

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**DERİN DENİZ DEŞARJI TESİSLERİNİN TASARIM, İNŞA VE
İŞLETİLMESİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR**

Meltem GÜRLEK

UZMANLIK TEZİ

HAZİRAN 2018



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**DERİN DENİZ DEŞARJİ TESİSLERİNİN TASARIM, İNŞA VE
İŞLETİLMESİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR**

Meltem GÜRLEK

UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı (Kurum)

Dr. F. Ebru YILDIZ

Tez Danışmanı (Ankara Üniversitesi)

Prof. Dr. Recep KILIÇ

Meltem GÜRLEK tarafından hazırlanan “Derin Deniz Deşarjı Tesislerinin Tasarım, İnşa ve İşletilmesinde Karşılaşılan Sorunlar” adlı tez çalışması aşağıdaki Yeterlik Sınav Kurulu tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile UZMANLIK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı	Adı ve Soyadı	İmzası
Başkan	Genel Müdür Yardımcısı	Salih YILMAZ	
Üye	Daire Başkanı	Hüseyin TÖREN	
Üye	Daire Başkanı	Hakkı ÇIRAK	
Üye	Daire Başkanı	Orhan IŞIK	
Üye	Daire Başkanı	Doç. Dr. Birol KAYRANLI	

Tez Savunma Tarihi: 19.06.2018

ETİK BEYAN

“İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kuralları”na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Meltem GÜRLEK
19 Haziran 2018

Derin Deniz Deşarjı Tesislerinin Tasarım, İnşa ve İşletilmesinde Karşılaşılan Sorunlar

(Uzmanlık Tezi)

Meltem GÜRLEK

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

Haziran 2018

ÖZET

Sahilde yer alan kent merkezlerinden atılan atıksular deniz ortamına ulaştığında deniz ekosisteminin bozulmasının yanı sıra insan sağlığı ve farklı çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle kanun ve yönetmeliklerle belirlenen standartların sağlanması koşulu ile atıksular, belirli derinlikte ve sahilden yeterli uzaklıkta denize boşaltılmalıdır. Derin deniz deşarjı tesisleri bu amaçla inşa edilen altyapı tesisleridir. Bu tez kapsamında öncelikle derin deniz deşarjı tesislerinin tasarım, inşa ve işletme süreçlerinin esasları, karşılaşılan sorunlar ve alınabilecek önlemler kısaca açıklanmıştır. Ayrıca örnek olarak İller Bankasınca yapılan üç adet derin deniz deşarjı projesinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri açıklanmıştır. Artvin ili Arhavi ilçesi arıtma tesisi inşaat alanında taşıma gücü problemi ve inşaat kazısının güvenli bir şekilde yapılması amacı ile jet-grouting yöntemi kullanılarak zemin iyileştirilmiştir. Zonguldak ili, Çaycuma ilçesi, Filyos derin deniz deşarjı tesisinde dalga etkisine açık olan ön arıtma ünitelerinin korunması amacıyla 2,5 m yükseklikte dalga kıran yapılmıştır. Yalova ili, Merkez ilçesi derin deniz deşarjı tesisinde deşarj borularının temelindeki balçık zemin temizlenerek, borular balçığın altındaki kumlu ve siltli zemin içerisine açılan hendeğe döşenmiş ve üzeri tel sepet (gabion) ile örtülerek sabitlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Atıksu, arıtma, deniz deşarjı, sorunlar

Sayfa Adedi : 95

Tez Danışmanı : Dr. F. Ebru YILDIZ (Kurum)
: Prof. Dr. Recep KILIÇ (Ankara Üniversitesi)

The Problems Concerned In Designing, Construction And Operation Of Submarine Outfall Plants

(ILBANK Expertise Thesis)

Meltem GÜRLEK

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

June 2018

ABSTRACT

In case, the wastewater from the urban centers located on the shore reaches the marine environment, it causes human health and different environmental problems as well as deterioration of marine ecosystem. For this reason, the provision of standards determined by laws and regulations must be applied during the discharge of wastewater to the sea at a certain depth and at a sufficient distance from the shore. Marine outfall plants are infrastructure facilities built for this purpose. In this thesis, the principles of design, construction and operation processes of marine outfall system, problems encountered and precautions to be taken are briefly explained. In addition, the problems encountered in three marine outfall projects carried out by İller Bank and the solution proposal are explained. Soil improvement has been performed for the treatment plant, located Arhavi town of Artvin by jet-grouting method in order to prevent the transportation problem and to secure the construction excavation. In Zonguldak province, Çaycuma district, Filyos marine outfall plant, a breakwater with a height of 2,5 m was constructed to protect pre-treatment units which are subjected to wave effect. At the marine outfall plant in Yalova province, the drainage basins of the discharge pipes are cleaned, the sludge is buried under sandy and silty ground below the pipeline and fixed with a wire basket (gabion).

Key Words : Wastewater, marine outfall, problems

Page Number : 95

Supervisor : Dr. F. Ebru YILDIZ (Corporate)
: Prof. Dr. Recep KILIÇ (Ankara University)

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince katkılarını esirgemeyen Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Recep KILIÇ başta olmak üzere İller Bankası Anonim Şirketi Proje Dairesi Başkanlığı'ndan tez danışmanım Sayın Dr. F. Ebru YILDIZ'a, müdürüm Sayın Meltem MALATYALI'ya, yardımlarından dolayı değerli arkadaşlarım İller Bankası Anonim Şirketi Altyapı Uygulama Dairesi Başkanlığı'ndan Sayın Dr. Çelebi MERTOĞLU ve Sayın Güneş ESEOĞLU'na, bana daima destek olan eşim Ekrem GÜRLEK'e, varlığıyla bana güç veren oğluma ve göstermiş oldukları sabırdan dolayı çalışma arkadaşlarım ve aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	vii
RESİMLERİN LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
GİRİŞ	1
1. DENİZ DEŞARJI SİSTEMLERİ	3
1.1. Sistemin Genel Tanıtımı.....	3
1.2. Tarihçe.....	4
1.3. Planlama ve Tasarıma Esas İncelemeler	5
1.3.1. Deniz araştırmaları	8
1.3.2. Güzergah ve yapı yerlerinde jeolojik - jeoteknik alışmalar	11
1.3.3. Deniz tabanı zemininin zellikleri.....	14
1.4. Deşarj ncesi Atıksu Arıtımı	16
1.5. Arıtma Tipine Göre Deniz Deşarjı Yöntemleri.....	19
1.6. Kara ve Deniz Hattı niteleri.....	22
1.6.1. Derin deniz deşarjı kara hattı niteleri	22
1.6.2. Derin deniz deşarjı deniz hattı niteleri.....	26
1.7. Deşarj Parametreleri ve Su Kalitesi Standartları.....	28
2. DERİN DENİZ DEŞARJI TESİSLERİNİN PLANLANMASI VE MÜHENDİSLİK TASARIMI.....	31
2.1. Tasarım Süreci.....	31
2.1.1. Kıyı tahkimatı tasarımı	32
2.1.2. Deşarj güzergahının belirlenmesi	34
2.1.3. Atıksuyun alıcı ortamdaki davranışı.....	35
2.1.4. Seyrelme	37
2.1.5. Deşarj derinliği ve deşarj hattı uzunluğu tayini.....	40
2.1.6. Hidrolik tasarım.....	41
2.1.7. Deşarj borusunun stabilitesi.....	43
2.1.8. Hendek malzemesi çapının tayini	46
2.1.9. Gabion zellikleri	47
2.2. İnaşat süreci.....	48
2.2.1. Deşarj borusu seçimi ve döşeme yöntemleri	49
2.2.2. Deşarj hattının döşenmesi.....	53
2.2.3. Boruların birleştirilmesi, batırma bloklarının bağlanması ve kıyadaki diğer hazırlıklar.....	55
2.3. İşletme Süreci.....	61
2.3.1. İzleme	61
2.3.2. Deşarj tesisinin temizlik ve bakımı	64
3. TÜRKİYE'DE DENİZ DEŞARJI TESİSLERİNİN DURUMU	67

	Sayfa
4. DERİN DENİZ DEŞARJI TESİSLERİNİN TASARIM, İNŞA VE İŞLETİLMESİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR.....	71
4.1. Deşarj Borusunda Stabilite Problemleri.....	71
4.2. Tasarım Sorunları.....	72
4.3. Çevresel Sorunlar.....	73
4.4. Finansal Sorunlar.....	75
4.5. Mevzuat Eksikliği.....	76
4.6. İşletme Sorunları.....	77
4.7. Genel Sorunlar.....	78
4.8. İller Bankası'na Tamamlanan Bazı Derin Deniz Deşarjı Tesislerinde Karşılaşılan Sorunlar ve Alınan Önlemlere Örnekler.....	80
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Deniz araştırmalarında dikkate alınan değişkenlerin adı, yeri, sıklığı veya süresi, ölçme yöntemi ve açıklamaları	8
Çizelge 1.1. (devam) Deniz araştırmalarında dikkate alınan değişkenlerin adı, yeri, sıklığı veya süresi, ölçme yöntemi ve açıklamaları	9
Çizelge 1.2. Evsel atıksu debilerine göre değarj boru boyu	29
Çizelge 1.3. Derin ve sığ sulara yapılan deniz değarjları için uygulanacak kriterler.....	29
Çizelge 1.4. Derin deniz değarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri	30
Çizelge 3.1. 2016 yılı itibariyle arıtılan atıksuyun değarj yerleri ve oranları	68

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tespit kütlelerini monte ederek veya diğer yollarla boru döşeme seçenekleri	15
Şekil 1.2. Atıksu arıtma tesisi proseslerinin akış diyagramı	19
Şekil 1.3. Alternatif deniz deşarjı sistemleri	21
Şekil 1.4. Toplama odası ve denge bacası	25
Şekil 1.5. Derin deniz deşarjı hattı şematik gösterimi yayıcı/dağıtıcı (difüzör) borusu örnek detayı ve yayıcıdan atıksu çıkışının şematik gösterimi	27
Şekil 2.1. Tipik tahkimat (iksa) yapıları	33
Şekil 2.2. Tipik kıyı duvarları	34
Şekil 2.3. Denize deşarj edilen atıksu jetinin davranışı	36
Şekil 2.4. Derin deniz deşarjı sonrasında alıcı ortamda oluşabilecek deşarj bulutu tiplerinden yüzeyde tarla ve batmış tarla	37
Şekil 2.5. Atıksuların alıcı ortamda seyrelmesi	39
Şekil 2.6. Yayıcıların kıyı doğrultusuna ve akıntıya göre yerleştirilme şekilleri	42
Şekil 2.7. Deşarj borusunu etkileyen kuvvetler	44
Şekil 2.8. Kıyı profilindeki tanımlar	45
Şekil 2.9. Kıyı profili değişen kesimlerde boru döşenmesi	45
Şekil 2.10. Şilte gabion ve gözenek detayı	48
Şekil 2.11. Boruların malzeme yapılarına göre sınıflandırılması	49
Şekil 2.12. Kıyı alanına ait özellikler.....	54
Şekil 2.13. Deşarj bölgesinde izleme istasyonlarının yerleşimi	61
Şekil 2.14. Görele (Giresun) derin deniz deşarjı hattı krokisi	64
Şekil 3.1. İstanbul İli atıksu arıtma tesisleri ve deniz deşarjları	69
Şekil 4.1. Jet Grouting Yöntemi uygulama aşaması	82
Şekil 4.2. Yalova (Merkez) Derin Deniz Deşarjı Projesi deşarj hattı jeolojik kesiti	84
Şekil 4.3. Yalova (Merkez) Derin Deniz Deşarjı Projesi deniz hattı hendek en kesiti....	85

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Kumluca Atık su arıtma tesisi ile geçici deşarjı (sarı) ve etüt aşamasında önerilen deniz deşarjı kara hattı güzergahı (kırmızı).....	23
Resim 1.2. Yayıcı (difüzör) borusu.....	26
Resim 1.3. Yükselticili tip deniz deşarjı yayıcı (difüzör) örneği.....	26
Resim 1.4. İşaret şamandırası	27
Resim 2.1. Şilte gabion	48
Resim 2.2. Kaynak makinesi ile işlem anında olan HDPE boru ve boru imalat boylarının kaynaklanarak gereken ano boyuna getirilmesi	55
Resim 2.3. Beton ağırlık bloklarının dökülmesi	56
Resim 2.4. Batırma blokları monte edilmiş deşarj borusu.....	56
Resim 2.5. Kara bağlantı kanalının açılması	56
Resim 2.6. Deşarj borusunun güzergahına getirilmesi ve batırılması	57
Resim 2.7. Deşarj hattının dalgıç kontrolünde izlenmesi	57
Resim 2.8. Su altında boru bağlantı flanşlarının sıkılması	58
Resim 2.9. Gabion sepet	60
Resim 2.10. Deşarj hattında sızdırmazlık testi.....	63
Resim 4.1. Bileşik beton blok örtü ile korunan boru hattı.....	79
Resim 4.2. Şantiye sahasında bileşik beton blok örtü.....	79
Resim 4.3. Yalova (Merkez) derin deniz deşarjı hattı inceleme alanına ait uydu görüntüsü	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

H_s

T_s

L_s

Q

BOI₅

F_d

F_l

F_m

Açıklamalar

Etkin dalga yüksekliği

Etkin dalga periyodu

Etkin dalga uzunluğu

Debi, m³/sn

5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı

Yatay sürüklenme kuvveti

Düşey kaldırma kuvveti

Yatay doğrultudaki atalet kuvveti

Kısaltmalar

AAT

AB

AKM

ASTM

CTP

ÇED

ÇOB

DDD

DKK

DLH

EMS

FC

HDPE

OECD

Açıklamalar

Atıksu arıtma tesisi

Avrupa Birliği

Askıda katı madde

American Society for Testing and Materials

Cam elyaf takviyeli polietilen

Çevresel etki değerlendirmesi

Çevre ve Orman Bakanlığı

Derin deniz deşarjı

Deniz Kuvvetleri Komutanlığı

Demir Yollar Limanlar ve Hava Meydanları

En muhtemel sayı

Fecal coliform

Yüksek yoğunluklu polietilen

Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü)

Kısaltmalar**OYSS****PE****PVC****UÇES****UV****PFU****SKKY****SKİ****TÜRKAK****TÜİK****TC****İSKİ****Açıklamalar**

Ortalama yüksek su seviyesi

Poliyeten

Poli vinil clorür

AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi

Ultraviyole

Probable fecal units

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

Su ve Kanalizasyon İdareleri

Türk Akreditasyon Kurumu

Türkiye İstatistik Kurumu

Total coliform

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

GİRİŞ

Atıksuların yeraltı ve yerüstü sularına karışması su kaynaklarının kalitesini ve kullanılabilirliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu durum toplum sağlığı ve çevresel kaynakların korunması bakımından atıksuyun arıtılmasını zorunlu hale getirmektedir. Arıtılan atıksu dereler, göller, nehirler ve denizlere boşaltılmaktadır. Sahil yerleşimlerinin atıksuları için en uygun alıcı ortam ise denizlerdir.

Günümüzde atıksuların denizlere deşarj edilmesi ekosistemin bozulması ve turizmi etkilemesi nedeniyle sıkça tartışılan bir konu olmuştur. Bakıldığında kıyı bölgelerinin sunduğu imkanlar nedeniyle dünyada büyük şehir merkezlerinin çoğunun deniz kıyılarında yoğunlaştığı görülmektedir. Kıyı şehirlerinde oluşan atıksuyun arıtma sonrası deniz veya okyanusa deşarjı mantıklı ve ekonomik yöntemlerden biridir. Ancak, nüfus artışının oldukça hızlı olması, endüstriyel faaliyetlerin artması, tehlikeli atık oluşumunu da hızla artırmaktadır. Bu artış insan ve çevre sağlığı başta olmak üzere turizm, balıkçılık gibi sektörlerin zarar görmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda deniz deşarjı tesisleri kıyı yerleşimlerinin atıksularının uzaklaştırılması ve bertarafı amacıyla tasarlanmış altyapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentleşmenin ve nüfus yoğunluğunun deniz kıyılarında fazla olduğu ülkemizde deniz deşarjı tesisleri önemli bir yer tutmaktadır. Doğanın dengesinin ve ekosistemin bozulmaması için konunun bilimsel açıdan ele alınarak gerekli mühendislik hesaplamaların yapılması önem arz etmektedir.

Deniz deşarjı tesisleri ile karada bir şekilde arıtıma tabi tutulmuş atıksular özümleme kapasitesi yüksek olan denizlere deşarj edilebilmektedir. Özellikle açık denizler sahip oldukları yüksek seyreltme kapasiteleri nedeniyle atıksuların ileri derecede arıtma yapılmadan sadece iyi bir mekanik ön arıtmayı takiben deşarjına imkan sağlamaktadır. Bu nedenle deniz deşarjı tesisleri atıksuların uzaklaştırılması ve arıtma sorunlarının giderilmesi konusunda, finansal kaynakların sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere dünyanın pek çok yerinde ucuz ve güvenilir bir sistem alternatifi olarak kullanılmaktadır. Atıksu bertarafı için uygun planlanmış ve inşa edilmiş sistemler, kıyı bölgelerinin çevre ve diğer kaynaklarının korunmasında çok önemlidir.

Deniz deşarjı tesislerinin, ön arıtma/arıtma sistemleri ile birlikte tasarlanması atıksuların çevre üzerinde oluşturacağı olumsuz etkiyi en aza indirecektir. Sonuç doğru bir

şekilde kontrol edildiğinde atıksuların deniz kaynaklarına zarar vermeden tahliyesi mümkün olmaktadır.

Derin deniz deşarjı tesislerinin kurulması araştırma, tasarım, projelendirme, yapının inşası ile birlikte bakım, onarım ve işletme süreçlerini takip eden oldukça geniş ve uzmanlık gerektiren bir konudur. Bu tezin amacı bu tesislerin tasarım, inşa ve işletme süreçlerinin incelenerek, karşılaşılan sorunların araştırılması ve çözümlerin belirlenmesidir. Bu tez kapsamında deniz deşarjı tesisi, atıksu arıtma tesisi (AAT) ile bir bütün olarak ele alınmıştır.

1. DENİZ DEŞARJI SİSTEMLERİ

1.1. Sistemin Genel Tanıtımı

Atıksular evsel atıksular ve sanayi atıksuları olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Atıksular oluştukları yerden kanalizasyon sistemleri ve pompa istasyonlarının yer aldığı bir toplama sistemi ile toplanarak arıtılacakları veya boşaltılacakları yere iletilirler (Topacık, 2000:3).

Atıksular okyanus, deniz, nehir, göl, gölet, koy, körfez gibi çeşitli alıcı ortamlara deşarj edilebilmektedir. Denize yapılan atıksu deşarjlarına örnek olarak; kentsel atıksu deşarjları, endüstriyel atıksu deşarjları, jeotermal su deşarjları ve yoğun olarak işlenmiş tarım alanlarından yapılan tarımsal deşarjlar verilebilir.

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde sahillerdeki şehir ve kasabalar ile bazı sanayi tesislerinin atıksularının (evsel, endüstriyel) tümüyle arıtılması ya da araziye verilmesi yerine belli bir ölçüde arıtıldıktan sonra denize boşaltımı daha ekonomik bir çözümdür (İller Bankası, 2005a:27).

Bir atıksuyun kaynağına ve verileceği çevreye bağlı olarak hangi düzeyde arıtılacağı deşarj standartları ile belirlenmektedir. Bu belirleme atıksuyu tanımlayan çeşitli kirletici parametrelere getirilen konsantrasyon ve kirlilik yükü sınırlamaları şeklinde ortaya konur. Arıtma ihtiyacı, atıksuyun boşaltılacağı alıcı ortamın kullanım amacına göre belirlenmektedir. Yüzme veya balıkçılık faaliyetleriyle kullanılan bir su kütesine verilen atıksuyun, sadece ulaşım maksatlı kullanılan bir su kütesine verilen atıksuya göre daha ileri derecede arıtılması gerekir. Örneğin hassas alan olarak belirlenmiş su kütlelerine yapılan deşarjlarda biyolojik besin giderimi (üçüncül arıtma) prosesi uygulanmaktadır (Topacık, 2000:596). Atıksu deşarjları konusunda yönetmeliklerle belirlenen alıcı ortama deşarj standartlarını sağlayabilen uygun atıksu arıtma tesislerin inşa edilmesi önem kazanmaktadır.

Sahil yerleşimlerinin kullanılmış suları genellikle deniz deşarjı yapılarak bertaraf edilmektedir. Atıksuların denize deşarjı iki şekilde yapılmaktadır (Öztürk, 2011:35):

1. Sahile çok yakın mesafeden, denizin alçak su seviyesi altından yapılan deşarj (sığ deşarj)
2. Mühendislik açıdan gerekli koşulları sağlayacak şekilde hesaplamalar yapıldıktan sonra belirli bir derinlikten yapılan deşarj (derin deniz deşarjı).

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, derin deniz deşarjını “atıksuların, denizin seyreltme ve doğal arıtma süreçlerinden faydalanılarak, gerekli mühendislik çalışmaları ile yeterli arıtma kapasitesine sahip olduğu belirlenen alıcı ortamlara deniz dibine döşenen borularla ve yayıcılarla (difüzör) boşaltılması” olarak tanımlanmaktadır (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği [SKKY], :2004).

Derin deniz deşarjı (DDD) tesislerinin temel amacı; kıyıdan belli bir mesafede ve derinlikte deşarj edilen atıksuyun ve sahil suyu kalitesinin çevre ve insan sağlığı üzerinde herhangi bir risk oluşturmayacak seviyede kalmasını sağlamaktır. Derin deniz deşarjlarında çoğu zaman seyrelme yüksek mertebelerde sağlanabilirken kıyıdan yapılan sığ deşarjlarda önemli bir seyrelme olmadığı için kıyı kesiminde halk sağlığı tehdit altında kalabilmektedir. Atıksudaki kirletici unsurların seyrelme yoluyla azaltılmasının yanı sıra bakteri ve virüslerin insan sağlığı açısından belirli standartları sağlayacak miktarda olması gerekmektedir.

1.2. Tarihçe

Kanalizasyon atıklarının okyanusa boşaltılması konusu üzerine A. M. Rawn ve H. K. Palmer tarafından 1929 yılında bir tez yayınlanmıştır. 1956’da Prof. Erman Pearson Kaliforniya’daki deniz deşarjı çalışması hakkında detaylı rapor hazırlamıştır. Ardından konuya olan ilginin artmasıyla Abraham, Brooks, Cederall, Fan ve diğerleri tarafından seyrelme ve dağılma konuları üzerine detaylı çalışmalar yapılmıştır. Bu dönemde üçü İtalya’da (Marina Aurisina, 1972; San Remo, 1973; Sorrento, 1975), biri İngiltere’de (1974) olmak üzere dört tane uluslararası konferans düzenlenmiştir (Ludwig, 1988:2).

Nüfus artışına bağlı olarak hızla kentleşen ülkemizde ise 70’li yıllarda tekniğin gerektirdiği şartları sağlayamayan kanalizasyon ve altyapı sistemleri mevcuttu. Kanalizasyon hatları ile toplanan atıksular hiçbir önlem alınmadan deniz, nehir, göl gibi alıcı ortamlara boşaltılmaktaydı. DSİ kuruluş kanununa göre nüfusu 100.000’i geçen

yerleşimlerin sadece içmesuyu problemlerini çözmekle görevli bir kurumdu. O yıllarda Belediyelerin çoğunun 50.000'den az nüfusa sahip olduğu göz önüne alındığında, 1933 yılında Belediyeler Bankası olarak kurulan İller Bankası sağladığı kredi olanakları ve teknik personel gücüyle yerel yönetimlerin su ve atıksu sorunlarının çözümüne katkı sağlamıştır. Atıksuların karada bir arıtmadan geçirilerek özümseme kapasitesi yüksek olan büyük göl veya denizlere boşaltılmasına 70'li yıllarda karar verilmiştir. İlk olarak Ordu, Ünye, Fatsa, Gemlik deniz deşarjı projeleri hazırlanmış olup, Piri Reis adlı araştırma gemisi ile deniz araştırmaları yapılmıştır. Bu yıllarda ülkemizde deniz deşarjı konusunda belirlenmiş bir standart olmadığı için bir Akdeniz ülkesi olan İspanya'nın uygulamalarından yararlanılmıştır (Samsunlu, 2014:22).

Ülkemizde deniz deşarjı tesisleri, Çevre Kanunu'na dayalı olarak; arıtma hedefi ve arıtılmış su kalitesinin belirlenmesi amacına yönelik olarak 4 Eylül 1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan atıksu boşaltım ilkeleri ile boşaltım izni esaslarının yer aldığı SKKY'nin 33, 34, 35 ve 42. maddeleri hükümlerine tabidir. Ayrıca derin deniz deşarjlarındaki seyrelmelerin tespiti için gerekli bilgiler 7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan SKKY Teknik Usuller Tebliği'nde yer almaktadır.

