etkisine de bakılmıştır.

Deneylerde sonlu (dead end) filtrasyon düzeneği kullanılmıştır. Bu aşamadan önce sintine suyu yukarıda belirtilen fiziksel birtakım ön işlemlere tabi tutulmuştur. Deneyler sırasında Nf-Nf, Nf90, Nf270, UC030, UC005 ve UP010 membranlarıyla çalışıldı. Dahasonra UC030 ve UC005 membranları seçilerek kabafiltreden geçirilmiş sintine atıksuyunda toz ve granülür aktif karbonla çeşitli yüzdelerde sonlu filtrasyon düzeneğinde çalışıldı(%0.125,%0,25 ve %0,5). Kullanılan aktif karbonun akı, KOİ ve iletkenlik giderim verimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bütün budeğerlergöz önünde bulundurularak optimum aktif karbon türü ve miktarı belirlenmiştir. Çalışma boyunca hassas terazi kullanılarak bilgisayarda birer dakika arayla akı takibi gerçekleştirilmiştir. Süzüntü suyu numunelerine KOİ, pH ve iletkenlik analizleri yapılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1.Sintine Atıksuları ile İlgili Genel Bilgi

Bilindiği üzere, doğa ve çevre kirlenmesi, hava, kara, su ve denizlerde yaşayan canlıların doğal gelişmelerini ileride giderilmesi mümkün olmayacak şekilde olumsuz yönde etkilenmektedir. Ülkemiz coğrafi konum itibari ile deniz ulaştırması bakımından Çanakkale, İstanbul gibi önemli ve yoğun trafiğe sahip dünyanın en önemli noktalarından birisinde bulunmaktadır. Bu nedenle gemilerden kaynaklanan deniz kirliliği İstanbul, İzmir, Çanakkale başta olmak üzere birçok sahilimizde ciddi boyutlara ulaşmıştır.

Sintine suyu, deniz suyundan, sintinede toplanan yağ, petrol türevleri ile deterjan içeren, genel olarak makine ve aksamlarından sızan kullanılmış dişli yağları, mekanik esaslı yağlar ve hidrolik yağlar, yakıt, temizlik sonucu ortaya çıkan atıksulardan oluşan korozif sıvı karışımlarıdır [11]-[6].Sintine, geminin makine ve kazanlarının bulunduğu bölümün ve su kesiminin altında kalan, makine ve kazan dairelerinden sızan yakıt ve yağlar ile gemi içinde atılan suların toplandığı, geminin iç kısmıdır [15].

Sintine atıksuyu; deniz suyu, partiküller(parçacıklar), büyük miktarda yağ ve deterjan içeriği yüzünden arıtımı zor bir atıksudur [11]. Bu tarz yağlı atıksular akuatik çevrenin en büyük kirleticilerindedir. Kirlilikler bu ekolojik dengede hasar meydana getirmektedir. Bu yüzden arıtılmadan denize deşarjı deniz yaşamı açısından oldukça tehlikelidir. Bu sintine suyunun karakteristik özellikleri ve sintine suyu üretim oranları gemi tipi ve çalışma moduna bağlıdır [10].

TÜİK rakamlarına göre, Türkiye limanlarını her yıl 20 binin üstünde gemi ziyaret etmesine rağmen limanlarda yapılan incelemede arıtma sistemlerinin çalıştırılmadığı görülmüştür. Sintine suları arıtma yapılmadığı için limanlarda dinlendirme yöntemi ile ayrıştırılmaktadır. Bu nedenle, ayrıştırılmak üzere gemilerden alınan sintine sularının toplandığı tanklar kapasite bakımından yetersiz kalmakta ve kabul ücreti veren fakat atığını veremeyen gemilerin atıklarını denize boşaltması kaçınılmaz hale gelmektedir [16].

Gemilerden kaynaklanan deniz kirliliği gemilerin uluslararası kurallara uymaksızın atıklarını gelişigüzel denize vermeleri sonucu oluşan kirlenmedir. Ana kaynağı sintine, balast ve evsel nitelikli sulardır [17].

#### •Evsel Nitelikli Sular

Gemi kaynaklı evsel atıksular personel ve yolculardan kaynaklanan lavabo, banyo ve mutfaklardan gelen sulardır. Bunlardan lavabo suları, kirlilik düzeyi en yüksek olanıdır ve siyah su (black water) olarak adlandırılmaktadır. Tuvaletlerde genellikle denizden çekilen suyun kullanımı söz konusudur. Mutfaklardan gelenler dâhil diğer evsel atıksular siyah suya oranla daha düşük düzeyde kirleticilik özelliğine sahiptir ve gri su (grey water) olarak bilinmektedir. Siyah su yüksek miktarlarda organik madde, askıda katı madde, azot, fosfor ve koliform içerirken, gri suyun koliform içeriği siyah suya oranla önemsizdir ve diğer kirleticiler de daha düşük derişimlerde bulunmaktadır. Evsel nitelikli olan bu sular gemi kaynaklı deniz kirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır [18].

#### •Balast Suları

Balast (safra) suyu, geminin dengelenmesi, yan yatmasının kontrolü, su çekimi, stabilitesi, basıncının korunması veya balast suyu alınması için tahsis edilmiş özel tanklara alınan deniz suyuna denilmektedir. Yolcu gemileri de dahil bütün gemiler yüklü değillerken balast alırlar [19].

Uluslararası ticaretin % 90'ı gemilerle sağlanmakta olup, dünya deniz ticareti ile her yıl yaklaşık 3-5 milyar ton balast suyu gemilerle taşınmaktadır. Günde gemiler yolu ile istenmeyen deniz canlılarıyla denizlerde kirleticiler ve bakteriyel niteliğe sahip sular bir okyanus veya denizden bir diğerine şekil 2.1'deki gibi boşaltılır. Balast suları ile her gün 3000 deniz canlısının bir bölgeden diğerine taşındığı tahmin edilmektedir [20].



Şekil 2.1: Balast suyunu boşaltan gemiye ait görüntü.

Gemilerde oluşan sintine, balast ve evsel atıklar özelliklerine göre sintine tankı, balast tankı ve pissu tankı olarak adlandırılan gemi içerisinde özel bölümler halindedir ve geminin alt kısmına yerleştirilirler. Bu düzen farklı karakterlere sahip üç tip atık suyun birbirlerine karışmadan kendi karakterlerini koruyarak gemi içinde taşınmalarını sağlamaktadır.

•Sintine atıksuyu

Yıkama işlemlerinde oluşan atık sular ile çeşitli makine ve pompalardan sızan yağlı sulardır. Sintine suları geminin en altında bulunan sintine tankında biriktirilir. Sintine suları içerdiği yağ nedeniyle önemli bir kirleticidir. Dünya tankerlerinin %80'i sintine sularını sintine tanklarında biriktirirken %20'si denize boşaltarak kirlenmeye neden olmaktadır [16].

Sintine atık suyu oluşum yerleri;

- Gövdede veya farklı tesisatlardaki kaçaıklardan kaynaklanan sular,
- İnceltici ve boya atıkları,
- Yakıt kaçaıklarından gelen yakıt,
- Yağlı atıklar,
- Çeşitli temizlik katkıları,
- Ambar kaçaıkları (taşınan mala göre değişir).



Şekil 2.2: Sintine suyunun deniz yüzeyindeki görüntüsü.

#### •Sintine Sularının Özellikleri

Sintine suyunun içindeki petrol ürünleri konsantrasyonu 2000 ppm'den fazladır. Motor, jeneratör, şanzıman, vites kutusu ve tanklardan sızan petrol, dizel yağı, yağ, antifriz, solvent, ham atık su, gemide kullanılan deterjan, sintine temizleyicisi, boya gibi çeşitli maddeler sintine dairesinde toplanır[21].

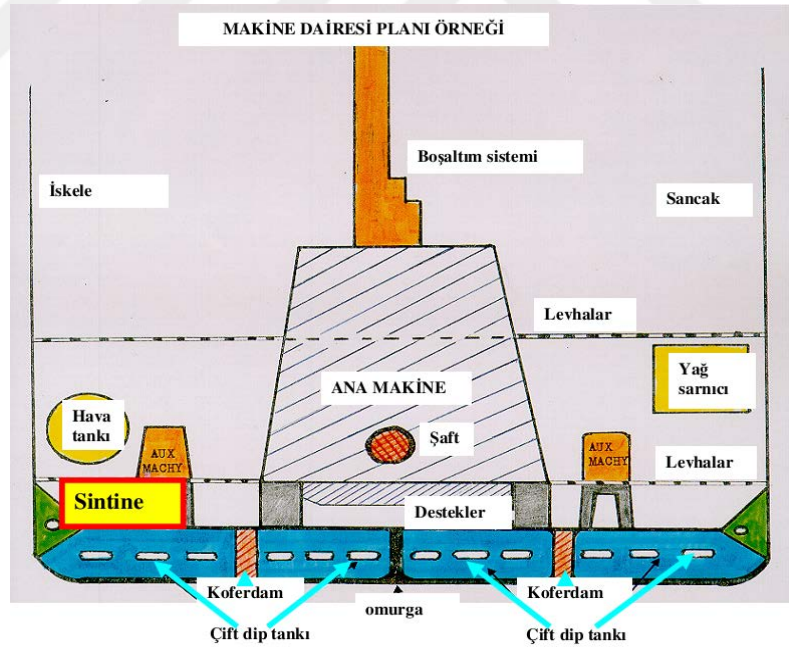
Sintine suyunun bileşenlerinden yoğunluğu deniz suyundan az olan yağ ve türevleri, deniz içindeki canlılar için hayati önem taşıyan çözülmüş oksijenin difüzyonunu engelleyen şekil 2.2'deki gibi bir tabaka oluşturmaktadır. Çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olan bu durum sonucunda, bazı özel türler ortamı terk ederek, çözülmüş oksijen konsantrasyonu yüksek olan bölgelere gitmektedir. Ayrıca yağ güneş ışığının deniz suyuna nüfuz etmesini engelleyerek, deniz ortamındaki çevrenin dengesini bozabilir. Bir diğer sorun da yağın balıkların solungaçlarına yapışarak solunumlarına, deniz kuşlarınınsa tüylerine yapışarak uçmalarına engel olmasıdır. [22]-[17]

Sintine atıksuyu makine dairesinde uzun süre beklediğinde toksik özelliğinden dolayı kötü kokuya neden olabileceği gibi yanıcı/patlayıcı özelliğinden dolayı da tehlike yaratabilir. Bununla birlikte ortam sıcaklığının yükselmesi halinde güneş ışınlarının güverteye gelmesiyle yüksek buharlaşma gerçekleşerek makine dairesinde nemliliği arttırabilir ve artan nem pompaların çelik gövdesinde ve jeneratörde paslanma ve korozyona neden olabilir. Dolayısıyla yüksek kirlilik içeren bu atık suyun uygun biçimde gemilerden alınması ve arıtma işlemini takiben deşarjı gerekmektedir. Gemilerin çevresinde su yüzeyinde bir miktar yağ tabakasının bulunması normal olsa da bu yağ tabakasının uzun vadede zararlı etkiler

oluşturabileceği, yağ ve yakıt sızıntılarının taban çökeltilerinde ve organizmalarda birikebileceği ihmal edilmemelidir.

Sintine içindeki yağ oranı çok değişiklik göstermektedir. Bu atıksuyun karakteristik özellikleri ve üretim oranları gemi tipi ve gemi çalışma moduna bağlıdır. Ayrıca bir geminin yakıt deposu hasar gördüğünde, yakıtın sintine suyuna sızması sonucu, sintine suyunun yağ içeriği çok yüksek olmaktadır. Bu miktar hasarın tespit edildiği süreye göre değişir. Çünkü bakım işlemleri kısa sürerse sintine tankına sızan yağ içeriği daha düşük olur. Yani geminin kullandığı yakıtta az miktarda su karışırsa dahi yakıt özelliğini kaybeder ve atık olarak değerlendirilir.

Sintine dairesi, gemilerde şekil 2.3'de görüldüğü gibi güvertenin altındaki taban kısmında yer alır [23]. Merkezinde motor ve jeneratör, giriş kısmında ise elektrik tesisatı ve su tesisatı bulunur. Sintine dairesindeki atık suyun belli bir seviyeden daha yukarı çıkması ciddi sorunlar yaratabileceği için, seviye kontrol-ihbar aygıtları ile devreye giren sintine pompaları atık suyu tutma tankına (holding tanka) basar. Bu şekilde sintine suyunun deniz ortamına verilmeden toplanması sağlanır.



Şekil 2.3: Makine dairesi planı örneği.

Adına ham petrolle yıkama denilen (COW) ve 1970'den sonra kullanılmaya başlanan yeni bir teknoloji ile kirlenme bir ölçüde önlenmiştir. Ham petrolün solvent etkisi, boş yakıt tankının duvarlarında kalan petrol/ürün bakiyesini



çözmektedir. Ancak son durulama suyunda petrol (az miktarda ham petrol) bulunmaktadır. Bu sistemin ham petrol taşıyan tankerlere takılması, Marpol 73/78 ile zorunlu hale getirilmiştir. Gemiler tersanede onarımda iken buhar ve ya solvent sıvılarıyla yapılan temizlikte bu sıvının alınabilmesi için gerekli donanımın bulundurulması, 2 Ekim 1984'den sonra zorunlu kılınmıştır [24].

## 2.2. Sintine Atık Sularının Çevresel Etkileri

İnsan hayatının sürdürülebilir olması için yapılan çeşitli eylemler, doğal kaynakların kullanımı ve bu kaynakların tüketimi sonucu çevre kirliliği ve atık oluşumu kaçınılmaz bir durumdur. Dünyamızdaki deniz, okyanus, göl gibi su kaynakları geçmişten beri atık merkezleri olarak kullanılmaya devam edilmiştir.

Küreselleşen dünyamızda denizlerimizin kirlilik boyutları, sanayileşme, deniz taşımacılığının hızla artması vb. nedenlerden kaynaklı olarak sularımızın taşıyamayacağı sınırlara ulaşmıştır. Deniz kirliliği, insan sağlığını bozan, deniz ekosistemine zarar veren, denizlerdeki faaliyetleri ve denizin kullanım kalitesini etkileyen, değerini azaltan, madde veya enerjinin insanlar tarafından deniz ortamına doğrudan veya dolaylı olarak bırakılması olarak tanımlanabilir. Denizler okyanuslara göre daha kapalı olduğundan kirlenme kaynaklarını tolere etmesi daha zordur. Özellikle yerleşim birimlerinin yakınlarında bulunan su kaynaklarında kirliliğin en önemli kaynaklarından biri ise sularımıza arıtılmadan deşarj edilen iletkenliği yüksek çok değişken bileşime sahip sintine suyudur.

1970 yılında Birleşmiş Milletlerce kabul edilen tanıma göre deniz kirliliği; haliçleri de içerisine alan deniz ortamına, biyolojik kaynaklara zarar verecek, insan sağlığına tehlike yaratacak, balıkçılığı da içeren, denizlerden ekonomik yararlanma olasılığını kısıtlayacak ve denizin dinlence amacı ile kullanılmasını, suyun kalitesini bozarak engelleyecek şekilde, insanlar tarafından doğrudan ya da dolaylı şekilde madde ve enerji bırakılması olayıdır.

Gemi kaynaklı atıkların denizlere bırakılması ile denizlerde ekolojik dengenin bozulması bununla birlikte kirliliğin besin zinciri ile insan ve diğer canlılara ulaşması, özellikle su kaynaklarının gittikçe azaldığı son yıllarda alternatif su kaynaklarının kullanılamaz hale gelmesi gibi birçok sorun ortaya çıkmaktadır. Derin denizlerde su yüzeyindeki yağ tabakasının denizin dibini etkileme şansı çok fazla

yoktur. Limanlarda ve sığ sularda yüzeye dağılan yağ damlacıkları zamanla deniz tabanına ulaşarak dip canlılarına zarar verir. Yüzen partiküllere yapışan yağ dibe çöker bunun sonucu olarak da zararın büyümesine ve uzun sürmesine sebep olur.

Petrol tankerleri, yük ve yolcu gemilerinin atıkları, yakıt ve yağ kalıntı ve sızıntıları da şekil 2.4'de görüldüğü gibi denizi kirleten en büyük tehditler arasındadır. Bu tür kirlilikleri önleme çabaları uluslararası platformda çok yoğunluk kazanmıştır. Bütün sefer yapan araçlarda belirli niteliklerin aranması ve her memleketin karasularında ve limanlarında gemilerin kirletme yapmaması için denetleme yapmaları öngörülmektedir [25].

Özellikle sintine petrol tankerlerinin tanklarının yıkanması sırasında ortaya çıkan balast suları önemli boyutlarda bir kirlenmedir [26]. Dünya deniz taşımacılığının %60'ı petrol taşımaları olarak gerçekleşmektedir. Tablo 2.2' de petrol taşımacılığı ve bunun getirisi olarak denizlerdeki petrol kirliliğinin yıllara göre değişimi gözlenmektedir. Bu tür taşımaların özelliği gereği taşınan yükün tamamı boşaltılamamakta bir miktar artık tankların dibinde kalmaktadır [17].



Şekil 2.4: Sintine suyunun havadan görüntüsü.

Tablo 2.1 'de deniz suyunda tespit edilen bazı bileşiklerin miktarları verilmiştir. Aromatik hidrokarbonlar derinlikle doğru orantılı bir şekilde artar.

Tablo2.1: Deniz suyunda tespit edilen bazı bileşiklerin miktarları.

Bileşikler	µg/L	Bileşikler	µg/L
Metan	0.025-1.25	Flouren	3-12
N-alkanlar	0.3-1.5	Fenantren	0-15
Naftalen	3-8	Tetraaromatikler	2-7
Benzen	3-13	Benztiofen	0-25
Naftene	0-25	Dibenztiofen	0-9
Asenaftene	4-9		

Tablo 2.2:Türkiye denizlerinde ve boğazlarında petrol kirliliği derişiminin yıllara göre değişimi.

İstasyon Yıllar	Karadeniz (µg/L )	İstanbul Boğazı Giriş (µg/L )	İstanbul Boğazı Çıkış (µg/L )	Haliç (µg/L )	Marmara Denizi (µg/L )	Çanakkale Boğazı Giriş (µg/L )	Çanakkale Boğazı Çıkış (µg/L )
1997	44,6	43,1	-	66,8	64	112	106
1998	16,1	9,5	-	45,3	40,3	45,9	35
1999	126,9	13,4	-	25,2	15,8	11,8	106,4
2000	64,8	19,2	77,7	44,5	41,4	19,6	31,7
2001	97,7	148	607,6	87,2	148	87,2	87,2
2002	209,2	45,5	1100	752	36	44,3	592,7
2003	47,8	255	650,9	110	4,9	102	490,3
2004	277,1	130	249,6	1220	23,5	27,1	324,3

Sintine suyu, çevresel zararları olan yüksek miktarda tehlikeli ve zehirli kirleticiden oluştuğundan, atılmadan önce mutlaka arıtılarak yağ ve gres içeriği 15 mg/L'nin altına düşürülmelidir. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), "Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesi Hakkında Uluslararası Sözleşme"ye göre sintine atıklarının kontrolü için 400 grostondan (GT) daha büyük gemilerde yağ/su ayırıştırıcıları ve filtreleme sistemlerinin bulundurulmasını zorunlu hale getirmiştir. Ayrıca 1000 GT ve üzeri gemilerde alarm ve otomatik durdurma sistemi zorunludur. Bu sözleşmede deniz suyunun, yağ ve gresten ayırıştırılması, suyun denize boşaltılması ve elde edilen çamurun gemi limana yanaştığında depolama sahasına indirilmesi gerektiği belirtilmektedir [27]-[19].

Ticaret gemilerinde Ekim 1983 tarihinden geçerli olmak üzere, yağlı ve kirli sintine sularının denizlere basılması yasaklanmıştır. Denizlerin kirlenmesini önlemek amacıyla sintine seperatörleri ile yağlı sular temizlendikten sonra denizlere basılabilecektir. Eski gemilerin birer pis su tankı ve sintine seperatörü ile

donatılmalarının nedeni de budur. Bu tanklarda toplanacak pis sular, bir pompa ve onun boru devresi yardımıyla limanlarda bulunan büyük kapasiteli tanklara basılmaktadır. Ticaret gemilerinin pek çoğunda sintine pompalarının denize deşarj tarafları köreltilerek, yağlı sintine sularının dalgınlıkla denize basılması tehlikesine karşı bir tür tedbir alınmaktadır.

Genelde gemilerdeki sintine suyu işleme sistemi iki işlemde oluşur. İlk olanı makine dairesi boyunca kurulu sintine kuyularından gelen sintine suyu bekletme tankına pompalanır. Daha yeni gemilerde, sistem otomatik olabilir. Sintine kuyusu önceden belirlenen bir seviyeye kadar dolduğunda, vanalar uygun olarak bağlanmışsa devre pompalamaya başlar. Sisteme ayrıca sintine suyu bekletme tankına aşırı miktarda sintine gönderildiğinde uyarması için aşırı yük alarmı da eklenebilir.

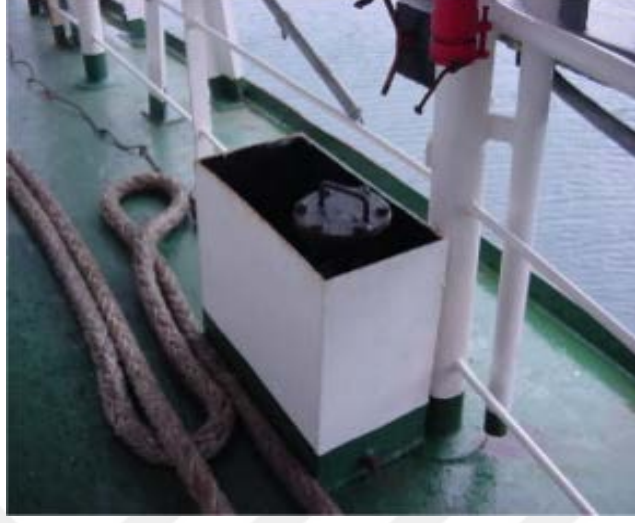
İkincisi sintine kuyularında toplanıp tanklara aktarılan yağlı su eğer güvertede yeterli depolama kapasitesi mevcut ise sabit bir aktarım sistemi ile kıyıya transfer edilebilir. Fakat genellikle çok miktarda su bulunduğu için kıyıya boşaltım hesaplı görülmez. Bu nedenle kıyıya transfer edilmeyen sintine atığının yağ filtreleme donanımı ile işleme tabi tutulması gerekir. Yağ filtreleme donanımı, ayırıcı, birleştirici veya diğer donanımların bir araya gelmesinden oluşur ve Yağlı Su Seperatörü (OWS) olarak bilinir [28]. Şekil 2.5 'de gözükmektedir.

OWS sistemi;ows bölümleri, sintine pompasından ows 'nin içine kumanda eden boru devresi ve ows'den ayrılmış suyun denize basılması devrelerinden oluşur.



Şekil 2.5:Yağlı su seperatörü, (Oily Water Separator, OWS).

OWS yağlı sudan yağı ayrıştırıp yağın tanka, temizlenen suyunda 15 ppm'i geçmemek şartıyla denize basılmasını sağlar.



Şekil 2.6: Ana güvertede bulunan Marpol Annex-1/eg 19 kuralınca mecburen gerekli kirli atık yağının Sahil Atık İstasyonuna bağlantı noktası.

Sintine Pompası ve devresi; Sintine kuyusu ve tankları, sintine pompası ile sintine pompası giriş-çıkış devrelerinden oluşur. Şekil 2.6' da bağlantı noktası gösterilmektedir.



Şekil 2.7: Bir gemideki sintine pompası.

Sintine pompası şekil 2.7' deki gibi gözkür ve suyun sintine tankına transferini sağlar. Sahil bağlantısı yapılacağı zaman standart deşarj bağlantısına

slaçın (Marpol Flençi) akmasını sağlar. Belirli zamanlarda giderilen yük ambarlarının sintine kuyularında toplanan su, yükün nem alması veya ıslanmasına engel olur ve gemi bünyesinde paslanmayı azaltır. Özellikle frigorofik (soğuk hava depolu) gemilerde, atıksuyun sintinelerde aşırı miktarda birikmesi, ambar yalıtımlarının bozulmasına neden olabilir. Ana, yardımcı makine ve kazanların normal çalışmalarının devamı için makine ve kazan daireleri sintinelerindeki atıksular zaman zaman giderilmelidir. Sintine sistemi bir pompa(şekil) ile alıcı ve verici taraflarında bulunan birer valf sandığı ile ana sintine devresi denilen ve tüm sintine valflerine bağlı bir boru devresinden oluşmaktadır. Valf sandıkları yardımıyla makine ve kazan daireleri ve şaft tüneli ile ambar sintineleri pompanın alıcı tarafına bağlanır. Eğer sintinelerden herhangi birinde su birikirse; pompa çalıştırılır ve pompadan önceki valf sandığı üzerinde veya sintinenin bulunduğu yerdeki valfi açılarak pis su tankına boşaltılmaya başlanır [28]-[29]-[30].

Denize dökülen sintine atık sularındaki yağlar (petrol türevi ve yağlar içeren bu tür maddeler kirletici olarak da anılır.) çeşitli fiziksel ve kimyasal etkiler ile değişimlere uğrarlar. Bu etkilere kısaca bakacak olursak:

- Yayılma

Yağ önce kendi ağırlığı ile sonra da yüzey gerilimi etkisi altında yayılır. Viskozitesi yüksek olan yağlar, özellikle akma noktasının altında yayılır [31]. Genelde herhangi bir nedenden dolayı denize dökülen kirleticinin kalınlığı 1mm'nin altına düşer ve kilometrelerce büyüklükte bir alana yayılır. Bu kirlenme yüzey akıntısı, rüzgar hızı, gel-git olayları gibi çeşitli etkenler yüzünden daha büyük alanlara yayılabilir. Bu kirletici önce kalınlığının etkisiyle daha sonra yüzey gerilimi etkisiyle deniz yüzeyinde yayılır. Kirleticinin viskozitesi ile sıcaklığı yayılma üzerinde artırıcı bir etki yaratır. Kirletici yüzeye yayıldıktan birkaç saat sonra parçalanıp akıntı veya rüzgar yönünde çizgiler halinde dağılır, daha sonra da kendi akıcılığı ile değil dış faktörler sebebiyle yayılır. Yayılan kirleticinin bir kısmı buharlaşır.

- Buharlaşma

Buharlaşma miktarı kirleticinin uçuculuğu, ortam sıcaklığı, kirleticinin yayıldığı alan, kirleticinin kalınlığı ile doğru orantılıdır. Bununla birlikte rüzgar ve dalga da buharlaşmayı artırır. Benzin gibi hafif petrol ürünleri büyük ölçüde ve kısa

sürede buharlaşırken ağır fuel-oil gibi ağır petrol ürünleri çok sınırlı oranda buharlaşır. Yağın ilk yayılma miktarı, yüzey alanını genişleteceği için buharlaşmayıda etkiler. Bu buharlaşmadan sonra yüzeyde kalan yağların yoğunluğu ve viskozitesi artar buna bağlı olarak da giderim işlemi zorlaşır.

#### •Dağılma

Suda kararlı yağ sübyeleri oluşturmuş ve viskoz yağlar su yüzeyinde kalın katmanlar halinde kalma eğilimi göstererek deniz yüzeyinde çok uzun süre kalabilirler. Bunun aksine akışkan yağlar ise su yüzeyinde birkaç gün kalıp daha sonra dağılırlar [31].

#### •Sübyeleşme

Viskoz kirleticiler su yüzeyinde çok dağılmadan aynı şekilde kalabilirken düşük viskoziteye sahip kirleticiler çabucak parçalanıp dağılma eğilimindedirler.Çoğu kirletici, kirleticilik hacmini 3-4 kat arttırıcı şekilde suyla karşılaşır. Bu olaya sübyeleşme denir. Sübyeleşme çoğunlukla viskozdur ve diğer etkilerle kirleticinin dağılmasını engeller. Kirleticinin içindeki asfalt oranı % 5'den fazla ise kararlı Sübye oluşur. Sübyeler sakin havada veya kıyıda tekrar ayrışırlar. Viskozite sübyeleşmeyi ters oranda etkiler, ancak denizdeki 3 Beaufort kuvvetinden daha kuvvetli rüzgarlarda düşük viskoziteli kirleticiler 2-3 saatte % 60-80 oranında sübyeleşirler. Yüksek viskoziteli kirleticinin % 10 sübyeleşmesi için yaklaşık 10 saat geçmesi gerekir. Sübyenin oranı arttıkça kirleticinin yoğunluğu deniz suyuna yaklaşır ve kirleticinin rengi sırasıyla siyah, kahverengi, turuncu ve sarı olur.

#### •Çözünme

Kirleticinin bir kısmı zamanla suda çözünür. Çözünme oranı ve miktarı, yağın içeriğine, yayılma miktarına, su ısısına, dalgalara, türbülansa ve dağılma yüzeyine bağlıdır.

#### •Oksidasyon

Çok ağır ve çok hafif kirleticiler suda çözünmez. Oksijenle direkt temas eden kirleticiler oksidasyona uğrarlar. Hidrokarbon molekülleri çözünürler veya birleşerek inatçı katranları oluştururlar.Güneş ışığı altında ince filmler 24 saatte % 1'in altında

bir oranda parçalanırlar. Yüksek viskoziteli kirleticiler ve sübyelerinin oksidasyonu onları kararlı kılar.

- Çökeltme

Kirleticiye yapışan organik maddeler çökelmeye neden olabilir. Çökeltme sırasında çarpışıp yapışarak ağırlıkça büyüyen bu kürelere 'katran topu' denilmektedir. Ayrıca ısı değişimleri çökelmeye neden olur. 10°C ısı yükselmesi deniz suyu yoğunluğunu % 25 değiştirir, kirleticinin yoğunluğu ortalama % 0,5 değişir. Bu nedenle gündüz yüzen kirletici gece bataabilir. Bu durum yüzey kirlenmesini önleyen bir faktördür ancak daha tehlikeli olan deniz dibi kirlenmesine neden olur.

- Biyolojik Bozunum

Deniz suyunda bulunan küf, bakteri gibi canlılar yağdan bir karbon kaynağı olarak yararlanma eğilimi gösterirler. Biyolojik bozunumu etkileyen faktörler; ısı, oksijen oranı ve nitrojen, fosfor gibi besleyici maddelerin bulunmasıdır [31].

- Tabaka Hareketleri

Deneyler sonucu yağın rüzgâr hızının yaklaşık %3'ü oranında akıntı hızının %100'ü oranında hareket edebileceği saptanmıştır[31].

## **2.3. Sintine Atıksularının Arıtımı ve Bertarafı ile İlgili Yasal Düzenlemeler**

Daha öncede belirtildiği gibi ülkemiz artan deniz trafiği ve özel konumu itibarıyla her geçen gün daha fazla kirlenmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili Avrupa'nın en uzun kıyı şeridinde sahip ülkelerinden biri olan Türkiye, denizlerin korunması ve deniz kirliliğinin önlenmesi konusunda çeşitli uluslararası anlaşmalar imzalanmıştır ve bu konuda çeşitli yönetmelik, tüzük gibi ulusal düzenlemeler yapılmıştır.



### 2.3.1.Uluslararası Yasal Zorunluluklar

1948 yılında Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen bir konferansta Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) kurulması konusunda sözleşme kabul edilmiştir. Bununla birlikte IMO sadece denizcilik konularıyla ilgilenecek ilk uluslararası kuruluş olmuştur. Her ne kadar sözleşme 1948 yılında imzalsansa da 1958 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu geçen 10 sene içerisinde, güvenlikle ilgili olup farklı bakış açıları gerektiren konular uluslararası platformda görmeye başlamıştır. Bunların en önemlilerinden birisi, gemilerden kaynaklanan petrol kirliliğinin oluşturduğu tehdit olmuştur. Bu konuda 1954 yılında, IMO'nun hayata geçmesinden 4 yıl önce bir uluslararası sözleşme olan "Petrol Kirliliğini Önleme Sözleşmesi" petrol kirliliğinin etkilerini azaltmak amacıyla düzenlenmiş ilk önemli sözleşme olarak kabul edilmiştir [32]. Bu sözleşmenin idaresi ve yaygınlaşmasının sağlanması sorumluluğu, Ocak 1959 tarihinden itibaren IMO tarafından üstlenilmiştir. Kuruluşundan itibaren, deniz güvenliğinin artırılması ve deniz kirliliğinin önlenmesi IMO'nun en önemli hedeflerinden biri olmuştur. Daha sonra IMO tarafından 1973 tarihinde yürürlüğe sokulan ve 1978 Protokolü ile değişiklikler yapılan "Uluslararası Gemilerden Kaynaklanan Deniz Kirliliğini Önleme Anlaşması" (MARPOL 73/78) deniz ortamının kirlenmesine yol açabilecek atıkların gemilerden boşaltılmasını önlemek amacıyla imzalanmıştır [33].MARPOL, gemiler nedeniyle oluşan çevre kirliliğini:

- Ham petrolden kaynaklanan kirlenme,
- Dökme olarak taşınan zehirli maddelerden kaynaklanan kirlenme,
- Ambalajlı olarak taşınan zararlı maddelerden kaynaklanan kirlenme,
- Gemilerin atık sularından kaynaklanan kirlenme,
- Gemilerin çöplerinden kaynaklanan kirlenme,
- Gemilerden kaynaklanan hava kirlenmesi,

olarak altı bölümde ele almaktadır. Bununla birlikte bir diğer ayrıntı da MARPOL anlaşması hükümlerinin uygulanabilmesi için, bir geminin 400 grostondan büyük olması veya daha küçük olması halinde 15 den fazla kişi taşıması koşulu olmasıdır.

Sözleşmenin beşinci ekinde gemiler tarafında meydana getirilen değişik kaynaklı kirlenmelere ilişkin kurallar yer almaktadır. Sözleşmeye taraf olmak için iki eki kabul etmek gerekir, diğer üç ek ise ihtiyaridir. Sözleşmenin eklerine kısaca bir göz atacak olursak:

- EK I, Denizlerin petrol ile kirlenmesini önleyici kurallardan bahseder. (2/10/1983'de bütün taraflarca kabul edilerek yürürlüğe girdi.)
- EK II, Dökme zehirli sıvı maddelerin meydana getirdiği kirlenmenin kontrolü için gerekli kuralları içerir. (6/4/1987'de bütün taraflarca kabul edilerek yürürlüğe girdi.)
- EK III, Ambalajlı bir şekilde veya konteynırlarda, portatif tanklarda veya kara ve demiryolu tank vagonlarında deniz yoluyla taşınan zararlı maddelerle kirlenmenin önlenmesi için gerekli kuralları vurgular.
- EK IV, Gemilerden çıkan pis sulardan denizlerin kirlenmesini önlemek için uyulması gereken kurallardan söz eder.
- EK V, Gemilerden atılan çöplerle deniz kirlenmesini önleyecek kurallar. (31/12/1988'de bütün taraflarca kabul edilerek yürürlüğe girdi.)

Bu anlaşmayı imzalamış olsun olmasın, eğer bir ülkenin gemileri, anlaşma koşullarına uymaz ise dünyanın büyük limanlarına girişi yasaktır.

MARPOL anlaşması, uygulama açısından üç ana daldaincelenebilir:

- i) Gemilerden denize basılacak petrol türevli atıklar içeren suların, suya basılmadan önce, içindeki yağ oranının belli bir düzeye indiren teknik donanımlar vardır. Bu donanımların uygun bir şekilde çalışıp çalışmadığını kendiliğinden denetleyen (monitoring) mekanizmalar, bu donanımlara sahip olmadığı takdirde denize atık su basmayacağını taahhüt eden gemiler için düzenlenen muafiyet belgeleri ve sertifikalar.
- ii) Petrol yükleme boşaltma terminallerinde, onarım yapılan limanlarda, gemi atık sularını alacak ve arıtacak tesislerin bulundurulmasının zorunlu kılınması.
- iii)Bütün bunlara rağmen denizi kirlenmeye teşebbüs eden gemilerin denetimi, teşhisi, yakalanması ve gerekli müeyyidelerin uygulanmasını sağlayacak teşkilat.

Petrol ile kirlenmenin önlenmesine ilişkin kurallar, yağlı atık suların denize deşarjının izin verilebilir limit değerlerini belirler ve sözleşmeyi imzalayan devletler için uyulması zorunludur. Bu limit değerler dahilinde çıkış deşarjını mümkün kılan donanım ve gerekli yağların inşa koşullarını kontrol etmeyi ve düzenlemeyi amaçlar[33].

Yağlı su karışımları iki kategoriye ayrılır.

- Fuel-oil/su: Makine dairesinden gelen sintine suyudur, bu karışımın gemiden denize deşarjında bu suların ayrılması ve filtrelerden geçirilmesi gereklidir. Limitlerin üzerindeki yağlı su karışımlarını gemide tutmak amacıyla çamur tankları gereklidir.
- Kargo-oil/su: Petrol tankerlerinin kargo tanklarından oluşan sudur.

Ham petrol ve petrol ürün tankerlerinde taşınan yüklerden dolayı oluşan petrol kaynaklı atıklar. Bu atıkları kullanılmış yağlama yağı, kirli balast suyu, fuel atıkları, petrollü tank yıkama suları, petrollü sintine suları, petrollü çamur kalıntıları gibi başlıca gruplara ayrılabilir.

Gemi veya tanker kazaları sonrasında denizlerde oluşan kirlilikler daha meşhur olsa da sintine ve kirli balast sularının denize basılması, pis suların ve çöplerin denize dökülmesi olayları daha sık gerçekleştiği için kirlilik etkisi daha fazla olmaktadır. MARPOL sözleşme içinde gemilere, denizlere boşaltılması yasaklanan uygun yerlerde biriktirmek zorunluluğu getirirken, limanlara da sintine ve balast sularını, pis su ve çöpleri gecikmeye meydan vermeyecek şekilde alacak atık kabul tesisi oluşturma zorunluluğu getirmiştir [5]-[33].

MARPOL'e göre; gemilerin denizleri kirletmesine neden olan maddeler beş başlık altında toplanmıştır. Bunlar; petrol ve petrol türevi olan maddeler, zehirli sıvılar, ambalajlı zararlı maddeler, pis sular ve çöplerdir. Bu beş başlık göz önünde bulundurularak MARPOL'e göre, petrollü atıkları alma tesisleri, zehirli sıvıları içeren atıkları alma tesisleri, arıtma tesisleri, kuru atıkları öğütme, yok etme tesisleri, laboratuvarlar ve ölçme cihazları, yükleme ve boşaltma düzenleri ile gemilerin boru ve bağlantı düzenlerine uygun tesis ve cihazlar; limanlarda bulundurulması gereken tesis ve donanımlardır [5]-[33]. Bunun yanı sıra MARPOL ülkemizin de kıyıları olan Akdeniz, Ege ve Karadeniz'i kirlenmeye karşı duyarlı olan "özel bölgeler" arasında kabul etmektedir.

Ülkemizin imzalamış olduğu uluslararası sözleşmeler arasında Barcelona (1976) ve Bükreş (1992) Sözleşmeleri de yer almaktadır. Bu sözleşmeler Akdeniz'deki ve Karadeniz'deki kirliliğin kontrolü için yapılacak aksiyonların belirlenmesinde uluslararası teknik yardım ve uygulama kolaylıklarına değinmiştir. Bu sözleşmelerin eklerinden olan "Fevkalade Hallerde Petrol ve Diğer Zararlı Maddelerle Kirlenmede Yapılacak Müdahale ve İşbirliği" dokümanı her ülkenin kendi mevzuatlarında yapacakları düzenlemeleri, kaza ve olağanüstü durumlarda oluşabilecek büyük deniz kirlenmelerinde yapılacak müdahale ve işbirliğini içermektedir.

Türkiye'nin en son imzaladığı sözleşmeye bakacak olursak, "Petrol Kirliliğine Önceden Hazırlık, Müdahale ve İşbirliği Sözleşmesi (OPRC)" sözleşmesidir. Sözleşme, büyük boyutlarda bir petrol kirliliği olayının çevrede yaratacağı zararları asgariye indirmek üzere taraf ülkelere bölgesel düzeyde birlikte hareket etme sorumlulukları getirmiştir. Yani ülkeler, IMO tarafından belirlenen temel esaslar uyarınca gemilerinde, limanlarında ve petrol tesislerinde petrol kirliliğine karşı acileylem planı bulunduracaklardır. Bu sözleşmenin taraf olma çalışmaları sonuçlanmış olup, yasallaşması beklenmektedir [5].

### **2.3.2.Ülkemizde Uygulanan Yasal Zorunluluklar**

Denizlerdeki gemi kaynaklı kirlenmeleri önleme ve kirlilikle mücadele konularında politika oluşturmakla görevli temel kurumlar Çevre Bakanlığı ve Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığıdır. Bu konuda görevi olan diğer kamu kurumları; Sahil Güvenlik Komutanlığı, büyükşehir belediye başkanlıkları, mülki idare amirlikleri ve liman işletmeleridir. Yine bu konuda doğrudan görevli olmayan ancak konuyla ilgili önemli fonksiyonları ifa eden bir kamu kuruluşu da Kıyı Emniyeti ve Gemi Kurtarma İşletmeleri Genel Müdürlüğü'dür.

Ülkemizde deniz kirlenmesinin önlenmesi ve faaliyetlerin yönlendirilmesi bakımından yürürlükte olan birçok kanun ve yönetmelik mevcuttur. Başlıca kanun ve yönetmeliklerden bahsedecek olursak; Çevre Kanunu ve buna dayalı olarak çıkarılan, Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, Gemi ve Deniz Araçlarına Verilecek Cezalarda Suçun Tespiti ve Cezanın Kesilmesi Usulleri İle Kullanılacak Makbuzlara Dair

Yönetmelik ve Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Sahil Güvenlik Komutanlığı Kanunu, Su Ürünleri Yönetmeliğidir [24].

Denizlerde kirlilik önlenmek isteniyorsa öncelikle bu bahsedilen yasal zorunlulukların bilinmesi ve yerine getirilmesi zorunludur. İlk olarak 2872 sayılı Çevre Kanununa göz atalım. Bu kanuna göre; Her türlü atık ve artığı, çevreye zarar verecek şekilde, ilgili yönetmeliklerde belirlenen değerlere ve metotlara aykırı olarak doğrudan ve dolaylı biçimde alıcı ortama deşarj etmek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak vb. eylemlerde bulundurmamak yasaktır. Kirlenme olasılığının bulunduğu durumlarda ilgililer kirlenmeyi önlemekle; kirlenmenin meydana geldiği hallerde kirliten, kirlenmeyi durdurmak, kirlenmenin etkilerini gidermek veya azaltmak için gereken tedbirleri almak zorundadır. (m.8).Bu kuralları ihlal edenler için yüklü miktarda idari para cezaları uygulanır. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 2872 sayılı Çevre Kanunu uyarınca su kirliliğine ilişkin gemilere yüklü miktarlarda idari para cezaları verilmektedir.(2006/10)

Su kirliliği ve kontrol yönetmeliğinin çıkma amacına bakacak olursak, ülkemizdeki yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin en iyi şekilde kullanımı ve bu kaynakların korunması için, sularımızda kirlenmeye karşı tedbir alırken bunu sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir biçimde gerçekleştirmek üzere gerekli hukuki ve teknik kuralları belirlemek olduğunu görüyoruz. Bu doğrultuda yönetmelik, ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve zorunluluklarını, atıksuların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleriyle ilgili temelleri ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsar.

Yönetmeliğe göre alıcı su ortamlarında evsel, endüstriyel, tarımsal, deniz trafiği ve benzeri kaynaklardan dolayı kirlenmeye neden olan başlıca etkenler aşağıda belirtilmiştir:

- Fekal atıklar,
- Organik ve kimyasal atıklar,
- Aşırı üretim artışına neden olan besin maddelerinin, alıcı ortamın dengesini bozacak şekilde aşırı boşaltımı,
- Atık ısı,

- Radyoaktif atıklar,
- (Değişik:RG-13/2/2008-26786) Deniz dibinden taranan malzeme, çamur, çöp ve hafriyat artıklarının ve benzeri atıkların boşaltımı,
- (Değişik:RG-13/2/2008-26786) Gemilerden kaynaklanan petrol türevli katı ve sıvı atıklar (sintine suyu, kirli balast, slaç, slop, yağ ve benzeri atıklar),
- (Değişik:RG-13/2/2008-26786) Yukarıda sayılanların dışında kalan 31/12/2005 tarihli ve 26040 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmelik eklerinde belirtilen maddeler. (madde 6)

Madde 16’da içme ve kullanma suyu rezervuarları ve benzeri su kaynaklarının korunmasına yönelik bazı yasaklar belirtilmiştir. Öncelikle arıtılsa dahi içme ve kullanma suyu rezervuarına atıksuların deşarjına izin verilmez. Bununla birlikte akaryakıt ile çalışan kayık, motor ve benzeri araçların kullanılmasına izin verilmez. Yelkenli, kürekli veya akümülatör ile çalışan vasıtalara ve sallara izin verilebilir. Ancak, göl yüzey alanının çok büyük olması nedeniyle yöre halkının; güvenlik, toplu taşıma, su ürünleri çıkarılması gibi gerekli ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, akaryakıt ile çalışacak su araçlarının kullanılmasına su alma yapısına 300 metredendaha yakın olmamak şartıyla Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne izin verilebilir. Bu amaçla kullanılacak araçlarda oluşabilecek her türlü atıksu ve sintine suyunun arıtıldıktan sonra bile içme ve kullanma suyu rezervuarına boşaltılmasının yasak olduğu belirtilmiştir.

Yeraltı suları ile ilgili kirletme yasakları ve yapılan düzenlemelere bakacak olursak yönetmeliğin altıncı maddesinde verilen kirletici etkileri ortaya çıkaran her türlü deniz ve kıyı suyu kullanımı ile boşaltımlar tamamen yasaklanmış veya izne bağlanmıştır. Ülkemizin karasularında doğrudan yapılacak deşarj ve atıksu boşaltımlarının izinsiz yapılmasına getirilen yasaklama hükümleri, ülkenin ekonomik kullanım hakkı olan sulara dışarıdan gelecek dolaylı etkileri de ihtiva eder. Bu tür durumlara karşı İdare’nin aldığı önlemler şunlardır:

Hiç kimse gerekli izni almadıkça yukarıda belirlenmiş sulara veya bu suları etkileyebilecek yakın sulara yasaklanmış veya izne tabi kılınmış maddeleri, Türkiye’den veya Türkiye dışından getirerek boşaltamaz ve atamaz.

(Değişik:RG-13/2/2008-26786) Türkiye'nin hükümlerlik bölgesine giren denizlerde; gemilerden çöp, petrol ve petrol türevleri ile bunlarla karışık sıntıne, kirli balast suları, slaç, slop, yağ v.b.atıklar ile kargo artıklarının ve bu denizler üzerindeki hava sahasında seyreden uçakların atıklarının boşaltılması yasaktır. Gemilerden kaynaklanan atıklar lisanslı atık kabul tesislerine ve/veya lisanslı atık alma gemilerine verilir. Gemilerden evsel nitelikli atıksu boşaltımı tüm gemiler için 24/6/1990 tarihli ve 20558 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşmenin Ek-IV hükümlerine tabidir. Hassas alan niteliğindeki koy ve körfezlerde, gemide arıtma cihazı olsa dahi gemilerden evsel nitelikli atıksu boşaltımı yasaktır.(Madde 23)

Yönetmelik deniz ve kıyı sularının sınıflandırmasını su ürünleri üretim alanları(Sınıf D I), yüzme suyu ve rekreasyon(Sınıf D II) ve ticari endüstriyel ve diğer kullanım sonucu etkilenen alanlar(Sınıf D III) olarak belirlemiştir.Sınıf D III: Gemiler ile ticari, endüstriyel ve diğer kullanımlar sonucu etkilenen alanlar, bu sularda genelde Tablo 2.3'deki kalite kıstasları aranırda da bu kalitenin altına düşülmesiyle bu sınıftaki kullanım imkânı aksamaz. Ayrıca bu sularda kalite düşmesine sebep olanlar kirletme yasağı nedeniyle takibe alınır ve 2872 sayılı Çevre Kanunundaki müeyyidelere tabi tutulurlar [34]. (Madde 14)

Tablo 2.3: Denizsuyunun genel kalite kriterleri.

Parametre	Kriter	Düşünceler
pH	6.0-9.0	-
Renk ve bulanıklık	Doğal	Doğal suiçi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini % 90'dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır.
Yüzer madde	-	Yüzer halde yağ, katran vb. sıvılarla çöp vb. katı maddeler bulunamaz.
Askıda katı madde (mg/L)	30	-
Çözünmüş oksijen (mg/L)	Doygunluğun %90'ından fazla	Çözünmüş oksijen değerleri derinlik boyunca izlenmelidir.
Parçalanabilir organik kirleticiler	-	Seyreldikten sonra çözünmüş oksijen varlığını yukarıda öngörülen değerden daha fazla tehlikeye düşürecek miktarda olmamalıdır.
Ham petrol ve petrol türevleri (mg/L)	0.003	Su, biyota ve sedimanda ayrı değerlendirilmeli ve tercihan hiç bulunmamalıdır.
Radyoaktivite	-	Sözkonusu deniz ortamına ait doğal radyoaktivite tür ve seviyeleri aşılmayacaktır. Yapay radyoaktivite ölçülmeyecek düzeyde bulunacaktır.
Üretkenlik	-	Söz konusu deniz ortamına ait mevsimsel üretkenlik seviyeleri korunacaktır.
Zehirlilik	Bulunmayacak	
Fenoller (mg/L)	0.001	
<b>Çeşitli ağır metaller</b>		
Bakır, (mg/L)	0.01	
Kadmiyum, (mg/L)	0.01	
Krom, (mg/L)	0.1	
Kurşun, (mg/L)	0.1	
Nikel, (mg/L)	0.1	
Çinko, (mg/L)	0.1	
Civa, (mg/L)	0.004	
Arsenik, (mg/L)	0.1	
Amonyak, (mg/L)	0.02	



Gemi ve deniz araçlarına verilecek cezalarda suçun tespiti ve cezanın kesilmesi usulleri ile kullanılacak makbuzlara dair yönetmelikten bahsedecek olursak gemi ve deniz vasıtalarına verilecek cezalarda suçun tespiti ve cezanın kesilmesi usulleri ile ceza uygulamasında kullanılacak makbuzların şekli, dağıtımı ve kontrolü hususundaki esasları yönetmeliğin çıkış sebebidir.(madde 1)

Kirletme Yasağına göre; göre, gemi ve deniz vasıtalarından Türk Karasuları ile serbest ve münhasır ekonomik bölgeler içinde kalan denizler, iç denizler, boğazlar, körfezler, limanlar, tabii ve suni göller, akarsular, kanallar ve bunlara ait kıyılara doğrudan veya dolaylı biçimde balast ve sintine tahliyesi yapmak, her türlü atık ve artığı dökmek yasaktır. Ayrıca yönetmelik sulara atılan, bırakılan ya da dökülen

- Petrol, petrollü karışım ve yağ atıkları,
- Dökme olarak taşınan zehirli sıvı maddeler,
- Ambalajlı bir şekilde veya konteynırlarda, portatif tanklarda veya kara ve demiryolu tank vagonlarında deniz yolu ile taşınan zararlı maddeler,
- Gemi ve deniz vasıtalarından çıkan pis sular,
- Atılan çöpler, katı ve sıvı maddeler,

gibi maddeleri kirletici olarak kabul eder.(madde 6)

Hükümetler tarafından veya hükümetlerin yetkili kıldığı kuruluşlar tarafından Akdeniz-Karadeniz-Ege-Marmara-Kızıldeniz gibi özel sahalar veya karadan 12 mil açık seyreden gemilere denize kirli balast sintine basmamak kaydıyla sintine separatörü ve oil discharge monitöründen muaf tutulduğuna ilişkin belgeye (Exemption Certificate) muafiyet belgesi denir. Sintine Seperatörü olmayan gemilerde bunun yerine muafiyet belgesi varsa bu belge geminin bayrak devleti tarafından veya bayrak devletinin yetki tanıdığı kuruluşlar tarafından verilmelidir.

Ülkemizin deniz yetki alanlarında bulunan gemileri, bu alanlarda bulunan limanlarda yapılması gerekli atık kabul tesislerini, atık alma gemilerini ve atıkların bertaraf tesislerine taşınmasını kapsayan Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin çıkış nedeni Türkiye'nin deniz yetki alanlarında gemilerin normal faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların deniz ortamına verilmesinin önlenmesi amacıyla gemilerden; atıkların alınması, depolanması ve bertaraf tesislerine taşınması ile ilgili işlemlerin yapılması ve bu amaçla limanlarda kurulması ve

işletilmesi gerekli olan atık kabul tesisleri ve atık alma gemilerine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir(madde 1, 2). Yönetmelik, Çevre Kanunu, Çevre ve Orman Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunun dokuzuncu maddesi, Denizcilik Müsteşarlığının Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin iki ve yedinci maddeleri ile Resmî Gazete'de yayımlanarak taraf olunan Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesi Hakkında Uluslararası Sözleşmesi (MARPOL 73/78 Sözleşmesi) hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır(madde 3).

Yönetmeliğe göre; petrol ve petrol türevli katı ve sıvı atıkları kabul edecek atık kabul tesisleri aşağıdaki şartlara haiz olmalıdır:

- Tesis, limanda kullanıma uygun, erişilir ve limanı kullanan tüm gemilerin ihtiyaçlarına yeter kapasitede olmalıdır.
- Tesis, gemi tarafından bildirim yapıldıktan sonra yirmi dört saat içinde geminin petrol ve petrol türevli atıklarını alabilecek kapasitede olmalıdır.
- Tesis, kirli balast transferinde, işlem başladıktan sonra on saat içinde atık alımını tamamlayacak kapasitede olmalıdır.
- Tesis, sintine suları, slaç ve slop alımında işlem başladıktan sonra dört saat içinde atık alımını tamamlayacak kapasitede olmalıdır.
- Tesis, petrol ve petrol türevli atıklar için, MARPOL 73/78 EK-I'de ölçüleri belirtilen standart boşaltma bağlantı flencine sahip olmalıdır. Bu bağlantı flenci, gemilerin petrol ve petrol türevli atık boşaltım devrelerine bağlanabilir özellikte olmalıdır.
- Tesis, slaç kabulü için en az on ton, sintine suyunun kabulü için en az onbeş ton kapasitede tanka sahip olmalıdır.
- Tesis, petrol ve petrol türevli sıvı atıkların yağı alındıktan sonra kalan su, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde yer alan sınır değerlere uygun şekilde arıtılmalıdır.
- Ham petrol yüklemesi yapan limanlar ile günde ortalama bin tondan fazla ham petrol harici petrol ve petrol ürünleri yüklemesi yapan limanların atık kabul tesislerinde, slaç kabulü için en az on ton, sintine suyu kabulü için en az onbeş ton, kirli balast kabulü için limanı kullanan ve temiz balast tankı (CBT), ayrılmış balast tankı (SBT) veya ham petrol yıkama (COW) sistemleri olmayan

en büyük geminin yük taşıma tonajının en az yüzde otuzu kadar, slop kabulü için limanı kullanan en büyük geminin yük taşıma tonajının en az yüzde ikibuçluğu kapasitede tanklara sahip olmalıdır.

- Tersaneler, yukarıdaki 2, 3 ve 4. maddelere uymak zorunda değildir. Atık kabul tesisleri gemi tersaneden çıkmadan önce atık alım işlemlerini tamamlayacak kapasitede olmalıdır. Ayrıca tersanelerde en az; gemilerin yakıt tankları temizliğinden çıkan yağlı su için hizmet verilen en büyük geminin yakıt tankları toplam kapasitesinin yüzde sekizi kadar kapasitede, slop kabulü için, hizmet verilen en büyük tankerin taşıma kapasitesinin binde biri kadar kapasitede, kirli balast ve tank yıkama suları için hizmet verilen en büyük tankerin taşıma kapasitesinin yüzde dört buçluğu kadar kapasitede, sıvı yük atığı için hizmet verilen en büyük tankerin yük taşıma kapasitesinin yüzde biri kadar, ham petrol tankerlerinin yük taşıma kapasitesinin yüzde biri kadar, siyah ürün tankerleri için yük taşıma kapasitesinin binde beşi kadar ve beyaz ürün tankerleri için yük taşıma kapasitesinin binde ikisi kadar kapasitede tanklara sahip olmalıdır.(madde 20)

Su Ürünleri Yönetmeliğinin amacı, su ürünleri stoklarını korumak ve su ürünleri kaynaklarından ekonomik olarak yararlanmak üzere, su ürünleri ruhsat tezkereleri, sportif amaçla yapılacak avcılık, istihsal yerlerinin değiştirilmesi, avcılıkta patlayıcı ve zararlı maddelerin kullanılması, su ürünleri istihsal yerlerine dökülmesi yasak olan zararlı ve kirletici maddeleri, istihsal vasıtalarının vasıf, şartları ve bunların kullanılması,su ürünleri avcılığının düzenlenmesi, trol avcılığı, arızı olarak istihsal edilen su ürünleri, su ürünleri sağlığı, su ürünlerinden yapılacak mamul ve yarı mamul maddelerin üretimi, su ürünlerinin pazarlaması ile ilgili usul, esas, yasak, sınırlama, yükümlülük, tedbir, kontrol ve denetimine ait denetimine ait konuları belirlemektir.(madde 1)Su kaynaklarına deşarj edilecek zararlı atıklar, Yönetmeliğın 6 sayılı Ek'inde belirtilen,tablo 2.4' de görülen kabul edilebilir limitlere indirildiklerinde, iç su kaynakları ve denizlerdeki su ürünleri istihsal yerlerine veya civarlarına boşaltılabilir [35]. (madde 12)

Tablo 2.4: Sulara boşaltılabilecek atıklar, Su Ürünleri Yönetmeliği, Ek-6 Mülga Tablo.

	PARAMETRELER	KABUL EDİLEBİLİR (TOLERE) DEĞER (mg/L)
1	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ5) 20°C	50.0
2	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI)	170.0
3	Askıda Katı Madde	200.0
4	Yağ ve Gres (Evsel Atıklardan)	30.0
5	Yağ ve Gres (Endüstriyel Atıklardan)	10.0
6	Fenoller	5.0
7	Serbest siyanür	0.06
8	Toplam Siyanürler	0.3
9	Serbest Klor	0.5
10	Toplam Sülfür	1.0
11	Nitrat Azotu	5.0
12	Toplam Fosfor	1.0
13	Amonyak Azotu	0.2
14	Florür	20.0
15	Civa	0.01
16	Kadmiyum	0.05
17	Kurşun	0.5
18	Arsenik	0.5
19	Krom(Toplam)	0.5
20	Bakır	0.5
21	Nikel	0.5
22	Çinko	2.0
23	pH değeri	5 - 9
24	Zehirlilik	Seyreltilmemiş atıkta, test edilen balıkların 48 saat sonunda % 20 sinden fazlası ölmemelidir.
25	Fekal koliform	Çift kabuklu yumuşakçaların istihsal yerlerine deşarj edilecek atıklardan alınan numunelerde, Fekal Koliform miktarı 10 EMS/100 ml.den fazla olamaz. 100 EMS/100 ml. olan değerler ancak numunelerin % 20 sinden bulunabilir. Diğer su ürünlerinin yetiştirildiği veya istihsal edildiği alanlarda ise, atık su numunesinde Fekal Koliform 200 EMS/ 100 ml. den fazla olamaz. Çift kabuklu yumuşakçalarda intervalvular (kabuklararası) sıvılarda Fekal Koliform miktarı ise 300 EMS/ 100 ml'den fazla olamaz.

Bir güvenlik gücü olarak kurulan Sahil Güvenlik Komutanlığına aynı yasa ile diğer görevlere ek olarak deniz kirliliğini önleme görevi de verilmiştir. Çevre Kanununda öngörülen Kirletme Yasağına aykırı hareketleri izlemek ve önlemek, Çevre Kanununun 22. maddesinde belirlenen cezayı kesmek ve Mal Müdürlüğü'ne yatırmak görevi 2692 sayılı kanunun 4. maddesi ve bu kanun esasa alınarak çıkarılan Sahil Güvenlik Komutanlığı İdari ve Adli görevlerine ilişkin tüzüğün 3.maddesi ile SG Komutanlığı'na verilmiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yetkilileri genel olarak denizlerimizdeki kirlilik durumunun izlenmesi ile ilgili şöyle söylemiştir: Deniz çevresinin kirlenmesini önlemek, azaltmak ve kontrol etmek, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlamak amacıyla ülkemizin taraf olduğu başta Deniz Çevresinin Kirliliğe Karşı Korunması Sözleşmeleri (Karadeniz için Bükreş, Akdeniz için Barselona Sözleşmeleri) ve AB mevzuatı ile uyumlu olarak denizlerde kirlilik izleme çalışmaları sürdürülmektedir. Kirlilik izleme çalışmalarının amacı; denizlerimizi kirleten karasal kaynakların (nehirler) baskı ve etkilerinin tespiti, kirli ve temiz kıyı bölgelerinden alınan deniz suyu, biyota ve sediman örneklerinde metal ve organik kirleticilerin uzun dönemli değişikliklerinin (trend) izlenmesi, kirliliğe karşı hassas, az hassas ve gri alanlardaki kıyı sularımızda ötrofikasyonun izlenmesi ve bu alanların değerlendirilmesidir. 2011 yılı itibariyle tüm denizlerimizde 208 izleme noktasında, 40'ı aşkın parametrede yılda iki defa olmak üzere izleme çalışmaları yapılmıştır [36].

Sonuç olarak bütün bu çıkarılan kanunlar, yönetmelikler vb. kabul edilen mevzuatlar doğrultusunda yapılan veyahut yapılacak olan uygulamalar ile gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin minimuma indirilmesi mümkündür. Ülkemizde deniz ortamının gemilerden kaynaklanan kirlilikten etkilenmesini önlemek ve denizlerimizin kirlenmesini minimuma indirmek için limanlarda yeterli atık alım tesislerin kurulması, işletmesi, denetlemesi ulusal sözleşmeler ve ülkemizin taraf olduğu uluslararası sözleşmeler gereği bir zorunluluktur.