1.3. Planlama ve Tasarıma Esas İncelemeler

Bir deniz deşarjı tesisinin planlaması sürecinde yapılan incelemeler, araştırmalar, hesaplamalar ve tasarım kriterleri proje raporunda toplanır. Hazırlanan proje raporunda yer alan bilgiler şunlardır:

Yerleşim bölgesinin tanıtılması

Yerleşim yerinin tarihçesi, coğrafi durumu ve ulaşım imkanları, ekonomik yapısı, turizm potansiyeli, topoğrafyası, iklim özellikleri, sıcaklık, yağış, rüzgar gibi meteorolojik verileri, deprem durumu, jeolojik yapısı, alıcı ortam özellikleri hakkında bilgi verilir. Ayrıca tesis yapımında kullanılacak malzemelerin temin yerleri ve nakliye mesafeleri ile enerji temin mesafesi de tespit edilerek belirtilir.

Altyapı tesislerinin durumu

- İçmesuyu durumu: Yerleşim yerinin içmesuyu kaynakları, depo ve şebeke özellikleri, şebeke kayıpları ve planlanan içmesuyu kaynakları hakkında bilgi verilir.
- Kanalizasyon hatlarının durumu: Ana toplayıcı, şebeke ve kollektör özellikleri, hat uzunlukları, mevcut, yapılmakta olan veya yapılması planlanan kanalizasyon hatları ve varsa birleşik sistemde çalışan hatlar ile atıksu arıtma tesisi hakkında bilgiler verilir.

Endüstriler

Beldede yer alan veya kurulması planlanan endüstrilerin günlük atıksu miktarı, kanalizasyon şebekesine bağlanabilme durumu, kanalizasyona deşarj standartları, kara tesisi gerekliliği, eşdeğer nüfus cinsinden kirlilik yükü hesapları verilir.

İmar planı durumu

Ön arıtmalı veya arıtmalı olması halinde derin deniz deşarjı için kara tesisi ve arıtmanın yapılacağı alanın imar planı ve kamulaştırma durumuna ait bilgiler verilir.

Nüfus tahminleri ve atıksu debi hesapları

Nüfus, mal ve hizmetlere olan talebin durumunu ve miktarını belirler. Nüfusun büyüklüğü ve yapısı planlama çalışmalarının temel girdisini oluşturur. Herhangi bir yerleşim biriminin içme ve kullanma suyu ihtiyaçları neticesinde oluşacak atıksu debisinin belirlenmesi ise bugünkü ve gelecekteki nüfusun proje hedef yılına göre yeterli doğrulukta tahmini ile mümkündür. Geçmiş yıllardaki nüfus sayımları, imar planı nüfus tahmini, içmesuyu ve kanalizasyon projelerindeki nüfus tahminleri esas alınarak, derin deniz deşarjı tesisinin turistik veya yazlık beldeler için yazlık ve kışlık olmak üzere ayrı ayrı kademelendirme yılları ve 35 yıl sonrasının nüfus tahmini yapılır (İller Bankası, 2005b:8).

Tesise gelecek atıksu miktarı kentin içmesuyu ihtiyacı hesapları yapılarak ve (varsa) özel debi üreten tesis ve yerleşimlerde kullanılacak su miktarları hesaplanarak belirlenir. Ayrıca yeraltısuyu sızma debisi ve baca kapaklarından giren yağmursuyu debisi de dikkate alınır.

Kullanılan suların kanalizasyona dönüş oranı göz önüne alınarak her kademelendirme yılı için minimum, maksimum, ortalama ve proje debileri belirlenir. Evsel su kullanımının %70-80'inin kanalizasyon şebekesine intikal edeceği kabul edilir (İlbank, 2005b). Gün boyunca debi değişimi ile ilgili rasat yoksa minimum debi olarak Q_{36} , maksimum debi olarak da Q_{18} debileri alınabilir (Samsunlu, 1995:75).

Atıksu kirlilik yükleri

Endüstriyel ve evsel atıksu özellikleri göz önüne alınarak derin deniz deşarjı tesisine gelecek atıksudaki BOI_5 (5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı), AKM (askıda katı madde), azot, fosfor gibi atıksu kirlilik yükleri her kademe yılı için ayrı ayrı hesaplanır ve ortalama tesis giriş konsantrasyonları belirtilir (İller Bankası, 2005b:8).

Alıcı ortam özellikleri

Alıcı ortamın balıkçılık, ulaşım, rekreasyon gibi ekonomik kullanım amaçları hakkındaki bilgiler ile varsa özel yoksa genel atıksu deşarj kriterleri verilir. Deniz deşarjı kara tesisinin korunması için gerekli önlemleri içeren bilgiler verilir.

Deniz deşarjı ve arıtma tesisi projesinin ÇED kapsamında değerlendirilmesi

Herhangi bir faaliyetin çevreye yapabileceği olumlu veya olumsuz etkilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmenin yapılabilmesinde Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) kavramı kullanılmaktadır. ÇED bir faaliyet ya da projedeki olumsuzlukları gidermek için tedbirler geliştirmek, projenin olumlu yönlerini ortaya çıkarmak ve daha faydalı hale getirebilmek amacıyla yapılacak olan çalışmaları belirlemektir. Ayrıca ÇED, kısıtlı olan kaynakları kullanırken neleri ne için kaybedilebileceğinin de tespit edilmesidir. Bu çalışmaların etkin ve gerçekten faydalı olabilmesi için projeler daha planlama aşamasında iken ÇED yapılması gereklidir; çünkü değişikliklerin bu aşamada gerçekleştirilebilmesi daha kolaydır. Derin deniz deşarjı projelerinin ÇED açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. 16 Aralık 2003 tarih ve 25318 sayılı “Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği” EK II’deki “Seçme ve Eleme Kriterleri Uygulanacak Projeler Listesi”ne göre DDD projeleri için, nüfusa bakılmaksızın “ÇED Gerekli Değildir” kararının alınması gerekmektedir (İller Bankası, 2013a:18).

1.3.1. Deniz araştırmaları

Deniz ortamının mevcut özelliklerinin tespit edilmesi, deniz deşarjının olası çevre etkilerinin tahmin edilmesi ve deniz deşarjı tesislerinin tasarımına ve inşasına esas verilerin belirlenmesi gibi hedefler doğrultusunda deniz araştırmalarına ihtiyaç vardır. Bu kapsamda çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik araştırmalar yapılır. Bu araştırmalarda göz önüne alınan parametreler, ölçme yeri, sıklığı, süresi ve yöntemleri çizelge de yer almaktadır (Öztürk, 2011:55).

Çizelge 1.1. Deniz araştırmalarında dikkate alınan değişkenlerin adı, yeri, sıklığı veya süresi, ölçme yöntemi ve açıklamaları (Öztürk, 2011:55)

Parametreler	Yer	Sıklığı veya Süresi	Ölçme Yöntemi	Açıklama
Fiziksel				
1. Med Cezir	Deşarj Yeri	Sürekli veya ayda 5-7 gün	Seviye eşeli, Kaydedici seviye ölçer	Kapalı körfez ve koylardaki seviye farkı açık denizlerdekine göre fark edebilir.
2. Rüzgarlar	Deşarj Yeri	Akıntı ve dispersiyon katsayısı ölçümleri ile eř zamanlı olarak	Rüzgar ölçer kayıtlarına göre Rüzgar gülü elde edilir.	Uzun Süreli veriler en yakın DMİ istasyonundan alınabilir.
3. Akıntılar	Deşarj yerinde ve farklı derinliklerde	Anlık, aylık veya mevsimlik	Seyyar akıntı ölçerlerle anlık akıntı yönü ve hızı ölçülür. Kaydedicili sabit akıntı ölçerlerle akıntı gülü elde edilir. Yüzgeçlerle ilerleyen vektör diyagramları üzerinden akıntı yörünge ve hızları belirlenir.	Periyodik kalibrasyon gereklidir. Yüzgeçlerin yere oturma riski vardır.
4. Sıcaklık, Tuzluluk ve Yoğunluk	Deşarj hattı güzergahı	Mevsimlik (en az bahar ve yaz döneminde)	Salinometre aleti ile sıcaklık, tuzluluk ve iletkenlik ölçülür. Daha sonra analitik ifadelerden oşinografik yoğunluklar hesaplanır.	-
5. Türbülanslı Dispersiyon Katsayısı	Deşarj Yeri	Yaz dönemi	Akıntı kartları veya izleyici madde deneyi ile	-
6. Işık Geçirgenliği	Deşarj Yeri	Mevsimlik	Secchi diski ile	-
7. Deniz Tabanı Topoğrafyası (Batimetri) ve Jeolojisi	Deşarj hattı güzergahı boyunca	-	Elektronik mesafe ölçer (total sitation), GPS ve sonar, Yandan taramalı sonar	Dalgıç gözlemleri de ayrıca rapor edilmeli.

Çizelge 1.1. (devam) Deniz araştırmalarında dikkate alınan değişkenlerin adı, yeri, sıklığı veya süresi, ölçme yöntemi ve açıklamaları (Öztürk, 2011:54)

Kimyasal				
8. Çözünmüş Oksijen	Değarj yerinde ve farklı derinliklerde	Mevsimlik	Probla ve derin su numune alıcı ile alınan numunelerde Winkler yöntemi ile	Prob ölçümleri mutlaka Winklerle kalibre edilmeli
9. Organik Madde	Sahil şeridinde suda, dip çamurunda	Mevsimlik Arada bir	TOK ve BOİ5 ölçerek Drec ile alınan numunelerde kuru madde ve yanıcı organik madde deneyi ile, BOİ5 Warburg respirometresi ile	Örnekler iyi korunmalı
10. Azot ve Fosfor	Yüzey Sularında	Mevsimlik	Genellikle NO2 + NO3 ve çözünmüş fosfat ölçülür.	Analizler 3 saat içinde yapılmalı
11. Ağır Metal ve Klorlu Organikler	Dip çamurları ve su kolonu	Mevsimlik Arada bir	Atomik absorpsiyon, spektrofotometre	-
Biyolojik				
12. Birincil Üretim	Sahil şeridinde	Mevsimlik	Biomass ve Klorofil-a ölçümlerinden hareketle	-
13. Fito ve Zooplankton	Değarj sahası	Mevsimlik	Yatay ve düşey ağ çekme yöntemi ile	Örnekler % 5'lik formalinde saklanmalı
14. Bentik Flora ve Fauna	Değarj sahası	Ara sıra veya mevsimlik	Drec veya trolle alansal dip numunesi olarak	-
15. Türlerin Dağılımı	Değarj sahası	Ara sıra veya mevsimlik	12.13 ve 14. maddelerde elde edilen bilgiler değerlendirilip türlerin dağılım indisi hesaplanacaktır.	-
16. Koliform Mikroorganizma	Sahil koruma bölgesindeki yüzey sularında	Plaj mevsiminde	Membran filtre veya çoklu tüp yöntemleri ile. Bu arada T90 parametresi de belirlenir.	Numuneler uzağa nakledilecekse çok iyi koruma yapılmalıdır.

Deniz araştırmaları veya değarj hattı inşası esnasında denizde yapılacak olan çalışmalarda şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Balıkçılık faaliyetlerini engellemeyecek, balıkçıların av sahalarını bozmayacak ve denizin doğal yapısını bozmayacak şekilde gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Çalışmalar balıkların genel üreme dönemi olan tarih aralığında yapılmamalıdır.
- Deniz değarjında kullanılacak borular su ürünlerinden korunacak şekilde düzenlenmeli ve vakumlama esnasında boru yakınındaki deniz ürünlerini çekim etkisinden korumak amacıyla ön setler yapmak gereklidir.

- Deniz suyunda çözünen ve zararlı kimyasal madde içeren dolgu malzemeleri ve deşarj borusu kullanılmamalıdır.
- Çalışmalar sırasında deniz suyunun çekilmesine ve deniz heyelanlarına sebep olunmamalıdır (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi [İSKİ], 2016:46).

Denizde yapılacak oşinografik çalışmalar

Oşinografik etüt kapsamında “deniz suyu birincil parametreleri” ölçümleri ile “uzun süreli akıntı ölçümleri” yapılmaktadır. Bu ölçümlerden elde edilen sonuçlar özellikle seyrelme olayının istatistiksel ve nicelik olarak değerlendirilebilmesi bakımından önem taşımaktadır. Yapılan “dalga ölçümleri” ile deşarj borularına etkiyen dalga kuvvetlerinin hesaplanması; buna bağlı olarak boruların stabilitelerinin sağlanması bakımından alınacak tedbirlerin tespiti ve boruların genellikle gömülü olarak geçirildikleri dalga kırılma bölgesi genişliğinin tayini açısından gerekli olan tasarım parametrelerinin edilebilmesi amacıyla yapılmaktadır (F. Yüksel, 2006:7).

Etkin rüzgar yönü, esme sayısı, feç uzunluğu belirlenir ve buna bağlı olarak etkin dalga yönü, etkin dalga yüksekliği (H_s), etkin dalga periyodu (T_s), etkin dalga uzunluğu (L_s) ve dalga kırılma derinlikleri hesaplanır. Denizde yapılacak çalışmaların DKK Oşinografi Dairesi Başkanlığından alınacak “Muhtelif Fırtınalı Günler” takviminde belirtilen günleri takiben yapılmasına özen gösterilmelidir (İller Bankası, 2005b:10).

Projelendirmeye esas olan deniz ortamındaki sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk ve akıntılar gibi fiziksel parametreler seyrelme mekanizmalarını etkilerken, deniz suyunun ışık geçirgenliği, içermiş olduğu çözünmüş gazlar (O_2 , CO_2 , N_2 , vb.), çözünmüş organik ve inorganik bileşikler, pH gibi karakteristikler özellikle deniz ekolojisine etki etmektedir. Sonuç olarak; yukarıda kısaca belirtilen parametrelerin tümü deniz deşarjı tesislerinin boyutlandırılmasında ele alınması gereken önemli bileşenlerdir (Ö. Yılmaz, 2006:42). Kritik yaz mevsimi boyunca, yüzey, yüzey altı ve yoğunluk değişiminin maksimum olduğu derinlik olan piknoklin seviyesindeki akıntı yön ve hızları ölçülmelidir (Samsunlu, 1995: 78). Bu bakımdan uzun süreli ölçümlere dayalı veriler çeşitli zaman aralıklarında istatistiki olarak değerlendirilerek projelendirme kriterlerine karar verilmelidir. Fiziksel parametreler zaman ve mekana göre değişiklik gösterir. Bu nedenle, atıksu deniz deşarjı tesislerinin

tasarımı öncesinde yıl boyunca mevsimlik değişimlerin (tercihan bahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde) mahallinde yapılacak oşinografik etütlerle belirlenmesi gerekir.

Denizde yapılacak batımetrik çalışmalar

Deşarj hattının etkin dalga yönüne dik olacak şekilde döşeneceği dikkate alınarak, kanalizasyon hattının denize ulaştığı noktanın her iki tarafından 150 m olmak üzere 30°'lik açıyla denize doğru muhtemel deşarj hattı güzergahında derinlik ölçümleri yapılarak batımetrik (deniz dibi) haritası hazırlanmalıdır. Batımetrik araştırmaların, deniz tabanında meydana gelebilecek mevsimsel değişimleri ortaya koyabilecek sayıda olmak üzere en az iki mevsimde yapılması gerekir (İller Bankası, 2005b:9-10). Deniz tabanı topoğrafyasının belirlenmesi amacıyla su derinliklerinin tespiti ve deniz dibi morfolojisinin tespitine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Bu çalışmalar batımetrik ölçümlerin yapıldığı hatlar arasında ani sığlaşma ve derinleşme tarzında derinlik sapmalarının bulunup bulunmadığı hakkında bilgi vermenin yanı sıra deniz tabanındaki materyal dağılımının belirlenmesi ve (varsa) kablo, batık vb. cisimlerin konumlarının tespit edilebilmesini de sağlamaktadır (F. Yüksel, 2006).

1.3.2. Güzergah ve yapı yerlerinde jeolojik - jeoteknik çalışmalar

Güvenli ve teknik olarak uygulanabilir bir derin deniz deşarjı projesinin oluşturulabilmesi için kara ünitelerinin yer aldığı yapı yerlerinin ve deşarj hattı güzergahının zemin şartlarının önceden tespit edilmesi gerekir.

Zeminin doğal su içeriği, birim hacim ağırlığı, yoğunluğu, boşluk oranı, doygunluk derecesi, geçirimsizlik katsayısı v.b. fiziksel özelliklerinin yanısıra tek eksenli basınç dayanımı, kohezyonu, sıkışma (kompaksiyon) ve konsolidasyon özellikleri araştırılmalıdır. Zemine ait bu özellikler hem arazi hem de laboratuvarlarda incelenmektedir (Kılıç, 2017a:5-6). Ayrıca kıvrımlar, antiklinaller, senklinaller ve tabakalı tüm yapılar (jeolojik yapı) yer kabuğundaki gerilmelerin dağılımını etkilemektedir. Bu gerilmelerin şiddet ve doğrultusunun bilinmesi yer altı yapılarının yerinin, konumunun, boyutunun ve geçeceği güzergahın belirlenmesi adına önem taşımaktadır (Kılıç, 2017b:94).

Herhangi bir yapının inşa edileceği zeminde oluşabilecek problemler iki grupta incelenebilmektedir. Bunlardan birincisi zemin dayanımının tamamen veya ani olarak yok olması nedeniyle oluşan duraylılık (stabilite) problemleridir. İkincisi ise deformasyon problemleridir. Bu durumda zemindeki su içeriği ve suyun zemin içindeki hareketinin incelenmesi önem teşkil eder (Kılıç, 2017a:5-6). Zeminde karşılaşılabilecek problemler aşağıdakilerden herhangi biri olabilir (Altun, 2010:2):

- Temel kazısı ile ilgili problemler
- Kazı sonucu kabarmalar
- Çökebilen, şişen veya organik vb. problemlerli zeminlerin varlığı
- Temel zeminlerinin sıvılaşma potansiyelinin olması
- Şev duraysızlığı
- Yapının şekil değiştirmesine veya zarar görmesine neden olabilecek farklı oturmalar
- Yetersiz taşıma gücü

Yukarıda bahsi geçen problemlerle karşılaşıldığında çözüm alternatifi olarak şu seçenekler değerlendirilmelidir (Altun, 2010:2):

- Sorunlu parselden vazgeçilip yeni bir arazi seçilebilir, bu durumun pek mümkün olmadığı durumlarda zayıf zemin üzerine inşa edilecek yapı zeminden beklenen davranışa uyum sağlayabilecek şekilde tasarlanabilir,
- Zayıf zemin kaldırılarak yerine daha iyi bir malzeme kontrollü olarak yerleştirilebilir,
- Yetersiz ve zayıf zeminin iyileştirilmesi yoluna gidilebilir.

Derin deniz deşarjı tesislerinde kara hattı ve deniz hattının inşa edileceği zeminin özellikleri karada ve denizde yapılacak jeolojik ve jeoteknik çalışmalar ile belirlenmektedir. Araziden alınan örselenmiş ve örselenmemiş örnekler üzerinde zemin sınıflandırma, konsolidasyon, kompaksiyon ve dayanım deneyleri yapılarak zeminin mühendislik özellikleri belirlenir. Çalışma alanındaki jeoteknik birimler üzerinde taşıma

kapasitesi, şişme, farklı ve tam oturma, sıvılaşma, drenaj, kazı duraylılığı v.b. hususlarda değerlendirmeler yapılır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sıvılaşma, yanal yayılma v.b. mühendislik problemlere yönelik çözüm önerileri ve iyileştirme yöntemleri sunulur (İller Bankası, 2005b:15). Aşağıda derin deniz deşarjı tesisi kara yapılarının yer aldığı sahada yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir.

Atıksu toplama sistemlerinin son noktası genellikle bölgenin en düşük kotlu yeri olan nehir kenarı, dere yatağı veya bataklık arazidir. Deniz kıyısı olan yerleşim bölgelerinde ise koy veya körfezdir. Zemin koşullarının iyi olmadığı, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu bataklık v.b. arazilerde zeminin taşıma gücü oldukça zayıftır. Arıtma tesisinin inşa edileceği alan olarak belirlenen arazide uygun sayıda zemin sondajı yapılarak zemine ait özellikler belirlenir. Bu aşamada zeminin taşıma gücünün yeterli olup olmadığına, zemin ıslahının gerekli olup olmadığına, temel inşaatı sırasında ve ileride alınması gereken önlemlere yönelik jeolojik-jeoteknik incelemeler yapılır (N. Balkaya ve M. Balkaya, 2005:29).

Zemin incelemelerinin tamamlanmasından ve ihtiyaç var ise iyileştirmeden sonra inşa işlemine geçilir. Özel iksa sistemlerine ihtiyaç duyulmayan, kendini tutabilen zemin cinslerinde uygun şevler oluşturularak inşa edilecek arıtma ünitelerinin temel seviyesine kadar hafriyatının yapılması mümkündür. Şevli kazı yapma olanağının olmadığı veya şevli kazı yapmanın ekonomik olmadığı durumlarda yeraltı suyunun kazı içerisine girmemesi için geçirimsizlik perdeleri oluşturulur. Diyafram perde, palplanş, kesişen jet-grout, kesişen fore kazık geçirimsizlik perdesi olarak uygulanan başlıca yöntemlerdir. Arıtma ünitelerinin temel sistemlerinde radye temeller kullanılırken, idari bina, blower binası, trafo v.b. yardımcı ünitelerde ise zeminin taşıma gücüne bağlı olarak mütemedi, münferit ve radye temel sistemleri kullanılmaktadır. Taşıma gücü zayıf olan zeminlerde ise oturma ve yüzme problemine karşı kazıklı temel sistemlerinden faydalanılabilmektedir. Ayrıca bu gibi zeminlerde zemin uygun bir iyileştirme yöntemiyle oturma ve stabilite yönünden sorunsuz hale getirilerek yapı iyileştirilen zemin üzerinde de tasarlanabilir. Bu amaçlarla kullanılan başlıca zemin iyileştirme yöntemleri (N. Balkaya ve M. Balkaya, 2005:30);

- Ön yükleme ve sürşarj
- Derin sıkıştırma

- Düşey drenler
- Temel enjeksiyon
- Zemin güçlendirilmesi
- Geosentetikler (geotekstil, geogrid, geomembran, geokompozit vb.)

1.3.3. Deniz tabanı zemininin özellikleri

Deniz tabanına çeşitli yöntemlerle belirli bir mesafede teşkil edilecek olan deşarj hatlarında güvenilir bir dip stabilitenin sağlanması gerekir. Bunun için gerekli olan, çevresel koşullara ait güvenilir verilerin elde edilmesi ve deniz dibi stabilitesini etkileyen fiziksel faktörlerin doğru tespit edilmesidir. Kaya gibi stabil zeminlerde deşarj hattını zemine gömmek hattın ömrünü uzatacak bir koruma yöntemidir. Ancak bazı durumlarda deniz tabanında kaya kazısının yapılması fazla maliyet gerektirebilir. Bu gibi durumlarda özellikle küçük çaptaki deşarj hatlarında deniz tabanına yerleştirilen beton mesnetler veya kayalık zemine tutturulmuş beton yataklar kullanılabilir. Beton mesnet kullanılması durumunda borunun çeşitli yükler altında eğilmemesi için mesnet açıklıklarının iyi hesaplanması gerekir. Yumuşak kaya ve mercan döküntülerinin olduğu zeminlerde boru döşenmesi kolay ve ekonomik olmaktadır. Örneğin ABD'nin Miami Şehri'nde 90 cm çapında ve 1600 mm uzunluğundaki deşarj borusu zeminden 60 cm aşağıya gömülerek inşa edilmiştir. Hattın üzeri bazı yerlerde 80 m aralıklarla beton dolgu ile bazı yerlerinde ise hendek taş dolgu ile örtülerek hat korumaya alınmıştır (Berkün, 2006:253).

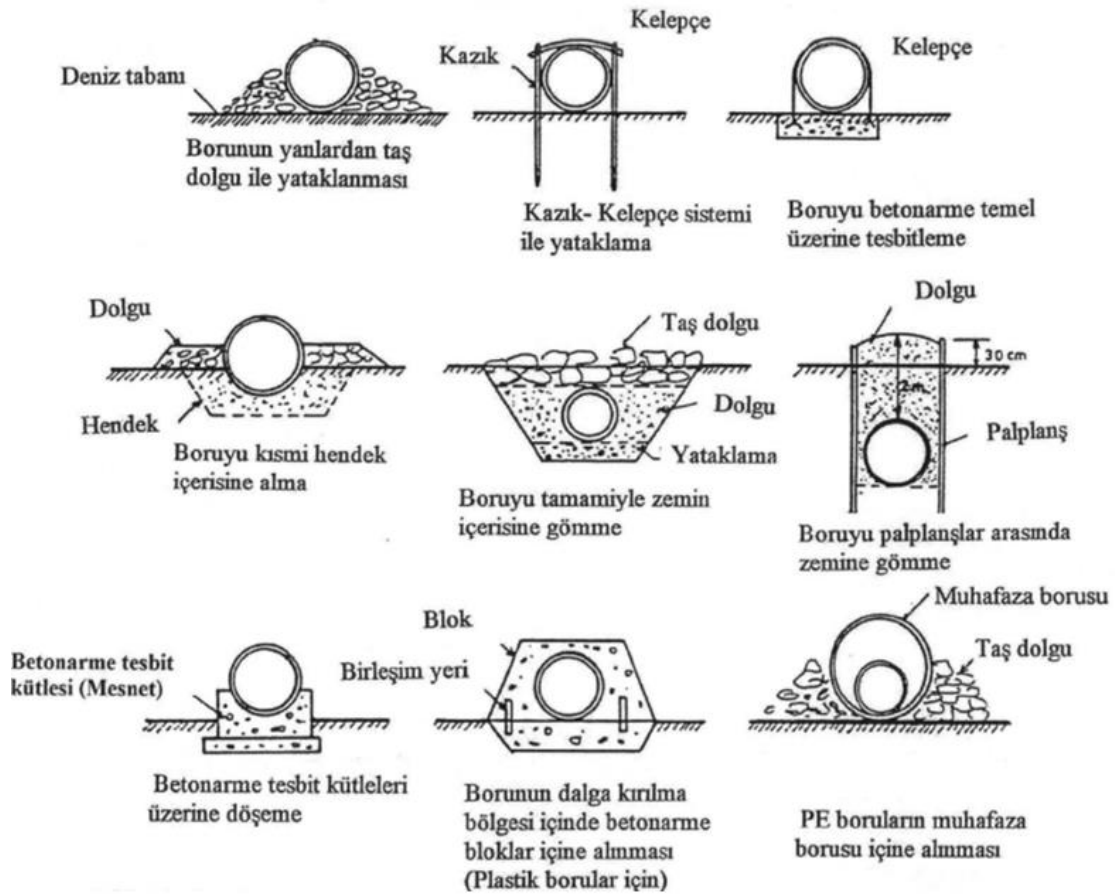
Kum ve çakıl zeminlerde boru zemine gömülerek ankraj yapılabilir. Burada zeminin stabil olmaması problemdir. Zemin malzemesi hareketinin çok olduğu yerlerde borular palplanş koruyucu perde içine alınarak gömülebilir. Bu perdeler özellikle kum gibi zeminlerde temel açılmasını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca döşeme sırasında ve inşa bittikten sonra boru etrafında yer değiştiren malzemeleri boru dışında tutarak, deşarj borusunun bu hareketlerden etkilenmesini önler (Berkün, 2006:253).