### **2.3.3 Yasalar Çerçevesinde Sintine Atıksularının Ülkemizdeki Artım ve Bertarafı ile İlgili Çalışmalar**

Denizlerdeki kirlilik olayları daha çok sintine sularının denize basılması, pis suların ve çöplerin denize dökülmesi ve balast sularının denize boşaltılması sırasında meydana gelmektedir. Gemiler, kirletici atıklarından kurtulmak için ya atıkları

denize boşaltmakta ya da işleme tabi tutarak (yakma, ayırma vb.) kalanları yok etmekte veya atıkları seyir esnasında depolayarak, limanlardaki atık kabul tesislerine boşaltmaktadırlar. Denizlerin gemiler tarafından kirletilmesi sorununu çözenin önemli bir yolu, gemilerin atıklarını seyir süresince depolamaları ve bu atıkları limanlardaki kabul tesislerine boşaltmalarıdır. Bu nedenle MARPOL; gemilere, denizlere boşaltılması yasaklanan atıkları uygun yerlerde biriktirmek zorunluluğunu getirirken, limanlara da, sintine ve balast sularını, pis su ve çöpleri gecikmeye meydan vermeyecek şekilde alacak atık kabul tesisi oluşturma yükümlülüğünü getirmiştir [33].

Ülkemizdeki limanların incelenmesi neticesinde Marmara Bölgesindeki limanlarımızdaki kabul tesislerinin bir kısmının yeterli olduğu ancak atıl kapasitesi ile çalıştırıldığı, Gemlik, Mudanya, Erdek, Çanakkale gibi bazı limanlarımızda ise atık kabul tesislerinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Tablo2.5'te ülkemizdeki limanlardan, sintine ve balast suları kabul ve arıtma tesisine sahip olanlarının listesi verilmektedir [37].

Tablo2.5:Sintine ve balast suları için kabul ve arıtma tesisleri.

Yeri	Tank Kapasitesi (m <sup>3</sup> /gün)	Arıtma Kapasitesi (m <sup>3</sup> /gün)
TCDD Haydarpaşa Limanı	107	240
TCDD Mersin Limanı	275	720
TCDD İskenderun Limanı	80	240
TCDD Samsun Limanı	80	240
TCDD Derince Limanı	51	240
TCDD Bandırma Limanı	155	480
TCDD İzmir Limanı	400	648
TCDD İstanbul Limanı	100	120
TCDD Giresun Limanı	100	120
TCDD Trabzon Limanı	100	120
TCDD Hopa Limanı	100	120

Liman atık kabul tesislerinin işletilmesi görevi tablo 2.6'da olduğu gibi farklı kurum ve kuruluşlara verilmiştir. Liman atık kabul tesislerinin işletilmesi ya o limanı kullanan kamu kuruluşuna bırakılmış ya da özel sektöre devredilmiştir. Yani limanlar TÜPRAŞ, ATAŞ, TCDD gibi kamu iktisadi teşebbüsleri tarafından işletilmekte ya da limanlar özelleştirilerek özel sektöre devredilmektedir [37].

Tablo 2.6: Türkiye' deki önemli liman atık kabul tesisleri ve onları işleten kurumlar.

<b>İşleten Kuruluş</b>	<b>Limanlar</b>
TCDD	İstanbul (Haydarpaşa) Limanı
	İzmit (Derince) Limanı
	Samsun Limanı
	Bandırma Limanı
	Mersin Limanı
	İzmir Limanı
TÜPRAŞ	İskenderun Limanı
	İzmit Limanı
SEKA	Aliğa Limanı
ATAŞ	Mersin Limanı
DÇİ	Mersin Limanı
İZAYDAŞ	KDZ Ereğli Limanı
TTK	İzmit Limanı
PETKİM	KDZ Ereğli Limanı
TDİ	Nemrut Limanı
	İstanbul Limanı
	Trabzon Limanı

Limanlardaki atık kabul tesisleri farklı nitelikte ve farklı kapasitededir. Liman atık kabul tesislerinin çoğu sintine ve balast suyunun alınmasına yöneliktir. Arıtma yapılmayan atık kabul tesislerinde; sintine suları gemilerden alınarak karadaki tanklara taşınır, sintine suyu içindeki yağ ve su tanklarda dinlendirilerek ayrıştırıldıktan sonra yağı özel sektör kuruluşlarına satılmakta, temiz su ise denize deşarj edilmektedir. Dubada veya tesiste biriken atık sular liman işletmesi tarafından açılan ihalesonucunda Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan lisanslı firmalara verilmektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan lisans almış olan tesislerde (geri kazanım tesisi) işlenen atıklar genel olarak sintine, balast, solvent (çözücü), atık yağlardır. Sadece İZAYDAŞ geri kazanım yerine yakma işlemi uygulamaktadır [37].

Tablo2.7’de atık kabul tesislerinin niteliği, adedi ve işleten kuruluşlar gösterilmiştir [5].

Tablo 2.7: Türkiye geneli, atık kabul ve arıtma tesisleri ile bunları işleten kuruluşlara olan dağılımları.

<b>Atık Kabul Tesisinin Niteliği</b>	<b>Adedi</b>	<b>İşleten Kuruluşlar</b>
Sintine ve balast suyu arıtma tesisi	6	TDİ (1), TÜPRAŞ (2), BOTAŞ (1), ATAŞ (1), İZAYDAŞ (1)
Sintine suyu arıtma tesisi	9	TCDD (7), ALTAŞ A.Ş (1), TDİ (1)
Sintine Tankı	3	DÇİ (1), BORUSAN (1), SEKA (1)
Evsel Atık Arıtma	2	PETKİM (1), GEMPORT(1)
Kimyasal Atık	1	PETKİM (1)
Katı Atık İmha	2	PETKİM (1), TÜPRAŞ (1)

Türkiye’deki en önemli limanlar, TCDD ve TDİ tarafından işletilmektedir. Bu limanlarda, Dünya Bankasından sağlanan kredi ile 1985-1986 yıllarında sıvı atık kabul ve arıtma tesisleri kurulmuştur. İstanbul ve İzmir’de, TCDD tarafından işletilen ve ülkemizin en büyük limanlarından olan Haydarpaşa ve Alsancak limanlarında yapılan incelemeler sonucunda, atık alımına yönelik yükümlülüklerin yerine getirilmesinde önemli eksiklikler olduğu görülmüştür [5].

TCDD’ce işletilen Haydarpaşa ve Alsancak gibi bazı limanlarda, teknolojinin eski olması, arıtma maliyetinin yüksek olması gibi nedenlerle arıtma yapılmamaktadır. Bu tesislerin tanklarından sıvı atık depolanması amacı ile yararlanılmaktadır. Gemilerden şekil 2.8 'de görülen sistem ile alınan sintineler, arıtma yoluna gidilmeden şekil 2.9' da görülen depolarda dinlendirme metodu ile ayrıştırıldıktan sonra üçüncü şahıslara ihale yoluyla satılmaktadır. Depo kapasitelerinin dolması durumunda ise, gemilerden sıvı atık alınamamaktadır. Arıtma yapılamadığı için gelen gemi sayısına göre fiilen alınan sıvı atık miktarının düşüklüğü dikkat çekicidir. Örneğin, 1999 yılında Haydarpaşa Limanına yanaşan 1976 adet geminin yalnızca 10’undan (142 m<sup>3</sup>), 2000 yılında 2002 adet geminin 6’sından (166 m<sup>3</sup>) ve 2001 yılının ilk üç ayında ise 403 geminin 3’ünden (14 m<sup>3</sup>) sintine alınabilmiştir [2].





Şekil 2.8: Sintine atık alım sistemi.



Şekil 2.9: Gemilerden alınan sintinelerin toplanıp dinlendirildiği tanklar, Haydarpaşa.

Ülkemizde deniz kirlenmesine yönelik mevcut yasal düzenlemeler çoğunlukla kirlilik sonrası yaptırımlara yöneliktir, kirliliği önlemek içinse yeterince tedbir alınmamıştır. Halbuki kirlilikle mücadelede kirlilik oluşmadan gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bir gemiye veya tesise petrol ve petrol ürünleri yüklenip boşaltıldığında oluşacak olası kirlilik için tedbirlerin alınmış olması ve önceden belirlenmiş standartlarda araç gereçlerin (temizleme cihazları, yüzer bariyer, kimyasal maddeler gibi) bulundurulması gereklidir.

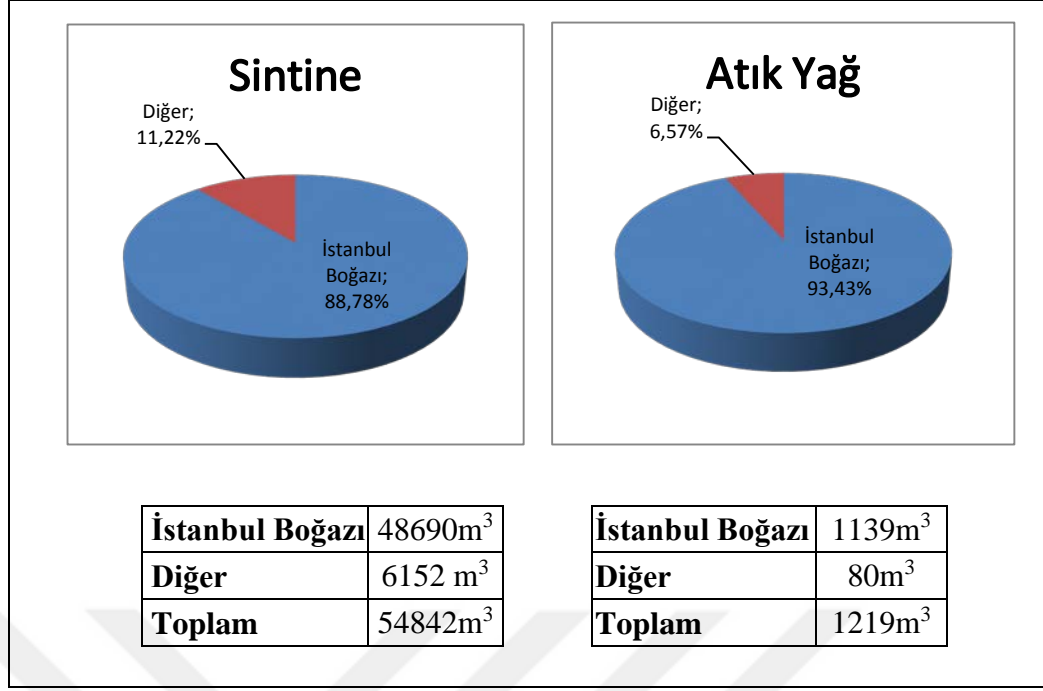
İstanbul Çevre Yönetimi San. ve Tic. A.Ş. (İSTAÇ) 'ın 2009' da yayınlamış olduğu çevre makalelerinden birine örnek teşkil eden çalışmasında, İstanbul'da 2006, 2007 ve 2008 yıllarında gerçekleştirilen atık toplama miktarlarına ulaşılmış ve bu değerler tablo 2.8' de verilmiştir. Tablo 2.9'da ise Türkiye genelinde 2008 yılı gerçekleşen atık toplama miktarları verilirken şekil 2.10'da ise yine aynı yıl Türkiye genelinde toplanan sintine ve atık yağ miktarları verilmiştir [2].

Tablo 2.8: İstanbul 2006, 2007 ve 2008 yılı gerçekleşen atık toplama miktarları.

ATIK TÜRÜ	2006		2007		2008	
	GEMİ SAYISI	ATIK MİKTARI (m <sup>3</sup> )	GEMİ SAYISI	ATIK MİKTARI (m <sup>3</sup> )	GEMİ SAYISI	ATIK MİKTARI (m <sup>3</sup> )
SİNTİNE	1.617	27.390	1.920	31.986	2.479	48.691
SLAÇ	892	12.132	1.076	10.487	1.351	13.678
SLOP	355	53.764	171	23.011	191	26.513
ATIK YAĞ	80	509	277	775	379	1.140
KİRLİ BALAST	7	9.250	46	7.921	54	16.687
KATI SLAÇ			12	45	15	175
ÇÖP	452	6.410	909	9.569	1.138	12.854
PİS SU	126	10.731	174	8.434	371	14.559
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>3.529</b>	<b>120.727</b>	<b>4.585</b>	<b>92.229</b>	<b>5.978</b>	<b>134.493</b>

Tablo2.9:Türkiye geneli 2008 yılı gerçekleşen atık toplama miktarları.

ATIK TÜRÜ	İstanbul (m <sup>3</sup> )	Diğer (m <sup>3</sup> )	Türkiye Geneli (m <sup>3</sup> )
SİNTİNE	48.690	6.152	54.842
SLOP	26.512	91.953	118.465
ATIK YAĞ	1.139	80	1.251
SLAÇ	13.674	2.919	17.846
PİS SU	14.559	1.120	15.679
KİRLİ BALAST	16.887	20.602	37.489
ÇÖP	12.584	8.745	21.599
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>134.315</b> <b>(%50,27)</b>	<b>132.856</b> <b>(%49,73)</b>	<b>267.171</b>



Şekil 2.10:Türkiye geneli 2008 yılı gerçekleşen sintine ve atık yağ toplama miktarları.

Üstün 2004 yılında yaptığı araştırmasında, Levent Marina İşletmesi sintine bekletme tankerlerinden dört, Alaybey Yolcu Gemisi sintine dairesinden bir adet olmak üzere toplam beş adet numune almış ve bunları kullanmıştır. Marinadan alınan numuneler, bekletme tankından alındığı için değişik gemilerden gelen sintine atık suyunun bir karışımıdır. Alınan bu numunelerin pH, renk, bulanıklık, toplam katı madde (TKM), askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOi) ve yağ-gres parametrelerinin ölçümü yapılmıştır. Bu parametrelere bakılarak makine dairesine tuzlu deniz suyunun girmesi nedeniyle ‰ 10-50 arasında tuz içeren sintine atık suyu koyu renkli, oldukça bulanık bir atık su özelliğinde olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte yüksek organik madde (KOİ), yağ-gres ve katı madde içermektedir [37].

Tuzla Limanı'na demirleyen gemiler, eğer tablo 2.10 ve 2.11' de atık alım miktarları görülen İstanbul ve Ambarlı Limanlarında olduğu gibi, sintine alım hizmeti isterlerse, T.C. Denizcilik Müsteşarlığı tarafından yürürlüğe alınan "Gemilerden ve Diğer Deniz Araçlarından Kaynaklanan Atıkların Toplanmasına İlişkin Uygulama Esasları" baz alınarak, lisanslı, üç adet sintine alımı yapan deniz aracı tarafından bu istekleri karşılanır. Lisanslı, sintine alımı yapan deniz

araçları tarafından alınan sintineler T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı'nca izin verilen lisanslı geri kazanım ve bertaraf tesislerine iletilmektedir [22].

Tablo 2.10: İstanbul limanında demirli deniz araçlarından alınan sintine miktarları.

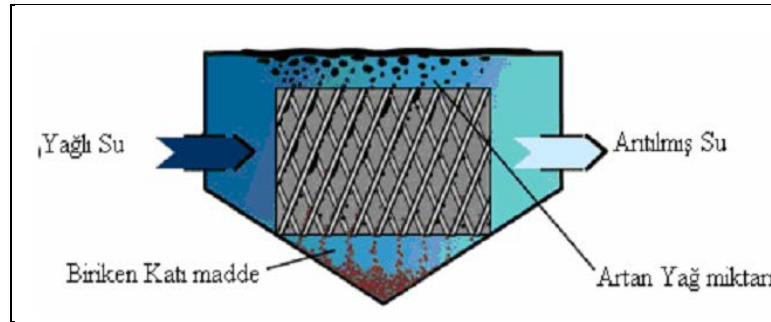
Kuruçesme Sintine Alım Tesisi Alım Miktarları (m <sup>3</sup> )	Diğer Tesis Alım Miktarları (m <sup>3</sup> )	Toplam Miktar (m <sup>3</sup> )
56.598,2	4.912,385	61.510,585

Tablo2.11: Ambarlı liman işletmeleri tarafından yapılan sintine alım miktarları.

Atık Alınan Gemi Sayısı	Alınan Sintine Miktarı (m <sup>3</sup> )	Geri Dönüşüme Giden Miktar (m <sup>3</sup> )
64	1.099.650	1.033.550

TDİ Kuruçesme Sintine Kabul Tesisi ana sistemlerini örnek olarak prosesi inceleyecek olursak, arıtım işlemi; sintine toplama tankı, yağ seperatörü, filtrasyon sistemi ve temiz yakıt tankı olmak üzere 4 ana ünite ile sağlanır.

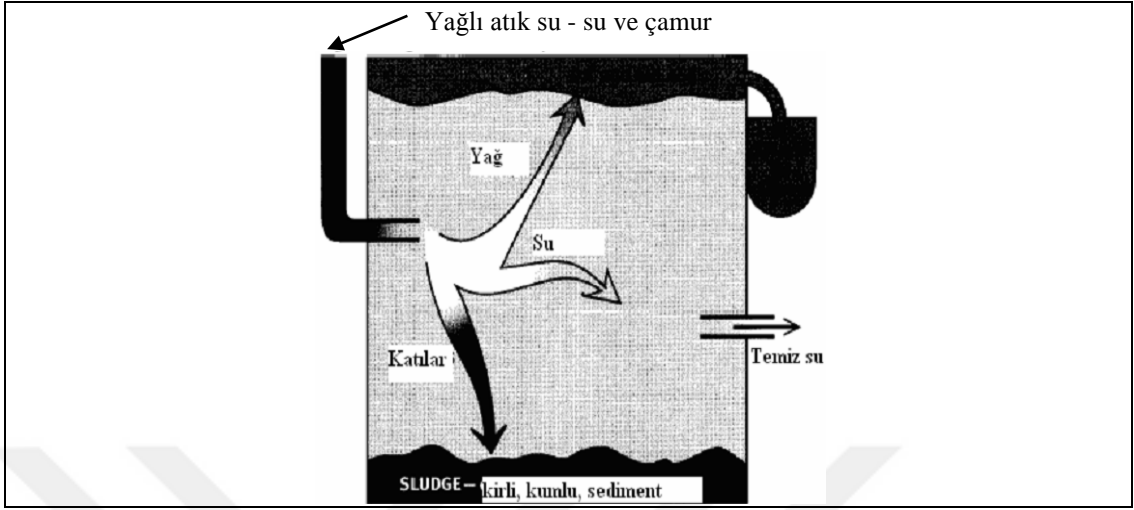
Bu tesise getirilen gemilerden alınan sintine atıksuyu, sintine toplama tankına alınmaktadır. Sintine toplama tankındaki sintine, seperatör dairesinde, şekil 2.11'de görülen sintine seperatöründen geçirilerek ayırma işlemine tabi tutulmaktadır. Sintineden ayrılan yağ ise temiz yakıt tankında depolanmaktadır [22].



Şekil 2.11: Sintine Seperatörü.

Seperatörden alınan arıtılmış atıksu, son arıtma ünitesi olan filtrasyon sistemine iletilmeden önce atıksu dinlendirme tankına gönderilmektedir. Sistemde, arıtılan atık su, optik göz ile okunan kirlilik parametre değeri (yağ/gres) 15ppm sınırının altına düşmüş ise, atıksu boşaltım hattındaki selenoid valfin otomatik olarak açılması sonucu denize boşaltılmaktadır. Eğer kirlilik 15 ppm sınırının üstünde ise atıksu

hattındaki selenoid valf kapanmakta ve atıksu tekrar dinlendirme tankına geri gönderilmektedir.



Şekil 2.12:Sintine kabul tesisinde yapılan arıtma işleminin filtrasyon basamağı.

Şekil 2.12'de görülmekte olan filtrasyon ise arıtımın son halkasını oluşturmaktadır. Bu sistemde kirli su içinde var olan az miktarda yağ, sistem ünitesinde bulunan 6 adet filtrenin üst kısmında birikmekte ve biriken yağ üst kısımdaki temiz yakıt hattından temiz yakıt tankına gönderilmektedir. Burada biriken ayrılmış yağ, eğer istenilir ise tankerlere yüklenerek satılmaktadır. Ayrıca yağ seperatörlerinin altında bulunan çamur tankında biriken çamur(kek tabakası) dabelirli dönemlerde toplanarak lisanslı tehlikeli atık bertaraf tesislerinde bertaraf edilmek üzere uzaklaştırılmaktadır. Bu çamur çoğunlukla İZAYDAŞ tarafından alınmaktadır [22].

Tesiste gemilerden alınan aylık sintine suyu miktarı yaklaşık olarak 2000-8000 ton arasında değişmektedir ve bunun yaklaşık %10'u yağ olarak geri kazanılmakta, geri kalan miktar atık su şeklinde çıkmakta, bu atık su ise arıtılarak uzaklaştırılmaktadır [22].

Gemilerden oluşan atık sudaki BOI5 değeri 350-600mg/l arasında değişiklik göstermektedir. Londra liman idaresi BOI5 20 mg/l' ye düşürülmesini tavsiye ederken, bu değer Kanada'da 50mg/l, Amerika'da ise 100 mg/l' dir. Türkiye'deki duruma bakacak olursak da deniz kirlenmesi ile ilgili en önemli yasalardan biri olan Su Ürünleri Kanununa göre yüzey sularına doğrudan verilecek kirli sudaki BOI5 50 mg/l olmalıdır [24].

## 2.4. Membran Teknolojileri

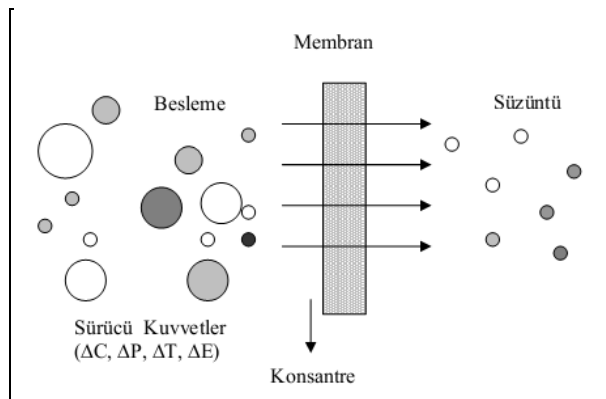
### 2.4.1. Membran Teknolojilerine Giriş

Membran belirli bazı türlerin hareketlerini kısıtlayan, metal, anorganik veya organik polimerlerden yapılan geçirgen veya yarı geçirgen bir malzemedir ve gaz ayırımı, katı/sıvı ve sıvı/sıvı ayırımı gibi amaçlar için kullanılır.

Membran filtrasyonda, doğada bir yarı geçirgen membrandan basınç farkı sebebi yüzünden molekül taşınımında gerçekleşip duran fiziksel ilkelerden yararlanır. Moleküller ya da partiküller; boyutları, ağırlıkları ya da yapıları sebebiyle membranda tutulurlar. Membranlar; por büyüklüğü, porların yüzeyde dağılımı, membran yüzeyinde metrekare başına düşen porların sayısı, membran yükü ve kimyasal yapısı ile tarif edilir. Bu etmenler ve filtrasyonda meydana gelen kek tabakası, membran filtrasyon sırasındaki madde taşınımını ve verim, kapasite, geri kazanım oranını etkileyerek membran filtrasyonun hesaplılığını da belirler.

Membranlar, çözünmüş maddelerin ayırımı ve tutulmak istenen partiküllerin ayrılması olarak iki temel grupta toplanır.

Genel olarak membranlar, sıvılardan ve gazlardan mikron boyutundaki partikül filtrasyonu, sıvılardan kolloidlerin ve büyük ölçekli moleküllerin ayırımı, sadece iyonik türlerin ayırımı, sulardan veya diğer sıvılardan askıda katı veya çözünmüş maddelerin ayırımı, konsantre çözelti elde etmek vb. amaçlar için kullanılır [38]-[39]-[40].



Şekil 2.13: Membran akımlarının şematik gösterimi.

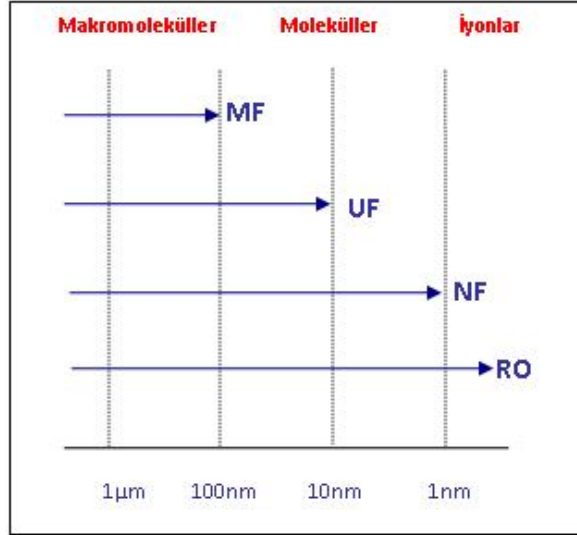
Membran proseslerde kullanılan membranlar ayırma mekanizmalarına, morfolojilerine, geometrilerine ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılırlar. Kullanılan membrana göre, proseslerin gösterecekleri performanslar değişmektedir [41]. Tablo 2.12' de organik membran çeşitleri ve kullanım alanları gösterilmektedir.

Tablo 2.12: Ticari olarak üretilen organik membran çeşitleri.

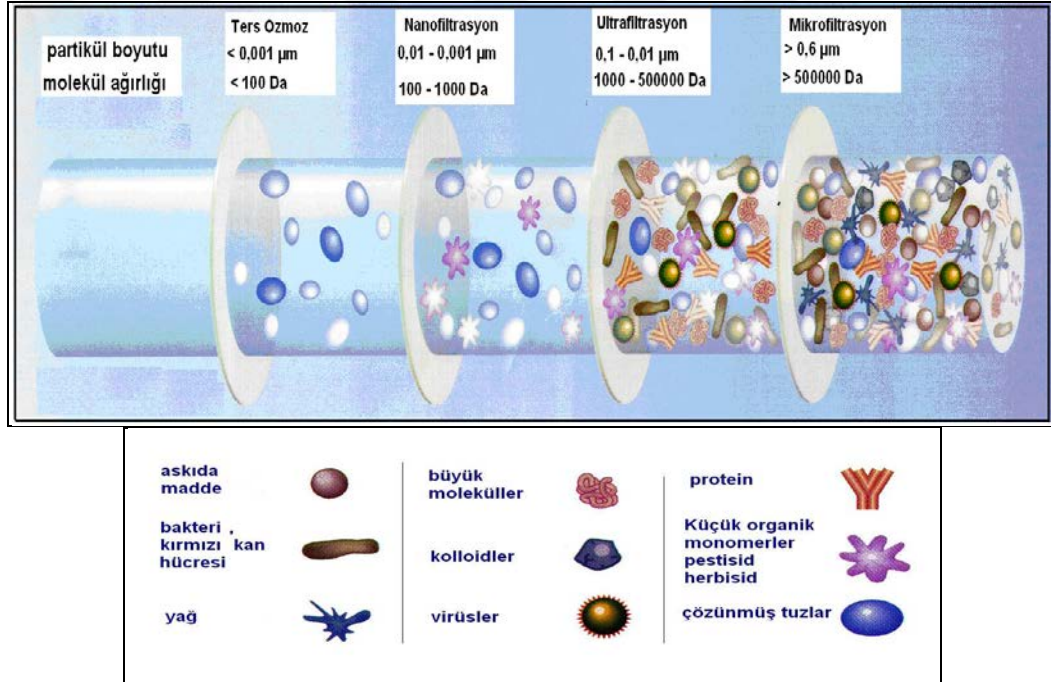
Malzeme	Uygulama Alanı		
	MF	UF	NF ve RO
Alumina	x		
Seluloz Esterler	x		
Seluloz Nitrat	x		
Poliamid, Alifatik (nylon)	x		
Polikarbonat	x		
Polyester	x		
Polipropilen	x		
Polietrafloroetilen (PTFE)	x		
Polivinilklorür (PVC)	x		
Sinterlenmiş Paslanmaz Çelik	x		
Seluloz	x	x	
Seramik Bileşikleri	x	x	
Poliakrilonitril (PAN)	x	x	
Polivinil Alkol (PVA)	x	x	
Polisülfon (PS)	x	x	x
Polietersülfon (PES)	x	x	x
Selüloz Asetat (CA)	x	x	x
Selüloztriasetat (CTA)	x	x	x
Poliamid (PA)	x	x	x
CA ve CTA karışımı	x	x	x

## 2.4.2. Membran Seçimi

Membran tipinin doğru seçimi kapasite, verim ve verimlilik açısından optimize edilmiş bir filtrasyon işlemi elde etmek için çok önemlidir. Proses, şekil 2.14 'de görüldüğü gibi kullanılan membranın gözenek boyutuna göre Ters Osmoz(RO), Nanofiltrasyon(NF), Ultrafiltrasyon(UF) ve Mikrofiltrasyon(MF) olarak adlandırılır [41].



Şekil 2.14: Gözenek boyutuna göre membranlar.



Şekil 2.15: Partikül boyutlarına göre, membran tipleri.

Şekil 2.15 incelendiğinde partikül boyutlarına göre membran tipleri 4 çeşittir:

- Mikro-filtrasyon membranları (MF), askıdaki katı maddelerin ve mikroorganizmaların giderimi için kullanılır.
- Ultra-filtrasyon membranları (UF)askıdaki katı maddelerin, organik madde ve mikroorganizmaların giderimi için kullanılır.



- Nano-filtrasyon membranları (NF) Ca, Mg,SO<sub>4</sub> gibi iyonlar, organik madde ve THM, pestisit giderimi için kullanılır.
- Ters ozmoz membranları (RO) İnorganik iyonlar, toplam çözünmüş katı madde, ağır metaller ve nitrit, nitrat ve amonyum giderimi için kullanılır.

Membran tipi, tesis tasarımı ve işleme parametreleri, istenen performans ve tüm prosesin maliyet verimliliğini karşılamak için birbiri ile uyumlu olmalıdır.

Membran performansı, çalışma şartları, kullanılan membran tipi ve sistem tasarımı gibi birçok etmen uygun membran tipi seçilirken göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar:

#### –Kimyasal Uygunluk

Seçilen membran kimyasal olarak çözeltilere uygun ve dayanıklı olmalıdır. Çözelti içindeki kimyasallara bağlı olarak membranın veriminde düşüklük olabilir.

#### –Sıcaklığa Dayanıklılık

Sıcaklık, plastik malzemenin verimini belirleyen en önemli etkenlerdendir. Örneğin; en çok tercih edilen membran tipi ve maliyeti diğerlerine göre daha ekonomik olan selüloz asetat membranlarının 35-40°C'ye kadar dayanıklılığı varken seramik membranlar 800 °C'ye kadar kullanılabilir. Ters ozmoz prosesi ultrafiltrasyona nazaran daha hassastır ve sistemin randımanı açısından 25 °C sıcaklıkta çalışırlar [2]-[41]-[42].

#### –Basınca Dayanıklılık

Her membranın çalışma basıncı farklıdır. Düşük basınçtan yükseğe doğru membran prosesler Tablo 2.13' de verilmiştir.

Tablo 2.13: Uygulanan basınçlara göre membranlar.

Membranlar	Uygulanan Basınç (bar)
Mikrofiltrasyon (MF)	< 2
Ultrafiltrasyon (UF)	1 – 8
Nanofiltrasyon (NF)	10 – 30
Ters Ozmoz (RO)	10 – 100

Normalden yüksek basınç uygulamaları, membranların yapılarını bozmaktadır.

–pH'a Dayanıklılık

pH membranın performansı ve ömrü açısından önemlidir. Genellikle seçilen pH aralığı 2-8' dir.

–Ekonomik Özellikler

Öncelikle seçilen membranın düşük maliyeti yanında yüksek geçirgenlik, iyi seçicilik, kararlı işletme özelliğine sahip olması gerekmektedir [41].

### 2.4.3. Membran Prosesler

Tarihte ilk deniz ve kuyu suyu arıtımı için kullanılmaya başlanan membran prosesler sanayinin gelişmesiyle atıksu arıtımı, saf su ve yumuşak su üretimi, gıda ve ilaç sanayi gibi farklı alanlarda da tercih edilmeye başlanmıştır.

Membranlarla arıtma iki faz arasındaki basınç, sıcaklık, konsantrasyon ve elektriksel potansiyel farklar gibi sürücü kuvvetlerin etkisiyle gerçekleşir. Sürücü kuvvetler akımın membranın bir tarafından diğer tarafına geçişini sağlar.

Tablo 2.14' de membran prosesler ve birtakım özellikleri verilmiştir [42].

Tablo 2.14:Membran proseslerin özellikleri.

Membran Proses	Membran Tipi	Uygulanan Basınç Türü	Uygulamalar	Membran Kalınlığı
Mikrofiltrasyon	Simetrik ve asimetrik mikroporoz	Hidrostatik basınç (< 2 bar)	Partikül ayırımı, steril filtrasyonu	10-150 µm
Ultrafiltrasyon	Asimetrik mikroporoz	Hidrostatik basınç (1-8 bar)	Makro moleküllerin ayırımı	0,1-1 µm
Nanofiltrasyon	Asimetrik	Hidrostatik basınç (10-30 bar)	Küçük organik bileşiklerin ve seçilmiş tuzların ayırımı	0,1-1 µm
Ters Osmoz	Asimetrik, kompozit	Hidrostatik basınç (10-100 bar)	Küçük moleküler ağırlıklı çözülmüş maddelerin ayırımı	0,1-1 µm

### **2.4.3.1.Mikrofiltrasyon(MF)**

Genel olarak 0,6 µm'den daha büyük partikülleri tutmak amacıyla kullanılır. MF'de sadece porlu membranlar kullanılır. Mikrofiltrasyon membranlarının üretimi için daha çok PP (polipropilen), PTFE (politetrafloretillen), polikarbonat malzeme kullanılır, son yıllarda da anorganik (seramik, alüminyum, çelik, elyafla güçlendirilmiş karbon) membranlar yüksek termik ve kimyasal dayanıklılık istendiğinde tercih sebebi olmaktadır.

Genelde MF' de akım, membran direnci düşük olduğu için 0-2 bar basınç farkı ile işletilir. Akım membran yüzeyine paralel olduğu için membrandan geçemeyen derişik kısım membran yüzeyinde birikerek kek tabakası meydana geldiğinden zamanla membran yüzeyindeki direnç artar. Akı değeri azaldığı zaman membran temizlenmekte ya da değıştirilmektedir. Konsantrasyon polarizasyonu ve tıkanma mikrofiltrasyon uygulamalarında karşılaşılan en büyük sorunlardandır. Bu etkileri azaltmak için çapraz hızı değıştirme, ultrasonik ses dalgaları, titreşimler, elektriksel alanlar v.b çeşitli metotlar uygulanmaktadır. MF membranlarının en yaygın kullanım alanı NF ve RO membranları öncesindeki ön arıtma sürecidir [41]-[43].

### **2.4.3.2.Ultrafiltrasyon (UF)**

Özellikle 0,1–0,01µm arasındaki partikülleri tutmak için kullanılır. UF ve MF'de sadece porlu membranlar kullanılır. Ultrafiltrasyon membranları için tipik molekül ayırma sınırı yaklaşık 1.000 - 100.000 D (Dalton)= kg/kmol arasındadır.

UF membranları da MF membranları gibi çapraz akışlı olarak işletilmektedir. Çapraz akış ile membranın devamlı suretle temizlenmesi ve kimyasal madde ihtiyacının azaltılması sağlanmaktadır. UF membranlarıyla 1-10 bar basınç farkı arasında çalışılır. Membranda basınçla birlikte akı da artar fakat membranın üst yüzeyinde biriken tutulan maddeler yüzünden ortaya çıkan konsantrasyon polarizasyonunu etkisi akıyı sınırlar.

UF ve MF ile arıtım prosesinde iletkenlik ve çözünmüş oksijen etkilenmemektedir. Arıtılan suda renk giderimi isteniyorsa MF yerine UF tercih edilmektedir. Filtrasyon ile deterjan ve fenol %40 elimine edilmektedir. Fe, Zn, Al, Cr, Cu ve Mn'nin önemli bir kısmı filtrasyon ile giderilmektedir.

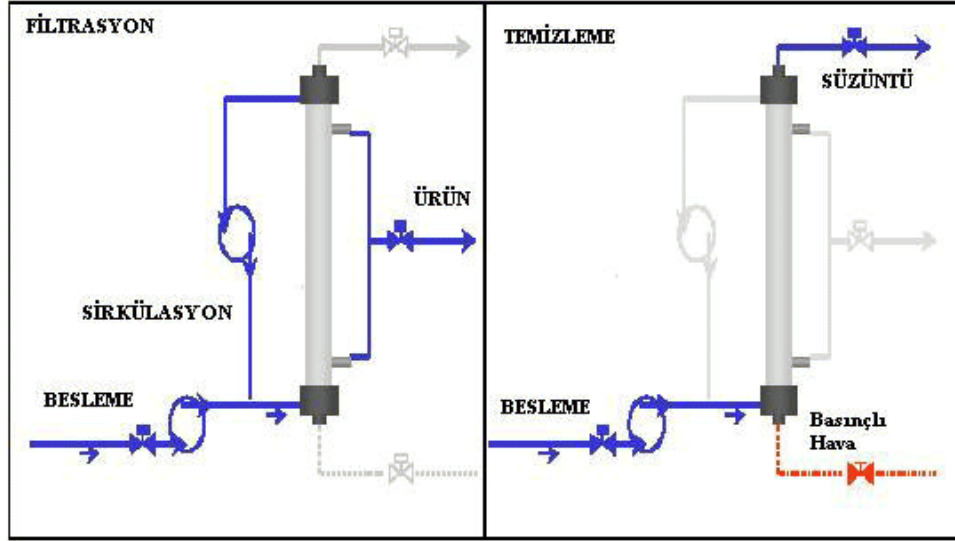
UF ve toz aktif karbon filtre birlikte kullanılarak çözünmüş organik maddeler ve mikro kirleticiler giderilebilmektedir. Membran sistemin resirkülasyon hattında aktif karbon filtre kullanılmaktadır. Kirleticiler aktif karbon partikülleri üzerinde adsorblanmaktadır. Çıkış suyu da MF ya da UF' ye beslenmektedir [42].

### **2.4.3.3. Nanofiltrasyon(NF)**

Nanofiltrasyon düşük basınçlı ters ozmoz olarak tanımlanabilir. RO ile UF arasında bir prosestir. Nanofiltrasyon yöntemi ile çözünmüş iyon ayrımı gerçekleştirilmektedir Uygulanan basınç RO'dan düşüktür. NF membranları ile 10-20 bar arasında çalışılır. Ayrıca nanofiltrasyon, ters osmoz kadar hassas bir filtrasyon prosesi olmadığından ve proses işletimi sırasında daha az enerji sarfiyatına ihtiyaç duyulmaktadır.

Genellikle membran materyalinin pozitif veya negatif yüklü olmasından dolayı NF membranlar Donnan dengesiyle açıklanan iyonik seçiciliğe sahiptir. Buna göre küçük mineral iyonlarını içeren çözeltiler membrandaki sabit iyonik moleküllerle aralarında Donnanpotansiyeli denen elektriksel bir potansiyel farkının doğmasına ve Donnan dengesi adı verilen dengenin oluşmasına sebebiyet verirler. Bu dengenin sağlanması için zıt yüklü maddelerin ters yönde geçişi veya çözünmeyen formlarının çözünür hale dönüştürülmesi gerekir. Bu etki dolayısıyla NF membranlar tek yüklü iyonları iki ve daha çok yüklü iyonlara göre daha fazla geçirir. Çözeltideki tuz oranı arttıkça membranın bu özelliği de artar.

NF cihazlarında yaygın olarak spiral sarılmış membran modülleri kullanılmıştır. Bunlarda membran alanı geniş olduğundan işletme maliyeti düşüktür fakat kapsamlı ön tasfiye gerektirmesi gibi bir dezavantajı vardır. Besleme tutucunun yüksekliğini düşük olması nedeniyle çok çabuk kirlenirler ve MF ve UF' de olduğu gibi hidrolik olarak temizlenemezler. Kirlenmeyi önlemek ve membran yüzeyini temizlemek amacıyla geleneksel tasfiye işlemleri veya UF uygulamasının kimyasal (antiscalant, asit) dozlamasıyla birlikte uygulanması gerekmektedir. Ancak yeni geliştirilen,şekil 2.16' da görülen kapiler NF bu olumsuzluğu ortadan kaldırmıştır. Bu sistem genellikle su arıtmada kullanılır.



Şekil 2.16: Kapiler nanofiltrasyon cihazının çalışma prensibi.

Tablo 2.15’ de bir elektrik şirketinde kurulan nanofiltrasyon sistemine ait genel bilgiler bulunmaktadır. Tesis bir flaş evaporatör sistemi ile birlikte işletilmektedir. Tesisten çıkan süzüntü suyu fabrika prosesinde tekrar kullanılmaktadır. Tablo 2.16’da ise sisteme ait tasarım ve işletme parametreleri ile ilgili genel bilgiler bulunmaktadır. Membranlarda kullanılan daha geniş besleme kanalları ile besleme debisi ve çapraz akış hızı arttırılabilmekte ve dolayısıyla membran yüzeyi kirlenmesi azaltılmaktadır [42].

Tablo 2.15:Nanofiltrasyon sistemine ait besleme ve süzüntü suyu kalite parametreleri.

Parametre	Besleme	Süzüntü	Rejeksiyon (%)
Bakteri (No/ml)	108	0	100
Askıda Katı (mg/dl)	1090	0	100
KOİ (mg/L)	8950	705	92
BOİ5(mg/L)	5970	500	92
Yağ/gres (mg/L)	150	0	100
Çözülmüş Katı (mg/L)	7460	3000	60

Tablo 2.16:Nanofiltrasyon sistemine ait tasarım ve işletme parametreleri.

<b>Membran Destek Tabakası</b>	50 mil paralel
<b>Membran Elementi Sayısı</b>	100
<b>Ön Arıtım</b>	200-mesh ızgara
<b>Akı</b>	10-22 L/m <sup>2</sup> .h
<b>Besleme Basıncı</b>	862 kPa
<b>Besleme Hacmi Azaltımı</b>	75%
<b>Temizleme</b>	Alkali temizleyici ile her gün

#### 2.4.3.4.Ters Osmoz(RO)

Osmoz, düşük tuz konsantrasyonlu çözümlerden yüksek tuz konsantrasyonlu çözümlere doğru yarı-geçirgen membrandan suyun kimyasal potansiyelinde denge sağlanıncaya kadar suyun geçişine izin veren doğal bir olaydır.RO ise bir basınç sürücülü membran prosesidir. Ters osmoz genellikle su için kullanılan filtrasyon işlemidir ve en karmaşık membran teknolojisidir. RO, su ve çözümlerin geçmesine izin verirken düşük molekül ağırlıklı organik maddeler ile tuzlar konsantre olur. RO için yüksek basınçta ihtiyaç vardır. Membrana bağlı olarak ayırma sınırı 20 ile 1000 mol/L aralığında değişmektedir. Ters osmoz teknolojisi ile endüstriyel proseslerde tekrar kullanılabilir seviyede iyi kalitede sular elde edilebilmektedir.Ters osmoz genellikle 3 kategoriye bölünmüştür:

- i)Yüksek basınç RO, (5-10MPa, deniz suyu tuzunun giderimi)
- ii)Düşük basınç RO, (2-5 MPa, az tuzlu suyun tuzunun giderimi)
- iii)Nanofiltrasyon, (0,3-2 MPa, içme suyunun yumuşatılması)

Ters osmoz membran, çözümlerin seçici olarak geçişine ve diğer çözümler maddelerin kısmen ve tamamının alıkonmasına izin vererek hidrolik akışa karşı fiziksel bariyer formunda davranır. Genellikle, tuz giderimiyle proses suyu eldesinde, atıksulardan istenmeyen iyonların uzaklaştırılmasında ve deniz suyundan içme suyu eldesinde kullanılır (Deniz suyu için gerekli basınç5-8 MPa arasındadır.) [41]-[42].

## 2.5. Literatürde Sintine Atıksularıyla Yapılan Arıtım Çalışmaları

Gemi kaynaklı atıksular, bertaraf yöntemi çok zor olan, çok farklı karakterlere sahip atıklardır. Bu tip atık parametreleri hakkında net bir veri verilmesi pek mümkün değildir. Petrol türevli atıkların arıtılması için seçilecek teknoloji ne kadar iyi olursa olsun, atıkların değişken karaktere sahip olmasından dolayı özellikle gelişmekte olan ülkelerde bu tarz atıkların arıtılmasında zaman zaman zorlukların yaşanması kaçınılmazdır [2].

Sintine suyu karakteristik özelliği gemi tipi ve çalışma moduna bağlı olarak, yağ, petrol türevleri, deterjan vb türevleri içeren korozif bir sıvı karışımıdır. Bir diğer deyişle bu atıksu içinde yakıt, hidrolik ve gres yağı gibi çeşitli yağlar, temizlik kimyasalları, boya, pas, yalıtım maddeleri, mikroorganizmalar, karbon siyahı ve silika gibi kolloidler ve fosfat gibi diğer kirleticiler bulunmaktadır. Bu askıda ve kolloidal katı maddeler suyun duruluğunu azaltmakta toplam organik karbon ve çözülmüş organik maddeler oksijen kaynaklarını tüketmekte, yüzey aktif maddeler floklar(köpük) oluşturmakta ve koagülasyonu (pıhtılaşmayı) engellemekte, bakteriler ise biyolojik olarak zararlı etkilere sebep olmaktadır [44].

Yağ damlacıklarının çözelti içindeki dağılımına bağlı olarak sulu fazdan yağ fazının ayrıştırılması zorlaşabilir. 50 mikrondan büyük damlacıklar kaba dağılım ve 0,2-50 mikron aralığındaki damlacıklar iyi dağılım oluştururlar. Kaba dağılımlı emülsiyonlar gravimetrik yöntemle düşük kararlılık gösterdikleri için kolaylıkla ayrılabilirler. Bunun yanısıra iyi dağılımlı emülsiyonların gravimetrik yöntemler ile ayrılması mümkün değildir ve boyutu 10 mikrondan küçük yağ damlacıkları fiziksel arıtım yöntemleri ile ayrıştırılamamaktadır.

Sintine suyunun içerdiği deterjan AKM'ler de yağların emülsiyon oluşturmaya sebep olmaktadır Serbest veya yığın halindeki yağların ayrıştırılmasında kullanılan gravimetrik ayırma yönteminin çok da etkili olmadığı tespit edilmiştir. Viskoz yağ, plakalarda tıkanmalara neden olan yoğun yağ köpüğü yüzünden gemilerin deşarj limitlerini sağlayamamaktadır. Bilindiği gibi sintine atıksuyu çok yüksek miktarda AKM içerdiğinden bu suyun arıtılması sürecinde kullanılan filtreler kısa ömürlüdür ve verimi düşüktür. Filtrelerin yenileme zamanlarının kısa olması ve yüksek işletim maliyetleri filtre sistemlerinin tercihini azaltmakla beraber bu süreçte kullanılan filtre sistemlerinin yeterince

verimli olmadığını ortaya koymuştur. Literatürde yağlı atıksulara uygulanabilecek yöntemler, atık su debisine, karakteristiğine ve istenen çıkış suyu kalitesine bağlı olarak; çökeltme, santrifüj ayırma, koagülasyon, flotasyon, filtrasyon gibi bazı arıtma yöntemleri kullanılır. Bu metotlar ayrı ayrı veya birkaçı bir arada kullanılabilirler [17].

Çökeltme süreci, yağ içeren sintine atıksuyunun işlenmesinde kullanılan mekanik bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu prosedürün tatbik edilebilirliği yağ damlacıklarının boyutuna ve yağın dağılma büyüklüğüne bağlıdır. Mekanik yöntemin randımanını arttırmak vesilesiyle ısı işlem uygulanarak yağ damlacıklarının birleştirilmesiyle boyutlarının artırılması sağlanır. Harcanan enerji miktarı aşırı olduğundan termal yöntem tercihi de yaygın değildir. Çözeltilerin pH değerinin değiştirilmesi ve temizlik kimyasallarının giderilmesi esasına dayanan kimyasal yöntemse düşük randıman, yüksek işletim giderleri ve işletim zorlukları sebebiyle tercih edilmemektedir [12].

Sintine atıksuyunun arıtılmasında inorganik mikrofiltrasyon ve polimerik ultrafiltrasyon (UF), UF/fotokatalitik oksidasyon, biyoteknolojik, elektrokoagülasyon ve UF/membran destilasyonu yöntemleri ile ilgili literatürde sınırlı sayıda kaynak vardır. Bilim adamları sintine atıksuyunun arıtılması konusunda kabul edilmiş evrensel bir yöntemin bulunmadığını belirtmişlerdir [4].

Karakuski ve arkadaşları, sintine atıksuyunun petrol türevlerinden ayrılması için Szczecin-Swinoujście limanında ultrafiltrasyon sistemi için polivinil klorür, PVC, poliakrilonitril (PAN) ve polivinil florürden (PVDF) yapılmış boru membranlar kullanılarak bir laboratuvar ölçekli pilot tesis tasarlanmıştır. Araştırmacılar heterojen fotokatalitik proses ve ultrafiltrasyon metodunu, yağların 15 ppm'den daha düşük konsantrasyonlarda gideriminde entegre bir yöntem olarak kullanmışlardır ve titanyum dioksit yarı iletken katalizörler ve UV fotokatalitik oksidasyon işlemlerinin birlikte kullanımının organik kirleticileri gidermede başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte ultrafiltrasyon arıtımı ile elde edilen süzütünün kimyasal oksijen ihtiyacının %92-96 olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu entegre sistemlerin en önemli kazanımının ön filtrasyona gereksinim duyulmaksızın yüksek miktarda çözünmüş katıları uzaklaştıran iyi bir ayrıştırma metodu olduğunu tespit etmişlerdir [10].

Trembley ve ark. ve Peng ve ark. , inorganik ultrafiltrasyon ve fiber polimerik mikrofiltrasyon membranlarını bir arada kullanarak sintine atıksuyunun arıtılmasını



araştırmışlardır. Peng ve ark. , araştırmalarında kullandıkları 0,1 µm mikrofiltrasyon membranlarının yağlı atıksuların arıtılmasında ve surfaktanların ( yüzey aktif maddelerin) geri kazanımında efektif bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Ultrafiltrasyon, su içinde bulunan askıda katı Bununla birlikte metotlarının yüksek konsantrasyonda polar çözücülerin ve çözünebilir surfaktanların bulunmadığı ortamlarda 10-100 ppm konsantrasyonundaki yağların gideriminde daha başarılı olduğunu vurgulamışlardır. Peng ve ark, mikrofiltrasyon yönteminde başvurdukları basınçlı yıkama vasıtasıyla membranların randımanının artırılmasını ve membran yüzeyindeki birikimin giderilmesini sağlamışlardır. Araştırmacılar, membran yüzeyinde oluşan kek tabakası nedeniyle verimin azalması, akış hızının (permeate debisi) yavaş olması ve atıksuların işlenmesinde yetersiz kalmalarının membran sistemlerinin dezavantajı olduğunu tespit etmişlerdir [45].

Caplan ve arkadaşları, sintine atıksuyu içeriğinde bulunan yağ, petrol hidrokarbonları, deterjan ve organik atıkların arıtılmasında fiziksel ve biyoteknolojik ayırma metotlarını birlikte uygulayarak %99 başarı sağlamışlardır. Biyoteknolojik metot da sabit film biyoreaktör içine değişik kültürlerde mikroorganizmalar aşılandığı zaman, 15 ppm'den düşük konsantrasyonlara kolaylıkla bozunabildiğini tespit etmişlerdir [7].

Körbahtı ve Artut 'un yaptığı çalışmada ise sintine atıksuyunu arıtma ve elektrokimyasal yağ/su emülsiyonlaşmasının Pt/Ir elektrodlarından oluşan elektrokimyasal reaktör sistemi kullanılarak araştırılmıştır. Deneysel sonuçlar akım yoğunluğunu ve harcanan ortalama enerjiyi en aza indirirken giderme oranlarını en üst düzeye çıkarmak için tepki yüzey yöntemi kullanılarak optimize edildiğinden bahsedilmiştir [44].

Peng ve Temblay, başka bir çalışmalarında ön arıtım için yağlı sintine atıksuyunun ultrafiltrasyon membranlarında geri yıkama metodu yani fiziksel ön arıtım yöntemini araştırmıştır. Konsept olarak bu yöntemde ilk önce yağlı atıksu ön arıtım işlemi olarak büyük gözenek yapısına sahip olan mikrofiltrasyon membranından geçirilmiştir. Ayrıca bu işlem yağlar membran gözeneklerini tıkadıkları için geri yıkamayla birlikte uygulanmıştır. Bu çalışmada geri yıkama esnasında basınçlı havayla birlikte sıcak su veya buhar gibi çevre dostu fiziksel membran temizleme yöntemi kullanılmıştır. Buharla temizlemenin yararlı etkilerinin oldukça belirgin olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar aynı zamanda dört klasik kirlenme modelleri ve birleştirilmiş filtrasyon modeli kullanılarak da uygulanmıştır [46].

Yang ve arkadaşları, limanlardaki sintine ve balast atıksularının biyolojik degradasyonunu (biyolojik çözünüm) sağlamak için aerobik parçalanmanın gerçekleştiği biyofiltreleri kullanarak %90'ın üstünde TOC (toplam organik karbon) giderimi sağlamışlardır.

Gryta ve arkadaşları, ultrafiltrasyon ve membran destilasyonu metotlarını birlikte uygulayarak sintine atıksuyunun içerdiği yağın tamamının ve toplam çözülmüş katı maddelerin %99,5'inin giderilmesini sağlamışlardır. Ayrıca ultrafiltrasyonda polivinil membran ve membran destilasyonunda polipropilen membran kullanmışlardır [47].

Literatürde tüm bu araştırmalarla birlikte sintine atıksuyu ile ilgi olmayan ancak yağ/su karışımlarını membranlarla arıtımının araştırıldığı sınırlı sayıda çalışmalar da mevcuttur [2].

## **2.6. Membran Teknolojisi Kullanılarak Yapılan Atıksu Arıtılabilirlik Çalışmaları**

Membran teknolojisi, aynı fazda bulunan partikül boyutlarının ayrılması işlemi esasına dayanmaktadır. Partikül boyutuna bağlı olarak değişen farklı membran teknolojileri bulunmaktadır. Sintine atıksularına da uygulanabilir olan bu prosesler mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters osmoz membran sistemlerinden oluşmaktadır. Mikrofiltrasyon yöntemi ile çapı 2 mm'den büyük olan partiküller dolayısıyla bütün kolloidal bileşenler ayrılabilir.

Ultrafiltrasyon yönteminde kolloidal bileşenlerin yanında yağlar veya fenolik bileşenler gibi askıda katılar da giderilebilmektedir. Yine de bu yöntem çözülmüş bileşenlerin gideriminde çok fazla etkili olamamaktadır. Sintine atıksuyunun ultrafiltrasyonu süresince ciddi anlamda membran kirlenmesi meydana gelmekte ve bu da proses performansını etkilemektedir. Kirlenme, süzüntü akısını düşürmekte olup, hem verimlilik düşüşünü hem de membran seçiciliğini belirlemektedir. Membran kirlenmesi; membranın tipi, çözünenlerin moleküler boyutu veya membranla etkileşimi, işletme koşulları (transmembran basıncı, akış hızı ve sıcaklık) gibi birçok faktöre bağlı olmaktadır.

Membran teknolojilerinin önemli avantajları olarak, ayırma işleminin sürekli yapılabilmesi, enerji tüketimlerinin genellikle düşüklüğü ve membran proseslerindeki ayırma prosesleri ile kolayca birleştirilebilir oluşu gösterilebilir.

Ayrıca Up-scaling kolaydır ve membran özellikleri değiştirilebilir veya ayarlanabilir [42].

Dezavantajları olarak da konsantrasyon polarizasyonu ve membran kirlenmesi, düşük membran ömrü ve genellikle düşük seçicilik sayılabilir [42].

Membran prosesler, organik maddelerin konsantre edilmesi ve bazı değerli bileşenlerin geri kazanılması için çok uygun bir teknolojidir. Membran teknolojileri ile elde edilen konsantrelerden ekonomik bir kazanım elde edebilmek için konsantre kompozisyonu kontrol altında tutulmalı ve gerekirse modifiye edilmelidir. Örneğin, eğer konsantrat hayvan yemi olarak kullanılacaksa, polifenollerin bulunması proteinlerin biyo-yararlılığını azaltabilmekte; diğer yandan, geri kazanılan polifenoller doğal antioksidan ve pigment olarak kullanılarak bir ekonomik fayda sağlayabilmektedir [41].

## **2.7. Aktif Karbon Kullanılarak Yapılan Atıksu Arıtılabilirlik Çalışmaları**

Aktif karbon, büyük kristal formu ve oldukça geniş iç gözenek yapısına sahip karbonlu adsorbanlar için kullanılan genel bir terimdir. Aktif karbonlar, insan sağlığına zararsız, kullanışlı ürünler olup, oldukça yüksek bir gözenekliliğe ve iç yüzey alanına sahiptirler. Aktif karbonlar, çözültideki molekül ve iyonları gözenekleri vasıtasıyla iç yüzeylerine doğru çekebilirler ve bu yüzden adsorban olarak adlandırılırlar.

Günümüzde kullanılan adsorbanların en önemlisi, yüksek gözenekliliğe sahip aktif karbonlardır. Ticari olarak aktif karbonlar, odun, turba, linyit, kömür, mangal kömürü, kemik, Hindistan cevizi kabuğu, fındık kabuğu ve yağ ürünlerinden elde edilen karbonların çeşitli işlemlerden geçirilerek aktive edilmesiyle elde edilirler.

Aktif karbonlar toz halinde, granül ve pellet halindeki aktif karbonlar olmak üzere üçe ayrılırlar. Toz halindeki aktif karbonlar(PAC) karbonun kimyasal aktivasyonu sonucu elde edilirken, granüle haldeki aktif karbonlar(GAC) gaz aktivasyonu sonucu elde edilir.

### **•GAC (Granüler Aktif Karbon)**

0,2-5 mm aralığındaki boyutlardaki düzensiz şekillerdeki partiküllerdir. Sıvı ve gaz fazı uygulamalarında kullanılır.

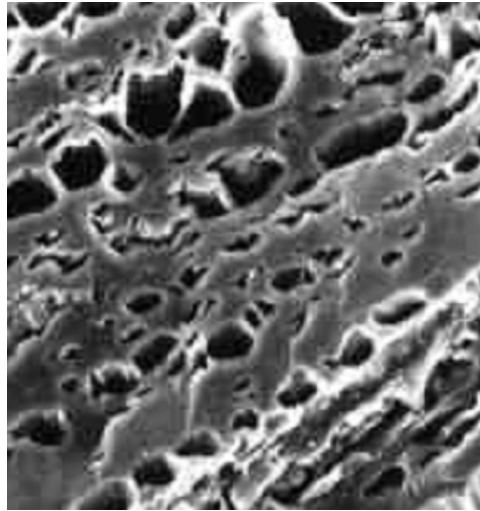
- PAC (Toz Aktif Karbon)

Baskın olarak 0.18 mm 'den küçük boyutlardaki öğütülmüş karbonlardır. Başlıca sıvı faz uygulamalarda ve baca gazı arıtımında kullanılır.

- Pellet AC (Pellet Aktif Karbon)

Basınçla sıkıştırılmış ve 0.8-5 mm çapında silindirik yapıdadır. Düşük basınç sağlamasından, yüksek mekanik dayanıklılığında ve düşük toz içeriğinden dolayı başlıca gaz fazı uygulamalarında kullanılır [48].

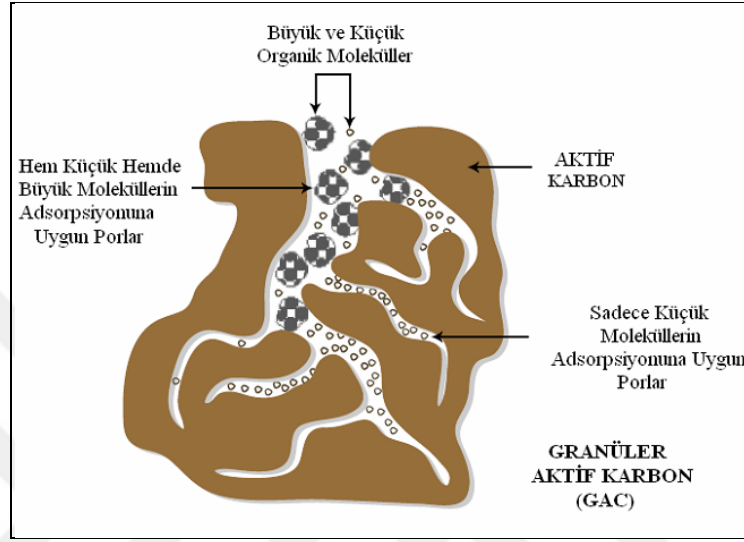
Atıksu arıtma işlemlerinde oldukça iyi sonuçlar verdiği tespit edilen granüle ve toz halindeki aktif karbonlar renk, tat, koku giderici oldukları gibi organik ve inorganik maddelerin uzaklaştırılmasında da mükemmel sonuçlar vermektedir.Şekil 2.17' de aktif karbonun gözenek yapısı gösterilmektedir. İdeal yapıdaki bir aktif karbonda gözenekler yaklaşık 0,2-1,0 cm<sup>3</sup>/g civarındayken, yüzey alanı da 400-1000 m<sup>2</sup>/g aralığındadır. Ayrıca özel amaçlı üretimlerde bu değerler aşılabilmektedir. Bununla birlikte gözenek boyutları 0,3 nanometreden başlayarak binlerce nanometre boyutuna kadar değişebilmektedir[48].



Şekil 2.17: Elektron mikroskobu ile aktif karbonun gözenek yapısı.