Deniz tabanı topoğrafyası değişiminin fazla olduğu yerlerde boruların mesnetler üzerine alınması döşeme işlemini kolaylaştırır. Bu durumun uygulandığı bir örnek verecek olursak; ABD'de Hyperion deşarjında borular kum zemine H tipi kazıklar ile tespit edilen

ve 30 m aralıklarla yapılan beton platformlar üzerine oturtulmuştur. Boru alt noktasının taban zeminine uzaklığı 1.50 m'dir (Berkün, 2006:253).

Zemin erozyonunun fazla olmadığı yerlerde küçük çaptaki çelik borulara beton blok ve zincir kullanılarak ankraj yapılabilir. Ağır zincirin bir ucu zemine oturan beton bloğa diğer ucu boruya bağlanır. Ancak dalga tahribatının fazla olduğu sahiller için bu tip ankraj uygun değildir (Berkün, 2006:253).

Stabil olmayan, çökmelerin olduğu ve devamlı olarak şekil değiştiren gevşek zeminlerde ise deşarj borularının kazık temeller üzerine oturtulması en iyi çözümdür. Dünya'da bu yöntemin başarılı olarak uygulandığı örnekler mevcuttur. Bunlardan biri Kanada'nın Vancouver Şehri'nde yapılan deşarj hattıdır. Burada çapı 155 cm olan betonarme borular 1 km'lik hat boyunca kazık temeller üzerine oturtulmuştur (Berkün, 2006:253). Şekil 1.1.'de boruların deniz tabanına mesnetlenmesinde sıklıkla kullanılan uygulama tipleri görülmektedir.



Şekil 1.1. Tespit kütellerini monte ederek veya diğer yollarla boru döşeme seçenekleri (Öztürk, 2011:259)

Deniz deşarjı tesislerinin güvenilir bir şekilde tasarımı için, inşa edilmeleri öngörülen yörelerdeki deniz tabanının zemin yapısının ve jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Ayrıca, karakteristik özelliklere sahip olan çok sayıdaki mühendislik sismik kesitleri ile zemin örnekleme çalışmalarıyla elde edilen sonuçların birlikte irdelenmeleri sonucunda, güvenilir jeolojik yorumlamalar yapılabilmektedir.

Zemin hakkında gerekli bilgileri elde etmek amacıyla yapılan en önemli çalışma sondajlardır. Deniz kesiminde sismik ölçümlerin değerlendirilmesi ve deniz tabanı altındaki zeminin türünün ve jeoteknik özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla jeoteknik sondaj yapılarak zemin örnekleri alınmalıdır. Deniz altı sondajları sırasında yapılan standart penetrasyon testi (SPT) ve alınan karotlar üzerinde zemin sınıfı, birim hacim ağırlığı, tane boyu dağılımı, zemin sınıfı, taşıma gücü, oturma miktarı, açılacak hendeklerin şev açısı gibi temel bilgiler belirlenmelidir. Ayrıca gerektiğinde taban topoğrafyasının yıl içinde değişimi ile kıyı erozyonu durum karşılaştırılmalıdır (Öztürk, 2015:56).

Sondajlarda yapılan SPT sırasında alınan örselenmiş zemin örnekleri üzerinde laboratuvarında sınıflama ve fiziksel özellikler, Shelby tüpü ile alınan örselenmemiş, örnekler üzerinde üç eksenli ve konsolidasyon deneylerinden elde edilen verilerle taşıma gücü ve oturma miktarı, kesme kutusu deneylerinden elde edilen rezidüel kohezyon ve içsel sürtünme açıları yardımı ile hendek şev stabilitesinin irdelenmesinde ve deniz tabanının taşıma gücünün tayininde kullanılmaktadır. Deşarj hattının güvenliği için bu özelliklerin araştırılması önem arz etmektedir.

1.4. Deşarj Öncesi Atıksu Arıtımı

Derin deniz deşarjı sistemleri yöresel şartlar, deşarj hattı uzunluğu, alıcı ortam özellikleri, difüzör sistemi gibi unsurlara bağlı olarak yüksek seyrelmeler sağlanmasına rağmen, atıksuların gerekli önlemler alınmaksızın doğrudan deşarj edilmesinin bazı sakıncaları olabilir. Atıksu içeriğindeki katı partiküllerin özellikle difüzör etrafında çökerek deniz tabanında birikmesi, azot ve fosfor gibi besin maddelerinin ötrofikasyona sebep olarak deniz suyu kalitesini olumsuz etkilemesi en olası sakıncalarındandır (Dölgen Alpaslan ve Sarptaş, 2006:586).

Deşarj öncesi arıtım uygulaması genellikle su alışverişinin sınırlı olduğu kapalı körfez ve iç denizlere yapılan atıksu deşarjlarında söz konusu olmaktadır. Bu gibi durumlarda alıcı ortamda kirleticilerin önemli oranda birikmesi ve bu kirleticilerden özellikle nütrientlerin (besi maddeleri) kapalı su ortamlarında birikmesi yosunlaşmaya (ötrofikasyon) yol açabilir. Bu sebeple alıcı ortamda çözünmüş oksijen eksikliği yönünden çok önemli problemler olmasa bile, deşarj öncesi arıtma ve nütrient giderimi büyük önem taşır. Bunun yanında alıcı ortamın estetik durumunu bozan yağ-gres, yüzücü maddeler, renk ve koku parametrelerinin kontrolü için de deşarj öncesinde arıtma gerekmektedir (Berkün, 2006:160).

Ön arıtma atıksuda bulunan virüslerin giderimi için de gerekebilir. Zira virüsler için T_{90} (konsantrasyonun %90 azalması için gereken süre) değeri 48 saat mertebesindedir. Dolayısıyla deniz deşarjı tesisleri bakterilerin yok olması için gereken süreyi sağlamasına karşılık virüsler için yetersiz kalabilmektedir. Eysel atıksulardaki virüs konsantrasyonları, 10^2 - 10^5 PFU/100 ml mertebesindedir. Teorik olarak 1 PFU (Probable Fecal Units, muhtemel sayı)'nın dahi hastalık yapabileceği göz önüne alınırsa bunların yok olma süresinin en az 1/1000'lik bir seyrelmeyi sağlayabilmesi gerekmektedir. Bu derece yüksek seyrelmenin sağlanamaması durumunda, virüslerin tercihen fizikokimyasal yöntemlerle deşarjdan önce arıtımı gerekebilir (Berkün, 2006:160).

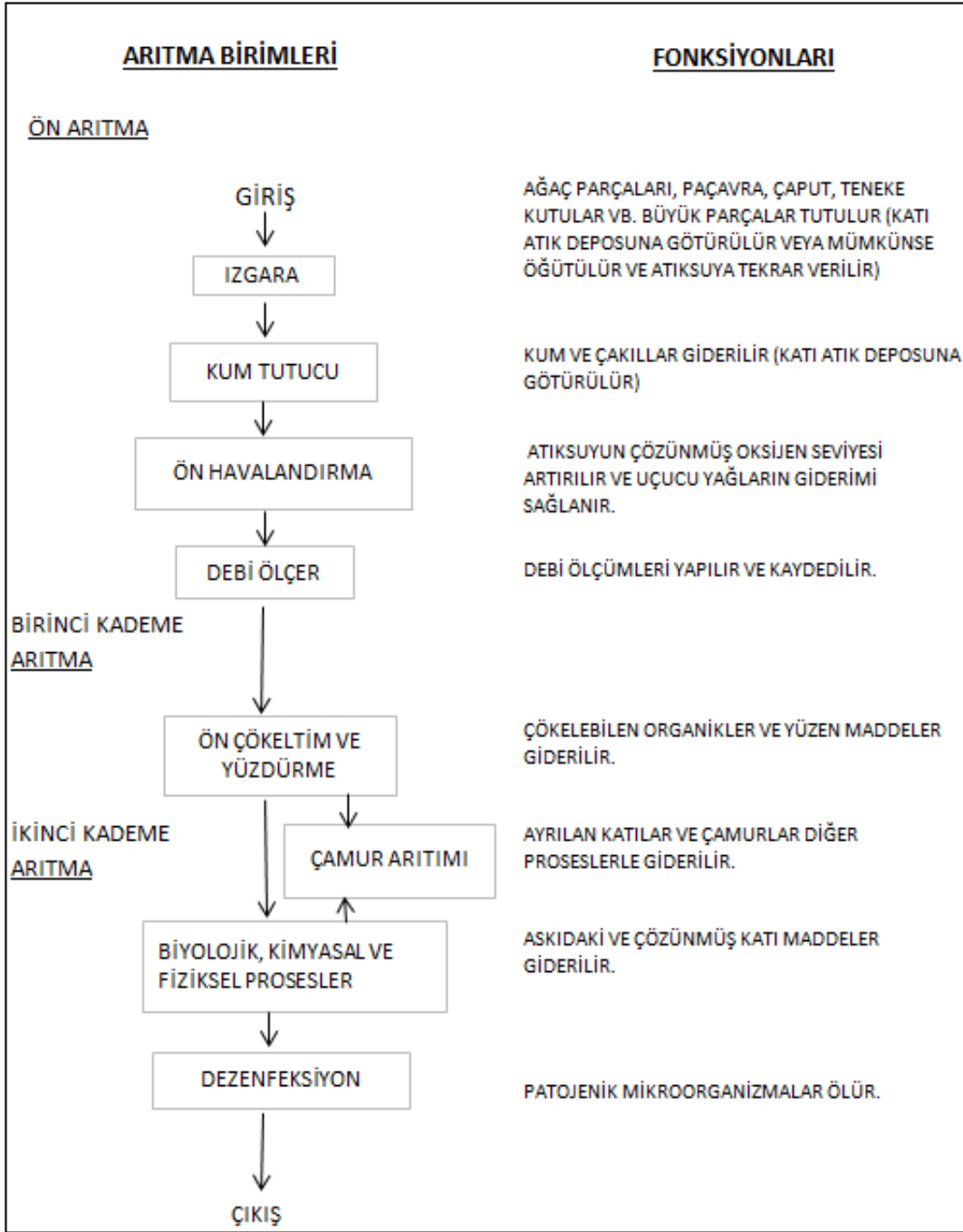
Arıtma tesisine ulaşan atıksular öncelikle iri maddelerden arındırılır. Bu ya ızgaralar vasıtasıyla iri maddelerin ayrılarak katı atık deposuna sevki veya öğütülerek atıksuya tekrar verilmesini takiben ileri safhadaki ünitelerde arıtılması şeklinde olur. Pompalardaki tıkanma probleminin önlenmesi bakımından atıksudaki iri maddelerin giderilmesi gereklidir. Kum ve çakıl benzeri inorganik kökenli ağır maddeler kum tutucu ünitesinde giderilir. Böylece arıtma ünitelerinde bulunan mekanik aksamın zarar görmesi asgariye indirilir. Kum tutucu çıkışına kadar olan arıtmaya ön arıtma denir. Ön arıtmadan sonra yer alan debi ölçer ile arıtılan atıksuyun miktarı kaydedilir. Birincil arıtmada (mekanik arıtma) ön çöktürme havuzlarında 1~2 saat kendiliğinden çökelebilen organik kökenli katı maddeler çökelttilerek atıksudan ayrılır. Ayrıca yüzen maddeler havuz yüzeyinden sıyrılarak atıksudan ayrılır. Ön çökeltim çıkış suyunda %30~35 civarında BOİ5, %70 civarında AKM giderimi sağlanır (Topacık, 2000:4).

Kum tutucuda kumun yıkanmasını sağlayacak spiral bir akım oluşturmak için havuzun bir kenarı boyunca hava verilir. Havuz üzerinde ileri geri hareket eden bir köprü ve köprüye bağlı bir pompa ile tabandaki kumlar kum yıkayıcı helezona gönderilir. Kum tutucuya suyun çaprazvari dolaşımını sağlamak için blowerlarla hava verilir. Pompa ile kum tutucu tabanından çekilen sulu kum önce kum toplama kanalına, buradan yıkama ve sınıflama amacıyla bir helezondan geçirilerek kum ve su ayrılır. Suyu ayrıştırılmış kum konteynerda toplanarak tesisten uzaklaştırılır. Besin giderimi, yüzücü maddeler, yağ, gres ve kokunun kontrolü için ön arıtma gerekmektedir (İller Bankası, 2017:18-22).

Biyolojik arıtmanın yapıldığı ikinci kademe arıtmada ise çökelemeyecek kadar küçük askıdaki maddeler veya çözünmüş haldeki azot, fosfor organik madde gibi kirletici unsurlar okside edilerek veya biyokütle haline dönüştürülerek giderilir. Bu proseste esas görevi bakteriler yapmaktadır. Biyolojik arıtma ile %90 seviyelerinde BO₅ giderimi sağlanır. Atıksuda bulunan hastalık yapıcı mikroorganizmaların giderimi için dezenfeksiyon uygulanır. En yaygın dezenfeksiyon yöntemi klorlama olmakla birlikte UV ve ozon uygulamaları da yaygınlaşmaktadır (Topacı, 2000:11).

Ülkemizde atıksulardan veya arıtılmış sulardan numune alınması ve analiz işlemi SKKY'nin 29. maddesi uyarınca Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği'ne göre yapılmaktadır. SKKY'nin 29. maddesinin dokuzuncu fıkrası ve ek fıkrasında "Atık su debisi 500 m³/gün üzerinde olan işletmelerin atıksu arıtma tesisi çıkış noktasında numune alma bacası, otomatik numune alma ve debi ölçme cihazı bulundurması zorunludur. Atık su debisi 200-500 m³/gün arasında olan işletmelerin atıksu arıtma tesisi çıkış noktasında numune alma bacası ve otomatik numune alma cihazı bulundurması zorunludur" ve "Derin deniz deşarjı ile sonuçlanan bütün atıksu arıtma veya ön arıtma tesislerinin çıkış noktasında numune alma bacası, atıksu debisi 1000 m³/gün üzerinde olan tesislerin ise, ayrıca otomatik numune alma ve debi ölçme cihazlarını bulundurmaları zorunludur" denilmektedir (SKKY, 2004).

Tipik bir atıksu arıtma tesisinde yer alan arıtma birimleri ve bu birimlerin işlevleri Şekil 1.2.'de verilen akış diyagramında belirtilmektedir.



Şekil 1.2. Atıksu arıtma tesisi proseslerinin akış diyagramı (Topacık, 2000:5)

1.5. Arıtma Tipine Göre Deniz Deşarjı Yöntemleri

Atıksuyun özelliğine ve kıyıların kullanım amaçlarına bağlı olarak seçilen arıtma yöntemi derin deniz deşarjı tesislerinin verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Arıtımın derecesi özellikle yoğun kıyusal faaliyetlerin yaşandığı ve turistik öneme sahip hassas kıyı alanlarının ve deniz suyu kalitesinin korunması açısından önem taşımaktadır (Yalçın ve Muhammetoğlu, 2005:655).

Deşarjın yapılacağı alıcı ortamın oşinografik, batimetrik, geoteknik, hidrografik ve ekolojik özellikleri araştırılarak kısmi veya tam arıtma yapılacağına karar verilir. Atıksuların deşarj öncesi arıtımı, su kalite standartları değerlerine göre farklılık gösterebilmektedir. Arıtma tipine göre deniz deşarjı sistemlerini şu şekilde sıralayabiliriz (Samsunlu, 2014:23):

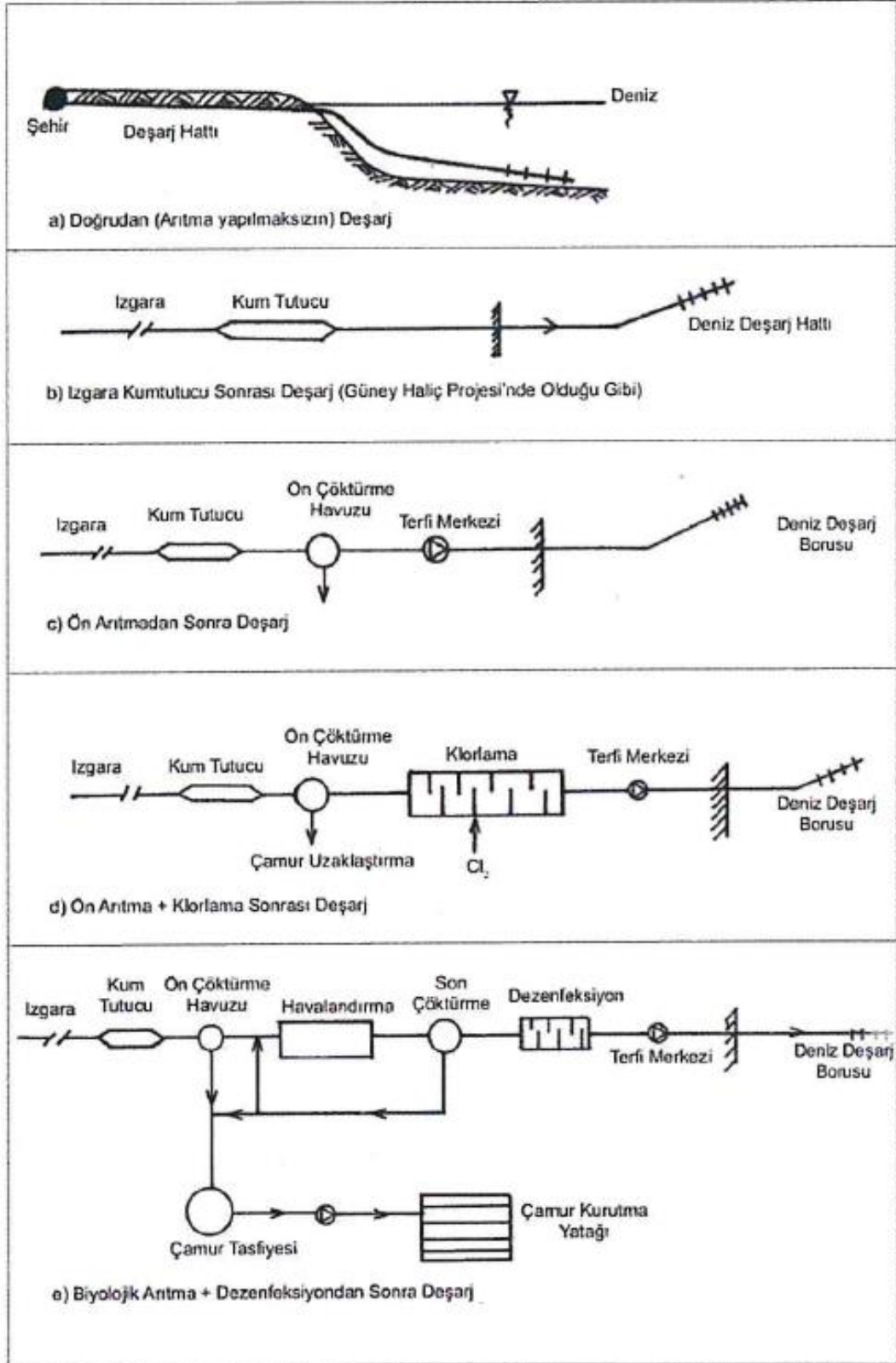
- Doğrudan (Arıtma yapılmaksızın) Deşarj
- Izgara+Kum Tutucu Sonrası Deşarj
- Ön arıtmayı müteakip derin deniz deşarjı
- Ön arıtma ve dezenfeksiyon sonrası deniz deşarjı
- Biyolojik arıtmayı müteakip deniz deşarjı

Alıcı ortamın su kalitesi gözetilerek belirlenen arıtma yöntemi sonrası atıksu ilk karışım, güneşin UV etkisi, akıntı ve türbülans yoluyla seyrelme gibi doğal süreçlerden geçerek arıtılmış olur. Su alışverişinin sınırlı olduğu kapalı koy ve körfezlerde (hassas su ortamları) deşarj öncesinde ikinci kademe biyolojik arıtma veya gerektiğinde azot, fosfor (N,P) besin maddesi giderimi yapılabilir (Öztürk, 2011:7).

Çok küçük yerleşimlerde dahi önerilen asgari arıtma, atıksuların ızgaradan geçirilerek mekanik olarak arıtılmasıdır. Orta ve büyük şehirlerde ise yaygın olarak biyolojik arıtma yöntemleri kullanılmaktadır (Öztürk, 2011:36).

Yukarıda bahsi geçen arıtma yöntemlerinde arıtma derecesi arttıkça sisteme farklı üniteler eklenmektedir. Bu da sistemin tamamı için ilave maliyet gerektirir. Bu nedenle arıtma yöntemleri, alıcı ortam için istenen su kalitesinin ekonomik olarak sağlanabilmesi yönünden farklılık göstermektedir. Arıtmanın derecesine bağlı olarak gerekli ekipman sayısını alabilecek uygun büyüklükteki arazinin varlığı, tesisin ihtiyaç duyduğu enerjinin temin edilme durumu gibi faktörler göz önünde bulundurularak deşarj hattının toplam maliyetini asgari düzeyde tutan arıtma alternatifi seçilmelidir. Ayrıca atıksu arıtma tesisinden istenen su kalitesinin sağlanması önemli ölçüde bakım ve işletme koşullarına bağlıdır.

Denize deşarj öncesinde atıksuya uygulanabilecek arıtma alternatifleri ve sistemleri Şekil 1.3.'te gösterilmektedir.



Şekil 1.3. Alternatif deniz deşarjı sistemleri (Samsunlu, 2014:23)

1.6. Kara ve Deniz Hattı Üniteleri

Bir derin deniz deşarjı planlamasında, projenin amacına ve ekonomik koşullara bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte kara hattı başlıca; atıksu arıtma tesisi ve üniteleri, deşarj terfi merkezi, yükleme odası, denge bacası gibi birimlerinden oluşmaktadır. Deniz hattı ise atıksuyu taşıyan deşarj boruları ve hattın ucunda atıksuyun alıcı ortamla karışmasını sağlayan yayıcı (difüzör), borunun deniz tabanına indirilmesini sağlayan batırma blokları, boruyu sabitlemek için kullanılan gabion, ve hattı deniz trafiğinden korumak için hattın görünürlüğünü sağlayacak olan işaret şamandıralarından oluşmaktadır.

Derin deniz deşarjı tesislerini, deşarj öncesinde toplanan atıksuların arıtılmasını sağlayan ekipmanların bulunduğu kara hattı ve arıtma tesisinden çıkan atıksuyun alıcı ortama ulaşmasını sağlayan kıyıda denizin belirli bir mesafesine kadar ulaşan deniz hattı olarak iki kısımda inceleyebiliriz.

1.6.1. Derin deniz deşarjı kara hattı üniteleri

Derin deniz deşarjlarında seyrelmenin tam olarak sağlanamadığı durumlarda atıksudaki hastalık yapıcı organizmaların halk sağlığı üzerindeki riskleri göz ardı edilemez. Bu sebeple deniz deşarjı öncesinde çeşitli kademelerde arıtma proseslerini içeren, kara yapıları olarak adlandırılan üniteler yer alması gerekmektedir (Dölgen ve diğerleri, 2006:586).

Deniz deşarjına izin verilebilecek atıksulardaki sınır değerlerin sağlanabilmesi amacıyla gerekmesi halinde projelendirilecek olan kara tesisine yönelik şu çalışmalar yapılır (İller Bankası, 2005b:8-9) :

- Kara tesisinin kurulacağı alanın, mülkiyet durumu, tesisin feyzan altında kalma tehlikesi, arazi topoğrafyası, zeminin görünen durumu, ulaşım durumu ve enerji temin noktasının tesise yaklaşık uzaklığı göz önüne alınarak uygun tesis yeri belirlenir.
- Kanalizasyon toplayıcı ve kollektör hatları, derin deniz deşarjı kara tesisinin yeri, kara tesisi ile deşarj borusu arasındaki bağlantı hattının gösterildiği genellikle 1/25 000 ölçekli genel durum planı hazırlanır.

- Kanalizasyon şebeke planlarından faydalanarak, kanalizasyon kollektör hattının deniz deşarjı kara tesisine bağlantısının ve deniz deşarjı kara tesisi ünitelerinin ve kara tesisi ile deşarj hattı genellikle 1/500 ölçekli genel yerleşim planında detaylı olarak gösterilir.
- Kara tesisi üniteleri kademe yılları baz alınarak boyutlandırılır. Kara tesisi ile deşarj hattı arasındaki bağlantı hatları projelendirilir ve tevsî üniteleri de göz önüne alınarak yük kayıpları hesaplanarak hidrolik profil çıkartılır. Derin deniz deşarjı kara tesisinin (son kanalizasyon kollektör bacası ile denize çıkış noktası arası) yatay ve düşey ölçekli hidrolik profili verilir.

Örnek teşkil etmesi bakımından Resim 1.1.'de Kumluca (Antalya) atıksu arıtma tesisine ait kara yapıları görülmektedir. Sarı ile gösterilen hat, geçici deşarj yeri olan Akmaz Çayı'na bağlantıyı, mavi ile gösterilen hat ise etüt aşamasında önerilen deniz deşarjı kara hattı güzergahını ifade etmektedir.



Resim 1.1. Kumluca Atıksu Arıtma Tesisi ile geçici deşarjı (sarı) ve etüt aşamasında önerilen deniz deşarjı kara hattı güzergahı (mavi) (İller Bankası, 2013a:17)

Karada hattında yer alan bazı elemanlar ve fonksiyonlarından aşağıda bahsedilmektedir:

Terfi merkezi

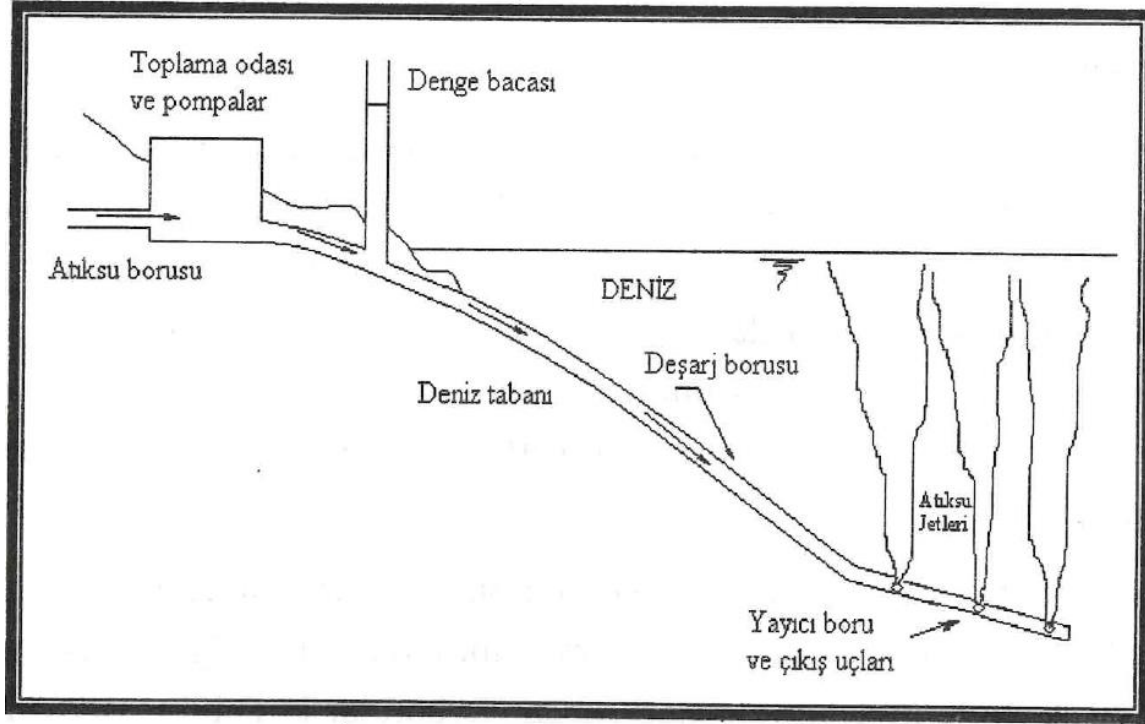
Sahil yerleşimlerinde kanalizasyon sistemleri ile toplanan kullanılmış sular topoğrafyanın durumu nedeniyle en düşük kot olan deniz kıyısına doğru akış gösterir ve buradan da ana kollektörle (ön) arıtma tesisine veya pompa merkezine iletilir. Deniz deşarjı sistemlerinde tesisinin daima vazgeçilmez elemanı pompalardır. Çünkü atıksuyun deşarj borusundan istenilen hızda akıtılıp, yayıcıdan istenilen momentumda çıkmasını sağlamak için gerekli olan enerji pompa ile temin edilir. Pompa merkezi kara yapılarının son ünitesi olarak denize çıkış noktasında olabilir. Atıksular pompa merkezinden doğrudan deşarj borusuna basılabileceği gibi, yeterli seviyedeki bir yukarı kota yerleştirilen “yükleme kuyusu” na çıkartılarak gerekli olan potansiyel enerji sağlandıktan sonra buradan deşarj borusu ile çıkış yapılabilmektedir. Basma debisi ve pompaların manometrik yüksekliği pompa seçimini belirleyen iki önemli parametredir (Ö. Yılmaz, 2005:64).

Deniz deşarjı tesislerinin yer aldığı sahil yerleşimlerinde yaz ve kış nüfuslarında dolayısıyla debilerinde önemli farklılıklar vardır. Bu nedenle pompa kapasitesi belirlenirken değişken (mevsimlik) debiler esas alınmalıdır. Pompa seçiminde değişken debiler dikkate alınmalıdır. Pompa sayısı ve kapasitesi belirlenirken temel amaç, yıl içinde değişen debinin pompa haznesinde fazla bekletilmeden, mümkün mertebe eşit bir dağılımla deşarj hattına verilmesidir. Yaz ve kış debileri arasındaki farkın çok olduğu yerlerde aynı kapasitede çok sayıda pompa konulması zorunluluğu doğabilir. Ancak bu çözüm ekonomik olmayacaktır. Bu durumda aynı kapasitedeki çok sayıda pompa konulması yerine farklı kapasitelerde olan birkaç pompanın teşkil edilmesi ile sorun çözülebilir (Ö. Yılmaz, 2005:65).

Denge bacası

Yer çekimiyle deşarjın mümkün olmadığı durumlarda pompalama gerekir. Eğer deşarj için bir pompa sistemi kullanılacaksa pompaların ani olarak durması sonucunda, oluşacak su darbeleri nedeniyle boruların ve pompaların zarar görmemesi için pompalar ile deşarj borusu arasında bir denge bacası veya darbeyi önleyici başka bir sistem

konulmalıdır. Bu durum aynı zamanda borularda hava birikmesi sonucu boruların yüzücü hale gelmesini engeller. Deşarj için gerekli toplam yük pompalama ekonomisinin sağlanması açısından önemlidir (Berkün, 2006:181). Şekil 1.4.'te DDD sitesinde toplama odası ve denge bacasının yerleşim durumu şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Toplama Odası ve Denge Bacası (Berkün, 2006:159)

Debimetre yapısı

Tesise gelen atıksuyun kum tutucu çıkışından sonra debisinin kayıt altına alınması amacıyla bir debimetre yapısı teşkil edilir.

Koku kontrol sistemi

Projelendirilecek olan arıtma tesisi yerleşim sınırları içerisinde yer alıyorsa koku problemini engellemek amacıyla ünitelerin bir bina içerisine yerleştirilmesi uygun olacaktır.

Kokunun kaynağı olan giriş yapısı, kaba ve ince ızgaralar, havalandırmalı kum tutucu, deşarj terfi merkezi gibi üniteler kokulu hava arıtımına bağlanır. Bu alanlardan

toplanan havanın kokusu merkezi bir birimde kimyasal koku giderme ünitesinden geçirilerek atmosfere verilir.

1.6.2. Derin deniz deşarjı deniz hattı üniteleri

Yayıcı (Difüzör)

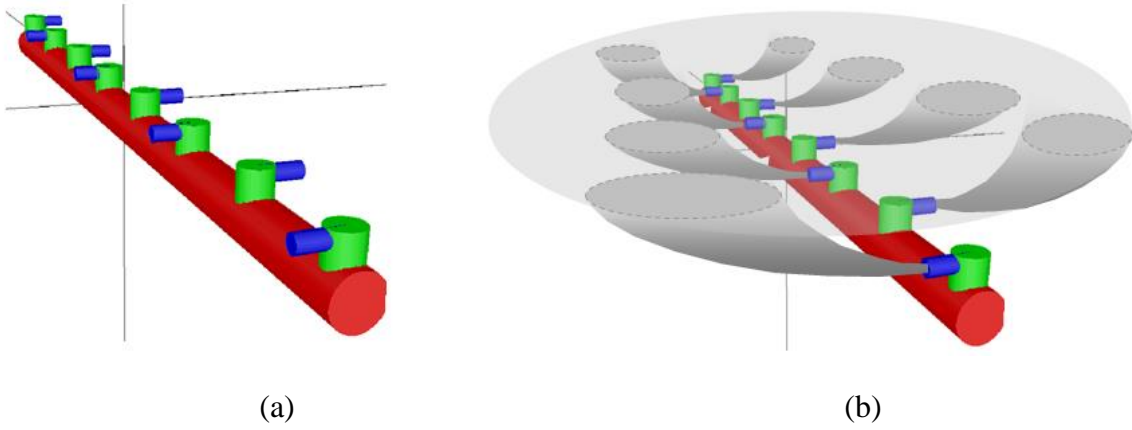
Alıcı ortama verilen atıksu bulutunun seyreltilebilmesi amacıyla atıksu deşarj borusunun ucuna eklenen ve çoklu bir jet akımı sağlayan delikli borulardır. Resim 1.2. ve Resim 1.3.'te difüzör ve yükselticili tip difüzör örnekleri görülmektedir. Şekil 1.5.'te ise difüzör borusu ve difüzör borusundan atıksu çıkışı şematik olarak gösterilmiştir.



Resim 1.2. Yayıcı (difüzör) borusu



Resim 1.3. Yükselticili tip deniz deşarjı yayıcı (difüzör) örneği



Şekil 1.5. Derin deniz deşarjı hattında yayıcı/dağıtıcı (difüzör) borusu örnek detayı (a) ve yayıcıdan atıksu çıkışının şematik gösterimi (b) (Öztürk, 2010:17-19)

İşaret şamandıraları

Deniz sahasında avlanma veya seyir halindeki deniz araçlarının çapa taraması deniz deşarjı hatlarının hasar görmesi bakımından risk teşkil eder. İşaret şamandıraları deniz araçlarının deşarj hattı güzergahını görebilmeleri ve demirleme yasağı olan bölgenin belirlenmesi amacıyla, deşarj hattı üzerine ve yayıcı bitimine yerleştirilen ekipmanlardır. Resim 1.4.'te deşarj hattı üzerine yerleştirilen bir işaret şamandırası görülmektedir.



Resim 1.4. İşaret şamandırası (C. Yılmaz, 2006)

1.7. Deşarj Parametreleri ve Su Kalitesi Standartları

Atıksuların denize deşarjında dikkat edilmesi gereken hususlar aşığıdaki gibidir (Ludwig, 1988:3) :

- Yeterli difüzör sistemi ile donatılmış, iyi bir şekilde tasarlanmış uzun deşarj hatlarında biyolojik oksijen gereksinimi (BOD), çözünmüş oksijen, askıda katı madde, tuzluluk ve besin maddeleri gibi kanalizasyon unsurları önemini kaybeder. Bu durumda genellikle minimum 100 ila 1 seyrelme değeri hemen elde edilir.
- Ekolojik hasara neden olabilecek DDT, PCB gibi zehirli maddeler atıksudan gerekli seviyelere kadar ekonomik olarak alınmaz. Bu nedenle bu tür maddelerin kaynağındayken atıksuya karışması önlenmelidir.
- Zamanla kıyıya geri dönen ve estetik görünümü bozan kalıcı yüzen maddeler deşarjdan önce atıksudan arındırılmalıdır.
- Su ortamında canlıların büyümesini sağlayan besin elementlerinden azot ve fosfor en önemlileridir. Besin elementlerinin aşırı miktarda artışı alglerin çoğalmasına ve ötrifikasyona yol açacaktır.

Yukarıda bahsi geçen DDT, PCB, PCP, vb. zehirli maddeler ve ağır metaller endüstriyel kökenli atıksuların bünyesinde bulunabileceğinden bu parametreler bilhassa endüstriyel atıksu deşarjlarında önem kazanmaktadır.

Su kalite standartları sahil sularının kullanım amacına göre değışmektedir. Atıksuda bulunan çok sayıda organizmadan koliform grubu bakteriler rekreasyon alanları (yüzme ve su sporları amaçlı) için deniz deşarjı ve difüzör hattı projelendirilmesinde kullanılan temel göstergedir (Ludwig, 1988:29).

Deşarj hattının geçeceği seçilen güzergahta kıyı sularının plaj veya benzeri amaçlarla kullanılması durumunda kirlenme riski açısından korunması gereken mesafe olarak tabir edilen **koruma bölgesi mesafesi** için kesin bir standart bulunmamakla beraber pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de kıyıdan asgari 200-300 m uzaklıktaki sahil bandı genişliği alınabilir (Öztürk, 2011:49).

100 ml ham atıksuda 10^8 - 10^9 olan civarında olan koliform sayısının deşarj sonrasında kıyı ile koruma bölgesi sınırı arasında kalan herhangi bir yerden alınan 100 ml deniz suyunda en çok 1000 olması gerekmektedir (İller Bankası, 2005a:28).

Nüfus ve debiye bağılı olarak, seçilmesi gereken minimum deşarj boru boyu değerleri çizelge 1.2.'de de verilmiştir. Atıksu deniz ortamına verildikten sonra SKKY tablo 23'te ve tablo 4'te verilen deniz ortamına ait özelliklere uyum sağlamalıdır. Bu özellikler çizelge 1.3.'te verilmiştir. Derin deniz deşarjlarında "Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği"nde getirilen kısıtlamalara uyulması gerekir.

Çizelge 1.2. Evsel atıksu debilerine göre deşarj boru boyu (SKKY, 2004)

Nüfus	Debi	Minimum Deşarj Boru Boyu
< 1000	200 m ³ /gün	500 m
1000 - 10000	200 – 2000 m ³ /gün	1300 m

Çizelge 1.3. Derin ve sığ sulara yapılan deniz deşarjları için uygulanacak kriterler (SKKY,2004)

PARAMETRE	LİMİT
Sıcaklık	Deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35 °C yi aşamaz. Sıcak/soğuk su deşarjları, difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S ₁) sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını, Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C den, diğer aylarda ise 2 °C den fazla arttıramaz. Ancak, deniz suyu sıcaklığının 28 °C'nin üzerinde olduğu durumlarda, soğutma amaçlı olarak kullanılan deniz suyunun deşarj sıcaklığına herhangi bir sınırlama getirilmeksizin, alıcı ortam sıcaklığını 3 °C'den fazla değiştirmeyecek şekilde deşarja izin verilebilir.
En Muhtemel Sayı (EMS) olarak toplam ve fekal koliformlar	Derin deniz deşarjıyla sağlanacak olan seyrelme sonucunda insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın %90'ında, EMS olarak toplam koliform seviyesi 1000 TC/100 ml ve fekal koliform seviyesi 200 FC/100 ml'den az olmamalıdır.
Katı ve yüzen maddeler	Difüzör çıkışı üzerinde, toplam genişliği o noktadaki deniz suyu derinliğine eşit olan bir şerit dışında gözle izlenebilecek katı ve yüzer maddeler bulunmayacaktır.
Diğer parametreler	SKKY tablo 4'te verilen değerlere uyulacaktır.

Denize boşaltılan atıksulardaki kirlilik parametrelerinin SKKY'nin 34. maddesi uyarınca verilen tablo 22'deki kriterlere uyması gereklidir. Bu kriterler çizelge 1.4.'te verilmiştir.

Çizelge 1.4. Derin deniz deşarjına izin verilebilecek atıksuların özellikleri (SKKY, 2004)

PARAMETRE	SINIR	AÇIKLAMA
pH	6-9	-
Sıcaklık	35°C	-
Askıda katı madde (mg/L)	350	-
Yağ ve gres (mg/L)	15	-
Yüzer maddeler	Bulunmayacaktır	-
5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacı, BOİ ₅ (mg/L)	250	
Kimyasal oksijen ihtiyacı, KOİ (mg/L)	400	-
Toplam azot (TKN) (mg/L)	40	-
Toplam fosfor (mg/L)	10	-
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	10	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.
Diğer parametreler		31.12.2005 tarih ve 26040 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelikte bu parametreler için verilen sınır değerlere uymalıdır.

2. DERİN DENİZ DEŞARJ TESİSLERİNİN PLANLANMASI VE MÜHENDİSLİK TASARIMI

2.1. Tasarım Süreci

Deşarj hattı tasarımı kapsamlı girdi verisi gerektiren karmaşık bir süreçtir. Planlama aşamasında deşarj ile ilgili olarak tesisin kurulacağı yörenin ve deniz ortamının çevresel değerleri yapılacak ön araştırmalarla belirlenerek tasarım ve projeye yönelik altlık oluşturulur. Bir önceki bölümde bahsedilen bu veriler proje ön etüt raporunda yer alır.

Son yıllarda hızla artan açık deniz faaliyetleri başlı başına bir endüstri haline gelmiştir. Petrol platformları, depolama tankları, kazıklar üzerine inşa edilen deniz yapılarıyla birlikte denizaltı boru hatları da açık deniz yapıları grubunda yer almaktadır. Yapıya gelecek olan yapısal ve çevresel yüklerin tahmini ve hesabı önemli bir mühendislik problemidir. Bu yükleri hesaplayabilmek için yeterli sayıda araştırma yapmak ve güvenilir yöntemler kullanmak gerekir. Deniz yapılarının imalat ve işletme süreçlerinde etkileneceği yüklere karşı tepkisinin incelenebilmesi için (Berkün, 2006:225-228),

- Meteorolojik verilere veya dalga ve akıntı ölçümlerine bağlı olarak yapı çevresindeki dalga ve akıntı ikliminin tanımlanması,
- Akıntı özelliklerinin ve tasarım dalgasının belirlenmesi,
- Dalga ve akıntıdan kaynaklanan hidrodinamik kuvvetlerin hesaplanması,
- Taşıma ve batırma esnasında oluşan etkilerin analizi,
- Yapının yorulma analizi,
- Yapı elemanlarının bağlantı yerlerinin incelenmesi,
- Zeminin incelenmesi,
- Boru hatları ve kazıklar için katı madde hareketlerinin analizi gerekir.

Bir deniz deşarjı tasarım projesi gerekli ön araştırmalar sonrasında boru çapı hesabı, seyrelme hesapları, yük kayıpları hesapları, deşarj borusu stabilite hesapları ile difüzör hesaplarını kapsamaktadır. Bu kapsamda genel olarak şu adımlar izlenmektedir:

Seyrelme hesapları yapılarak deşarj hattı ve difüzör hattı uzunluğu ve çapı belirlenir. Hatların tabanda kalmalarını garantilemek için kullanılması gereken malzeme miktarları belirlenir. Boruyu sabitlemek için gabionlar kullanılır. Gabion miktarı deniz tabanındaki boruya etki edecek hidrodinamik yüklerin hesabından sonra ortaya çıkmaktadır. Boruların tabana indirilmesi için gerekli batırma blokları tespit edilir. Hattı deniz trafiğinden korumak için hattın görünürlüğünü sağlayacak olan şamandıraların adet ve yerleri tespit edilir. Bunların sürüklenmesini engellemek amacıyla gerekli olan tespit kütleleri hesabı yapılır.

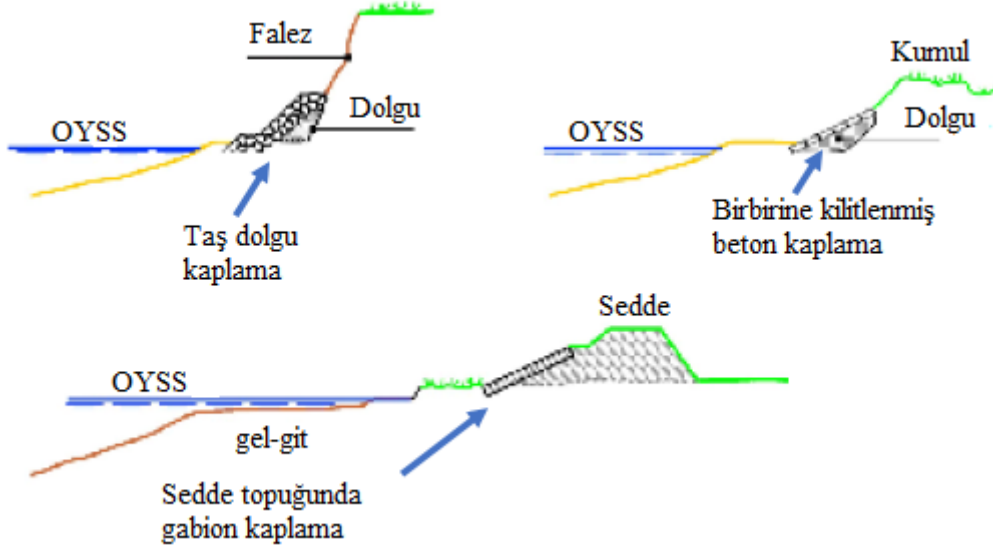
2.1.1. Kıyı tahkimatı tasarımı

Derin deniz deşarjı tesislerinde kara tesisinin yapılması planlanan yerin dalga etkisine maruz kalıp kalmadığı oşinografik raporlar ışığında hesap raporu ve vaziyet planı göz önüne alınarak araştırılır. Kara tesisinin statik olarak inşa edilebilmesi, yapım ve kullanım aşamalarında tesise gelebilecek hasarların önlenmesi ve tesisin dalga etkilerinden korunması amacıyla kıyı tahkimatı yapılması gerekliliği doğabilir.

Kıyı tahkimatları kıyı yapılarını erozyondan korumak, dalga yansımalarını ve dalga aşmasını azaltmak için yapılan eğimli yapılardır. Kıyı tahkimatları; koruma yapısı, filtre ve topuktan oluşmaktadır. Koruma tabakası dalga tesirine karşı koruma sağlarken filtre tabakası taban zemininin yıkanmasını önler. Topuk ise deniz tarafına doğru kaymayı engeller. Koruma tabakasında taş, beton, beton şilte (mattress) gibi malzemeler kullanılabilir. Tipik tahkimat yapıları şekil 2.1.'de gösterilmektedir. Kıyı tahkimatları tasarımında aşağıdaki yol izlenmelidir (T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2015:360):

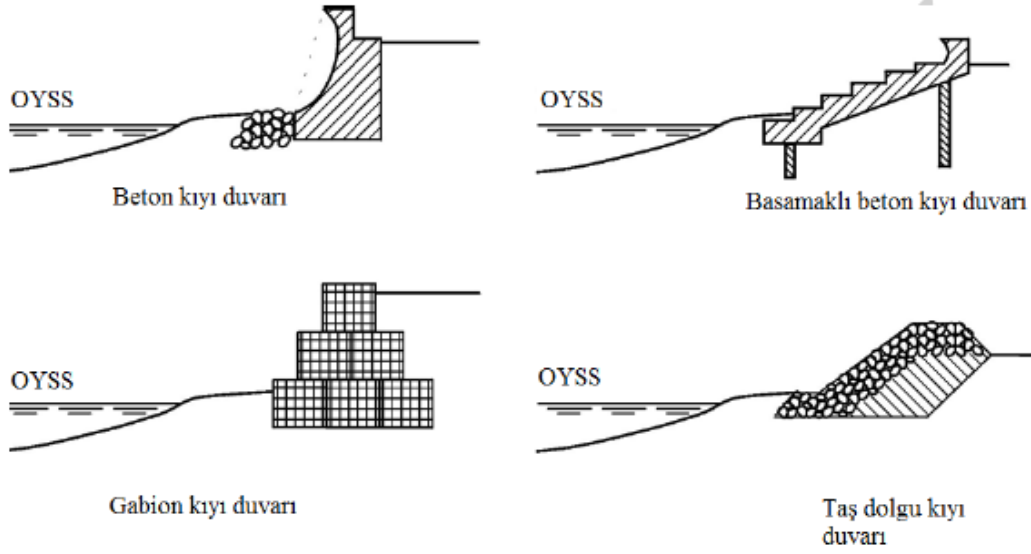
- Tasarım yapılacak bölgenin su seviyesinin değişimleri belirlenmeli,
- Tasarım dalga yüksekliği belirlenmeli,
- Tasarım dalgasına dayanabilecek uygun koruma tabakası seçilmeli,

- Koruma tabakasında kullanılacak taş büyüklüğü hesaplanmalı,
- Filtre ve alt tabakaları tasarlanmalı,
- Topuk tasarımı yapılmalı,
- Geri dolgu alanı iyileştirilmelidir.