Aktif karbonun adsorban olarak tercih edilmesinin başlıca nedenleri olarak, belirli maddeleri çekebilmesi için çekici bir yüzeye sahip olması ve fazla miktarda maddeyi tutabilmesi için geniş bir yüzeye sahip olması sayılabilir.

Adsorpsiyon için gözenek yapısı, toplam iç yüzeyden daha önemli bir parametredir. Gözeneklerin büyüklükleri, uzaklaştırılacak olan kirliliklerin tanecik çaplarına uygun olmalıdır çünkü karbon ve adsorplanan moleküller arasındaki çekim kuvveti, molekül büyüklüğü gözeneklere yakın olan moleküller arasında daha büyüktür. Şekil 2.18’de granüler aktif karbonun gözenek yapısı görülmektedir.



Şekil 2.18:Granüler aktif karbonun gözenek yapısı.

Literatürde atıksu arıtımında membran uygulamalarında entegre olarak aktif karbon kullanımı birçok yerde karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca sintine atıksuyu arıtımında aktif karbon kullanımı uygulamalarına rastlanılmamakla birlikte sintine atıksuyu ile ilgi olmayan ancak yağ/su karışımlarının aktif karbon ile arıtımının araştırıldığı sınırlı sayıda çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Zhou ve ark. Emülsiyon halindeki yağlı atıksuyu arıtma çalışmalarında modifiye reçine ve aktif karbonlu bir hibrit sistem kullanmışlardır. Cetyltrimethly-amonyum bromür ile modifiye edilmiş polistren reçinesi(R-CTAB) sentezlenmiş ve yağ giderim performansı GAC ve polipropilen granül ile karşılaştırılmıştır. Çalışma koşulları etkisiyle birlikte yağlı atıksu arıtma performansı için önemli iki ölçüt olan, volumetrik akış debisi ve yağlı atıksu konsantrasyonu etkileri araştırılmıştır. Araştırmalar sonucu R-CTAB ve GAC hibrit sistem uygulamalarının yağlı atıksudan yağ ayırımında oldukça başarılı olduğu ve arıtım sonunda süzütünün yağ içeriğinin % 90 azaldığı tespit edilmiştir [42].

Bu tezde de bazı membranlarla toz ve granüle aktif karbon kullanılarak arıtım performansı değişimi incelenmiştir.

## 3. MATERYAL VE METOT

### 3.1.Sintine Atıksuyunun Karakterizasyon Çalışması

Bu çalışmada, Çanakkale limanında bulunan bir gemiden alınan sintine atıksuları kullanılmıştır. Geminin sintine bölümünde toplanan çeşitli yağ muhtevası içeren bu bölümde bekleyen atıksu herhangi bir ön işlem uygulanmadan temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ham sintine atıksuyu Standart Metotlar'da(Standard Methods 2005) belirtilen yöntemler kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1:Ham sintine atıksuyuna ait karakterizasyon.

Parametre	Birim	Değer
pH	-	6,24
KOİ	mg/L	1720
İletkenlik	mS/cm	34

Sadece Şekil 3.1'deki görüntüsünden ve ağır kokusundan bile artırılması zor atıksulardan olduğu anlaşılan ham sintine atıksuyunun Tablo 3.1'deki yüksek KOİ ve İletkenlik değerleri de bunu doğrular niteliktedir.



Şekil 3.1: Ham sintine atıksuyu.

## **3.2. Sintine Atıksuyunun Arıtılabilirlik Çalışması**

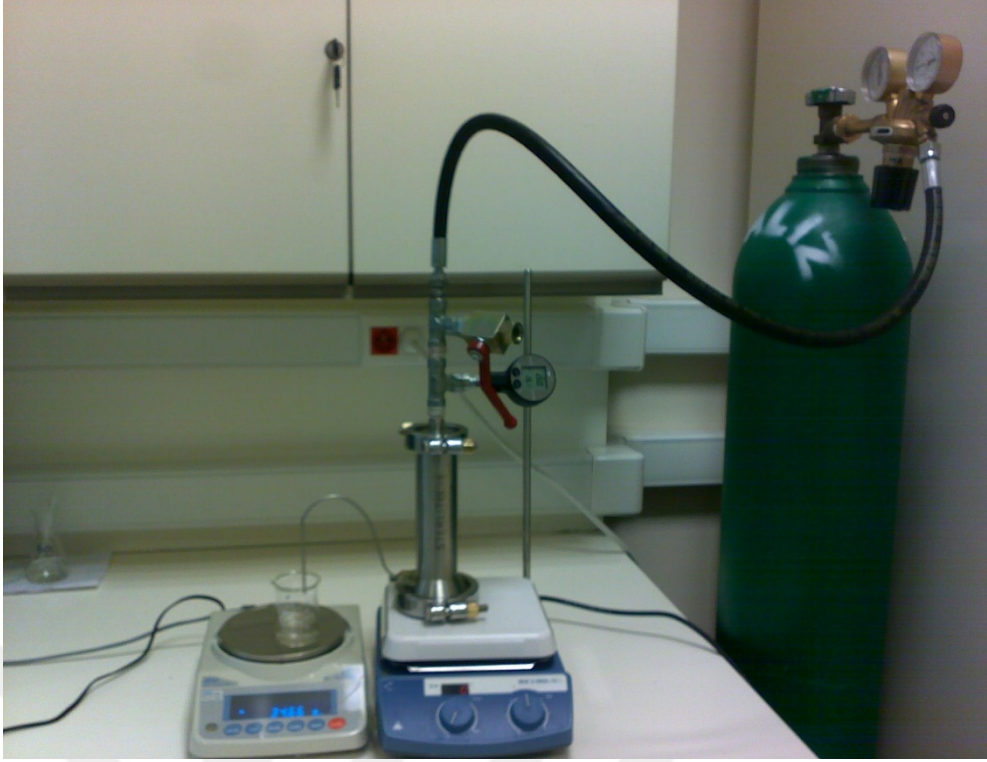
Bu tez kapsamında, sintine atıksuyunun laboratuvar şartlarında bir kısım ön arıtım işlemlerinden(santrifüj, havalandırma vb.) sonra çeşitli membranlar kullanılarak dead-end (sonlu) filtrasyon sistemiyle arıtılabilirliği incelenmiştir. Ayrıca toz ve granüle aktif karbonun membran proseslerle arıtılabilirlik çalışmasındaki etkisine de bakılmıştır.

### **3.2.1. Membran Prosesler ile Arıtılabilirlik Çalışmaları**

Yapılan çalışmalarda sintine atıksuyu önce ön işlemsiz daha sonra santrifüj ve havalandırma gibi çeşitli ön işlemler ile birlikte birtakım membranlar(UC005, UP010, UC030, NF270, NF90 membranları) kullanılarak sonlu membranfiltrasyon sisteminde sintine atıksularının arıtım performansları incelenmiştir. Bununla birlikte prosese farklı miktarlarda toz ve granüle aktif karbon ilave edilerek arıtılabilirlik de incelenmiştir.

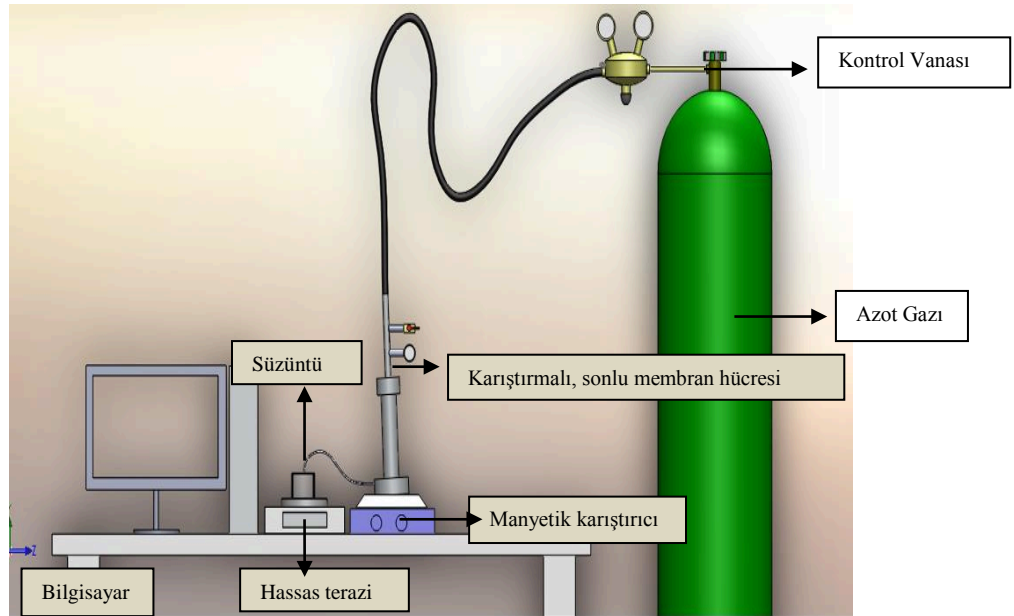
### **3.2.2. Laboratuvar Ölçekli Sonlu Membran Filtrasyon Sistemi**

Sintine atıksuyunun membran filtrasyonu ile arıtılabilirliği çalışmalarının ilk aşaması laboratuvar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemi deney düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu aşama için Sterlitech Marka HP4750 karıştırılmalı hücreli sonlu membran filtrasyon sistemi kullanılmıştır. Bu bölümde kullanılan sonlu membran filtrasyon sistemi Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Filtrasyon sisteminde basınç azot gazı ile sağlanmıştır. Bununla birlikte hassas terazi kullanılarak birer dakika arayla akı takip edilmiştir. Hücre bir karıştırıcı üzerine oturtularak membran üzerinde bir çapraz akış hızı elde edilmiştir. Sistem içerisindeki basınç bir dijital manometreyle(0-60 bar) ayarlanmıştır. Birtahliye vanası kullanılarak filtrasyon sonucunda sistemdeki basınç düşürülmüştür.



Şekil 3.2: Laboratuvar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemi.

Laboratuvar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemi deney düzeneğine ait akım şeması Şekil 3.3 'de verilmiştir.



Şekil 3.3: Laboratuvar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemi akım şeması.



Laboratuar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemi deney düzeneğine ait teknik özellikler Tablo3.2’de verilmiştir.

Tablo3.2: Laboratuar ölçekli sonlu membran filtrasyon sistemine ait teknik özellikler.

<b>Parametre</b>	<b>Teknik Özellik</b>
Membran Boyutu	49mm çaplı
Aktif Membran Alanı	14,6 cm <sup>2</sup>
Hacmi	300 mL
Maksimum Basınç	60 bar
Maksimum Sıcaklık	55 barda 121 °C
pH Aralığı	Kullanılan membran tipine bağlı
Malzeme	316L Paslanmaz Çelik
Hücre Çapı	5,1 cm
Hücre Boyu	22,4 cm

### **3.3. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Kimyasallar ve Cihazlar**

Deneysel çalışmalar sırasında kullanılan cihazlar sırasıyla Tablo3.3’de verilmiştir.

Tablo3.3: Deneysel çalışmalarda kullanılan cihazlar.

<b>Cihaz Adı</b>	<b>Markası</b>
pH metre ve İletkenlik Ölçümü	Mettler Toledo
Manyetik Karıştırıcı	Heidolph MR3003
Hassas Terazî	Shimadzu UX-6200H
Termoreaktör	Eco 16 Velp Scientifica

### 3.4. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Membranların Genel Özellikleri

Deneysel çalışmalar sırasında kullanılan membranlar ultrafiltrasyon(UF) ve nanofiltrasyon(NF)membranları Microdyn-Nadir ve Dow-Filmtec'den temin edilmiştir. Temin edilen düz tabaka tip nanofiltrasyon ve ultrafiltrasyon membranlarına ait teknik özellikler Tablo3.4'de verilmiştir. Ayrıca ilgili tabloda membranların Moleküler Ağırlık Kesme Değerleri (MWCO – cut off) verilmiştir. NF membranlarınınMWCO değerleri tam olarak bilinmemekle beraber 200-400 Dalton(Da)arası olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte NF270'in NF 90'dan daha büyük gözeneklere sahip oluşu onun daha büyük MWCO değerine sahip olmasında beraberinde getirir.

Tablo3.4: Ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon membranlarına ait teknik özellikler.

Membran Adı	Membran Tipi	MWCO (Cut-off) (Da)	Maks. İşletme Basıncı (bar)	Maks. İşletme Sıcaklığı (°C)	İşletme pH Aralığı
NF270	Poliamid	200-400	41	45	2-11
NF90	Poliamid	200-400	41	45	2-11
UC005	RC(Selüloz)	5000	20	55	1-11
UC030	RC(Selüloz)	30000	20	55	1-11
UP010	PES (Polyethersülfon)	10000	20	95	0-14

### 3.5. Analitik Ölçümler

Tez çalışması kapsamında ölçümleri yapılmış parametreler ve kullanılan metotlar aşağıda özetlenmiştir.

#### - Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Numunenin şiddetli asit koşullarında, kuvvetli bir oksitleyici olan  $K_2Cr_2O_7$  ile  $150^\circ C$ 'de termoreaktörde (Eco 16 Velp Scientifica) ısıtılarak oksitlenmesini sağlayan iki saatlik ısıtma sonunda tüketilmeden kalan oksitleyicinin miktarının standart indirgen madde çözeltisi olarak demir amonyum sülfat ile volumetrik yoldan saptanması temeline dayanarak titrimetrik metot kullanılarak (Standart Metot 5520) elde edilmiştir [49]. Ayrıca KOİ analizi kapalı reflux metoduna göre yapılmıştır.

#### - pH

Elektrometrik metoda göre (Standard Metot 4500– $H^+$ ) Mettler Toledo marka pH metre ile ölçülmüştür [49].

#### - İletkenlik

İletkenlik Mettler Toledo marka iletkenlik ölçer ile ölçülmüştür [49].

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada sintine atıksuyu önce ön işlemsiz daha sonra santrifüj ve havalandırma ön işlemleri ile birlikte çeşitli membranlar kullanılarak sonlu membranfiltrasyon sistemi ile sintine atıksularının arıtım performansları incelenmiştir. Bununla birlikte bazı membranlarla toz ve granüle aktif karbon kullanılarak arıtım performansı değişimine de bakılmıştır.

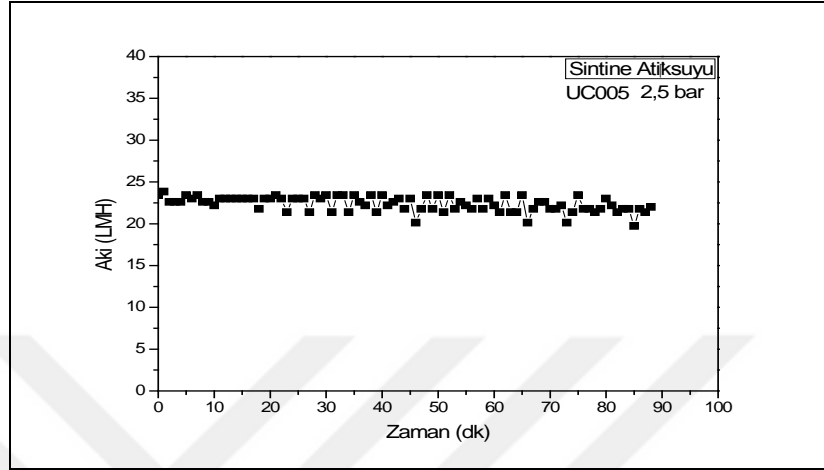
### 4.1. Membran Prosesler ile Arıtılabilirlik Çalışmaları Deneyleri

Sintine atıksuyunun arıtılabilirliği çalışmalarında optimum membran prosesler ile arıtılabilirlik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Membran prosesler ile arıtılabilirlik çalışmaları üç aşamadan oluşmaktadır. Bu kapsamda; ilk aşamada sintine atıksuyu ilk olarak hiçbir ön işlem yapılmadan UF ve NF membranlarından (UC005, UP010, UC030, NF270, NF90) membranfiltrasyon sistemi ile geçirildi ve performanslarına bakıldı. Daha sonra ikinci aşamada kaba filtre ve havalandırma ön işlemleri ile birlikte çeşitli membranlar kullanılarak membranfiltrasyon sistemi ile sintine atıksularının arıtım performansları incelenmiştir. Üçüncü son aşamada ise UC005 ve UC030 membranları seçilerek toz ve granüle aktif karbon kullanılarak arıtım performansı değişimine bakılmıştır. Membran prosesler ile arıtılabilirlik çalışmaları deneyleri Bölüm 3.2.1.1’de anlatıldığı şekilde sonlu membranfiltrasyon sistemiyle gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kullanılan membranların özellikleri de 3.4’de verilmiştir. Ham sintine atıksuyuna ait parametreler ise Şekil 3.1’de verilmiştir. Bu değerler aynı zamanda giriş parametreleri olarak kullanılmıştır. Prosesin sonunda da KOİ, pH, iletkenlik ve akı parametreleri ölçülmüştür.

#### 4.1.1. Birinci Aşama Membran Filtrasyon Çalışmaları

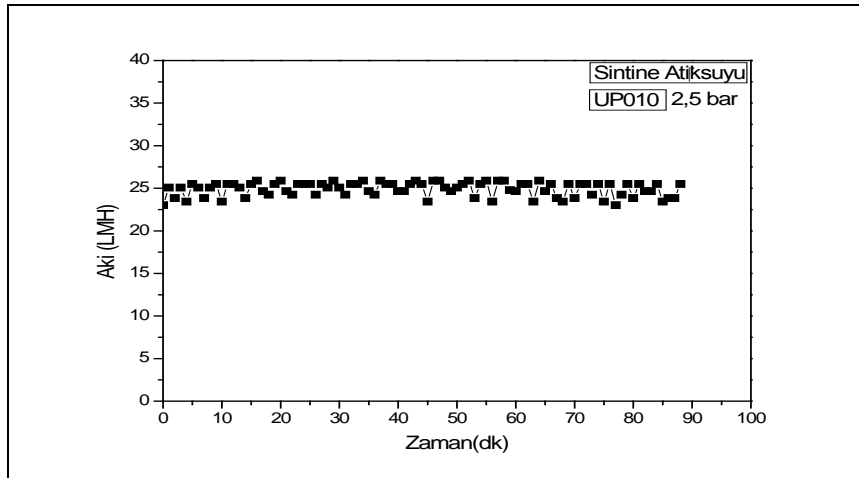
Birinci aşama membran filtrasyon çalışmaları sonlu membran filtrasyon sisteminde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle iletkenliği 34 mS/cm ve pH’ı 6.241 olan 200 ml ham numune 2,5 barda UC005 membranıyla sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 1,5 saat geçirildi. 50 ml süzüntü toplandı. Bu süreçte akı

parametresinin şekil 4.1' deki gibi 23 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinde sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC005 membranı için 1720 mg/L'den 1370 mg/L'ye düşürülerek %20,3 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değerinde herhangi bir değişim ölçülmemiştir.



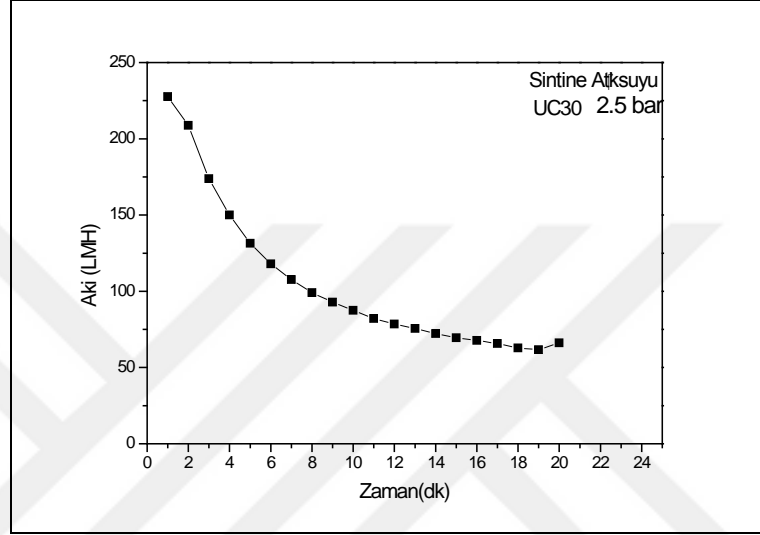
Şekil 4.1: İşlem görmemiş ham numune UC 005 akı-zaman grafiği.

100ml ham numune UP010 membranıyla 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 1,5 saat geçirildi. 60 ml süzüntü toplandı. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.2' de görüldüğü gibi 25 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinde sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UP010 membranı için 1720 mg/L'den 1540 mg/L'ye düşürülerek %10,5 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değerinde herhangi bir değişim ölçülmemiştir.



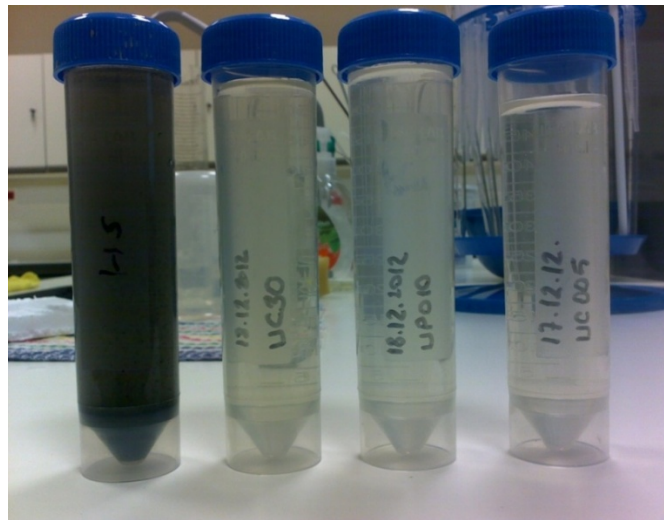
Şekil 4.2: İşlem görmemiş ham numune UP 010 akı-zaman grafiği.

100ml ham numune 2,5 barda UC030 membranıyla sonlu membranfiltrasyon prosesinden yaklaşık 30 dakika geçirildi. 60 ml süzüntü toplandı. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.3' de görüldüğü gibi 225L/m<sup>2</sup>H'dan başlayarak 60 L/m<sup>2</sup>H seviyelerine kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC30 membranı için 1720 mg/L' den 1658mg/L'ye düşürülerek % 4 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değerinde herhangi bir değişim ölçülmemiştir.



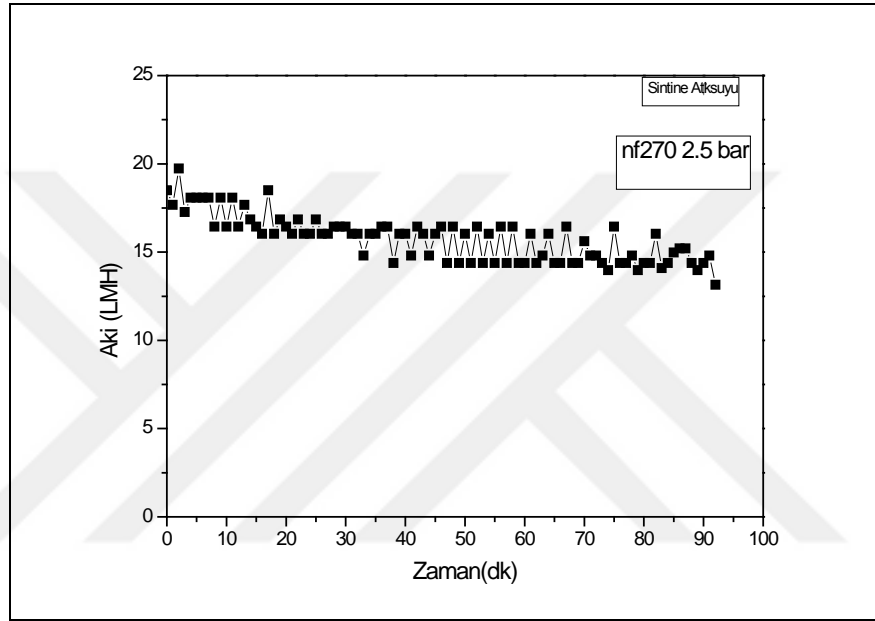
Şekil 4.3: İşlem görmemiş ham numune UC 030 akı-zaman grafiği.

Bu kısma kadarki UF membran deneylerinin süzüntü fotoğrafları, şekil 4.4' de gösterilmekte olup, en berrak olanın en sık gözenekli UC 005 membranına ait olduğu görülmektedir.



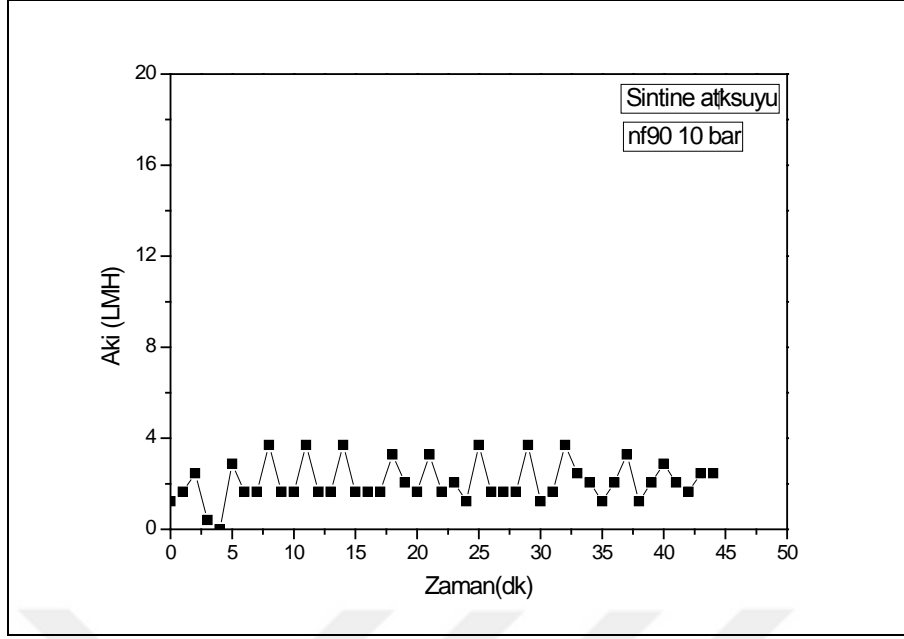
Şekil 4.4: Sol baştan sırasıyla ham numune ile UC 030, UP 010, UC 005 süzüntüleri.

100ml ham numune Nf270 membraniyla 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 2,5 saat geçirildi. 43 ml süzüntü toplandı. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.5'te görüldüğü gibi genellikle 15L/m<sup>2</sup>H seviyelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri Nf270 membranı için 1720 mg/L'den 1468mg/L'ye düşürülerek % 14,7 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değeri 34 mS/cm'den 33,4'e düşürülerek %1,8 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.

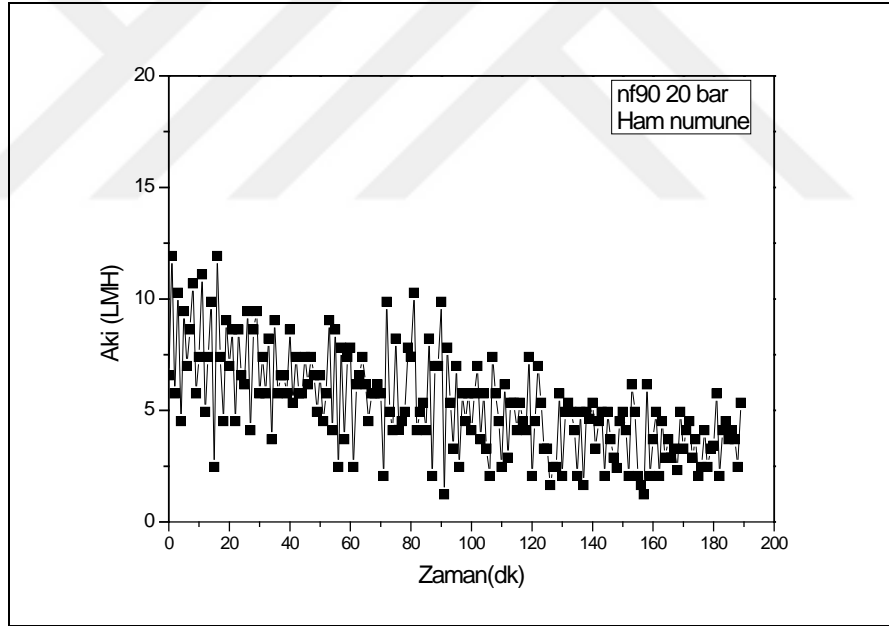


Şekil 4.5: İşlem görmemiş ham numune Nf 270 akı-zaman grafiği.

100ml ham numune 10 barda Nf90 membraniylasonlu membranfiltrasyon prosesinden yaklaşık 1 saat geçirildi. Ertesi sabah 20 barda 6saat daha deneye devam edildi. Toplamda 45 ml süzüntü elde edildi. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.6'da görüldüğü gibi 10 barda 2 L/m<sup>2</sup>H'dan daha az olması sebebi ile deneye 20 bar ile devam edilmiş burada ise akı şekil 4.7' de görüldüğü üzere 5 L/m<sup>2</sup>H civarlarında seyretmiştir. Ayrıca KOİ değeri Nf90 membranı için 1720 mg/L'den 6 saat sonunda 260mg/L'ye düşürülerek % 84.9 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değeri 34 mS/cm'den 13.03'e düşürülerek %61.7 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.6: İşlem görmemiş ham numune Nf 90 (10 bar) akı-zaman grafiği.



Şekil 4.7: İşlem görmemiş ham numune Nf 90(20 bar) akı-zaman grafiği.

Şekil 4.8' de işlem görmemiş numune ile yapılan tüm birinci aşama deneylerin sonucunda çıkan süzüntülerin fotoğrafı gösterilmekte olup en berrak olanın Nf 90 membranına ait olduğu gözle ayırt edilebilmektedir.





Şekil 4.8: Sol baştan sırasıyla ham numune ile UC 030, UP 010, UC 005, Nf 270, Nf 90 süzüntüleri.

Tablo 4.1: Sulara deşarj edilebilecek atık parametreleri.