Şekil 2.1. Tipik tahkimat (iksa) yapıları (UDHB, 2015:360)

Koruma malzemesi olarak; blok, hasır blok, pere, gabion, şilte veya beton levha kullanılmaktadır. Geleneksel koruma malzemesinin altında kalan zeminin dalga etkisiyle yıkanarak erozyona uğramaması için taneli (granüler) veya geotekstil filtre tasarlanmalıdır. Taneli malzeme alttan kaldırma basıncı nedeniyle stabilite düşüklüğüne neden olabilmektedir. Koruma yapısı olarak kıyı duvarı tasarımı da yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan kıyı duvarı tipleri şekil 2.2.'de gösterilmektedir (UDHB, 2015:360).



Şekil 2.2. Tipik kıyı duvarları (UDHB, 2015:360)

2.1.2. Deşarj güzergahının belirlenmesi

Bir yerleşim biriminin kullanılmış sularının denize deşarj edilmesi hususunda öncelikle arazinin topoğrafik yapısı ve şehrin mevcut kanalizasyon şebekesi ana kollektörü veya kollektörlerinin durumu ile varsa atıksu arıtma tesisi çıkış noktası göz önünde bulundurularak muhtemel deniz deşarjı yeri belirlenir. Daha sonra seçilen güzergahın Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi, Liman İdareleri ve Belediyelerden temin edilecek mevcut deniz dibi (batimetrik) haritası temin edilerek, güzergahın boykesiti çıkarılır (Samsunlu, 1995:75).

İdeal olarak kıydan makul mesafede yeterli bir derinliğe yapılacak deşarjlarda düzgün eğimli bir deniz tabanı arzu edilir. Deniz tabanının yapısı özellikle boru hattının bir hendeğe gömülmesi gereken kıyı bölgesinde inşaat maliyetleri açısından büyük önem taşır. Açık denizde ise boru gömülmeden hendek tabanına oturtularak döşeneceğinden boru stabilitesinin sağlanması açısından bu bölgede tabanın yeterli taşıma kapasitesine sahip olduğunu saptamak yeterlidir (Ludwig, 1988:35).

Güzergah seçiminde, bilhassa kara çıkış noktası belirlenirken karasal kullanıma bakılmasında fayda vardır. Alternatif çıkış noktalarından en az çevresel duyarlılık oluşturacak olanı seçilmelidir. Kıyıda yer alan turizm bölgesi, tatil köyü, marina, liman, sosyal tesis, sit alanları vb. tesislerin yakınında inşa edilecek bir deniz deşarjı tesisinin işletme süresince sıkıntı yaşatması mümkündür. Özellikle deniz tabanı topoğrafyası, kıyı

ve liman yapıları, batık, deniz trafiği vb. bakımlardan uygun olup olmadığının araştırılmasında yarar vardır. Deşarj hattının yapılması tasarlanan yerin kum alma bölgesi, gemilerin demirleme sahası ve yasaklı bölge olmaması gerekir. Deşarj hattının inşa edileceği güzergahtaki deniz yatağının zemin özellikleri kazı ve dolgu çalışmalarını etkileyecektir. Kayalık bir zeminde kazı yapmak hem çok güç hem de ilave tedbirler gerektireceğinden ekonomik olmaz. Güzergah seçiminde gözetilen hususlar şöyledir:

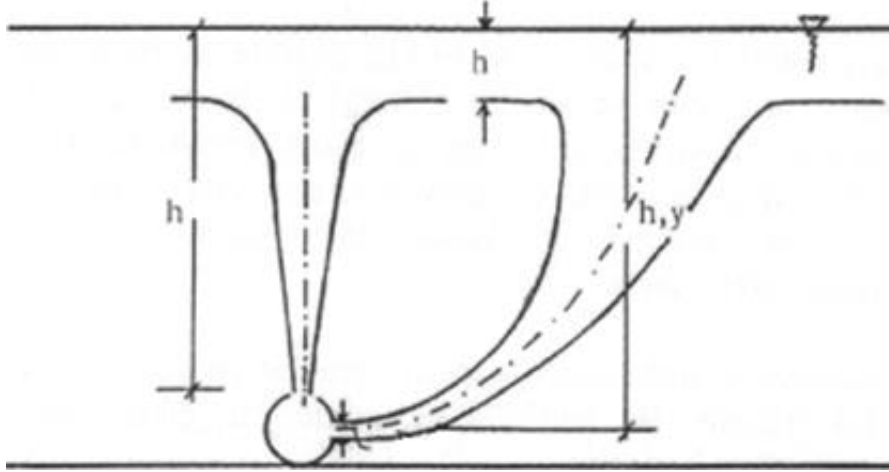
- Deniz suyunun faydalı kullanımı
 - Denizi yüzme amaçlı kullanan halkın sağlığı
 - Deniz ürünleri tüketen halkın sağlığı
 - Balıkçılık, turizm vb. faaliyetlerin zarar görmemesi
- Oşinografi
 - Akıntılar
 - Difüzyon (Yayıma)
 - Deniz suyunun yoğunluğu
 - Rüzgarlar
 - Deniz altı topoğrafyası ve jeolojisi
- Estetik ve ekonomik unsurlar

2.1.3. Atıksuyun alıcı ortamdaki davranışı

Deniz altında borular yardımıyla taşınan ve difüzör deliklerinden deniz ortamına deşarj edilen atıksuyun davranışı şu şekilde açıklanabilir (Öztürk, 2011:59):

- Deniz altındaki boru üzerinde bir delikten su ortamına deşarj edilen atıksu, delikten çıkışta sahip olduğu hızdan ileri gelen çıkış momentumunun ve iki sıvı arasındaki yoğunluk farkının sebep olduğu kaldırma kuvvetinin etkisi ile hareket eder.
- Bu iki su kütlesi arasındaki rölatif hareketten ileri gelen kayma kuvvetleri ile türbülans dolaylı önce iki sıvı ara kesiti civarında, daha sonra da kolon halindeki atıksuyun her tarafında karışım meydana gelir.
- Bu karışım sonucu yoğunluk farkları ve atıksuyu yüzeye doğru iten kuvvet tedricen azalır.

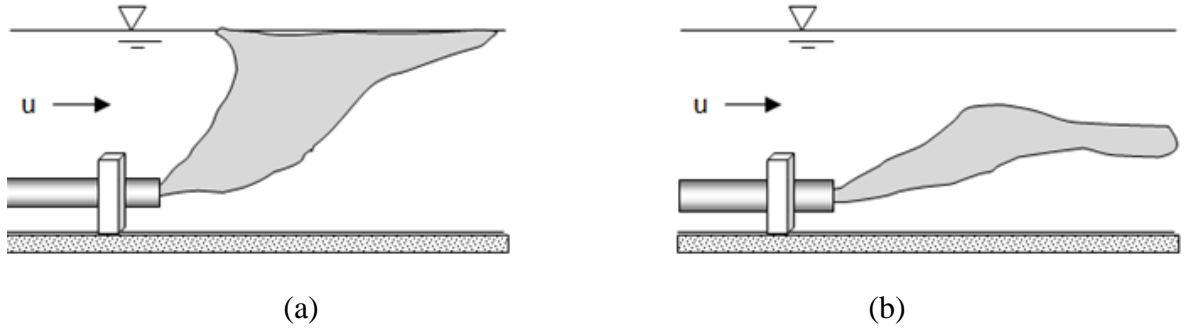
- Karışım belirli bir derinlikte batmış vaziyette kaldığında veya yüzeye ulaştığında atıksu tarlası, türbülans ve boyuna dispersiyon sebebiyle yayılıp alçalmaya başlar. Atıksuyun bu davranışı şekil 2.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Denize deşarj edilen atıksu jetinin davranışı (Öztürk, 2011:59)

Atıksuyun alıcı ortamdaki davranışı alıcı ortamın mevsimlik sıcaklık, yoğunluk ve tuzluluk özellikleri ile belirlenir. Deniz suyunun yoğunluğu tabakalaşma, türbülans ve suyun dikey yönlü hareketini etkilediğinden incelenmesi gereken bir parametredir.

Yoğunluğun derinlikle ani olarak değiştiği bölgeye “piknoklin tabakası” adı verilir. Alıcı ortamda tuzluluk ve sıcaklık değişiminden kaynaklanan yoğunluk tabakalaşması atıksuyun yarattığı çıkış bulutunun yükselme seviyesi üzerine büyük etki yapar. Yoğunluk üst kısımlarda daha düşük olup, derinlik arttıkça artarak sabit bir değere yaklaşır. Yoğunluk, ortamdaki türbülans seviyesini etkiler. Küçük yoğunluk farkları dahi yoğunluk tabakalaşmasına yol açarak, düşey karışım için önemli ölçüde enerjiyi gerektirir. Yoğunluk tabakalaşması olan ortamlarda çok özel durumlar dışında batmış atıksu tarlası oluşur. Üniorm yoğunluklu ortamlarda ise atıksu tarlası su yüzeyine kadar ulaşır ve yüzeyde tarla oluşur. Alıcı ortamda oluşabilecek deşarj bulutu tipleri şekil 2.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Derin deniz deşarjı sonrasında alıcı ortamda oluşabilecek deşarj bulutu tiplerinden yüzeyde tarla (a), batmış tarla (b) (Öztürk, 2011:301)

Boğazlar ve Marmara hariç denizlerimizde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde deniz ortamı hemen hemen tam karışım halindedir ve bunun sonucu olarak tabakalaşma ortadan kalkar. Bu mevsimlerde, yaz aylarında batmış tarla oluşsa bile, diğer zamanlarda atıksuların yüzeye çıkması söz konusu olabilir. Boğazlar ve Marmara Denizinde, tabakalı akım (üstte Karadeniz suyu, altta Akdeniz suyu) dolayısı ile sabit ve kararlı piknoklin tabakası bulunduğundan, her mevsim batmış atıksu tarlası durumu gözlenir (F. Yüksel, 2006).

Yeterli yoğunluk tabakalaşması olan yerde atıksu bulutu deniz yüzeyine yükselemez, orta kısımlarda batık olarak kalacaktır. Kanalizasyon atıksuyu yoğunluğu (0,999 g/ml) normal deniz suyu yoğunluğundan (1,025 g/ml) daha azdır. Bu nedenle deniz suyu atıksu ile karşılaştığında yüzeye doğru hareket edecektir. Yoğunluk tabakalaşmasının olduğu yerde daha az yoğunluktaki atıksu daha soğuk ve daha yoğun deniz suyu ile hızla karıştığında tabakalaşmanın olduğu yerde, elde edilen karışım yüzey katmanından daha yoğun olacaktır. Bu şartlar altında deniz suyu kolonundaki bir noktada atıksu/deniz suyu karışımı aynı yoğunluklu su ile karışacak ve yükselme eğiliminde olmayacaktır. Böylece atıksu difüzörden çıktıktan sonra akıntı etkisiyle difüzyona uğrayacak ve yeterli süre batık kalacaktır (Ludwig, 1988:8).

2.1.4. Seyrelme

Atıksuların denize boşaltımında temel amaç atıksuyun alıcı ortam ile karışımını sağlamaktır. Atıksu denizde seyrelerek kirletici konsantrasyonu azalır. Uzun bir derin deniz deşarjı hattı ile deniz verilen atıksuların bünyesindeki kirleticiler deniz ortamında üç değişik yolla seyreltilir:

İlk seyrelme (Yakın alan seyrelmesi)

Atıksuyun deşarj borusu ucunda bulunan difüzörden (dağıtıcı) çıkarak su yüzeyine erişmesi veya belli bir seviyede batmış atıksu tarlası halinde tutulması esnasında uğradığı seyrelmedir. İlk seyrelme Eşitlik (2.1)'de verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır (Samsunlu, 1995:85).

İlk seyrelme;

$$S_1 = \frac{u \times b \times y}{Q} \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1.'de yer alan;

- S_1 : İlk seyrelme
- u : difüzöre dik istikametteki akıntı hızı, (m/s)
- b : difüzör uzunluğu, (m)
- y : Atıksu bulutunun yükselme derinliği olup, piknoklin alt hizası ile difüzör arasındaki mesafedir. Bazen bu değerin yarısına eşit alınır), (m)
- Q : Ortalama kullanılmış su debisi (m^3/s)

İlk seyrelme atıksu debisi, difüzör uzunluğu, deşarj noktası derinliği, akıntı hızı ve yoğunluk tabakalaşmasının bir fonksiyonudur. Bu nedenle difüzör boyutlandırması, ilk seyrelmenin en yüksek seviyede gerçekleşmesinin sağlanması bakımından tasarımcının etkileyebileceği en önemli unsurdur.

SKKY'nin 35. maddesi uyarınca, ilk seyrelme 100 civarında olmalı ve hiçbir surette 40'ın altına düşmeyecek şekilde mühendislik tedbirleri alınmış olmalıdır.

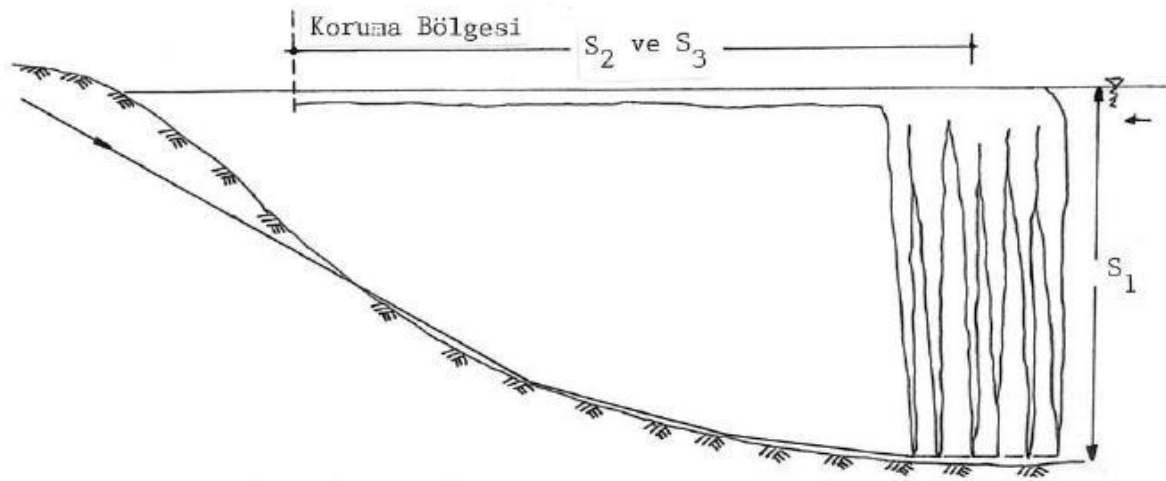
İkinci seyrelme (Uzak alan seyrelmesi)

Yüzeye çıkan ve belli oranda seyrelmiş olan su kütlesi (bulutlu) deniz yüzeyindeki hakim akıntı yönünde hareket eder. Atıksu ile deniz suyunun karışımı bu sürede de devam eder ve ikinci seyrelme meydana gelir. İlk seyrelmeyi izleyen türbülanslı difüzyon ve

taşınma süreçleri alıcı ortamdaki akıntılarca etkilendiğinden, büyük ölçüde mühendisin kontrolü dışında kalmakta ve doğal koşullar tarafından belirlenmektedir. Ancak, bu karışım (ikinci seyrelme) ilk seyrelmeye kıyasla çok daha düşük düzeydedir.

Üçüncü seyrelme (Bakteriyel seyrelme)

Atıksudaki korunamayan cinsten kirleticilerin (organik madde, bakteri vb.) deşarj noktasından kıyıya doğru hareketleri esnasında sayılarının azalması veya yok olmaları nedeniyle meydana gelen seyrelmedir. Zamanla ayrışıp azalmayan türdeki maddeler (korunan madde) sadece 1. ve 2. seyrelme etkisiyle seyreltilir. Bu tür maddeler neticede $S_1 \times S_2$ defa seyreltilmiş olurlar. Bakteri ve organik madde gibi korunamayan maddeler ise ayrıca 3. seyreltmeye uğradıkları için $S_1 \times S_2 \times S_3$ defa seyreltilirler (Öztürk, 2015). Bu üç seyrelmeye ait durum Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Atıksuların alıcı ortamda seyrelmesi (Öztürk, 2011:48)

Yukarıda açıklanan birinci, ikinci ve üçüncü seyrelmelerin tamamı bir DDD tesisinin, atıksuların içerdiği kirletici unsurları seyreltme kapasitesini ifade etmektedir.

Derin deniz deşarjı projelerinde denizin bakteriyolojik kalitesi, indikatör olarak kullanılan, toplam veya fekal koliform grubu canlıların belirli bir konsantrasyonun altında tutulması ile sağlanır. Su kalitesinin indikatörleri olarak bakterilerin kullanılması iki yönde değerlendirilmektedir. Birincisi indikatör bakterilerin varlığı suyun fekal kirliliğinin göstergesi olarak ele alınmaktadır. İkinci olarak bu bakterilerin mevcudiyeti sağlık risklerinin potansiyel tehlikesinin bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır. İndikatör

bakterilerinin büyük miktarda bulunması hastalığa yakalanma riskinin ve fekal bulaşmanın olduğunu göstermektedir. Atıklarını kıyısız sulara boşaltan derin deniz deşarjı tesislerinin halk sağlığı ve estetik düşüncelere dayanan su kalite kriterlerine uyacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Hem uluslararası kuruluşların belirledikleri kurallar hem de ülkemizin yönetmelikleri (Resmi Gazete, 1988) total ve fekal koliform grubu organizmaları, göz önüne alınacak temel mikrobiyolojik parametre olarak kabul etmektedir. Ham veya evsel atıksularda fekal koliform konsantrasyonu tipik olarak 10^5 ile 10^8 adet organizma/100 ml arasında değişmektedir. Atıksudaki bu yüksek miktar, bu konuda verilen standartları sağlayabilmek için genelde fekal koliform konsantrasyonlarındaki azalmayı gerektirmektedir. Toplam bakteri yok oluşunu sağlayan faktörlerin belirlenmesi alıcı ortamda deneysel gözlemlerin yapılmasını gerekli kılar. Deniz suyundaki mikrobiyal içeriğin azalması şu iki genel süreç aracılığıyla olur (İller Bankası, 2013b:29):

- Fiziksel mekanizmalar (seyrelme, dağılma, sedimentasyon)
- Biyolojik inaktivasyon (güneş radyasyonu, bulanıklık, tuzluluk, bakteriyofaj)

Bakteriyel ölüm hızı; seyrelme ve difüzyona bağlı azalmaya bağlı olarak koliformların % 90'ının kaybolması için gereken zaman aralığı olarak tanımlanan bir T90 değeri ile ifade edilir. T90 değeri su sıcaklığından önemli ölçüde etkilenmektedir. Ilık sular için belirlenen değerler, daha serin sularda olduğundan daha düşük saptanmıştır (Ludwig, 1988:22-23).

SKKY madde 26'da Derin Deniz Deşarjı Kriterleri'nde göre yaz aylarında T90 değeri Ege ve Akdeniz'de en az 1 saat, Kardeniz'de 2 saat ve Marmara Denizi'nde 1,5 saat alınması, kış aylarında ise ortalama 3-5 saat arasında bir değer alınması gerektiği belirtilmiştir (Resmi Gazete:2008).

2.1.5. Deşarj derinliği ve deşarj hattı uzunluğu tayini

Deşarj derinliğinin, deniz topoğrafyasının izin verdiği yerlerde 20 m veya daha fazla olması gerekmektedir. Bunun iki temel nedeni vardır. Birincisi 20 m veya daha fazla derinlik elde edildiğinde özellikle yaz aylarında deniz suyu sütununda belirgin bir tabakalaşma oluşmaktadır. Yeterli yoğunluk tabakalaşmasının mevcut olduğu yerlerde

atıksu/deniz suyu karışımı deniz yüzeyine çıkamaz ve arada bir yerde batmış halde kalır. İkincisi 20 m veya daha derine yapılan deşarjlarda atıksuda bulunan yüzer maddeler ortaya çıkan basınç nedeniyle yüzemez ve deniz tabanına iner. Böylece denizin estetik görünümü üzerinde bir kaygı oluşmamış olur (Ludwig, 1988:7).

Deşarj boyu ve derinliği ön arıtmanın derecesine de bağlıdır. Mekanik arıtma uygulanan veya ham durumdaki evsel atıksular için deşarj derinliğinin 20 m'den derin olması durumunda, deşarj uzunluğu (sahile olan mesafe) 1 deniz mili ile 2 deniz mili arasında değişmekte olup, İspanya için 3500 m ve Türkiye için 1300 m dir (Öztürk, 2015:25).

2.1.6. Hidrolik tasarım

Deniz deşarjı tesisleri başlıca deşarj terfi merkezi, cazibeli deşarj durumunda, denge bacası, yükleme odası, deşarj hattı ve difüzör gibi ünitelerden oluşmaktadır. Söz konusu birimlerin maksimum ve minimum debi altındaki davranışlarının incelenmesi, bu durumlarda oluşabilecek aşırı basınçların kontrolü ve sistemin tamamından istenen performansın sağlanabilmesi için hassas bir hidrolik tasarım gereklidir (Öztürk, 2011: 111).

Hız kriterleri

Pissu sistemlerinin projelendirilmesinde dikkat edilecek en önemli husus maksimum proje debisinin taşınabilmesi, minimum akışlarda ise pissu içeriğindeki taneciklerin sürüklenmesinin sağlanarak birikim olayının önlenmesidir (İller Bankası, 2013a:22).

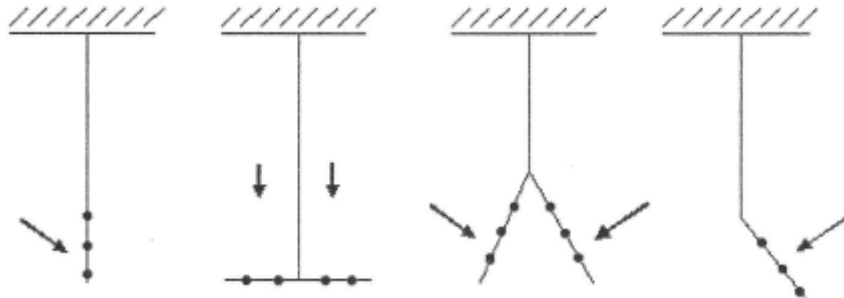
Deşarj hattının uzun ömürlü olması için hat boyunca çökelmelerin olması engellenmelidir. Bu nedenle akış hızı en az 0.6 m/sn olmalıdır. Aşırı hidrolik yük kayıplarının önlenmesi için maksimum akış hızının 2.50 m/sn'yi aşmaması tavsiye edilmektedir. Katı maddelerin çökerek difüzörde tıkanmaya sebep olmaması için en uçtaki delikten önce difüzördeki akış hızı 6 cm/s'den az olmamalıdır. Ayrıca belli aralıklarla difüzör sonundaki kapaklar açılarak temizlik yapılmalıdır. Bu sayede yağ, kum ve katı organik maddelerin birikmesi önlenecektir (Öztürk, 2011:111).

Yayıcı (Difüzör) kriterleri

Deşarj edilecek atıksudaki kirletici unsurların büyük oranda seyrelmesi ve kirli su tarlasının piknoklin seviyesinde batmış halde kalmasını sağlamak amacıyla deşarj borusu ucunda delikli difüzörler teşkil edilir. Difüzördeki delik çaplarının asgari değerleri her ülkeye göre farklılık göstermektedir.

Tıkanma riskini önlemek için çıkış ucunun çapının 10 cm'den küçük alınması tavsiye edilmez. Difüzör veya borunun herhangi bir uzunluktaki kısmına etki eden kuvvetler borunun dayanma sınırını aşacak büyüklükte ise bu kritik uzunluk deniz yatağına gömülmelidir. Kırılan dalgaların olduğu bu bölgelerde dalga ve akıntı kuvvetleri büyük gerilmeler oluşturabileceğinden boru mutlaka gömülmelidir (Berkün, 2006: 178-182).

Difüzörler mümkün olduğunca hakim akıntı yönüne dik şekilde yerleştirilir. Bilhassa doğru akıntı olması halinde Y şeklinde difüzör kullanılması seyrelmeyi artırır (Samsunlu, 1995:83). SKKY gereklerine uygun olarak, denizel akıntı düzeni anlaşıldıktan sonra deşarj ve difüzör borularının yerleşim doğrultularına karar verilmesi önerilir. Şekil 2.6.'da difüzörün yerleştirilme şekilleri gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Yayıcıların kıyı doğrultusuna ve akıntıya göre yerleştirilme şekilleri (Berkün, 2006:183)

Yük kayıpları ve deşarj için gerekli minimum hidrolik yük

Boru içerisinde hareket eden akışkan bu esnada enerjisinin bir kısmını kaybeder. Akışkanlar mekaniğinde hareket enerjisinin faydalanılmayan ısı enerjisine dönüşmesi durumu enerji (yük) kaybı olarak ifade edilmektedir. Akışkanın boru cidarına sürtünmesi nedeniyle bir miktar enerji ısı enerjisine dönüşür. Bu tür enerji kaybı 'sürtünme enerji

kaybı' olarak adlandırılır. Akış yolunun özelliğine bağlı olarak akış hızında doğrultu ve şiddetçe değişiklikler gösteren durumlardan doğan enerji kaybına 'yersel enerji kaybı' denir (Y. Yüksel, 2012:389-397).

Deşarj boruları ile taşınan belirli debideki atıksuyun difüzörlerle sürekli olarak akışının sağlanması için sistemde belli bir hidrolik yük gereklidir. Deşarj için gerekli hidrolik yük, aşağıda sıralanan yük kayıplarının toplamından oluşmaktadır (Öztürk, 2011:112):

- Sürekli yük kaybı
- Difüzördeki toplam yük kaybı
- Yersel yük kayıpları toplamı
- Denizdeki seviye farklarından (med-cezir) dolayı oluşan yük kayıpları
- Yoğunluk farkından ileri gelen yük kayıpları

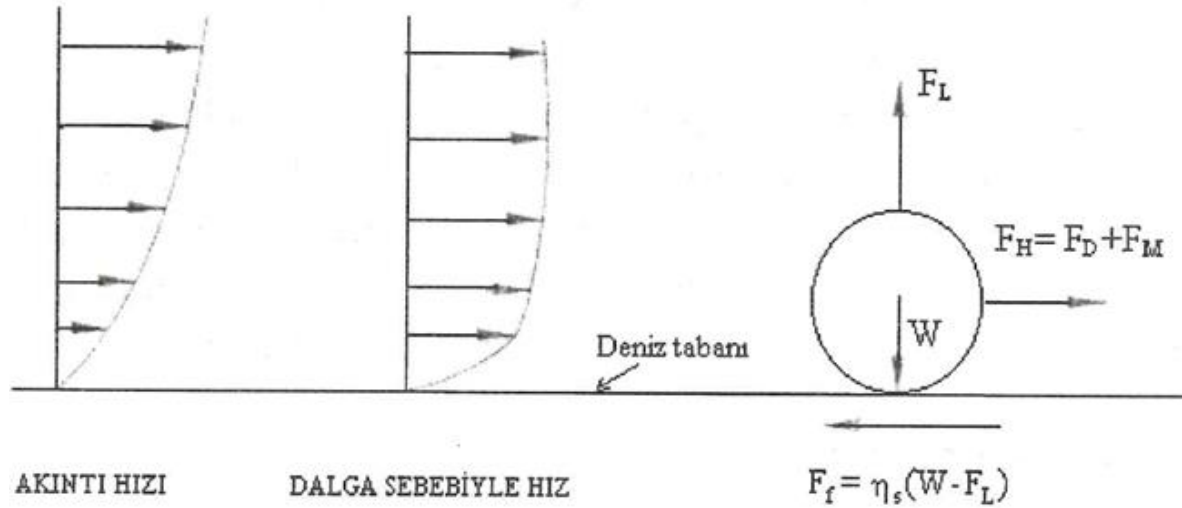
2.1.7. Deşarj borusunun stabilitesi

Boru stabilitesinin sağlanması tasarımcı ve işletmecinin emin olmak istediği en önemli konulardan biridir. Deniz tabanına veya tabandan belli bir mesafe derine döşenen deşarj borusuna dalga ve akıntıların neden olduğu hidrodinamik kuvvetlerin yanı sıra toprak kuvvetleri etki eder. Boruya etki eden kaldırma kuvveti ile yatay ve düşeyde etki eden diğer kuvvetler etkisiyle borunun yerinden oynamaması için boru ağırlığının bu kuvvetleri karşılayabilmesi gerekir. Tasarımda kullanılan dalga ve akıntı kuvvetleri istatistiksel analizler, geçmiş hava tahmini raporları ve yerinde (alıcı ortamda) yapılan ölçümlerle belirlenmektedir.

Açık denizlerde su yüzeyine aktarılan rüzgar enerjisi dalgaların oluşumuna sebep olmakla birlikte dalga enerjisine dönüşerek bir enerji akısı halinde kıyı bölgesine ulaşır ve bu bölgede deniz tabanı ile su kütlelerinin karşılıklı etkileşimi sonucunda sönümlenir. Bu durum dünyadaki enerji döngüsü içerisinde önemli bir role sahiptir. Dalga enerjisinin kıyı bölgesinde sönümlenmesi yumuşak yapıdaki kıyılarda yoğun katı madde taşınımı ile yakından ilgilidir. Dalgalar kıyıya yakın bölgelerde kırıldıktan sonra olay bir dalga

hareketinden çok bir su kütlesi hareketine dönüşmektedir. Genellikle dalgalar kıyıda katı madde hareketine neden olan en önemli etkidir (Berkün, 2006:140).

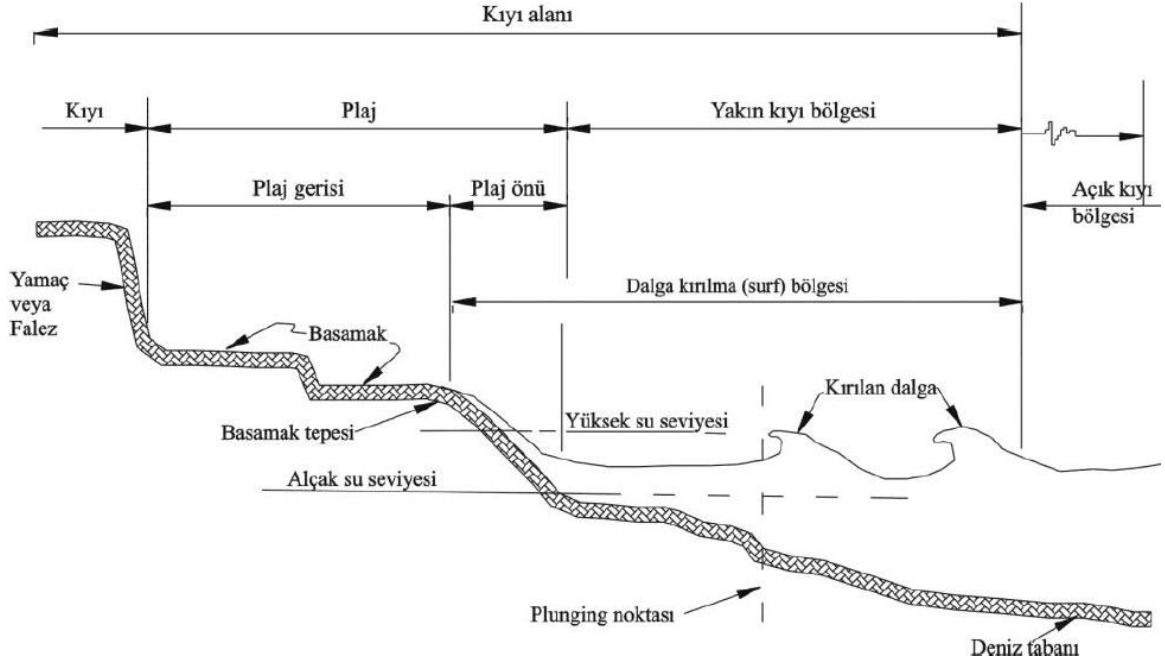
Boru hattı üzerinde permenan akım halinde boru hattının menba ve mansap kısımlarında basınç düşümü nedeniyle yatay sürüklenme kuvveti (F_D) ve düşey kaldırma kuvveti (F_L) basınç bileşenleri oluşur. Dalga akıntı hızlarının zamanla değişimi ivme oluşturarak boru etrafında bir basınç alanı meydana getirir. Bu basınç alanının integrasyonu yatay doğrultuda bir atalet kuvveti (F_M) oluşturur. Hidrodinamik kuvvetlerin ve toprak direnci kuvvetlerinin vektörel toplamı boru hatlarının stabilitesini belirler. Deşarj borusunu etkileyen kuvvetler ve bileşenleri şekil 2.7.'de görülmektedir (Berkün, 2006:225).



Şekil 2.7. Deşarj Borusunu Etkileyen Kuvvetler (Berkün, 2006:226)

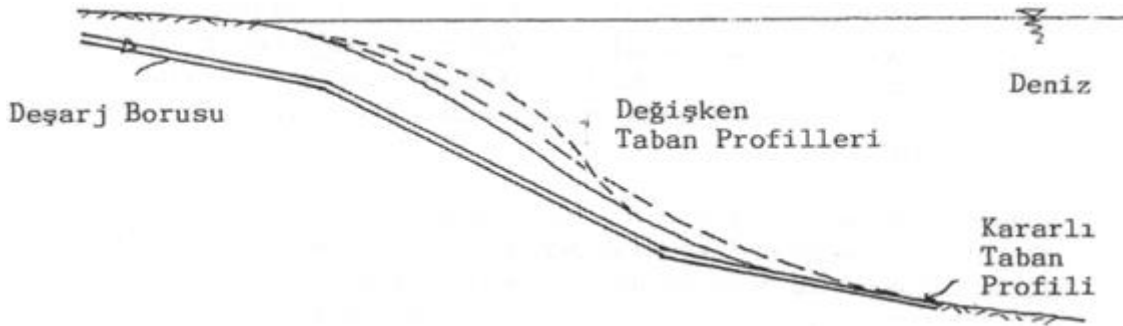
Kırılma dalgalarının ürettiği hidrodinamik kuvvetler kıyı bölgesinde daha etkilidir. Bu nedenle bu bölgede borunun deniz tabanına gömülmesi, deşarjın kara çıkışındaki hasarların önlenmesi için kabul edilen tasarım kriteridir. Kaya zemine oturan ve kırılma dalgalarına maruz kalan boru kalın bir beton katmanla kaplanırken, kum zemin altına yerleştirilecek boru muhtemel en alçak deniz seviyesinin altına yerleştirilir. İlk durumda kesit özelliklerinin hesaplanmasına yönelik özel bir yöntem bulunmaz ancak ikinci durumda sediment taşınımları ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Kıyı bölgesinden açık denize doğru gidildikçe dalga hareketleri zayıfladığından deşarj borusu deniz tabanı üzerine yerleştirilmektedir (Alvarez, 2002).

Tipik bir kıyı profilinde yer alan tanımlar şekil 2.8.'de belirtilmektedir.



Şekil 2.8. Kıyı profilindeki tanımlar (UDHB, 2015:118)

Sahil boyunca taban profili ve kıyı çizgisi sürekli değişim gösterebilmektedir. Deniz tabanı profilinin periyodik olarak değişimi bu kısma döşenecek olan boru hattının emniyeti açısından önemlidir. Şekil 2.9.'da değişken taban profilinin olduğu kıyılarda boru döşenmesi görülmektedir (Öztürk, 2011:29). Borunun zemin hareketi etkilerinin kaybolduğu kararlı taban kısmına döşenmesi gerekli emniyeti sağlayacaktır.



Şekil 2.9. Kıyı profili Değişken Kesimlerde Boru Döşenmesi (Öztürk, 2011:31)

Dalga özellikleri (yükseklik, periyot ve ilerleme yönü) ile su derinliğinin bilinmesi halinde birim boydaki bir deşarj borusuna etkiyen yatay ve düşey hidrodinamik kuvvetlerin hesaplanabilmesi mümkündür (İller Bankası, 2012:50).

Bir kıyı kesimindeki dalga karakteristiklerinin özellikle dalgaların periyodik formlarını kaybederek kıyıya yönelmeye başladıkları kırılma çizgisi ile kıyı arasında kalan ve enerjilerinin türbülans, taban sürtünmeleri vb. oluşumlar yüzünden büyük bir hızla sönmüldüğü kırılma bölgesinde yoğunlaştığı bilinmektedir. Bu etkilerden korunabilmek amacıyla deşarj borularının en azından kırılma olayının başladığı kırılma çizgisine kadar yeterli bir derinlikte gömülerek geçirilmesi yoluna gidilmektedir. Teorik olarak dalgalar H/h oranı (dalga dikliği) 0.78'e ulaşınca kırılmaktadır (Grace, 1978).

Yapılan araştırmalar kırılma olayının, H dalga yüksekliği ile h su derinliği arasında $H = 0.60 \times h$ şeklinde alınmasının uygun olduğunu göstermiştir. Bu eşitlik kırılma bölgesinin konumunun en büyük yükseklikli tasarım dalgalarını dikkate almak suretiyle belirmesinin tutarlı olacağını göstermektedir. Çünkü bu tür bir yaklaşım kabul edilen 50 yıllık tekerrür süresi zarfında kıyıdan en fazla uzaklıkta oluşan kırılma çizgisinin saptanabilmesi ve dolayısıyla deşarj borusunun gömülü geçirileceği bölgenin muhtemel en kritik duruma göre tasarlanması olanağını vermektedir. Yukarıdaki bağıntıdaki H değeri, su derinliğinin h olduğu kesimdeki dalga yüksekliklerini gösterir. Bu nedenle, kırılma çizgisinin konumu araştırılırken derin su özelliklerinde sığlaşma etkisi yüzünden doğabilecek değişimler göz önüne alınmalıdır.

Dalgaların açıktan kıyıya doğru ilerlemeleri sırasında, dalga yüksekliklerinin özellikle derinlik değişiminin yol açtığı sığlaşma (shoaling) ve dönme (refraction) etkileri nedeniyle değiştiği bilinmektedir. Dalga kırılma derinliği su derinliği ile ilgili olduğu kadar dalga karakteristikleri ile de ilgilidir. Daha yüksek dalgalar (veya dalga boyları) daha derin sularda kırılabilirler. Bu konuda ülkemizde ve dünyada örnekler bulunmaktadır: Ülkemizde 40 m su derinliğinde dalgalardan dolayı boru kırılmaları (veya boru hattı arızaları) meydana gelmiştir (İller Bankası, 2012:58).

2.1.8. Hendek malzemesi çapının tayini

Bir hendek içerisine teşkil edilecek deşarj hatlarında, açılan hendek taban kazısından çıkan doğal malzeme ile mekanik olarak doldurulabilir veya deniz tabanının doğal taşınım hareketleri ile kendiliğinden dolabilir (Berkün, 2006:244).

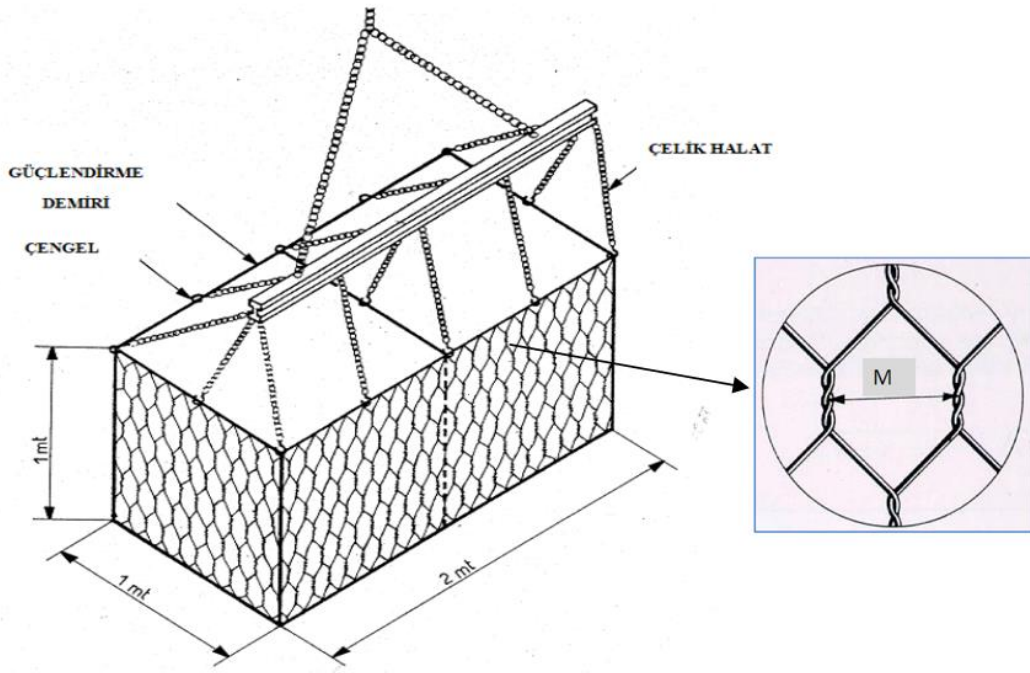
Hendeğin kazıdan çıkan malzeme ile doldurulması, tabandaki akıntı hızının 0.5 m/sn'den küçük olması durumunda uygulanabilir. Çünkü hendekten çıkan ince malzeme dalga etkileriyle kısa sürede kaybedilir. Bu nedenle borunun gömülmesi amacıyla açılan hendeğin geriye doldurulmasında kullanılacak dolgu malzemesinin boyut ve ağırlığı tasarım dalgalarının ve akıntıların sebep olduğu hidrodinamik etkilerle taşınmayacak özellikte olması gerekir (Berkün, 2006:244).

2.1.9. Gabion özellikleri

Boru hattının herhangi bir sebeple oluşabilecek ilave kuvvetlere karşı tam emniyetini tahmin etmek zordur. Bu nedenle bilinen bazı geleneksel yöntemlerle inşa edilen boru hatlarında hattın inşaatının hemen bitimde bile ortaya çıkabilen bazı sorunlar sebebiyle hendek içine yerleştirme, ek ağırlıklarla kaplama gibi bazı ilave önlemler alınması zorunluluğu doğmaktadır (Berkün, 2006:224).

Dalga etkilerinin deşarj borusuna ulaşmaması ve dolgu malzemesinin korunması için hendek üzerine ek ağırlık olarak tel kafes içinde dolgulu gabion şilteleri konulması gerekmektedir. Gabion içine yerleştirilecek uygun kaya malzemesi dere yatağından alınan çakıl taşları veya uygun niteliğe ve birim ağırlığa sahip ocak taşı olmalıdır. Bu taşlar hava koşulları ve yatağın hidrolik gücüne karşı dayanıklı olmalı, kırılğan olmamalıdır (Kalkan, 2017). Şekil 2.10.'da şilte gabiona ait detay verilmiştir. Resim 2.11.'de karada hazırlanan içi taş doldurulmuş gabion şilte görülmektedir.

Uygun nitelikteki kayacın büyüklüğü, gabion gözenek açıklığının 1,5M-2M katı olmalıdır. (min 10cm - max 20 cm, ASTM) Burada M, minimum gözenek açıklığını belirtmektedir. Değişken çaplarda tel kullanılarak, farklı kaplama tipleri ile çeşitli gözenek açıklıklarında çift bükümlü sistemler üretilmektedir. Şilte gabionlar için gözenek açıklığı 6x8 cm'dir. (M=60 mm en az) Kutu gabionlar için ise gözenek açıklığı 6x8 cm veya 8x10 cm'de olabilir (M=60 mm en az) (Kalkan, 2017).



Şekil 2.10. Şilte gabion ve gözenek detayı (Kalkan, 2017:23)



Resim 2.1. Şilte gabion (Kalkan, 2017:22)

2.2. İnşaat süreci

Derin deniz deşarjı tesislerinin inşaatı deşarj derinliğine, deniz tabanının özelliklerine, kullanılan boru cinsine ve çapına, boruların döşenme yöntemine bağlı

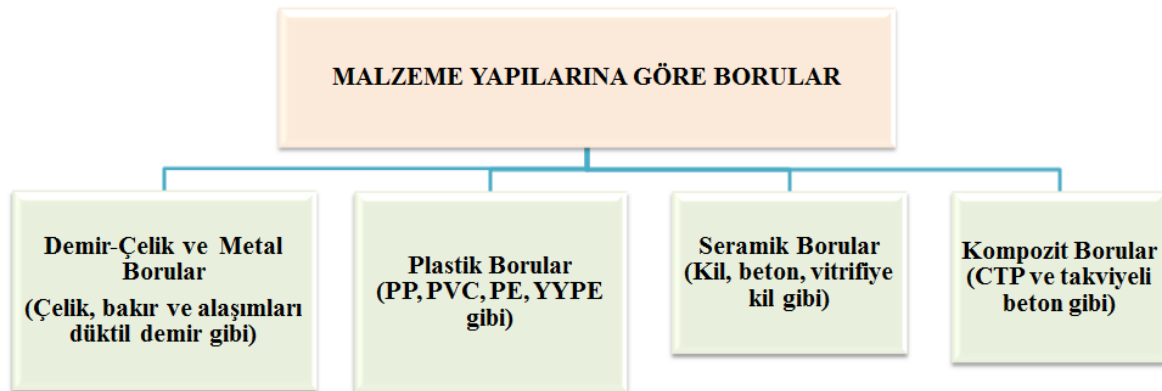
değişiklik gösterir. Arazi durumuna göre uygulanacak yapı teknikleri kullanılan teknolojik araç gereçlere, kalifiye iş gücüne ve mevsim şartlarına bağlıdır. Örneğin sığ kısımlarda boru yerleştirmek daha zordur. Buralarda yüzer araç kullanılamaz bu nedenle kazık ayakların inşası veya geçici seddeler kurulması gerekir.

Bölgesel özelliklere ve mevsim değişimlerine bağlı olarak deniz araçlarının kullanımı kısıtlanabilmektedir. Örneğin Avrupa'da kışın çoğu zaman deniz inşaatı faaliyetleri durma noktasına gelmektedir. Atlantik kıyılarında ise yazın bile sadece birkaç hafta çalışma yapılabilmektedir (Pita, 2013:2).

2.2.1. Deşarj borusu seçimi ve döşeme yöntemleri

Borularda,

- Üretim şekline (Kaynak, döküm, ekstrüzyon gibi)
- Fiziksel özelliğine (Nervürlü, geçmeli, dikişli gibi)
- Akışkan durumuna (Cazibeli, basınçlı gibi)
- Taşıdığı malzemeye (Su, doğalgaz, petrol gibi)
- Çapına göre (200'lük, 300'lük gibi) çeşitli sınıflandırmalara rastlanılmaktadır. Malzeme yapısını baz alan sınıflandırma en doğru ve geçerli olanıdır. Boruların malzeme yapılarına göre sınıflandırılması Şekil 2.11'de görülmektedir (F. Yılmaz, 2009:131).



Şekil 2.11. Boruların malzeme yapılarına göre sınıflandırılması (F. Yılmaz, 2009:131)

Seçilecek olan boru temas edeceği zeminin (toprak, yeraltı suyu, deniz suyu v.b.) ve taşıyacağı maddenin (içmesuyu, atıksu, doğalgaz v.b.) kimyasına uygun olmalıdır. Atıksu iletim hatlarında kullanılan borularda boru seçimini etkileyen faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Borunun döşeneceği hattın topoğrafyası
- Maksimum basınç koşulları
- Şebekedeki basınç değişimlerini tolere edebilme özelliği
- Statik ve dinamik yüklere dirençlilik
- Boru uzunluğu
- Döşenmesinde ekipman ihtiyacı
- Atıksuyun fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Üretim çapı aralığı
- Kurulu sisteme uyum, katodik koruma gerekliliği, korozyon ve aşınmaya karşı direnç
- Tamirat ihtiyacı
- Kullanım ömrü
- Maliyet

Seçilen malzeme özellik olarak ne kadar iyi olursa olsun eğer maliyeti çok yüksekse veya elde edilmesi zor ise kullanılması mühendislik açısından uygun olmaz. Uygun döşeme ve yerleştirme boru hattının hizmet ömrünün arttırılmasında önemli bir faktördür (F. Yılmaz, 2009:157). Ayrıca boru ek yerlerinin tipi ve su sızdırmazlığı, ek yerlerinin kolay yapılabilirliği, kullanılan çap için boru ve özel parçalarının mevcudiyeti (bulunabilirliği), aşırı bakım ve tamir gerektirmeyen (veya az bakım) hizmet ömrü gibi işletme özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır (M. Balkaya ve N. Balkaya, 2005:32).

Deşarj boruları deşarj hattı inşaatının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bir deniz deşarjı borusunun seçiminde boru maliyetinin yanı sıra bir çok faktörün hesaba katılması

gerekir. Örneğin karada çalışırken boruların döşenmesi (kazı ve dolgu çalışmaları) oldukça basit ve ucuzdur. Denizde çalışmak ise daha karmaşık ve zordur. Hendeğin taranması, düzeltilmesi borunun bu hendeğe yerleştirilmesi, borunun korunması gibi çalışmalar söz konusudur. Bu işlemlerin yapılmasında dalgıç hizmeti alınmaktadır. Dalgıç kullanımı özellikle büyük derinliklerde oldukça pahalıdır (Pita, 2013:1). Seçilen borunun deniz ortamının statik ve dinamik koşullarına uyum sağlaması, uzun deşarj hattı gerektiren durumlarda pissuyu belirli bir enerjiyle iletebilecek hidrolik özelliğe sahip olması gerekir.

Deniz deşarjı hatlarında kullanılan boru tipleri şunlardır (Oğuz ve Akşit, 1987:17):

elik boru

Yaygın olarak kullanımını sağlayan avantajları şöyledir:

- Statik ve dinamik kuvvetlere karşı dayanıklıdır.
- Elastik olması nedeniyle kırılmadan bükülebilir.
- Daha ince et kalınlığı ile yük ve kuvvetlere karşı koyabilir.
- Sıcak ve soğuk ortamlara karşı dayanıklıdır.

Bu avantajlarına rağmen elik boru kullanımında en önemli sorun paslanmadır. Paslanmayı önlemek için boru dışı koruyucu bir tabaka ile kaplanır. Kaplama olarak katran ve katran üzerine iki ya da üç kat cam elyaf ile kaplama yapılabilir. Genellikle borunun iç yüzeyi de kaplanır. Bunun için PVC, beton harç gibi malzemeler kullanılmaktadır. elik borular birbirine flanşlı bağlantılarla veya kaynak ile bağlanır. Boru bağlantıları, deniz tabanında dinamik koşulların baskın olduğu bölgelerde belirli açılar dahilinde hareket edebilmelidir. elik borular vinçlerle çekilerek yerine taşınır.