<b>KOİ</b>	170 mg/L
<b>AKM</b>	200 mg/L
<b>pH</b>	5-9

İlk aşamanın sonunda elde ettiğimiz KOİ değerleri ve Su Ürünleri Yönetmeliğine göre sulara deşarj edilebilecek atıklar tablo 4.1'de görülmekte olup KOİ değerleri karşılaştırıldığında işlem görmemiş numune ile UF ve NF membranları ile sonlu membran filtrasyon arıtım çalışması sonucu deşarj standartlarının sağlanamadığı gözlemlenmektedir. Bununla birlikte yönetmelikteki tabloda pH değeri 5-9 arasında olması gerektiği belirtilmekte ve çıkış sularımızın bu değerler arasında olduğu gözlemlenmektedir. Tablo 4.1'e göre deşarj edilebilecek atıksu KOİ'si 170 mg/L olmalıyken 1720mg/L KOİ'ye sahip olan ham sintine atıksuyunun % 90.1 KOİ giderim verimi sağlanarak su kaynaklarına boşaltımı mümkündür. Deney sonuçlarından da görüldüğü gibi UF'ye göre daha hassas bir filtrasyon prosesi olan NF90 membranı ile sintine atıksuyu herhangi bir ön işlem olmadan KOİ değeri tablo 4.2' de görüldüğü gibi 1720'den 260'a düşürülerek deşarj

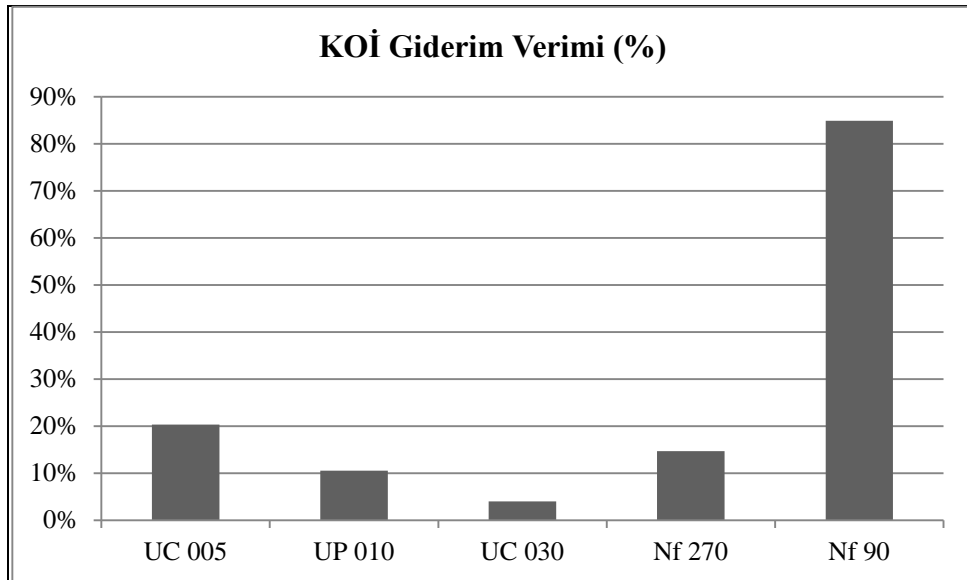
standardı sağlanamasa da bu standarda en yakın sonuç alınmıştır. Membranlara ait KOİ giderim verimleri ise tablo 4.3 ve şekil 4.9' da gösterilmiştir.

Tablo 4.2: İşlem görmemiş numunenin sonlu membran filtrasyon işlemi analiz sonuçları.

	<b>KOİ(mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>iletkenlik(mS/cm)</b>
<b>Ham Numune</b>	1720	7,72	34
<b>UC005</b>	1370	7,28	34
<b>UP010</b>	1540	7,25	34
<b>UC030</b>	1658	6,24	34
<b>Nf 270</b>	1468	7,69	33,4
<b>Nf90</b>	260	7,3	13,03

Tablo 4.3: İşlem görmemiş numunenin sonlu membran filtrasyon işleminden sonra KOİ giderim verimleri.

<b>Membran</b>	<b>KOİ Giderim Verimi (%)</b>
UC 005	20,3
UP 010	10,5
UC 030	4
Nf 270	14,7
Nf 90	84,9



Şekil 4.9: Kullanılan membranların KOİ giderim verimleri karşılaştırması.

#### 4.1.2. İkinci Aşama Membran Filtrasyon Çalışmaları

İkinci aşama membran filtrasyon çalışmalarında kaba filtre ve havalandırma ön işlemleri ile birlikte çeşitli membranlar kullanılarak sonlu membranfiltrasyon sistemi ile sintine atıksularının arıtım performansları incelenmiştir.

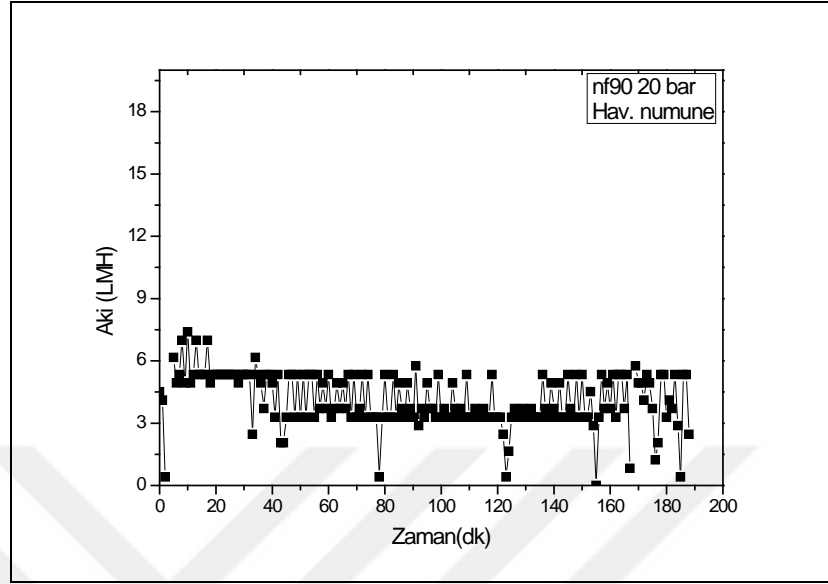
Bu aşamadan itibaren ham numune kaba filtre kağıdıyla süzöldükten sonra on sekiz saat havalandırılıp deneylere devam edilmiştir. Havalandırılmış numunenin KOİ değeri 1500 mg/L olarak ölçölmüştür. Ham numune ile ham numunenin havalandırma öncesi ve sonrası görüntöleri şekil 4.10' da karşılaştırılarak gösterilmiştir.



Şekil 4.10:Ham numune ile ham numunenin havalandırma öncesi ve sonrası görüntöleri.

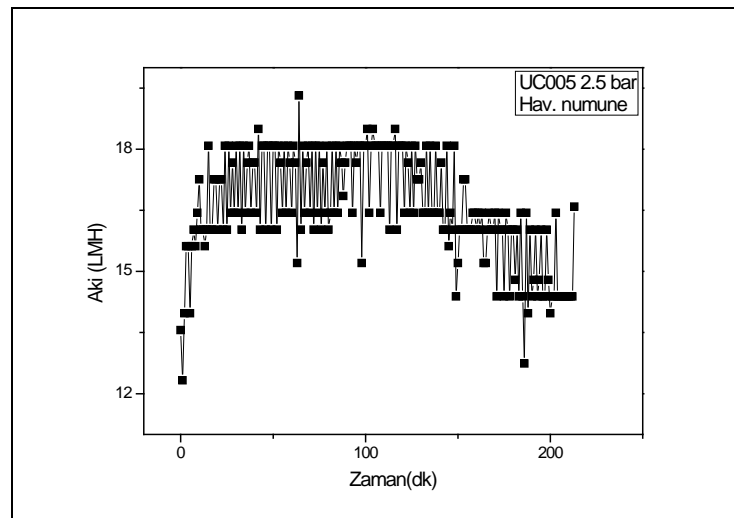
100 ml havalandırılmış numune Nf90 membranıyla sonlu membranfiltrasyon prosesinden 20 bar basınçta yaklaşık üç saat geçirildi. 25 ml süzöntü toplandı. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.11' de göröldüğü gibi 3 L/m<sup>2</sup>H civarlarında seyretmiştir. Ayrıca KOİ değeri Nf90 membranı için 1500 mg/L'den 3 saat sonunda 150,4 mg/L'ye düşürölerek % 90 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla

birlikte iletkenlik değeri 34 mS/cm'den 11,54'e düşürülerek % 66 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.



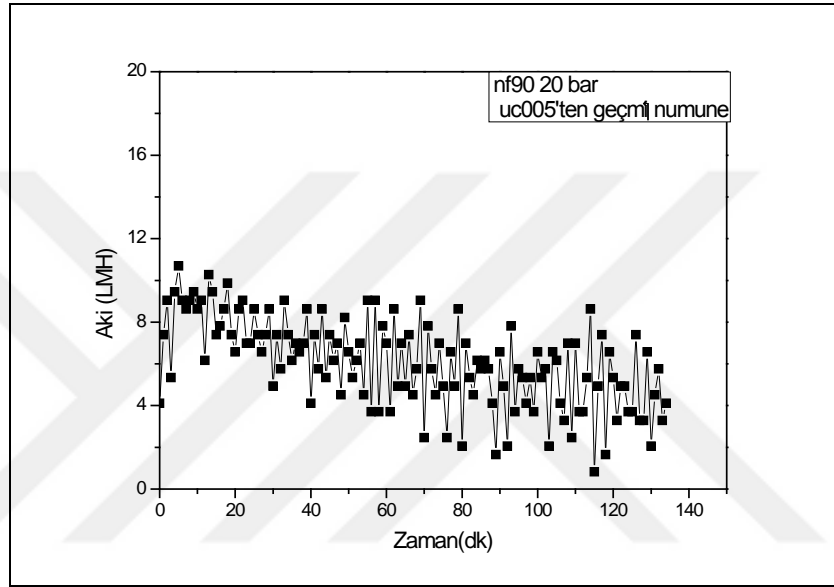
Şekil 4.11:Havalandırılmış numune Nf 90 akı-zaman grafiği.

200ml havalandırılmış numune UC005 membranıyla 2,5 barda sonlu membranfiltrasyon prosesinden yaklaşık 180 dakika geçirildi. 85 ml süzüntü toplandı.Bu süreçte akı parametresi şekil 4.12' de görüldüğü gibi 18 L/m<sup>2</sup>H ve altında seyretmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC005membranı için 1500 mg/L'den 1250 mg/L'ye düşürülerek % 16,6 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



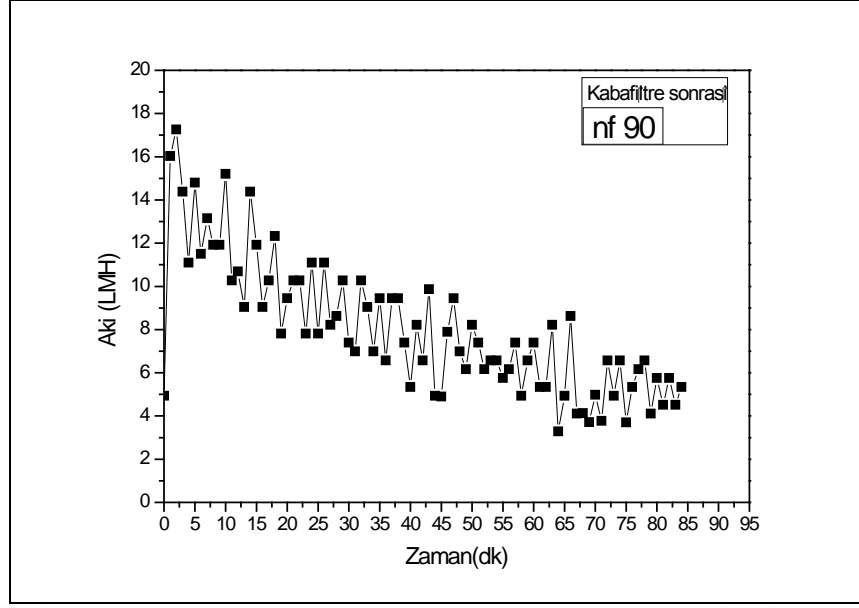
Şekil 4.12: Havalandırılmış numune UC 005 akı-zaman grafiği.

Daha sonra UC 005 'den geçirilmiş süzüntü Nf90 membranı ile 20 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. 20 ml süzüntü toplandı. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.13' de görüldüğü üzere 6 L/m<sup>2</sup>H civarında seyretmiştir. Ayrıca KOİ değeri Nf90 membranı için 1250 mg/L'den 180 mg/L'ye düşürülerek %85,6 toplam da ise % 88 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.. Bununla birlikte iletkenlik değeri 34 mS/cm'den 5,3'e düşürülerek % 84 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.

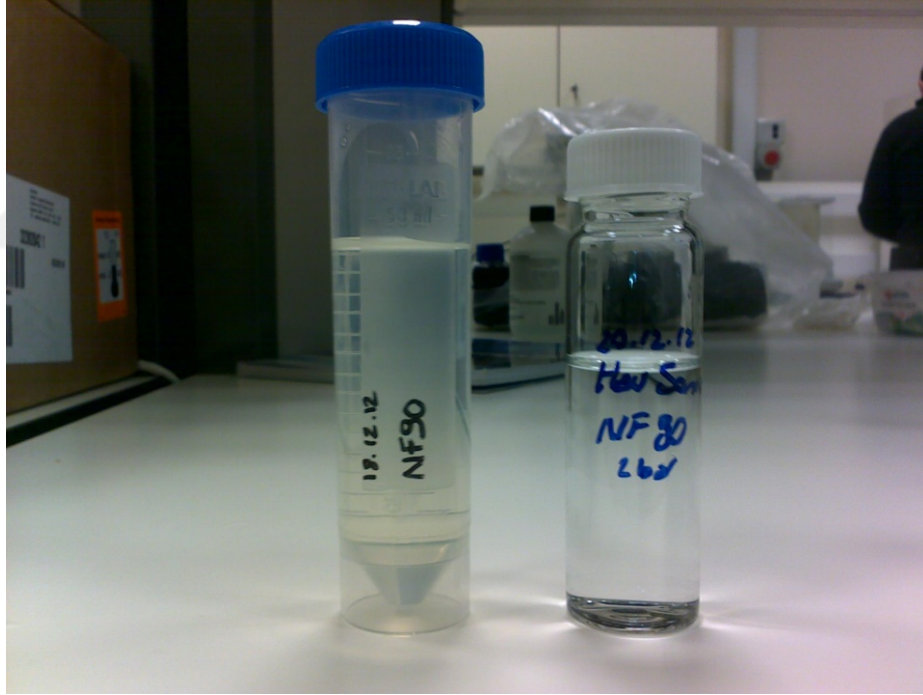


Şekil 4.13: UC 005 süzüntüsü Nf90 akı-zaman grafiği.

100ml ham numune kaba filtreden geçirildikten sonra Nf90 membranıyla sonlu membran filtrasyon prosesinden yaklaşık 90 dakika geçirildi. 15 ml süzüntü toplandı. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.14' de görüldüğü 16 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinden 5 L/m<sup>2</sup>H civarlarına kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri Nf90 membranı için 1720 mg/L'den 154 mg/L'ye düşürülerek %91 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Şekil 4.15' de ise kaba filtreden geçirilmiş numunenin deney sonrası görüntüleri verilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değeri 34 mS/cm'den 9,85'e düşürülerek % 71 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.



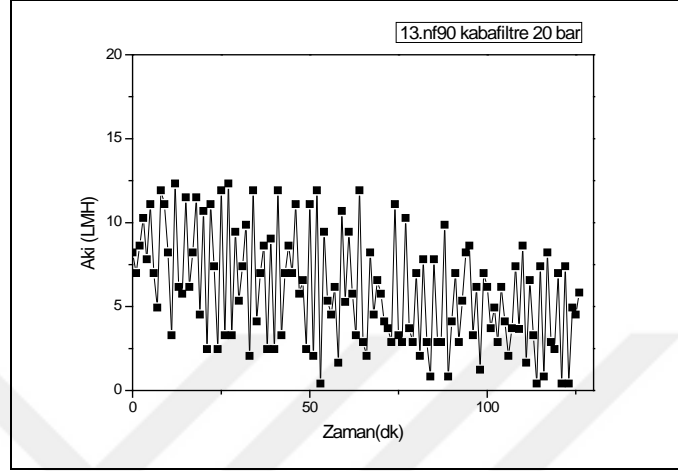
Şekil 4.14:Kaba filtre sonrası Nf 90 akı-zaman grafiği.



Şekil 4.15:Kaba filtreden geçirilmiş numune Nf 90 ile havalandırılmış numune Nf 90 görüntüsü.

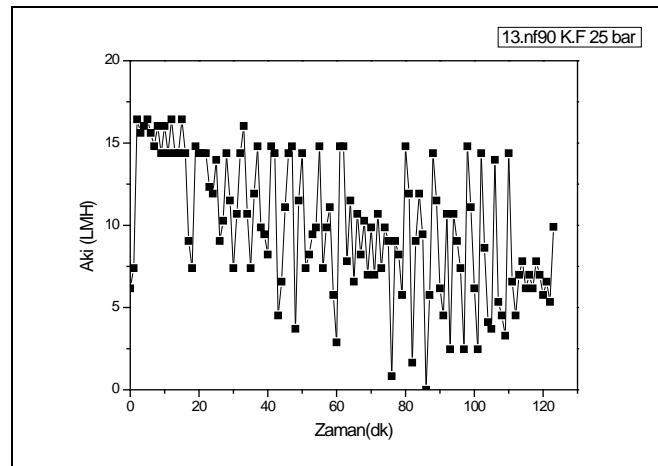
Daha sonra bu aşamada Nf90 membranı ile farklı basınçlarda (20,25 ve 30) çalışmalar gerçekleştirilerek optimum çalışma basıncı tayin edilmiştir. 100ml ham numune kaba filtreden geçirildikten sonra Nf90 membranıyla sonlu membranfiltrasyon prosesinden 20 barda yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.16' da da görüldüğü üzere 12,5 L/m<sup>2</sup>H seviyesinden aşağıda

olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri Nf90 membranı için 1720 mg/L'den 156 mg/L'ye düşürülerek %90,9 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değeri 34 mS/cm'den 6,1'e düşürülerek % 82 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.



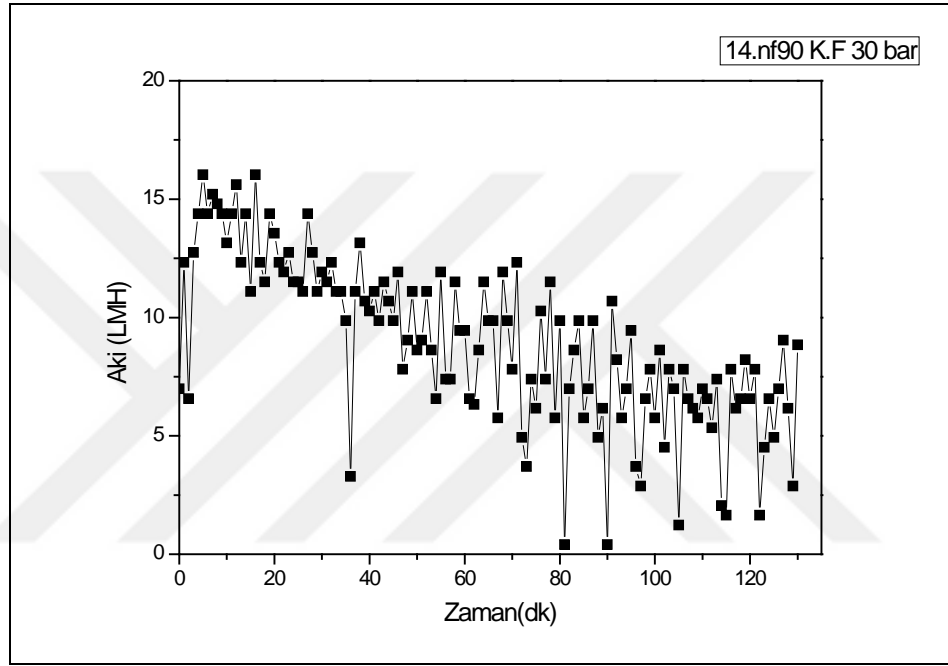
Şekil 4.16: Nf 90 (20 bar) akı-zaman grafiği.

100ml ham numune kaba filtreden geçirildikten sonra Nf90 membranıyla sonlu membran filtrasyon prosesinden 25 barda yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.17' de görüldüğü üzere 17,5 L/m<sup>2</sup>H seviyesinden aşağıda seyretmiştir. Ayrıca KOİ değeri Nf90 membranı için 1720 mg/L'den 58.8 mg/L'ye düşürülerek %96,6 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değeri 34 mS/cm'den 5,1'e düşürülerek % 85 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.17: Nf 90 (25 bar) akı-zaman grafiği.

100ml ham numune kaba filtreden geçirildikten sonra Nf90 membranıyla sonlu membran filtrasyon prosesinden 30 barda yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.18' deki gibi 17,5 L/m<sup>2</sup>H seviyesinden aşağıda olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri Nf90 membranı için 1720 mg/L'den 47,2 mg/L'ye düşürülerek %97,2 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bununla birlikte iletkenlik değeri 34 mS/cm'den 4,2'ye düşürülerek % 87,6 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.18: Nf 90 (30 bar) akı-zaman grafiği.

Nf90 farklı basınç deneyleri nanofiltrasyon membranlarının uygulama basınçları 10-30 bar arasında olduğu için 20, 25, 30 barda gerçekleştirilmiştir. (10 barda akı 2 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinin altında seyretmiştir.) Belirtilen basınçlardaki analiz sonuçları tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: Nf 90 farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) analiz sonuçları

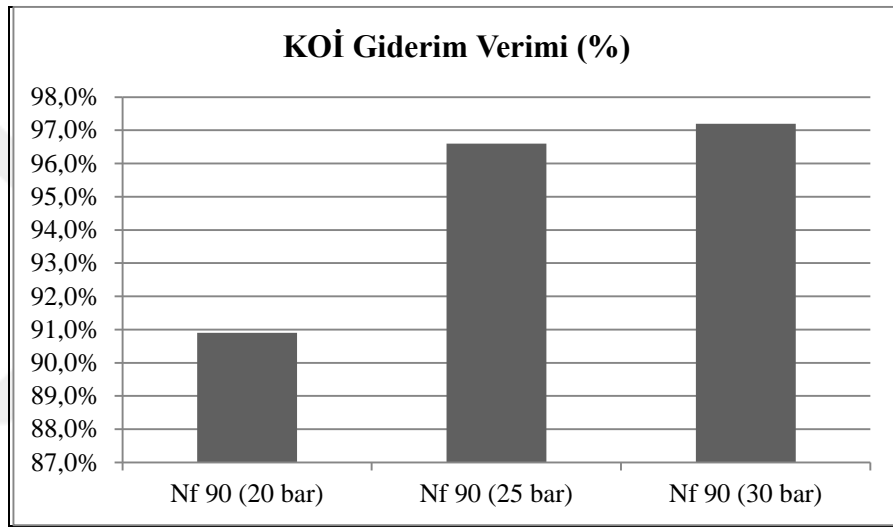
	<b>KOİ</b>	<b>Ph</b>	<b>İletkenlik(ms/cm)</b>
<b>nf90(20bar)</b>	156	7,03	6,1
<b>nf90(25 bar)</b>	58,8	7,36	5,1
<b>nf90(30 bar)</b>	47,2	7,22	4,2



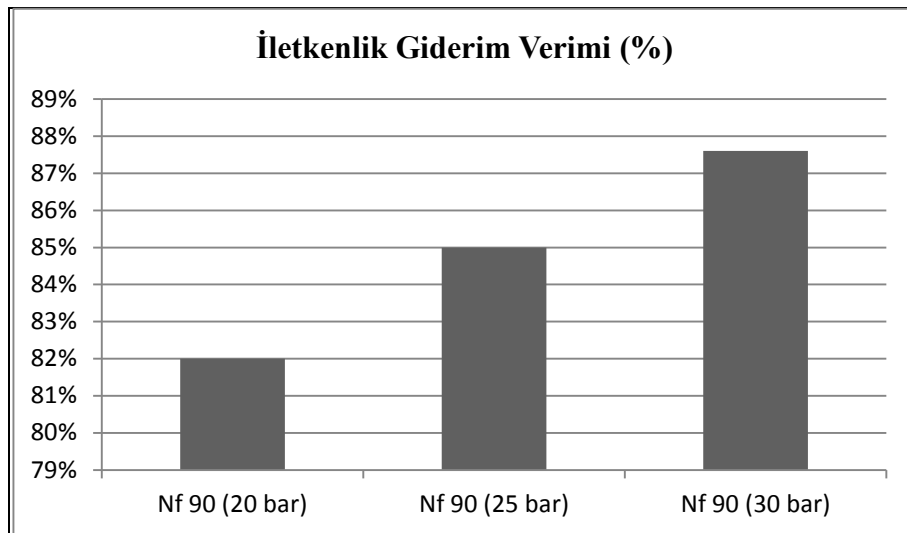
Giderim verimlerinin gösterildiği tablo 4.5, şekil 4.19 ve şekil 4.20' de de görüldüğü üzere basınç arttıkça KOİ ve iletkenlik giderim verimleri artmıştır. Akı-zaman grafiklerinden görüleceği gibi basınçla birlikte akı değeri de artmıştır.

Tablo 4.5: Nf 90 farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) KOİ ve İletkenlik giderim verimleri.

Membran	KOİ Giderim Verimi (%)	İletkenlik Giderim Verimi (%)
Nf 90 (20 bar)	90,9%	82%
Nf 90 (25 bar)	96,6%	85%
Nf 90 (30 bar)	97,2%	87,6%

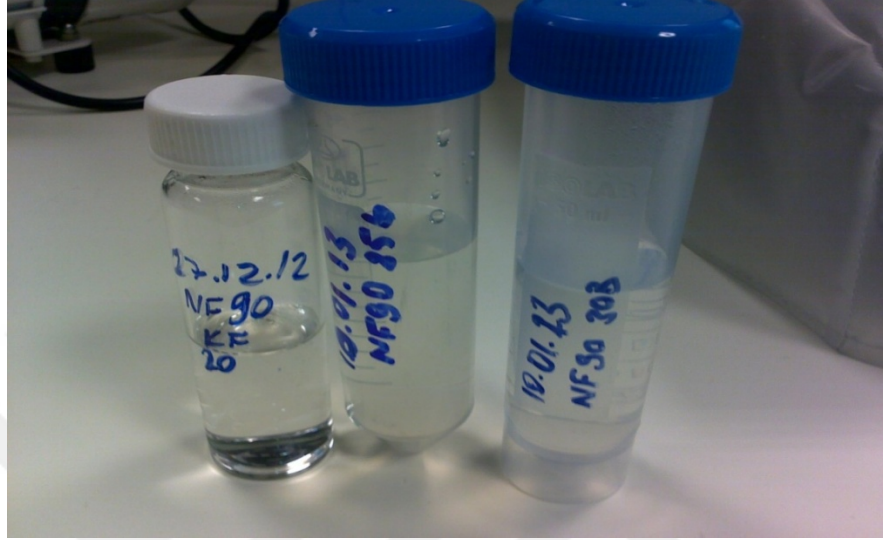


Şekil 4.19: Nf 90 farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) KOİ giderim grafiği.



Şekil 4.20: Nf 90 farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) İletkenlik giderim grafiği.

Sonuç olarak tablo 4.1' deki deşarj standartları ve işletme maliyetleri de göz önünde bulundurularak Nf90 membranı için optimum basınç 20 bar olarak tayin edilmiştir. Ayrıca Nf 90 membranı için farklı basınçlarda yapılan deneylerin süzöntü görüntüleri şekil 4.21' de verilmiştir.

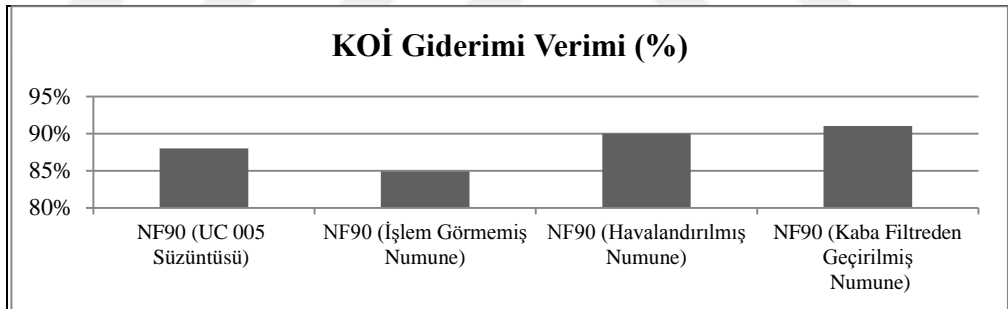


Şekil 4.21: Farklı basınçlardaki (20, 25 30 bar) Nf 90 süzöntüleri görünümü.

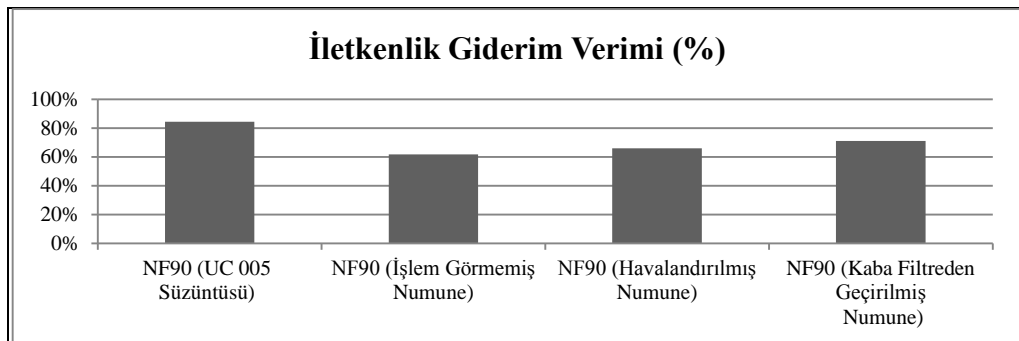
İkinci aşama sonunda çeşitli ön işlemlerden sonra Nf90 membranı ile sonlu membran filtrasyon sisteminde arıtım performansları incelenmiştir. Sonuç olarak tablo4.6 ile şekil 4.22 ve 4.23 ışığında, atıksuyun ön işlem olarak kaba filtre kağıdı ile süzülmesi başlangıç KOİ' ni etkilemese de bu değeri 1720'den 154 e düşürerek toplam %91 KOİ giderim verimi elde edilerek deşarj standardı sağlanmıştır. Ayrıca iletkenlik 34 mS/cm'den 9,85 mS/cm'ye düşürerek % 71 iletkenlik giderim verimi yakalanmıştır. Bunun yanı sıra havalandırılmış numune ile giriş KOİ'si 1720'den 1500 mg/L'ye düşürülmüş olup bunun üzerine %90 KOİ giderim verimi sağlanarak 150.4 mg/L değerine ulaşılmış ve bu değer deşarj standardını sağlamıştır. Bu nedenle havalandırma işleminden sonrakaba filtre kağıdından geçirilmesinin ön işlem olarak yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Bunlara ek olarak havalandırma sırasında Oksijen ile temas eden atıksu içerisindeki mikroorganizmalar gelişerek tüm organik madde ve kirlenici unsurları yok ederler. Bu işlem sonucunda atıksu içindeki organik maddeler biyolojik olarak ayrıştırılırlar. Havalandırma işlemi ile organik yük bakımından bir giderim elde edildiği için bir miktar KOİ giderimi sağlanmıştır. Ayrıca havalandırma sonucu oluşan atıksuyun içindeki uçucu gazların bertarafı için katalitik yakma sistemleri gibi yeni bir arıtım yapılması gerekmektedir.