Betonarme boru

Deniz ortamında oluşabilecek vakum ve basınç koşullarında herhangi bir patlama tehlikesi oluşturmadan dayanabilir. Denizde yaşayan canlılara, deniz suyuna ve korozyona karşı dayanıklıdır. Ancak atıksu içeriğindeki kükürt ve asitten etkilenir. Kükürt ve asite karşı dayanıklılığı arttırmak için paslanmaz elik tabaka veya koruyucu imento harç kullanılabilir.

Genellikle II. tip veya sülfat tesirlerine dayanıklı V. tip portland çimentolarıyla imal edilirler. Ağır olmaları nedeniyle deniz zeminine tespitleri kolaydır (Samsunlu, 1995:99). Betonarme boruların döşenmesindeki zorluklar ve kırılma özelliği olumsuz yönleridir. Dikkat edilecek diğer bir husus boru bağlantılarıdır. Deniz altına döşenecek betonarme borularda sızdırmaz ve bükülebilir özel tipte bağlantılar kullanılmalıdır. Vinçlerle yerine taşınan betonarme borular, batırılarak yerine yerleştirilir.

Plastik borular

Deniz deşarjı hatlarında; PVC, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve cam elyaf takviyeli (CTP) plastik borular kullanılmaktadır. Bu tür borular hafiftir, bükülebilir ve deniz ortamının paslandırıcı etkisine karşı dayanıklıdır. Bu özellikler deniz deşarjı borusu için aranan özelliklerdir. Hafiflik boru hattının inşaatı sırasında kolaylık sağlar. Bükülebilirlik, özellikle deniz tabanı jeolojisinin uygun olmadığı yerlerde, borunun deniz tabanı hareketlerine (belirli sınırlar içinde) karşı uyum sağlamasında önemli rol oynar. Plastik borular hafif olmaları nedeniyle yerine yerleştirilirken yüzmelerini önlemek için beton bloklarla zemine tespit edilir.

i) PVC: Deniz tabanı yapısı uygunsa ve iyi döşenmişse deniz deşarjı hatları için uygundur. Küçük çaplarda beton borulardan daha ucuzdur. Yapısal dayanımı düşük olması olumsuz özelliğidir. Yerleştirildiği ortamdaki kuvvetlerden etkilenerek kırılabilir. PVC borular flanşlı veya çimentolu geçme şeklinde birbirine bağlanır. Paslanmaya karşı dayanıklıdır ancak denizdeki organizmalardan etkilenmektedir. Yüzdürme veya çekme yöntemiyle yerine yerleştirilir.

ii) Cam Elyafı Takviyeli Plastik (CTP) Borular: Betonarme boruya kıyasla ince et kalınlığına sahiptir. CTP boru aynı kapasitedeki çelikten 6 kat, betonarmeden 15 kat daha hafiftir. Uzun üniteler halinde üretimi mümkün olduğundan, bağlantı sayısı azalacak böylece bağlantı masrafı da düşecektir. Bağlantı sayısının az olması sızdırma olasılığını azaltır. CTP borular kaynakla veya flanşlı bağlantılar ile birbirine bağlanabilir. Ekonomik ömrü yaklaşık 50 yıldır ve bu süre boyunca bakım gerektirmez. Betonarme borularda olduğu gibi yerleştirileceği yere götürülerek tabandaki yerine indirilir.

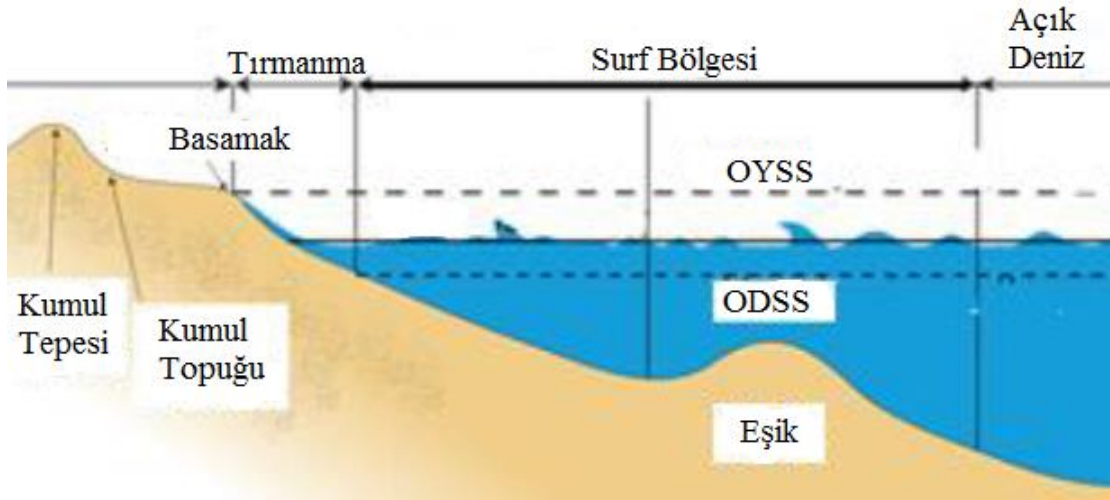
iii) Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) Borular: Elastik oluşu deniz tabanındaki hareketler sonucu oluşabilecek hasar olasılığını azaltır. Küçük çaplar için esnekliği, korozyona uğramaması gibi nedenlerle tercih edilen polietilen borularda boru ağırlıkları az olduğu için borular beton blok mesnetlerle zemine tespit edilirler. HDPE boruların taşıma gücü zayıf zeminlerde tercih edilmesi hafifliğinden ziyade borunun esnekliği ve küçük eğrilme yarıçaplarına müsaade etmesi nedeniyledir. Özgül ağırlığı 1 in altında bir malzemedir. Bu özelliği sayesinde önceden birleştirilen yaklaşık 300 m uzunluktaki boru hattı suda yüzdürülerek yerine getirilip, batırılabilir. Bu özelliği montaj, işçilik v.b. giderlerde ekonomiklik sağlar. Pürüzlülüğü az olduğu için diğer borulara oranla %10-25 daha fazla debi geçirebilmektedir. Böylece boru hattı için daha küçük çapların seçilmesi mümkün olur. Hammaddesi yurt dışından temin edilmekte olup, pahalı bir malzemedir. Diğer borulara kıyasla zaman içinde dayanımının daha fazla olması ve işçiliğinin ucuz olması nedeniyle yıllık yatırım masrafları düşük olmaktadır. Bu olumlu yönleriyle deniz deşarjları için en uygun malzeme olduğu düşünülmektedir. Balıkçılık faaliyetlerinin sebep olduğu delici ve kesici etkilere karşı dayanıklı olmadığı için her durumda borunun tünel açılarak deniz tabanına gömülmesi ve bir miktar koruma tabakası ile örtülmesi önerilir (Samsunlu, 1995:91-99).

2.2.2. Deşarj hattının döşenmesi

Deşarj borusunun döşenmesinde farklı döşeme tekniklerinin uygulandığı iki temel bölge vardır (Alvarez, Revilla, Medina ve Juanes, 2002):

1) Kıyı bölgesi (inshore/surf): Bu bölgede boru, dalgaların olumsuz etkilerinden korunması amacıyla yeterli derinlikte kazılmış bir hendek içine yerleştirilir. Kumlu zemin söz konusuysa boru en düşük deniz seviyesi altındaki bir derinliğe gömülmelidir. Deniz tabanının kaya olduğu yerlerde ise boru kazılan bir hendeğe yerleştirilerek üzeri beton katmanla örtülür.

2) Açık deniz bölgesi (offshore): Denizde belirli bir derinlikte ve deniz koşullarında artık boru hattının gömülmesine gerek yoktur. Bu derinlik bazı bölgelerde 10 m kadar olabilir. Bu bölgenin dışında deniz tabanının girintili çıkıntılı olmaması ve boru yükünü taşıyabilmesi gerekir. Kıyı bölgesi ve açık deniz bölgesine ait tanımlar şekil 2.12'de gösterilmektedir.



Şekil 2.12. Kıyı alanına ait özellikler (UDHB, 2015:363)

Surf bölgesi dışındaki yerlerde (10-12 m derinliğin altında) borunun stabilitesi ve korunması amacıyla hendek özellikleri ve dolgu malzemesi olarak kullanılacak büyük kaya parçalarının stabilitesi için hesap yöntemleri belirlenmesine ihtiyaç vardır (Alvarez ve diğerleri, 2002).

Uzunluğu kısa olan deşarj hatlarının yapımında müteahhidin tecrübesinin olması ve uygun ekipmanın bulunması yeterlidir. Uzun deşarj hatları ise karada imal edildikten sonra yerine çekilerek veya bir duba aracılığıyla döşenebilir. Yapı teknolojisindeki son gelişmeler sayesinde günümüzde tünelticilikte kullanılan tünel açma makineleriyle deniz tabanında tüneller açmak ve atıksuların bu tünellerden denize deşarjını sağlamak mümkündür. Küçük çaptaki deşarj hatlarının inşasında mikro tünel açma makineleri kullanılabilir. Tasarım kriterleri üzerinde pek çok parametre etkilidir. Bu nedenle deniz deşarjlarında yapım yöntemlerini bir standarda bağlamak çok zordur. Birçok değişkenin detaylı olarak incelenmesi neticesinde tasarlanan sistem için en uygun yöntemin belirlenmesi gerekir. Deniz deşarjı hatlarının inşa edilmesinde yapım yöntemleri dört grupta incelenebilir (Uğrar, 2004:11);

- Deniz Tabanında montaj yöntemi (teker teker veya modüler halinde batırma yöntemi)
- Tabandan çekme yöntemi
- Yüzeyden çekme yöntemi
- Yüzeyde montaj yöntemi

2.2.3. Boruların birleştirilmesi, batırma bloklarının bağlanması ve kıyıdaki diğer hazırlıklar

Minimum 12 m'lik HDPE borular sıcak kaynak (alın kaynağı) yöntemiyle birbirine eklenecek projesinde belirtilen uzunlukta anolar haline getirilir. İki ucuna bağlanabilir uç flanşları (stubend) takılan anolar yerinde (deniz tabanında veya üstünde) birleştirilir. Resim 2.2.'de alın kaynak yapılmak üzere işleme tabi tutulan HDPE boru (a) ve ano haline getirilen borular (b) görülmektedir.



Resim 2.2. Kaynak makinesi ile işlem anında olan HDPE boru (a) ve boru imalat boylarının kaynaklanarak gereken ano boyuna getirilmesi (b) (C. Yılmaz, 2006)

Alın kaynağı ile birleştirilen boruların üzerine batırma blokları monte edilerek anolar halinde batırma ve deniz altında döşeme işlemleri gerçekleştirilir. Batırma bloğunun montajı iki adet yarım daire şeklindeki beton blokların deşarj borusuna veya difüzör borusuna birleştirilmesi şeklindedir. Batırma blokları projesinde belirtilen aralıklarla boru hattına yerleştirilir. Montaj sırasında boru ile batırma bloğu arasına konulan lastik conta yardımıyla bloğun boru boyunca kayması ve boruyu zedelemesi önlenir. Borunun dönme şeklinde bir zorlamaya maruz kalmasını engellemek için blokların boru boyunca bir hizada olacak biçimde montajı yapılmalıdır. Resim 2.3.'te beton ağırlık blokları, Resim 2.4.'te ise batırma blokları yerleştirilen ve batırılmaya hazır hale getirilen deşarj borusu görülmektedir. Kara bağlantı hattının açılması, deşarj borusunun güzergahına getirilmesi ve batırılması işlemleri sırasıyla Resim 2.5. ve Resim 2.6.'da görülmektedir.



Resim 2.3. Beton ağırlık bloklarının dökülmesi (C. Yılmaz, 2006)



Resim 2.4. Batırma blokları monte edilmiş deşarj borusu (Berria, İspanya) (Pita, 2013:3)



Resim 2.5. Kara bağlantı hattının açılması (C. Yılmaz, 2006)



(a)

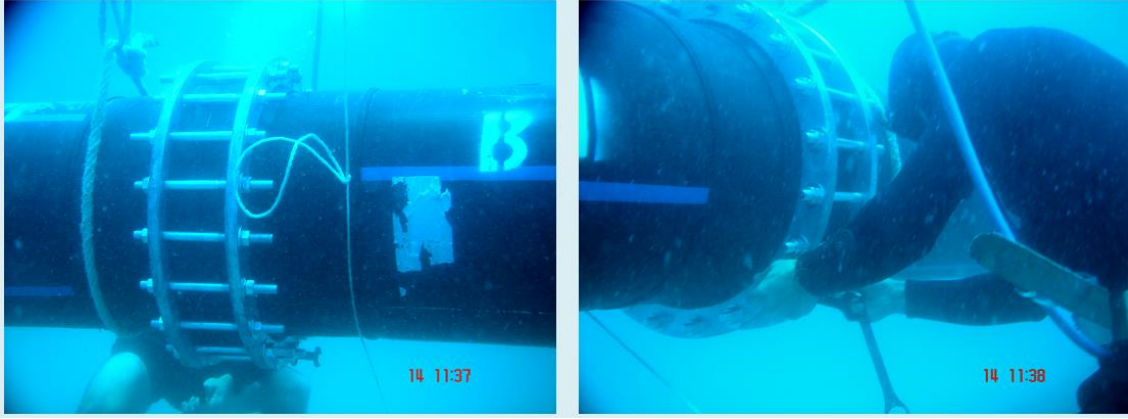
(b)

Resim 2.6. Deşarj borusunun güzergahına getirilmesi (a) ve batırılması (b) (C.Yılmaz, 2006)

Borunun döşeneceği zemin, batırma ve döşeme öncesinde projesine uygun olarak kazılmış ve yataklanmış olmalıdır. Ayrıca dalga tesiri ile bozulabileceği göz önüne alınarak döşem işlemine başlanmadan önce boru taban kotları kontrol edilmelidir. Eko sounder, el iskandili veya doğruluğundan emin olunan başka bir yöntemle boru döşeme kotlarının projesine uygunluğu kontrol edilmelidir. Ayrıca, döşemenin kolaylaştırılması bakımından; geçici olarak hat boyunca en fazla 50'şer m ara ile işaret şamandıraları yerleştirilmelidir. Deniz içerisinde kazı yapılması katamaran duba üzeri vinçler, katamaran duba üzeri back-hoe, pompalar, refülör gibi ekipmanlarla yapılabilmektedir. Deşarj hattının dalgıç kontrolünde izlenmesi Resim 2.7.'de görülmektedir.



Resim 2.7. Deşarj hattının dalgıç kontrolünde izlenmesi (C. Yılmaz, 2006)



Resim 2.8. Su altında boru bağlantı flanşlarının sıkılması (C. Yılmaz, 2006)

HDPE borunun tek bir ano olarak hazırlanıp batırılması halinde, daldırma esnasında meydana gelebilecek kuvvetlere karşı boru ve bağlantı parçaları dayanıklı olmalıdır. Ano uç flanşlarının birleştirilmesi batırma öncesinde deniz üstünde yapılırsa kaplinler batırılma esnasında boruyu etkileyecek her türlü kuvvete dayanacak ve boruda herhangi bir tahribata yol açmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Ano uç flanşlarının deniz tabanında veya yüzeyinde bağlanması esnasında ano uçlarının aynı ekseninde bulunması sağlanarak uç flanşlarının birbirini tam olarak karşılaşmasına özen gösterilmeli böylece uç flanşlarda sızdırmazlık temin edilmelidir. Su altında boru flanşlarının sıkılması Resim 2.8.'de görülmektedir. Deniz içindeki flanşın bağlantısından sonra deniz üstü vanası tekrar açılır, borunun tekrar yavaş pozisyonda su alması sağlanır. Dalgıçlar kontrollü olarak borunun kanal içine düzgün ve aksında oturmasına eşlik ederler. Dalgıç çalışmaları dalgıçlara ait sualtı çalışma yönetmeliği ve güvenlik tedbirleri doğrultusunda yapılmaktadır. (C. Yılmaz, 2006)

Batırılacak olan ano kıyıda içine hava doldurulup iki ucu hava sızdırmayacak şekilde tapalandıktan ve batırma blokları monte edildikten sonra şamandıra ile önceden işaretlenmiş hattın tam üzerine yüzer vaziyette getirilir. Daldırma işlemi, anonun bir ucundaki tapadan kontrollü bir şekilde boru içine suyun girmesine izin verilerek başlatılır. Suyun girmesiyle birlikte anonun su giren ucu deniz dibine doğru batmaya başlar. Batırma işlemi kontrollü bir şekilde yapılmazsa boru denge konumuna gelinceye kadar içine su alır ve batmaya devam eder. Bu durumda borunun içindeki hava, su basıncını dengeleyecek kadar sıkışmış demektir. Batırmanın kontrollü yürütülmesi için bir uçtaki tapadan su girişi kontrol edilerek borunun batması sağlanırken diğer uçtan batış hızını ayarlamak için

gerekirse hava basılmalıdır. Boru uçlarındaki su ve hava girişlerinin kontrolü için düzenlenen mekanizma ile borunun batırılması, dengede tutulması veya yeniden yüzdürülmesi mümkün olmaktadır.

Batırma sırasında boru kendiliğinden S şeklini alacaktır. Dalgıçlar borunun kontrollü olarak S yapmasını izleme durumundadır. Eğer eğim aşırı S lenirse borunun zarar görmesi söz konusudur. Aşağıda bulunan flanş sökölmeden deniz yüzeyindeki hava tahliye vanası kapatılır. Askıda kalan boru pozisyonu bozulmadan uç flanşı sökölerek ilk indirilen boru flanşına gerekli sızdırmazlık elemanları ilave edilerek bağlanır ve gerekli torkta flanşın bağlantı civataları sıkılırlar. (C. Yılmaz, 2006)

Borunun projesinde belirtilen hat üzerine tam olarak oturması ve yatay düşey doğrultularda meydana gelebilecek muhtemel kaymanın önlenmesi için deniz yüzeyindeki ucundan boruya hat istikametinde yeterli çekme kuvveti uygulanmalıdır.

Difüzör borusu ve batırma blokları ile varsa şnorkeller (riser) kıyıda tamamlanarak hazır hale getirilir. Yükseltici (riser) ağızları, batırma ve döşeme işlemleri tamamlanana kadar kapalı tutulur. Difüzör borusunun uç kısmı kör flanşla kıyıda kapatılır. Deşarj borusunun su altındaki döşenmesi tamamlandıktan sonra difüzör de ayrıca batırılmak üzere ana boru sonuna eklenerek hattın döşenmesi gerçekleştirilir.

Döşeme işleminin tamamlanmasından sonra dolguya geçilir. Açılan hendeklerde boru altında ve üstünde yataklama ve gömlekleme yapılmaktadır. Boru etrafında yapılacak gömlekleme uygun evsafta malzeme ile boruya zarar vermeyecek şekilde ve her iki tarafının dengeli bir şekilde doldurulmasına dikkat edilir. Batımetrik raporlar ışığında malzeme taşınımı söz konusu ise taşınımın olduğu en alt yüzeyden itibaren gömlekleme üstüne koruma tabakası oluşturulur. Koruma tabakası olarak ya çimentolu agrafli montaj yastıkları ya da gabion sepetler kullanılır. Resim 2.9.'de içi taş bloklarla doldurularak hat üzerine indirilmeye hazır olan gabion sepet görölmektedir.



Resim 2.9. Gabion sepet (Kalkan, 2017:25)

Deniz derinliğinin 7 veya 10 m'den az olduğu sığ kısımlarda deşarj borusu kazılan çukura yerleştirilir ve üzeri 2 m yüksekliğe kadar doldurulur. Borunun ve içine yerleştiği yatağın akıntılar nedeniyle yerinden oynamaması ve aşınmaması için boru mevcut ise kaya tabakasına beton bloklarla tespit edilebilir (Samsunlu, 1995: 99).

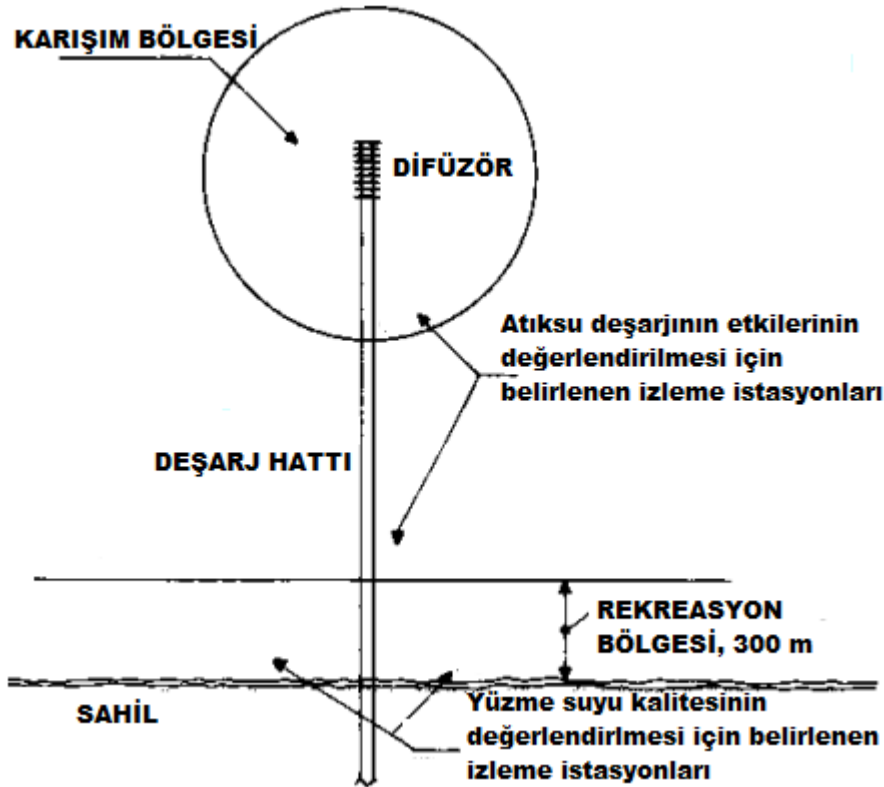
Gömlekmeye ilave olarak boru üzerinde projesi gereği (varsa) muhtelif dolgu tabakaları oluşturulur. Dolgusu tamamlanan her tabakanın ardından ölçüm yapılarak projede öngörülen kotlara ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilir. Dolgu çalışmaları boru üzerinde tahribata ve aşırı yüklemeye yol açmayacak şekilde sürdürülür.

Döşeme işleminde son olarak karada hazırlanan ışıklı işaret şamandıraları projede belirtilen konumlarına getirilerek dalgıçlar vasıtası ile yerine montajları yapılmaktadır. İşaret şamandıraları genellikle PE (polietilen) malzemedan yapılmakta olup, paslanmaz zincirle bağlanarak tespit kütleleri ile su altında konulacağı yere monte edilir.

2.3. İşletme Süreci

2.3.1. İzleme

Deniz deşarjı tesislerinin halk sağlığı üzerindeki olası etkilerinin doğru bir şekilde değerlendirmesini yapabilmek için izleme sistemleri tasarlanmalıdır. Bir atıksu deniz deşarjının rekreasyon suları üzerindeki etkisi suyun bakteriyolojik kalitesinin değerlendirilmesiyle anlaşılmaktadır. Atıksu çok sayıda organizma içermektedir ve bunlar arasında koliform grubu bakteriler halk sağlığı üzerindeki etkiyi ölçmede kullanılan gösterge olmuştur. Difüzör etrafında karışım bölgesi sınırındaki koliform konsantrasyonları rutin izleme programları ile izlenmelidir. Ölçümler işletme döneminden önceki bir yıl içinde yapılmalıdır. Şekil 2.13.'te deşarj hattı güzergahında izleme yapılacak istasyonların yerleşimi gösterilmiştir (Ludwig, 1988:30-31).



Şekil 2.13. Deşarj bölgesinde izleme istasyonlarının yerleşimi (Ludwig, 1988:30)

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'nin 5. Madde h fıkrasında “Çevrenin atıksu deşarjlarından kaynaklanan olumsuz etkilerinden korunmasını sağlamak için arıtma tesislerinin, atıksuların ve alıcı ortamın izlenmesi gereklidir” denilmektedir. Ayrıca derin

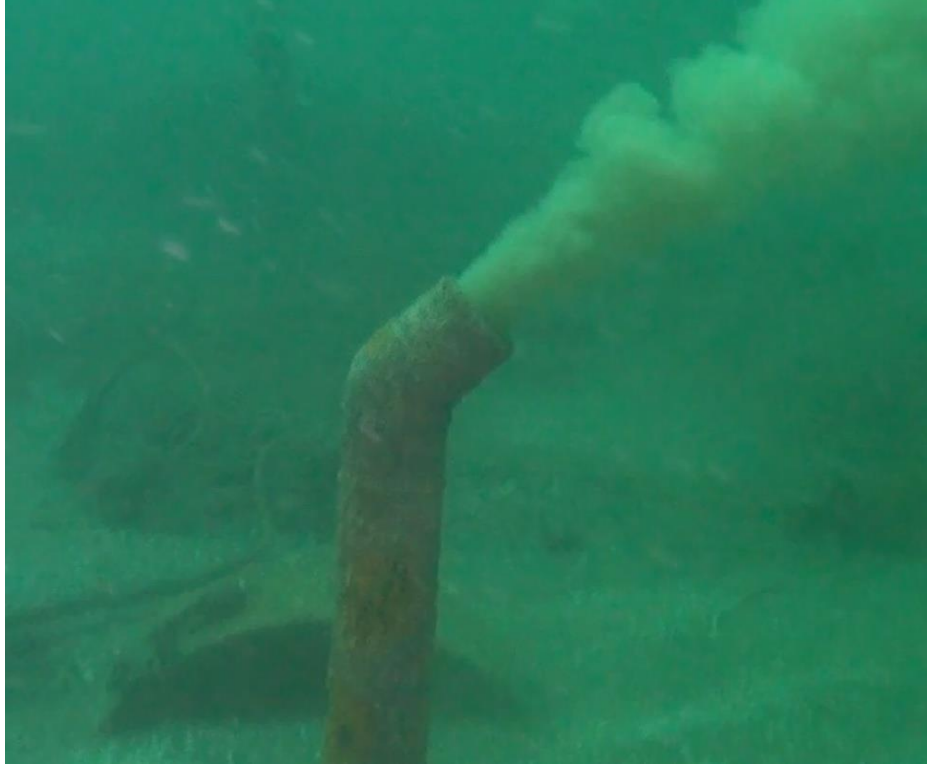
deniz deşarjının izlenmesi için numune alınmasında uygulanacak esaslar SKKY'nin 12. maddesinde şu şekilde belirtilmektedir (Resmi Gazete SKKY, 2009):

a) Derin deniz deşarjı onaylı projesinde belirtilen koruma bölgesi sınırında, deniz suyu yüzeyinden numune alınarak bakteriyolojik parametrelerin mevzuata uygunluğu kontrol edilir.

b) Difüzör orta noktasından yüzeye kadar olan eksen derinliği yarıçap olarak alınarak oluşturulacak daire içinde deniz yüzeyinde yüzer madde bulunup bulunmadığı kontrol edilir.

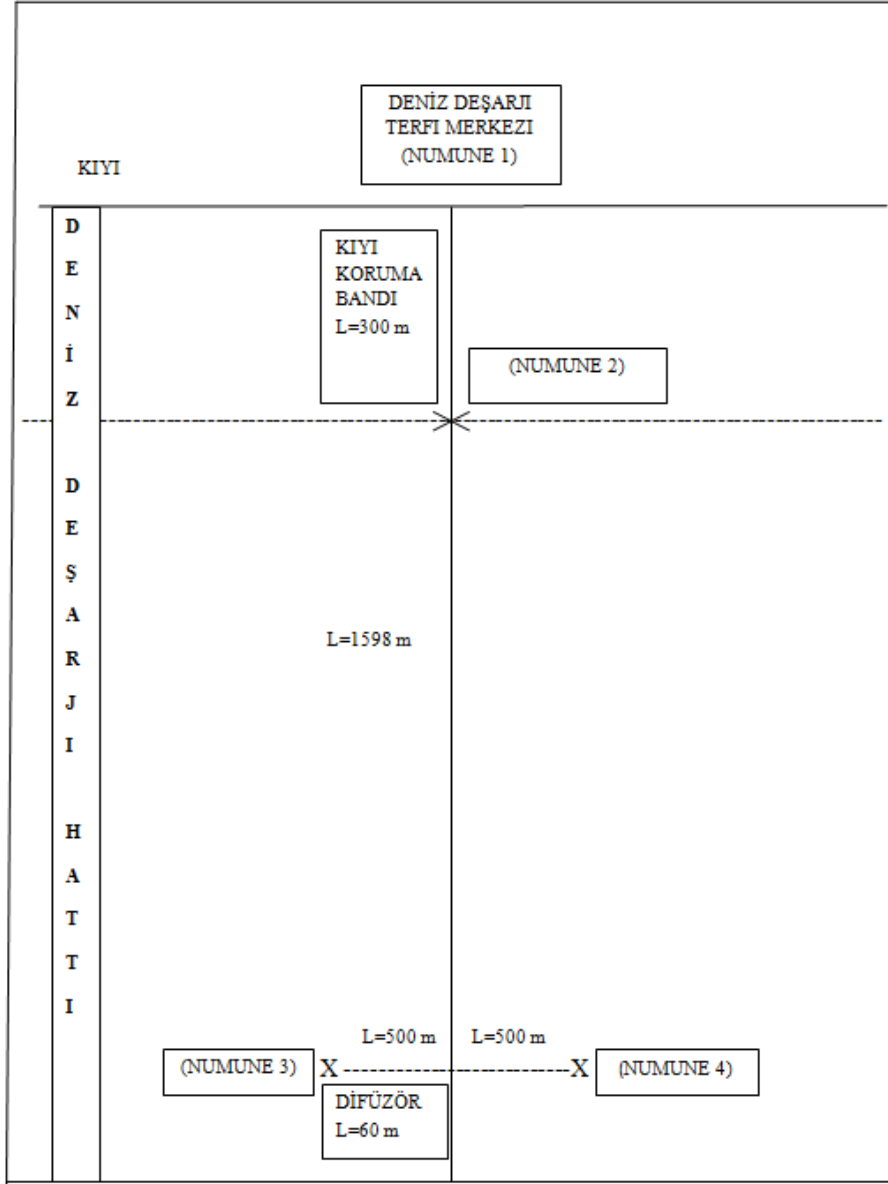
c) Atıksu debisi 1000 m³/gün üzerinde olan tesislerin ise, derin deniz deşarjı noktasını 1 kilometre çevreleyen çember üzerinde numune alınması zorunludur. Hakim rüzgar yönü ve akıntı hareketlerinin, deşarj edilen atıksu bulutunu taşıması ihtimalini de göz önüne alarak daire içerisinde, iki farklı derinlikte (dip ve yüzey), iki ara numune alma noktası belirlenir. Bu amaç için özel olarak yapılan cihazlarla numune alınır, denilmektedir.

İller Bankası'nca yapılan kabul işlemleri esnasında hattın başlangıcından Rodamin-B ilavesi yapılarak hatta sızdırmazlık testi yapılmaktadır. Hat dalgıç kamerasıyla kaydedilerek İdareye sunulur. Resim 2.10.'da difüzör borusundan çıkan Rodamin-B ilaveli suyun deniz ortamına çıkışı görülmektedir.



Resim 2.10. Deşarj hattında sızdırmazlık testi (Video Kaynağı-Görelle (Giresun) Derin Deniz Deşarjı Geçici Kabulü)

Bankamızca yapılan uygulamalarda geçici kabul veya kesin kabul aşamasına gelmiş olan derin deniz deşarjı tesislerinde SKKY gereklerinin sağlanmasının tespit edilmesi amacıyla numune alma ve analiz işlemleri yapılmaktadır. Terfi merkezi, koruma bölgesi ile difüzörün sağından ve solundan 1 km'lik çap dahilinde iki adet olmak üzere toplamda 4 adet numune alınarak analiz edilir. Alınan numunelerin analiz işlemleri Sağlık Bakanlığı, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı kuruluşlar ile bu bakanlıklardan yetki belgesi almış TÜRKAK (Türk Akreditasyon Kurumu) akredite laboratuvarlarca yapılmaktadır. Terfi merkezinden alınan numunelerde SKKY Tablo 22'de yer alan parametreler, koruma bölgesinden alınan numunelerde tablo 23 parametreleri, difüzör etrafından alınan numunelerde ise Tablo 4'te yer alan deniz suyunun genel kriterlerinin yer aldığı parametrelere bakılır. Analiz sonuçlarının yönetmelikte verilen değerleri sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Sonuçların yönetmeliğe uygunluğunun sağlanması ve tesisin tamamına ait kabule engel bir durum bulunmaması halinde tesisin kabulü yapılır. Şekil 2.14.'te Bankamızca yapılan Görelle (Giresun) Derin Deniz Deşarjı İnşaatı'na ait deşarj hattı krokisi görülmektedir. Deşarj hattı sahilden itibaren 1.598 m uzunluğunda olup, bu mesafenin 60 m'si difüzörden oluşmaktadır.



Şekil 2.14. Görele (Giresun) Derin Deniz Deşarjı Hattı Krokisi (Geçici Kabul Tutanağı eki)

2.3.2. Deşarj tesisinin temizlik ve bakımı

Arıtılmamış evsel atıksu deşarjlarında yağ ve katı madde birikimi nedeniyle boru çapı daralmaktadır. Boru hattına belirli dönemlerde deniz suyu pompalamak çökelen maddelerin bir ölçüde temizlenmesini sağlayabilir. Boru iç çapına uygun büyüklükteki fırça veya topla mekanik temizlik yapılmaktadır. Mekanik arıtmanın uygulandığı sistemlerde yağ veya çökelen maddelerin birikimi olmayacağından boru temizliği çok nadiren gerekmektedir. Örneğin Los Angeles'te çökeltmeden geçirilmiş 3 m çapındaki

atıksu deşarj borusunun 10 yıllık işletmeden sonra bile temizlenmesine gerek olmamiştır (Samsunlu, 1995:100).

3. TÜRKİYE'DE DENİZ DEŞARJI TESİSLERİNİN DURUMU

Ülkemizin içinde bulunduğu Karadeniz ve Akdeniz havzaları kapalı ve yarı kapalı denizlerdendir. Sayısı hızla artan sanayi tesislerinin faaliyetleri neticesinde oluşan endüstriyel atıklar, evsel atıklar, tarımsal faaliyetler ve turizm faaliyetleri bu denizler üzerindeki önemli çevresel baskılardır. Bu faaliyetlerden kaynaklı kara kökenli kirleticiler deniz ortamına akarsular aracılığıyla, taşkın sularıyla, atmosfer yoluyla veya doğrudan deşarjlarla taşınmaktadır. Doğal besin maddeleri, zehirli maddeler ve sentetik bileşiklerden oluşan bu kirleticiler deniz ortamının üretkenliğini ve biyoçeşitliliğini etkileyerek önemli tahribat risklerine neden olmaktadır. Bu kapsamda Türkiye ülkemiz kıyılarının ve denizlerinin korunmasını sağlamak amacıyla uluslararası sözleşmelerin (Barselona ve Bükreş sözleşmeleri Kara Kökenli Kirleticiler Protokolleri-1992) taraflarından biri olmuştur. Gerek uluslararası sözleşmeler gerekse ilgili AB direktifleri ve ulusal mevzuat temel alınarak ülkemiz kıyılarının ve denizlerinin korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması hedeflenmektedir. Bu çerçevede Türkiye kirleticilerden kaynaklanan kirliliği izlemek, değerlendirmek ve önlenmesine yönelik gerekli tedbirleri almakla sorumludur (Tübitak MAM, 2016:17-18).

AAT'ler suyun daha verimli kullanılması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve çevresel kaynakların korunması adına önemli sistemlerdir. Türkiye atıksuyun arıtılması konusunda ciddi yatırımlar yapmaktadır. AB çevre tüzüklerine uygunluğun sağlanması için 2007-2023 yılları arasında 58 milyar Avro'luk harcamaya ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmektedir (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü [OECD], 2008:153). Yine 2007-2023 yılları arasında atık su arıtma tesisleri ve şebekelerinin ilk yatırım ve yenileme maliyetleri toplam 33 Milyar 604 Milyon YTL (18 Milyar 083 Milyon Avro) olacağı öngörülmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı [ÇOB], 2006: 14).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2016 yılı Belediye Atıksu İstatistiklerine göre kanalizasyon şebekeleri ile toplanan 4,5 milyar m³ atıksuyun 3,8 milyar m³'ü atıksu arıtma tesislerinde arıtıldı. Çizelge 3.1.'de arıtılan atıksuyun alıcı ortama göre deşarj oranları gösterilmektedir. Çizelgede verilen değerler incelendiğinde arıtılan atıksuyun önemli oranda akarsu ve denize deşarj edildiği görülmektedir. Deşarj edilen atıksu bünyesindeki kirleticilerin akarsular vasıtasıyla denize ulaşacağı düşünüldüğünde atıksu deşarjlarında arıtma faktörünün önemi daha çok ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.1. 2016 yılı itibariyle arıtılan atıksuyun deşarj yerleri ve oranları (TÜİK, 2016)

Deşarj Yeri	Deniz	Akarsu	Baraj	Göl-Gölet	Arazi	Diğer Alıcı Ortamlar
Arıtılan Atıksuyun Alıcı Ortama Deşarj Oranları	44,5	45	2	1,4	0,4	6,3

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği hassas ya da az hassas su kaynaklarına deşarj edilecek atıksular için farklı arıtma tipleri önermektedir. Söz konusu yönetmeliğin 6. Madde c ve d fıkralarında sırasıyla; “İlgili idare; 2000’den az E.N.’ye sahip toplama alanlarından tatlı su ve haliçlere yapılan deşarjlar ile 10000’den az E.N.’ye sahip toplama alanlarından kıyı sularına yapılacak deşarjlar için kanalizasyon sistemine giren kentsel atıksuların uygun arıtmaya tabi olmasını sağlar” ve “İlgili idare tarafından, kanalizasyon sistemine giren kentsel atıksuyun 2000-10000 E.N. arasındaki toplama alanlarından tatlı sulara ve haliçlere yapılan deşarjlar ile 10000 E.N.’den fazla toplama alanlarından yapılan bütün deşarjlar için ikincil arıtma ya da eşdeğer bir arıtmaya tabi tutulması sağlanır” denilmektedir (ÇOB:2006).

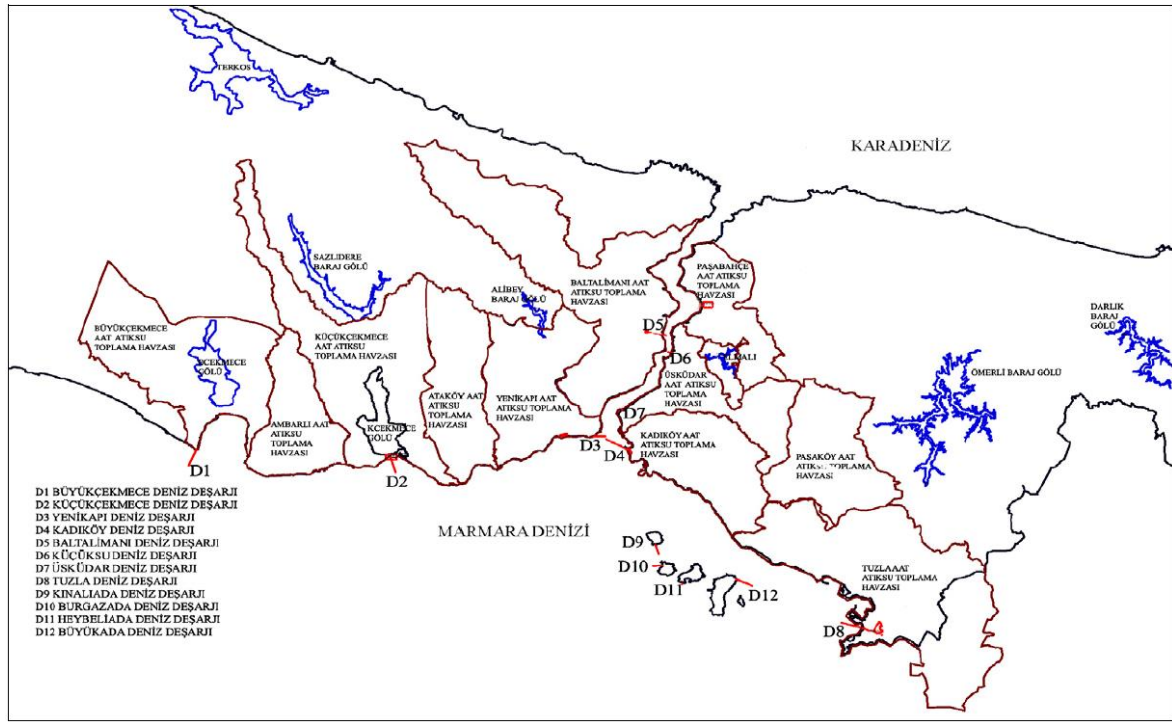
Türkiye genelinde nüfus yoğunluğu km²’de 73 kişi olmasına karşılık kıyı illerinde bu yoğunluk dönemsel olarak 127 kişidir. Bu veriler değerlendirildiğinde nüfusun kıyılarda yoğunlaşması nedeniyle Türkiye’de kıyıları karasal kaynaklı kirlilik deşarjları nedeniyle tehdit altındadır. AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES)’nde yüzme v.b. rekreasyon amacıyla kullanılan su ortamlarına atıksu arıtma tesislerinden bu su ortamlarını etkilemeyecek şekilde deşarj yapılmasını sağlamak amacıyla uygun arıtma tesisleri, atıksu deşarj ve dezenfeksiyon sistemleri kurulması hedeflenmektedir (ÇOB, 2006:7-18). Özellikle kıyı yerleşimlerinde Kentsel Atıksu Arıtma Direktifi’nin öngördüğü şekilde atıksu arıtma sistemlerinin yapımı ve deşarj kriterlerine uygun olarak verimli çalışmasının sağlanması öncelikli hedefler olarak belirlenmiştir.

Kıyı yerleşimlerinin atıksularının derin deniz deşarjıyla uzaklaştırılması dünya genelinde kabul gören bir seçenektir. Yaklaşık 8333 km’lik kıyı şeridi uzunluğuna sahip olan Türkiye’de sayıları 250’yi bulan değişik nitelikte ve ölçekte kıyı yerleşimi bulunmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında Türkiye derin deniz deşarjı uygulamaları konusunda yüksek potansiyele sahiptir (Dölgen ve diğerleri, 2006:586). Ülkemizde

atıksuların deniz deşarjı ile uzaklaştırıldığı 107 adet tesis mevcuttur. Bunlar arasında 30 adet biyolojik arıtma + derin deniz deşarjı ve 24 adet ileri biyolojik arıtma + derin deniz deşarjı tesisi bulunmaktadır (Nas, 2017:9).

Ülkemizde İller Bankasının desteğiyle pek çok deniz deşarjı tesisi inşa edilmiş olup, yapılan uygulamalar sadece evsel nitelikli atıksuların deşarjına yöneliktir.

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'nin atıksu bertarafı konusundaki uygulamaları da ön arıtma ve deniz deşarjı ağırlıklıdır. Şekil 3.1.'de İstanbul İli'ndeki AAT atıksu toplama havzaları ile derin deniz deşarjları görülmektedir (Peker, 2007:54).



Şekil 3.1. İstanbul İli atıksu arıtma tesisleri ve deniz deşarjları (Peker, 2007:54)

İstanbul İli'nde oluşan atıksuların yaklaşık %80'in atıksu ön arıtma tesislerinde arıtma işleminden geçirildikten sonra deniz deşarjı yapılmak suretiyle uzaklaştırılmaktadır. Atıksu arıtma tesisleri çıkış sularında yapılmış olan analizler incelendiğinde, biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesisleri çıkış suyu kalitelerinin, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen deniz deşarjı standartlarına uygun olmasına karşın, ön arıtma tesisleri çıkış suyu kalitelerinin zaman zaman bu kriterleri karşılayamadığı görülmektedir (Peker, 2007).

4. DERİN DENİZ DEŞARJ TESİSLERİNİN TASARIM, İNŞA VE İŞLETİLMESİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

4.1. Deşarj Borusunda Stabilite Problemleri

Dalga etkisinin güçlü olduğu yerlerde deşarj hatlarında borularda havaya kalkma, kırılma veya kopmalar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle deşarj hattı stabilitesini etkileyen unsurların doğru şekilde belirlenmesi önem teşkil etmektedir.

Deniz yatağına gömülerek döşenen boru hattının stabilitesindeki sorunlar aşağıdaki gibidir (Berkün, 2006: 222-223):

- Boru yüzer hale geçerek önce toprak sonra su yüzeyine çıkar. Bu durumda boru, proje dayanım kuvvetlerini zorlayan dalga ve akıntı kuvvetleri etkisine girer.
- Zeminin taşıma gücünün yeterli olmaması nedeniyle boru döşendiği yatak kanalında devamlı olarak batar.
- Boruyu örten örtü malzemesinin fırtına koşulları altında kazınarak veya sürüklenerek kalkması sonucu yatay stabilite problemi oluşur.
- Akıntı ve dalga kaynaklı ilave kuvvetler ise çukur içindeki malzemenin süspansiyon haline veya sıvılaşılarak akıcı hale gelmesine yol açar.
- Sıvı çamur oluşumuna ve sıvılaşmaya neden olan bütün çukur açma yöntemleri düşey stabilite problemleri oluşturur. Özellikle kızak-jet (jet-sled) tipindeki kazı yöntemleri borunun altındaki toprakta sıvılaşma oluşturarak borunun batmasına yol açarken, daha ağır olan kazı malzemesi çukur içine geriye akarak borunun batması yerine yükselmesine de sebep olabilmektedir.
- Aktif kıyılara gömülen boru hatlarının gömülme derinlikleri kıyıda oluşan kısa ve uzun süreli profil değişimlerinden etkilenir. Mevsimsel fırtınalar da önemli miktarda malzeme erozyonuna sebep olabilmektedir.

Yukarıda belirtilen bütün nedenlerden ötürü boruların gömülmesi gereken derinliğin tespit edilmesi için fırtına olaylarının uzun süreli kayıt verileri kullanılmalıdır.

Hafif boruların tercih edildiği projelerde borular yatağından çıkarak yüzer hale gelebilir. Bunun sebebi hesaplarda borunun dayanabileceği kuvvetin üzerinde yapılan kabuller ve dolgu malzemesinin ağırlığının boruyu gömülü halde tutmaya yeterli olmamasıdır. Bu durum zeminin sahip olduğu koşullara, dolgu malzemesine ve gömme yöntemine bağlıdır. Deniz tabanına açılan hendekten çıkan malzemenin boru yerleştirildikten sonra kanalın geriye doğru doldurulmasında kullanılması oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Hendekten çıkarılan kazı toprağının birim ağırlığı (specific gravity) yüksektir (~1.3). Kanalın kapatılması için ikinci defa kullanılan bu sıvı-çamur özelliğindeki malzemenin kesme mukavemeti çok küçüktür. Bazı durumlarda çukura geri doldurma yapılmamakta ve doğal sedimentasyonla çukuru zamanla dolduracağı düşünülmektedir. Deprem şokları veya yüksek dalga şokları nedeniyle gecikmiş olarak zeminde sıvılaşma oluşabilmektedir. Yerine yüzdürülerek yerleştirilecek hafif boru hatlarının bu koşullara göre analiz edilmesi gerekmektedir (Berkün, 2006:222).

4.2. Tasarım Sorunları

Deşarj hattının uzunluğu deşarj öncesi yapılacak arıtmanın derecesine göre tasarlanmaktadır. Atıksuların mekanik arıtımı sonrası biyolojik arıtımın da uygulandığı durumlarda, deşarj borusu uzunluğu sadece mekanik arıtım yapılması durumuna göre daha kısa tutulur. Ancak herhangi bir sebeple biyolojik arıtım ünitesi devre dışı kaldığında deniz daha fazla kirlenir. Bu nedenle deşarj borusu uzunluğunun oldukça emniyetli seçilmesi durumunda bu tür riskler ortadan kalkacaktır.

Ayrı ayrı sistemlerle toplanmayan ve kanalizasyon sistemi aracılığıyla deniz deşarjı kollektörüne birlikte intikal eden yüzey suları ve evsel atıksular zaman zaman aşırı debi yüküyle kollektörlerde sorun oluşturmaktadır. Bu sorunu engellemek için yüzey suları ve evsel atıksular birbirine karışmadan ayrık sistemlerle toplanmalıdır. Hiç bir kanalizasyon altyapısı bulunmayan veya gelişigüzel yapılan sızdırmaz fossseptiklerin bulunduğu kırsal alanlar mevcuttur. Bu bölgelerde evsel atıksuların derelere bağlandığı ve derelerle denize ulaştığı bilinmektedir. Bu durum alıcı ortam için önemli bir kirlilik kaynağı oluşturmaktadır. Kıyı bölgelerimizde bulunan yerleşimlerin birçoğunda arıtma sisteminin bulunmaması nedeniyle atıksuların nehirlerle buradan da nehirler aracılığıyla kıyı ve denizlerimize ulaşması olumsuz sonuçlar yaratmaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı [ÇŞB], 2014a:168).

İstanbul şehri atıksularının bir bölümü ön arıtma uygulandıktan sonra diğer kısmı ise ileri arıtma sonrası derin deniz deşarjı yoluyla boğaz sularına karışmaktadır. Bu girdilere ilave olarak Karadeniz ve Marmara denizinden gelen taşınımlar ile ortama dahil olmaktadır. İstanbul Boğazının alt tabaka akıntısına verilen atıksu deşarjları, bu tabaka tarafından Karadeniz'in alt tabakasına taşınmaktadır. Bu taşınma esnasında iki tabaka arasındaki madde alışverişi nedeniyle alt tabakadaki kirletici maddelerin bir kısmı üst tabakaya geçerek Marmara Denizi'ne tekrar geri dönmektedir. Yapılan izleme çalışmalarında atıksu deşarjları nedeniyle alt tabaka sularında fosfat ve nitrat derişimlerinin artarken, oksijen miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Su kalitesinde önemli değişimlerin olması sebebiyle Marmara Denizi'