Tablo 4.6: Birtakım ön işlemlerden geçirilmiş numunenin Nf 90 ve UC 005 analiz sonuçları

Deney Adı	Ph	Basınç (BAR)	İletkenlik (ms/cm)	İletkenlik Giderim Verimi(%)	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi(%)
Ham Atıksu (İşlem Görmemiş)	6,2	-	34	-	1720	-
Havalandırılmış Atıksu	7,4	-	34	-	1500	-
UC005 (Havalandırılmış Numune)	7,1	2,5	34	0	1250	16,6
NF90 (UC005 Süzütüsü)	7	20	5,3	84,4	180	88
NF90 (İşlem Görmemiş Numune)	7,3	20	13,03	61,7	260	84,9
NF90 (Havalandırılmış Numune)	7,3	20	11,54	66	150,4	90
NF 90 (Kaba Filtreden Geçirilmiş Numune)	7,1	20	9,85	71	154	91



Şekil 4.22: Birtakım ön işlemlerden geçirilmiş numunenin Nf 90 KOİ giderim verimleri.

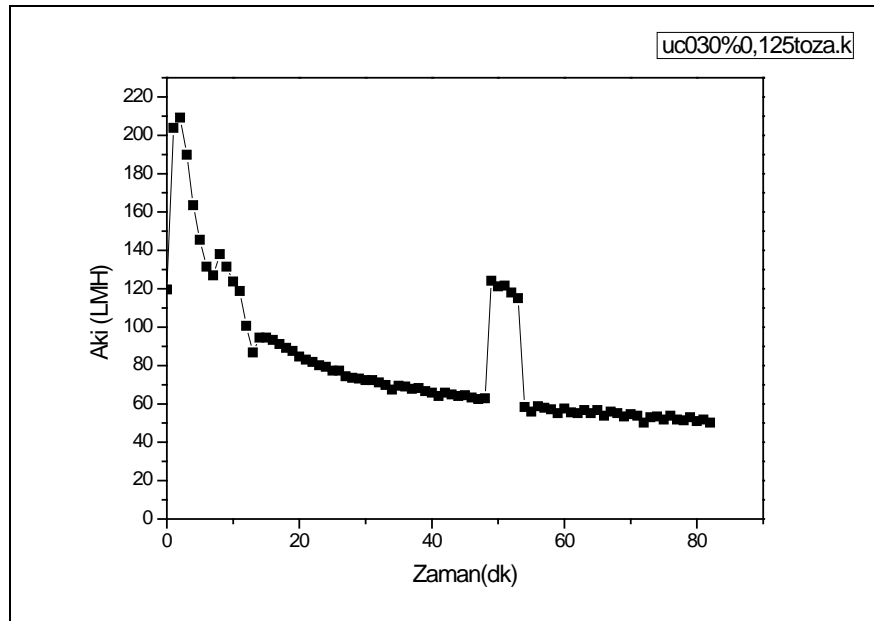


Şekil 4.23: Birtakım ön işlemlerden geçirilmiş numunenin Nf 90 İletkenlik giderim verimleri.

### 4.1.3. Üçüncü Aşama Membran Filtrasyon Çalışmaları

Deneylerin üçüncü ve son aşamasında UC005 ve UC030 membranlarının, sonlu membran filtrasyon sisteminde, toz ve granül aktif karbon kullanılarak arıtım performansı değişimine bakılmıştır. Çalışmalar 2,5 bar'da gerçekleştirilmiştir. Üçüncü aşamadaki deneyler iki basamaktan oluşmaktadır. İlk basamakta belirli yüzdelerde toz aktif karbon(%0,125, %0,25, %0,5) kullanılarak ultrafiltrasyon membranları ile sonlu membran filtrasyon sisteminde arıtım performanslarına bakılmıştır. İkinci basamakta ise aynı işlem granülür aktif karbon ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bütün bu deneyler ışığında optimum membran tipi, aktif karbon tipi ve miktarı belirlenmiştir.

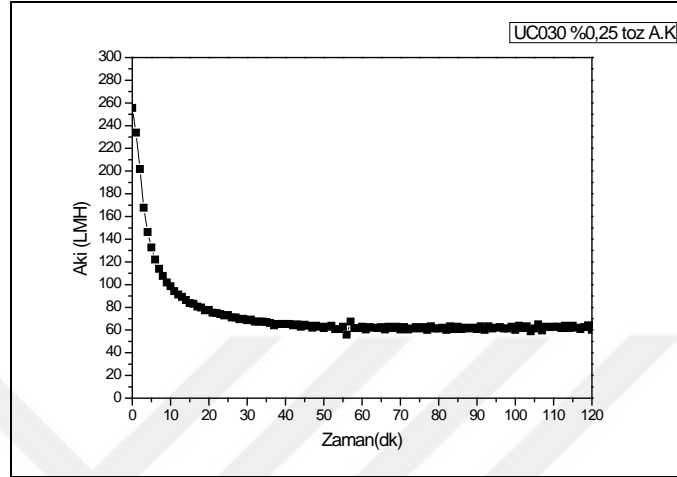
İlk olarak 100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,125 toz aktif karbon kullanılarak UC030membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon prosesinden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresinin, şekil 4.24'de görüldüğü gibi, 200 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinden hızla 70 L/m<sup>2</sup>H civarlarına düştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC030membranı için 1720 mg/L'den 1102 mg/L'ye düşürülerek %35,9 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.24: UC 030 (%0,125 TAK) akı-zaman grafiği.

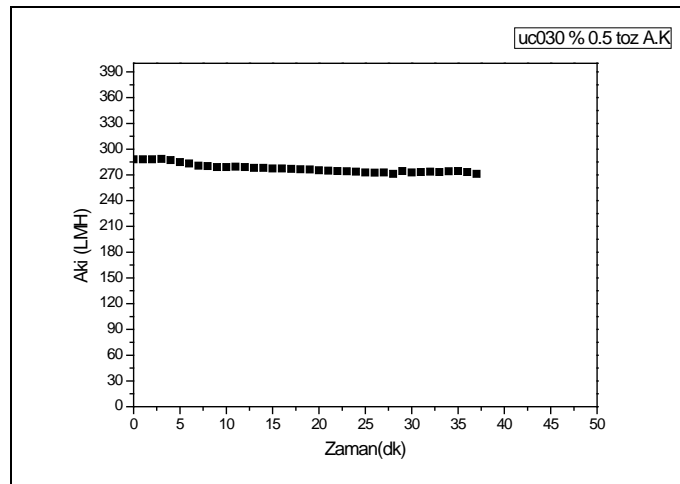
100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,25 toz aktif karbon kullanılarak UC030 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden

yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresinin, şekil 4.25' de görüldüğü üzere 260 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinden hızla 60 L/m<sup>2</sup>H civarlarına düştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC030membranı için 1720 mg/L'den 556 mg/L'ye düşürülerek %67,6 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.25: UC 030 (%0,25 TAK) akı-zaman grafiği.

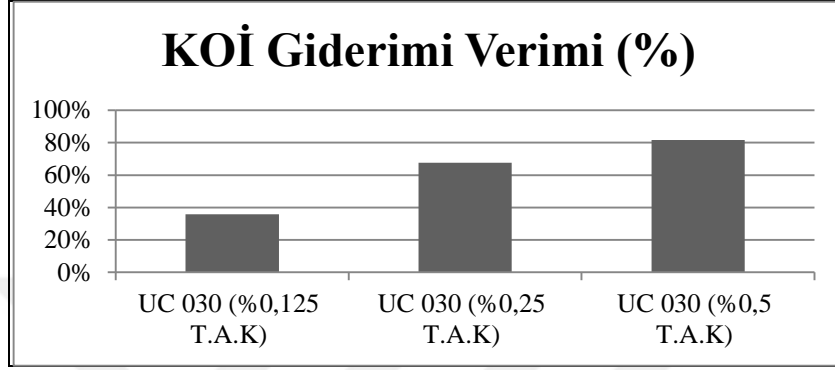
100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,5 toz aktif karbon kullanılarak UC030 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.26' daki gibi 280 L/m<sup>2</sup>H civarındaki sabitliği gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC030membranı için 1720'den 314 mg/L'ye düşürülerek %81,7 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.26: UC 030 (%0,5 TAK) akı-zaman grafiği.

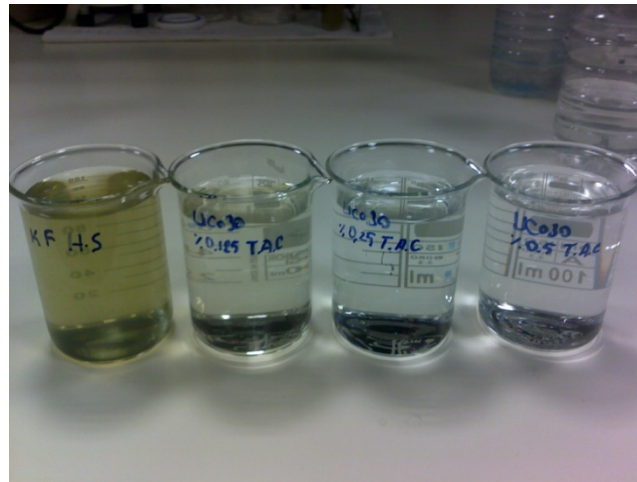
Tablo 4.7: UC 030 (%0,125 TAK, %0,25 TAK, %0,5 TAK) KOİ giderim verimi değerleri.

Membran	KOİ Giderimi Verimi (%)
UC 030 (%0,125 T.A.K)	35,9
UC 030 (%0,25 T.A.K)	67,6
UC 030 (%0,5 T.A.K)	81,7



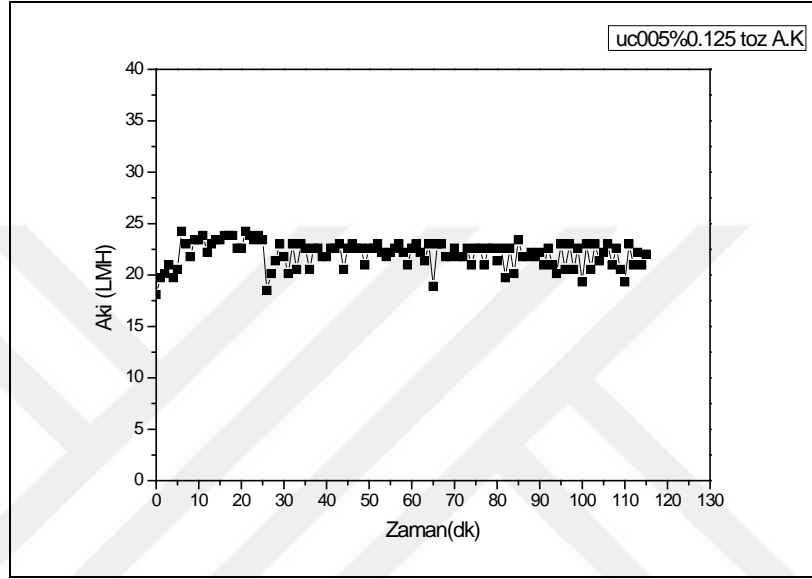
Şekil 4.27:UC 030 (%0,125 TAK, %0,25 TAK, %0,5 TAK) KOİ giderim verimi grafiği.

Tablo4.7 ve şekil 4.27' ye bakılarak, UC030 membranı için çeşitli yüzdelerde toz aktif karbon kullanımı sonucu artım performansları incelendiğinde, kullanılan toz aktif karbon yüzdesi arttıkça akının ve bununla birlikte KOİ giderim veriminin aynı oranda arttığı gözlemlenmiştir. %0,125, %0,25 ve %0,5 aktif karbon yüzdeleri ile sırasıyla %35,9, %67,6 ve %81,7 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.AyrıcaUC030 farklı yüzdelerde TAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri şekil 4.28'de verilmiştir.



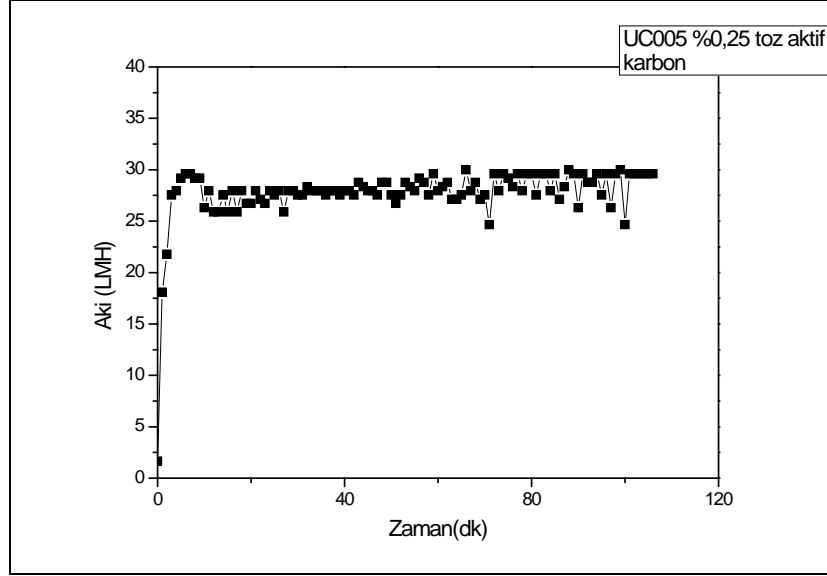
Şekil 4.28: UC 030 farklı yüzdelerde TAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri.

Bir sonraki çalışmada ise aynı işlemler UC005 membranı ile tekrarlanmıştır. 100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,125 toz aktif karbon kullanılarak UC005 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.29'deki gibi 22,5 L/m<sup>2</sup>H civarlarında sabit olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC005membranı için 1720 mg/L'den 952 mg/L'ye düşürülerek %44,6 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



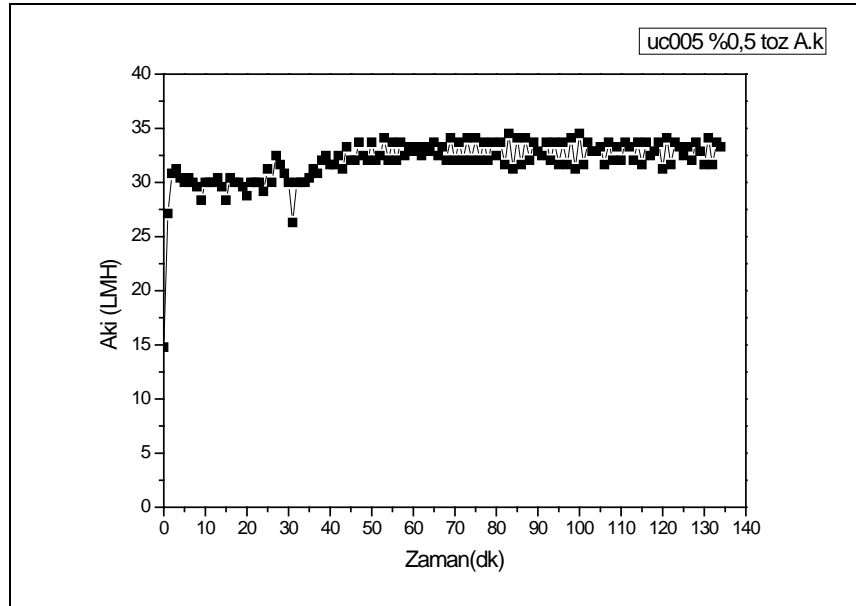
Şekil 4.29: UC 005 (%0,125 TAK) akı-zaman grafiği.

100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,25 toz aktif karbon kullanılarak UC005 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.30' daki gibi 27,5 L/m<sup>2</sup>H civarlarında sabit olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC005membranı için 1720 mg/L'den 316 mg/L'ye düşürülerek %81,6 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.30: UC 005 (%0,25 TAK) akı-zaman grafiği.

100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,5 toz aktif karbon kullanılarak UC005 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.31' deki gibi 32,5 L/m<sup>2</sup>H civarlarında sabit olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC005membranı için 1720 mg/L'den 167 mg/L'ye düşürülerek %90,2 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.

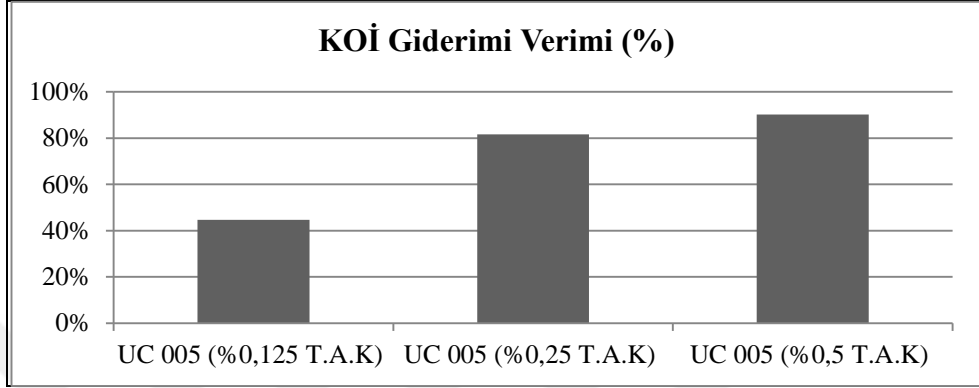


Şekil 4.31: UC 005 (%0,5 TAK) akı-zaman grafiği.



Tablo 4.8: UC 005 (%0,125 TAK, %0,25 TAK, %0,5 TAK) KOİ giderim verimi değerleri.

Membran	KOİ Giderimi Verimi (%)
UC 005 (%0,125 T.A.K)	44,6
UC 005 (%0,25 T.A.K)	81,6
UC 005 (%0,5 T.A.K)	90,2



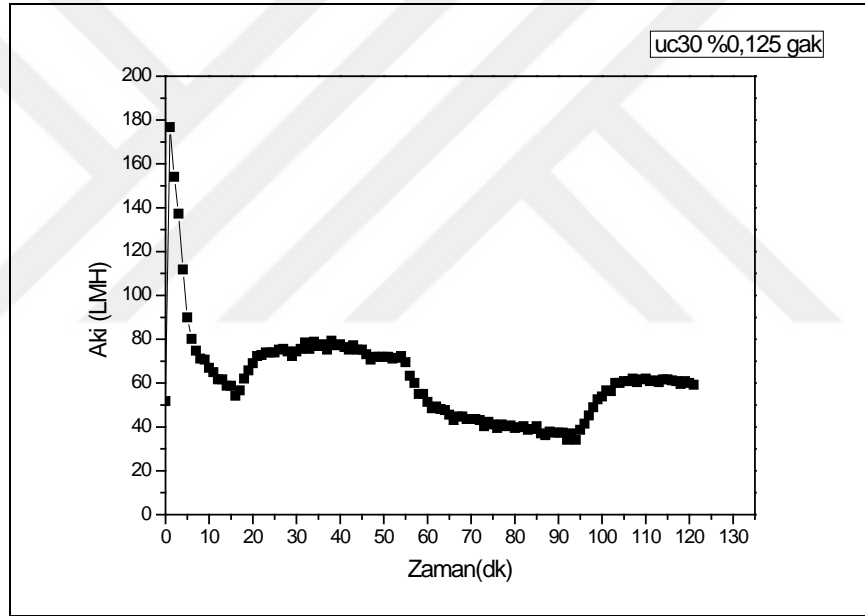
Şekil 4.32: UC 005 (%0,125 TAK, %0,25 TAK, %0,5 TAK) KOİ giderim verimi grafiği.

Tablo 4.8 ve şekil 4.32' ye bakılarak UC005 membranı için çeşitli yüzdelerde toz aktif karbon kullanımı sonucu arıtım performansları incelendiğinde, kullanılan toz aktif karbon yüzdesi arttıkça akının ve bununla birlikte KOİ giderim veriminin aynı oranda arttığı gözlemlenmiştir. %0,125, %0,25 ve %0,5 aktif karbon yüzdeleri ile sırasıyla %44,6, %81,6 ve %90,2 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Ayrıca UC005, TAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri şekil 4.33'de verilmiştir.



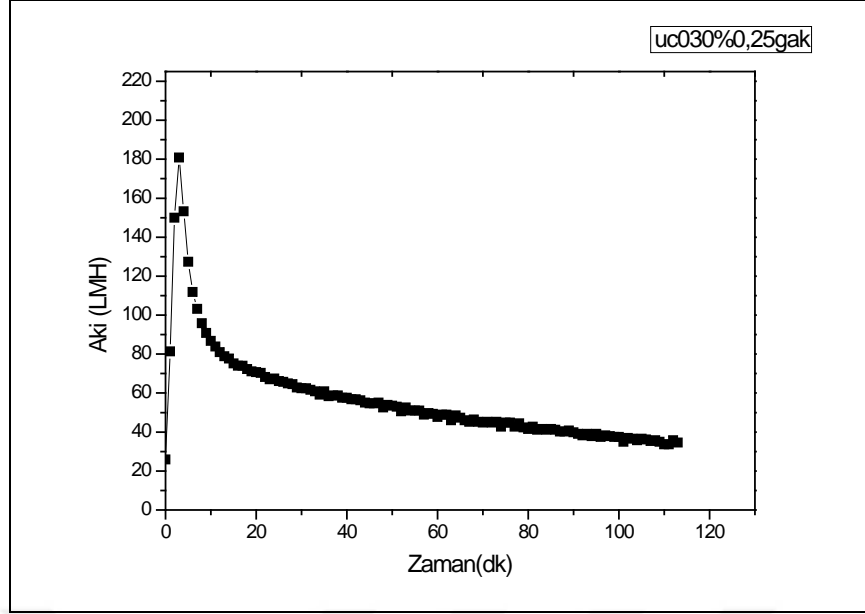
Şekil 4.33: UC 005 farklı yüzdelerde TAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri.

İkinci basamakta ilk basamaktaki deneyler toz aktif karbon yerine granülür aktif karbon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,125 granülür aktif karbon kullanılarak UC030 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.34' de görüleceği gibi 50 L/m<sup>2</sup>H civarlarında olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC 030 membranı için 1720 mg/L'den 1140 mg/L' ye düşürülerek %33,7 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Atıksudaki granülür aktif karbon yoğunluğu diğerlerine göre daha az olduğundan deney sırasında balık ile karıştırılan atıksuyun içindeki granülür aktif karbonların diğerlerine göre daha çok çarpışması sonucu akı grafiğinde bir dalgalanma gözlemlendiği düşünülmektedir.



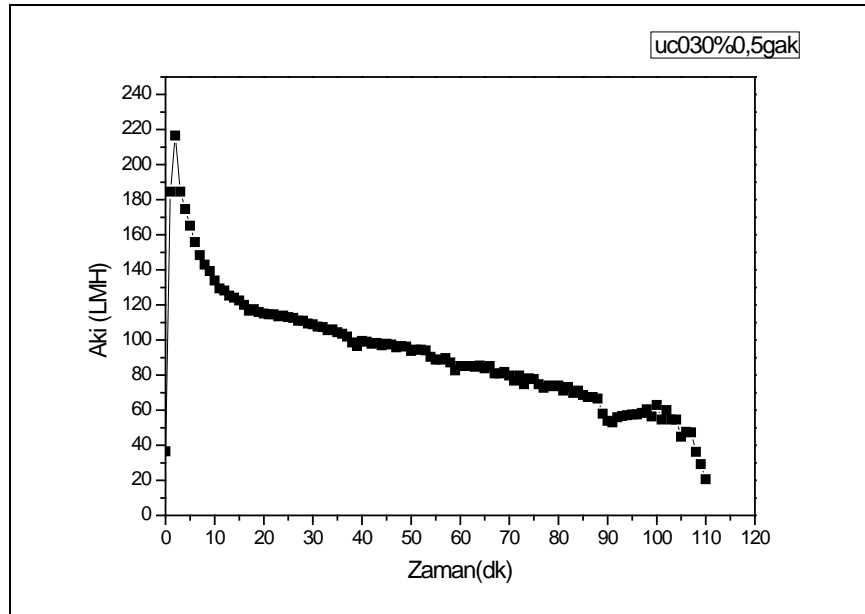
Şekil 4.34: UC 030 (%0,125 GAK) akı-zaman grafiği.

100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,25 granülür aktif karbon kullanılarak UC0030 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.35' deki gibi 180 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinden hızla 40 L/m<sup>2</sup>H civarlarına düştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC 030 membranı için 1720 mg/L' den 1118 mg/L' ye düşürülerek %35 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.35: UC 030 (%0,25 GAK) akı-zaman grafiği.

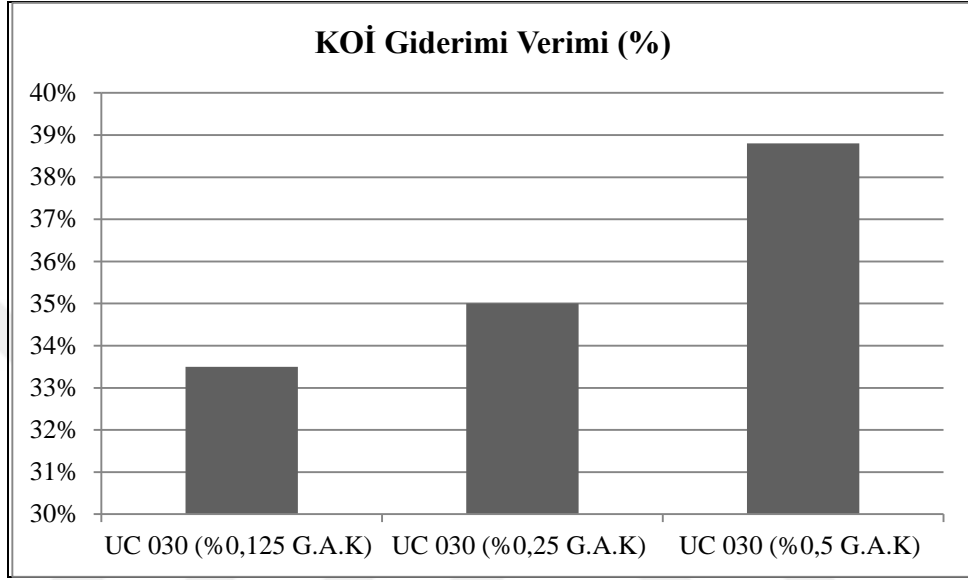
100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,5 granülür aktif karbon kullanılarak UC 030 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresinin şekil 4.36'da olduğu gibi 220 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinden 20 L/m<sup>2</sup>H civarlarına düştüğü gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC 030 membranı için 1720 mg/L' den 1052 mg/L' ye düşürülerek %38,8 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.36: UC 030 (%0,5 GAK) akı-zaman grafiği.

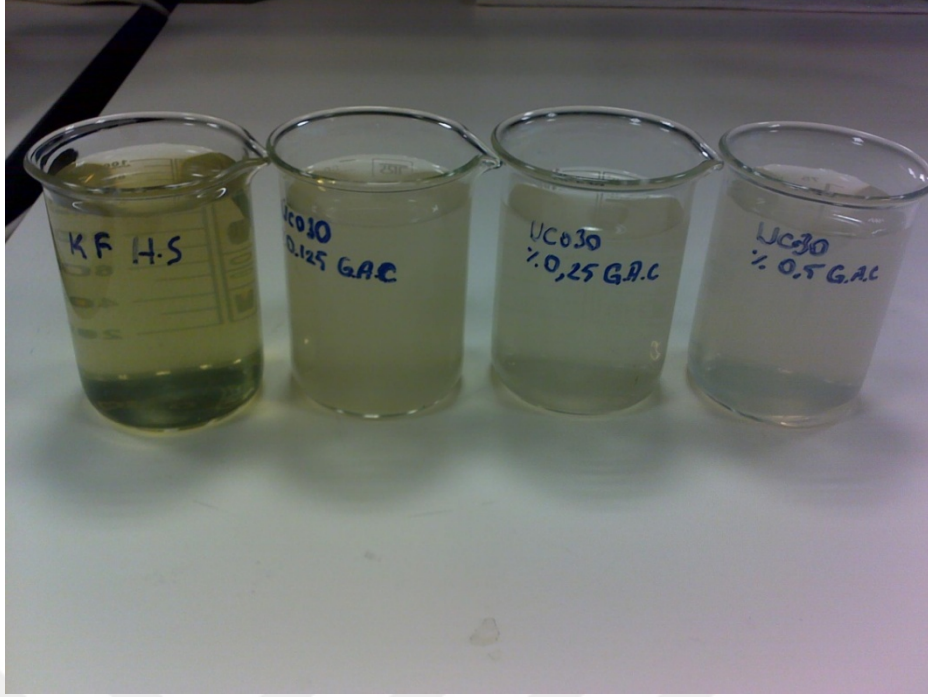
Tablo 4.9: UC 030 (%0,125 GAK, %0,25 GAK, %0,5 GAK) KOİ giderim verimi değerleri.

Membran	KOİ Giderimi Verimi (%)
UC 030 (%0,125 G.A.K)	33,5
UC 030 (%0,25 G.A.K)	35
UC 030 (%0,5 G.A.K)	38,8



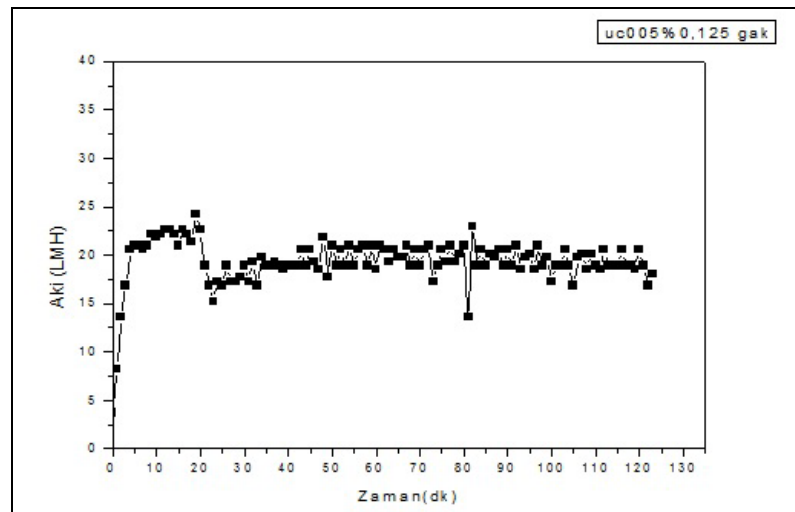
Şekil 4.37: UC 030 (%0,125 GAK, %0,25 GAK, %0,5 GAK) KOİ giderim verimi grafiği.

Tablo4.9 ve şekil 4.37' ya bakılarak UC030 membranı için çeşitli yüzdelerde granülür aktif karbon kullanımı sonucu arıtım performansları incelendiğinde, kullanılan granülür aktif karbon yüzdesi arttıkça KOİ giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir. %0,125, %0,25 ve %0,5 aktif karbon yüzdeleri ile sırasıyla %33,5, %35 ve %38,8 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Bu değerler UC030 membranı için toz aktif karbon KOİ giderim verimi değerleri ile karşılaştırıldığında granülür aktif karbon daha büyük tanecik ve daha küçük yüzey alanına sahip olduğu için daha az giderim sağlandığı gözlenmektedir. Bununla birlikte granülür aktif karbon toza göre daha sert ve daha uzun ömürlü olması nedeniyle işletim maliyeti daha düşüktür. Ayrıca UC030, GAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri şekil 4.38'de verilmiştir.



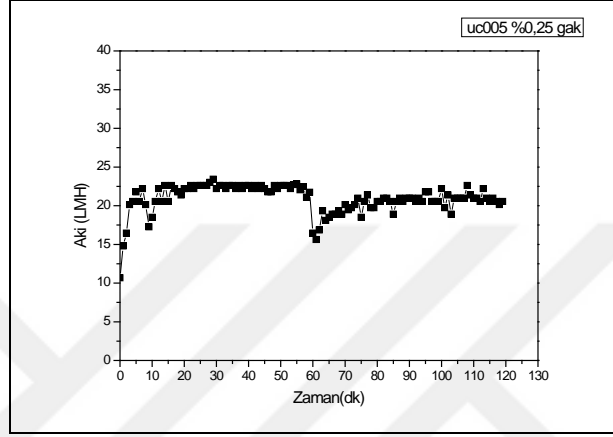
Şekil 4.38: UC 030 farklı yüzdelerde GAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri.

Bir sonraki çalışmada aynı işlemler UC005 membranı ile tekrarlanmıştır. 100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,125 granülür aktif karbon kullanılarak UC005 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu süreçte akı parametresi şekil 4.39' da görüleceği gibi ortalama 17,5 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinde gözlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC005membranı için 1720 mg/L' den 860 mg/L' ye düşürülerek %50 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



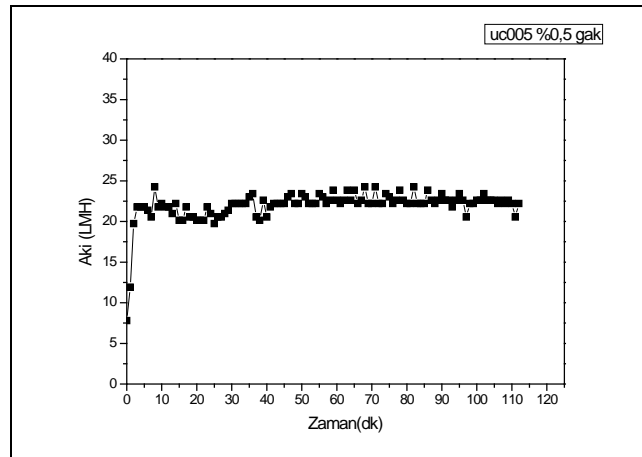
Şekil 4.39: UC 005 (%0,125 GAK) akı-zaman grafiği.

100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,25 granulr aktif karbon kullanılarak UC005 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu sfirete aki parametresi Şekil 4.40' da gdruleceği gibi ortalama 22,5 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinde gdzlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC005 membranı iwin 1720 mg/L' den 804mg/L' ye dduşrtilerek %53,2 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.40: UC 005 (%0,25 GAK) akı-zaman grafiği.

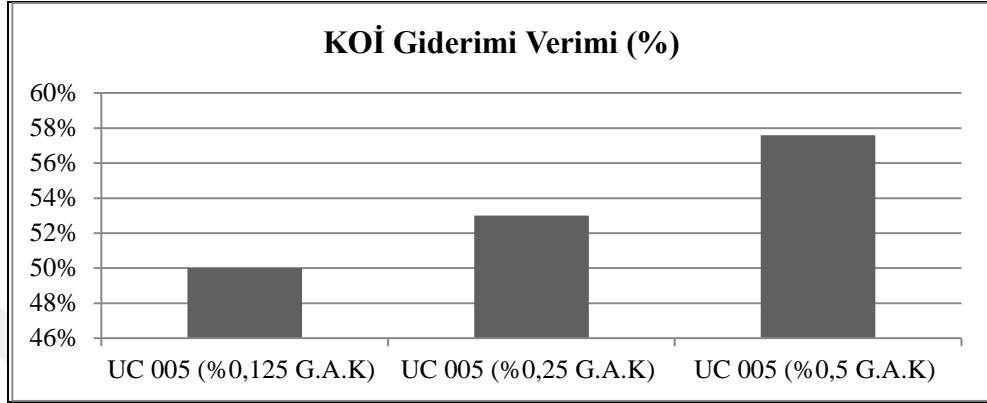
100 ml kaba filtreden geçirilmiş ham numune %0,5 granulr aktif karbon kullanılarak UC 005 membranı ile 2,5 barda sonlu membran filtrasyon sisteminden yaklaşık 120 dakika geçirildi. Bu sfirete aki parametresi Şekil 4.41'de gdruleceği gibi ortalama 22,5 L/m<sup>2</sup>H seviyelerinde gdzlemlenmiştir. Ayrıca KOİ değeri UC005 membranı iwin 1720' den 728 mg/L' ye dduşrtilerek %57,6 KOİ giderim verimi elde edilmiştir.



Şekil 4.41: UC 005 (%0,5 GAK) akı-zaman grafiği.

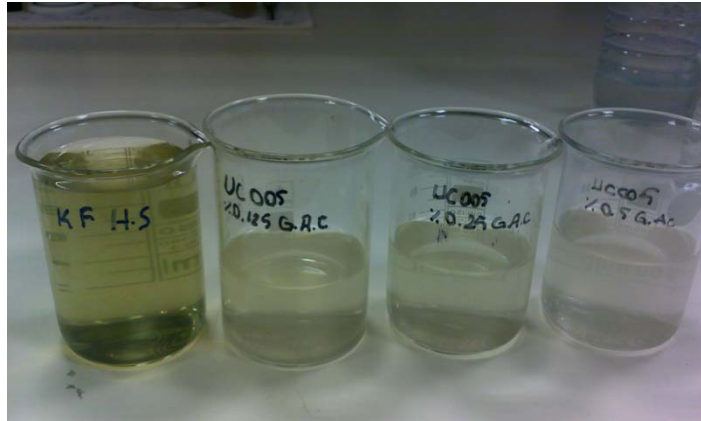
Tablo 4.10: UC 005 (%0,125 GAK, %0,25 GAK, %0,5 GAK) KOİ giderim verimi değerleri.

Membran	KOİ Giderimi Verimi (%)
UC 005 (%0,125 G.A.K)	50
UC 005 (%0,25 G.A.K)	53
UC 005 (%0,5 G.A.K)	57,6



Şekil 4.42: UC 005 (%0,125 GAK, %0,25 GAK, %0,5 GAK) KOİ giderim verimi grafiği.

Tablo 4.10 ve şekil 4.42' ye bakılarak UC005 membranı için çeşitli yüzdelerde granülür aktif karbon kullanımı sonucu arıtım performansları incelendiğinde, kullanılan granülür aktif karbon yüzdesi arttıkça akı ve KOİ giderim veriminin de arttığı gözlemlenmiştir. UC 005 membranında, %0,125, %0,25 ve %0,5 aktif karbon yüzdeleri ile sırasıyla %50, %53,2 ve %57,6 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Ayrıca UC030,GAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri şekil 4.43 'de verilirken yapılan deneyler sonucunda elde edilen değerler ise tablo 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.43: UC 005 farklı yüzdelerde GAK(%0,125, %0,25, %0,5) görüntüleri.

Tablo 4.11: Üçüncü aşama aktif karbon deneyleri analiz sonuçları.

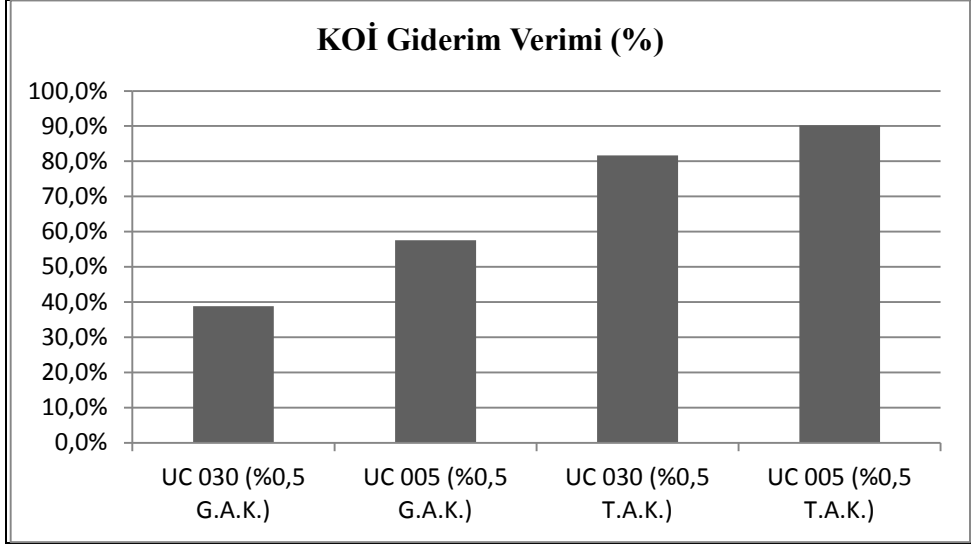
	<b>KOİ</b>	<b>pH</b>	<b>İletkenlik(ms/cm)</b>
<b>Ham numune(kaba filtre sonrası)</b>	1720	8,08	37
<b>UC030(%0.125 Toz A.K)</b>	1102	8,43	36
<b>UC030(%0.25 toz A.K)</b>	556	8,18	34
<b>UC030(%0,5Toz A.K)</b>	314	8,09	35,9
<b>UC005(%0.125 Toz A.K)</b>	952	8,44	35
<b>UC005(%0.25 Toz A.K)</b>	316	8,31	34,5
<b>UC005(%0.5 Toz A.K)</b>	167	8,18	35,2
<b>UC030(%0.125 G.A.K)</b>	1140	8,43	35,6
<b>UC0030(%0.25 G.A.K)</b>	1118	8,46	35,9
<b>UC0030(%0.5 G.A.K)</b>	1052	8,15	36,2
<b>UC005(%0.125 G A.K)</b>	860	8,37	34,6
<b>UC005(%0.25 G.A.K)</b>	804	8,45	34,7
<b>UC005(%0.5 G. A.K)</b>	728	8,34	34,7

Tablo 4.12 ve şekil 4.44' de toplu halde görülen değerler içerisinde, en son analizi yapılan UC 005 membranında granülür aktif karbon KOİ giderim verimlerinin (sırasıyla %50, %53,2 ve %57,6) , UC005 membranında toz aktif karbon KOİ giderim verimleri (sırasıyla %44,6, %81,6 ve %90,2) ile karşılaştırılmasında, granülür aktif karbonun daha büyük tanecikli yapısı ve daha küçük yüzey alanına sahip oluşu,onunnden daha az giderim sağladığının cevabı niteliğindedir. Diğer taraftan granülür aktif karbonun toza göre daha sert ve daha uzun ömürlü olması işletim maliyetinin düşüklüğünü beraberinde getirmektedir.

Tablo 4.12:Üçüncü aşama aktif karbon deneyleri KOİ giderim verimi değerleri.

<b>Membran</b>	<b>KOİ Giderim Verimi (%)</b>
UC 030 (%0,5 G.A.K.)	38,8%
UC 005 (%0,5 G.A.K.)	57,6%
UC 030 (%0,5 T.A.K.)	81,7%
UC 005 (%0,5 T.A.K.)	90,2%





Şekil 4.44: Üçüncü aşama aktif karbon deneyleri KOİ giderim verimleri grafiği.

Yapmış olduğumuz bütün granülür ve toz aktif karbon deneyleri göz önünde bulundurularak; sonlu membran filtrasyon sisteminde ultrafiltrasyon membranları ile sintine atıksu arıtım performanslarına bakıldığında, en iyi membran tipi daha sık yapıda olması ve daha çok KOİ giderimi sağlaması sebebiyle UC 005 olarak tayin edilmiştir. Daha küçük gözeneklere ve fazla yüzey alanına sahip olduğu için aktif karbon tipi olarak datoz aktif karbon seçilmiştir. Aynı ultrafiltrasyon membranlarında TAK yerine GAK kullanıldığında elde edilen süzüntü daha bulanıkken, TAK 'da ise renksiz ve berrak bir süzüntü elde edilmiştir. Şekil 4.45' de görülen TAK' ların, önceki şekillerde görülen GAK deney sonucu görüntülerine göre daha iyi olduğu gözle ayırt edilebilmektedir.



Şekil 4.45: Üçüncü aşama toz aktif karbon deneyleri sonuç görüntüleri.

Deneilerin son basamağında optimum aktif karbon miktarı belirlenmiştir. Aktif karbon yüzdesi KOİ giderim verimi ve akı ile doğru orantılı arttığı için aktif karbon yüzdesi %0,5 olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak üçüncü basamak aktif karbon deneyleri sonucunda sintine atıksuyu için sonlu membran filtrasyon sisteminde optimum membran UC 005 tayin edilip %0,5 oranında TAK ile en iyi KOİ giderim verimine(%90,2) ulaşılmıştır. Ayrıca tez çalışması boyunca yapılan bütün analiz sonuçları tablo 4.13'de verilmiştir.



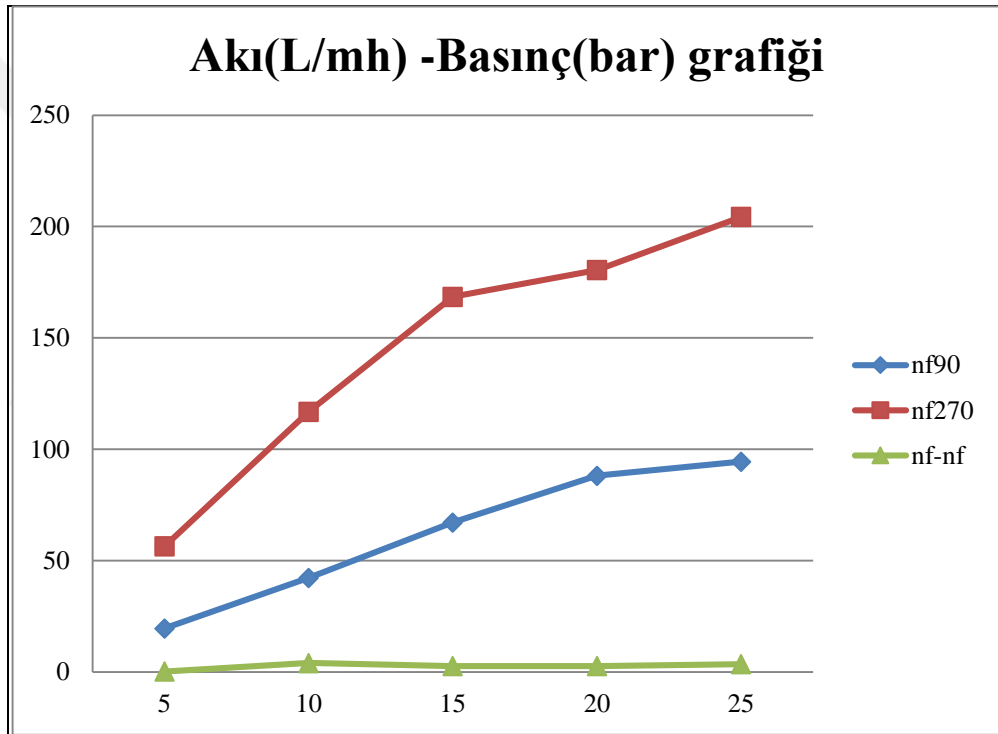
Tablo 4.13: Tez çalışması boyunca yapılan analiz sonuçları.

	Membran	Numune Hacmi (ml)	Basınç (bar)	Zaman (dk)	Süzüntü Hacmi (ml)	Giriş			Çıkış			Akı (L/m <sup>2</sup> H)	KOİ Giderim Verimi (%)
						KOİ (mg/L)	İletkenlik (mS/cm)	PH	KOİ (mg/L)	İletkenlik (mS/cm)	PH		
İşlem Görmemiş Numune	UC005	200	2,5	90	50	1720	34	6,24	1370	34	7,72	23	20,3
	UP010	100	2,5	90	60	1720	34	6,24	1540	34	7,25	25	10,5
	UC030	100	2,5	30	60	1720	34	6,24	1658	34	7,28	225-60	4
	NF270	100	2,5	150	43	1720	34	6,24	1468	33,4	7,69	15	14,7
	NF90	100	10	60	45	1720	34	6,24	260	13,03	7,3	< 2	84,9
			20	360								5	
Havalandırılmış Numune	UC005	200	2,5	180	85	1500	34	7,4	1250	34	7,1	< 18	16,6
	NF90	100	20	180	25	1500	34	7,4	150,4	11,54	7,3	3	90
	NF90	85 (UC005 süzüntüsü)	20	120	20	1250	34	7,1	180	5,3	6,96	6	88
Kaba Filtreden Geçirilmiş Numune	NF90	100	20	90	15	1720	34	6,24	154	9,85	7,12	16--5	91
Toz Aktif Karbondan Geçirilen Numuneler	UC030 (%0.125 T.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	1102	36	8,43	60	35,9
	UC030 (%0.25 T.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	556	34	8,18	71	67,7
	UC030(%0,5T.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	314	35,9	8,09	280	81,7
	UC005(%0.125 T.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	952	35	8,44	22,5	44,6
	UC005(%0.25 T.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	316	34,5	8,31	27,5	81,6
	UC005(%0.5 T.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	167	35,2	8,18	32,5	90,2
Granül Aktif Karbondan Geçirilen Numuneler	UC030(%0.125 G.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	1140	35,6	8,43	50	33,7
	UC0030(%0.25 G.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	1118	35,9	8,46	40	35
	UC0030(%0.5 G.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	1052	36,2	8,15	20	38,8
	UC005(%0.125 G.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	860	34,6	8,37	17,5	50
	UC005(%0.25 G.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	804	34,7	8,45	21	53,2
	UC005(%0.5 G.A.K)	100	2,5	120		1720	34	8,08	728	34,7	8,34	22,5	57,6
NF90 BAR DENEY SONUÇLARI	NF90	100	20	120		1720	34	8,08	156	6,1	7,03	< 10	90,9
	NF90	100	25	120		1720	34	8,08	58,8	5,1	7,36	< 15	96,6
	NF90	100	30	120		1720	34	8,08	47,2	4,2	7,22	< 15	97,2

Tablo 4.14 ve şekil 4.46 'da ise deneylerde kullanılan bazı membranların saf su akı sonuçları ve akı-basınç grafiği yer almaktadır.

Tablo 4.14: Nf90, nf270 ve nf-nf membranlarının saf su akı sonuçları.

	<b>nf90</b>	<b>nf270</b>	<b>nf-nf</b>
<b>5bar</b>	19,62329	56,50685	0,30822
<b>10 bar</b>	42,32877	116,9178	4,138253
<b>15 bar</b>	67,19	168,4932	2,77397
<b>20 bar</b>	88,15069	180,5137	2,77397
<b>25 bar</b>	94,52055	204,3493	3,59589



Şekil 4.46:Nf90, nf270 ve nf-nf membranlarının akı-basınç grafikleri.

## 5. SONUÇLAR

Gemi atıksularından olan ve arıtımı oldukça zor olan sintine atıksuları toksik, korozyif, yanıcı özelliğe sahip olmanın yanı sıra yüksek miktarda kirlilik içermektedir. Gemilerden hiçbir işleme tabi tutulmadan denize deşarj edilen sintine atıksuları deniz ortamı için oldukça zararlıdır ve günümüzde meydana gelen çevre kirliliği insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır. Literatürde bu tip atıksuların membran teknolojisi ile arıtılması üzerine fazla çalışma bulunmamaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında laboratuvar şartlarında çeşitli membranlar kullanılarak sonlu membran filtrasyon (dead-end) sistemiyle Çanakkale limanında bir gemiden temin edilen sintine atıksularının havalandırma, santrifüj gibi ön işlemlere tabi tutulduktan sonra membran filtrasyon prosesleri kullanılarak arıtım performansları incelenmiştir ve bu arıtım sonucu doğaya verebilecek zararların ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Ayrıca toz ve granüle aktif karbonun membran proseslerle arıtılabilirlik çalışmasındaki etkisine de bakılmıştır. Bu kapsamda ilk aşamada işlem görmemiş ham numune çeşitli membranlar kullanılarak sonlu membran filtrasyon sisteminde arıtım performanslarına bakılmıştır. İkinci aşamada işlem görmemiş numune ile yapılan deney sonucundaki en iyi KOİ giderim verimi elde etmiş olduğumuz (Uc005 ve Nf90) membranlar ile ham numuneye ön işlem uygulayarak sonlu membran filtrasyon sisteminde arıtım performansına bakılmıştır. Ayrıca kaba filtre kağıdından geçirilmiş numune Nf90 membranı ile farklı basınçlarda sonlu membran filtrasyon sisteminden geçirilerek optimum basınç tayin edilmiştir. Son aşamada UC030 ve UC005 membranları seçilerek kabafiltreden geçirilmiş sintine atıksuyunda toz ve granülür aktif karbonla çeşitli yüzdelerde sonlu membran filtrasyon düzeneğinde çalışılmıştır. (%0,125,%0,25 ve %0,5). Bütün bu değerler göz önünde bulundurularak optimum membran tipi, aktif karbon türü ve miktarı belirlenmiştir.

Birinci aşama membran filtrasyonu çalışmaları sonucunda arıtım performansı %84,9 KOİ giderim verimi ve % 60,8 iletkenlik verimi ile Nf90 membranı seçilmiştir.

İkinci aşama membran filtrasyonu çalışmaları sonucunda Nf90 membranı için optimum basınç 20 bar olarak tayin edilmiştir. Ayrıca ön işlem olarak ham numune kabafiltre kağıdından süzöldükten sonra Nf90 membranı ile sonlu membran

filtrasyon sisteminden geçirilerek %91 KOİ giderim verimi elde edilerek deşarj standartları sağlanmıştır. Ayrıca %71 iletkenlik giderim verimi elde edilmiştir.

Üçüncü aşama membran filtrasyonu çalışmaları sonucunda optimum membran tipi Uc005 olarak seçilmiştir. Bununla birlikte optimum aktif karbon türü toz aktif karbon optimum miktar %0.5 olarak tayin edilmiştir. Çalışma sonrasında toplam KOİ giderim verimi %90.2 'dir.

Gerçekleştirilen membran filtrasyon arıtım teknolojileri ile bu arıtım sonucu doğaya verilebilecek zararların ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.



## KAYNAKLAR

- [1] Web 1, <http://www.cevreonline.com/cevrekr/cevrekirlilik%20nedenleri.htm>, (Erişim Tarihi: 24/06/2013).
- [2] Yılmaz E., Yetkin M., Yıldız Ş., (2009), “Petrol ve Petrol Türevli Gemi Kaynaklı Atıksuların Bertaraf ve Yönetimi: İstanbul Örneği”, TÜRKAY 2009 Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 15-17 Haziran.
- [3] Palabıyık H., (2002), “Gemi ve Liman Atık Yönetimi ve MARPOL 73/78: İzmir Limanı Örneği”, Türkiye Kıyıları 2002 Kongresi, 997-1006, İzmir, Türkiye, 5-6 Kasım.
- [4] Artut K., (2008), “Sintine Suyunun Elektrokimyasal Yöntemle Arıtımının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi.
- [5] T.C. Sayıştay Başkanlığı, (2002), “Gemilerin Denizleri ve Limanları Kirletmesi Önleme ve Kirlilikle Mücadele”, Sayıştay Dergisi, 44-45, Ankara, Türkiye.
- [6] Bernal J.L., Miguelez J. R. P., Sanz E. N., Martinez de la Ossa E., (1999), “Wet Air Oxidation Of Oily Wastes Generated Aboard Ships: Kinetic Modeling”, Journal of Hazardous Materials, B(67), 61-73.
- [7] Caplan J. A., Newton C., Kelemen D., (2000), “Technical Report: Novel Oil/Water Separator for Treatment of Oily Bilgewater”, Marine Technology, 37 (2), 111-3314.
- [8] Gryta M., Karakulski, K., Morawski W. A., (2001), “Purification of Oily Wastewater by Hybrid UF/MD”, Water Research, 35 (15), 3665-3669.
- [9] Körbahti B. K., (2003), “Su Bazlı Boya Endüstrisi Atıksuyu ve Tekstil Endüstrisi Atıksuyunun Elektrokimyasal Olarak Arıtılması için Sistem Tasarlanması ve Proses Geliştirilmesi”, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- [10] Karakulski K., Morawski W. A., Grzechulska J., (1998), “Purification of Bilge Water by Hybrid Ultrafiltration and Photo Catalytic Processes”, Separation and Purification Technology 14 (163), 163-173.
- [11] Peng H., Tremblay A. Y., Veinot, D. E., (2005), “The Use of Backflushed Coalescing Microfiltration as a Pre-treatment for The Ultrafiltration of Bilge Water Desalination”, 181109-120.
- [12] Harris L. R., Jackson D. F., Schatzberg P., (1976), “Oily Bilge Water Treatment with A Tubular Ultrafiltration System”, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 98 (4), 1215-1220.

- [13] Woytowich D. L., Dalrymple C. W., Gilmore F. W., Britton M. G., (1993), "Electrocoagulation (CURE) Treatment of Ship Bilgewater for the U.S. Coast Guard in Alaska", MTS Journal, 27 (1), 62-67.
- [14] Gürel L., Büyükgüngör H., (2015), " Kütle Aktarımının Membran Sistemlerindeki Rolü", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21 (6), 224-238.
- [15] ResGaz 1, (2014) Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2014 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- [16] Web 2, (2016), <http://docplayer.biz.tr/10046379-T-c-sayi-tay-ba-kanli-i.html> (Erişim Tarihi: 10/01/2016).
- [17] Demiray N., (2006), "Sintine Sularından Kaynaklanabilecek Deniz Kirliliğinin Değerlendirilmesi, Yüksek lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- [18] Yiğit F., (2006), "Gemi Kaynaklı Kirleticiler ve Trabzon Limanına Gelen Bazı Gemilerin Atıksularının İncelenmesi", Yüksek lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- [19] Satır T., Kura B., (2011), "Ship Ballast Water Management in Turkish Ports and Waterways", Marine Technology Society, 45 (2), 23-32.
- [20] Web 3, <http://cbs.denizcilik.gov.tr/pdf/BalastSuyuYonetimiProjesiDetayli.pdf>, (Erişim Tarihi 12/02/2014).
- [21] Hutto L. B., "A Comprehensive Guide to Shipboard Waste: Environmental Consequences, Regulations, and Management Options", Master of Science degree, University of Hawaii.
- [22] Zırlı Ö., (2004), "İstanbul'u Çevreleyen Denizlerde Gemi Kaynaklı Eysel Atıksu ve Sintine Suyu Kirliliği", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [23] Web 4, <http://ulusaltezmerkezi.com/sintine-sularindan-kaynaklanabilecek-deniz-kirliliginin-degerlendirilmesi/35/> (Erişim Tarihi 13/02/2014).
- [24] Samsunlu A., (2006), "Atıksuların Arıtılması", 1. Baskı Birsen Yayınevi.
- [25] T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı, (2000), "II. Ulusal Denizcilik Şurası Kıyı Tesisleri ve Limanlar", Kıyı Yapıları ve Limanlar, İstanbul, 28-30 Eylül, s.197.
- [26] Özdemir Ü., (2012), "Türkiye'de Gemilerden Kaynaklı Deniz Kirliliğinin İncelenmesi", Uluslararası Bilim ve Kültür Sempozyumu, 373-384, Batman, Türkiye, 18-21 Nisan.



- [27] IMO, (1978), International Convention For the Prevention of Pollution From Ships, (1973. as Modified by the Protocol of 1978 ), Marpol73/78.
- [28] Web 5, <http://www.slideshare.net/tugsan/basit-anlatm-sintine-sludge-15-ppm-marpol-1>, (Erişim Tarihi 17/01/2014).
- [29] Web 6, <http://www.slideshare.net/tugsan/gemilerde-atk-oluumu-ve-bertaraf>, (Erişim Tarihi: 17/01/2014).
- [30] İşiaık olak T. A.,(2012), “Gemi Kaynaklı Petrol Türevli Yasal Olmayan Deşarjların Tespitinde Bir Gemi Adamının Öngöröleri”, Gemi Kaynaklı Deniz ve Hava Kirliliği Semineri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Tuzla, Türkiye, 26 Mart.
- [31] oban E., (1991), “Gemilerden Kaynaklanan Sintine Atıksuları ile Deniz Kirlenmesi vePilot Ölçekte Bir Arıtılabilirlik alışması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [32] Mevzuat Dergisi, (2010), Uluslararası Denizcilik Organizasyonuna (IMO) Bağlı, Deniz Çevresinin Korunması Alt Komitesi (MECP) ve Bu Komitenin Bir alışma Sahası Olan "Özel Alanlar (SA) ve Özel Duyarlı Deniz Alanları (PSSA)", Şubat 2010 Sayı: 146.
- [33] 1978 Protokolü ile Değişik, 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme (MARPOL 73/78).
- [34] ResGaz 2(2004), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- [35] ResGaz 3(1995), Su Ürünleri Yönetmeliği, 10 Mart 1995 ve 22223 sayılı Resmi Gazete.
- [36] Web 7, <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=8049> (Erişim Tarihi: 20/03/2014).
- [37] Üstün S.,(2004), “Sintine Atık suyu ve Arıtımı”, Bitirme Ödevi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [38] Kural E.,(2000), “Tekstil Boyahane AtıksularınınNanofiltrasyonMembranları ileGeri Kazanımı ve Renk Giderimi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [39] Yalçın F.,(1998), “Membran Proseslerle Endüstriyel Atıksularda Renk Giderimi”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [40] Bilstad T., (1997), “Membrane operations”, Water Science Technology, 36 (2-3), 17-24.
- [41] Kaleli B., (2006), “Atıksuların İleri Arıtımında Membran Proseslerinin Kullanımının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.

- [42] Keskinler B., (2012), “Membran Prosesler”, Ders Notları, Gebze Teknik Üniversitesi.
- [43] Dizge N., (2011),“Mikrofiltrasyon membranların kirlenme özelliklerinin membran tipine ve gözenek boyutuna bağlı olarak klasik aktif çamur sisteminde incelenmesi”, Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.
- [44] Körbahtı B. K., Artut K., (2010), “Electrochemical Oil/Water Demulsification and Purification of Bilge Water Using Pt/Ir Electrodes”, Desalination, 258 (1-3), 219-228.
- [45] Peng H., Tremblay A. Y., Veinot D. E., (2002), “Design and Performance of An Inorganic MF/Polymeric UF Hybrid System for the Treatment of Difficult Waste Stream Containing Both Colloidal and Micron Sized Particles”, Desalination, 149, 151-152.
- [46] Peng H., Tremblay A. Y., (2008) "Membrane Regeneration and Filtration Modeling in Treating Oily Wastewaters", Journal of Membrane Science, 324, (1-2) 59-66.
- [47] Gryta M., Karakulski K., Morawski W.A., (2001) “Purification of Oily Wastewater by Hybrid UF/MD”, Water Research, 35(15), 3665-3669.
- [48] Küçükgül Y. E., (2004) “Ticari Aktif Karbon Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(3), Ekim 2004, 41-56.
- [49] APHA, AWWA, WEF, (1995), “Standart methods for the examination of water and Wastewater”, 0-87553-223-3.

## ÖZGEÇMİŞ

1988 yılı Bursa doğumlu olan Duygu SESLİ BABAÖĞLU, 2004 yılında Bursa Cumhuriyet Lisesi'nden mezun oldu. 2005-2006 öğretim yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'ne lisans eğitimine başlayan yazar 2010 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2011 bahar yarıyılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı ve halen aynı bölümde eğitimine devam etmektedir.

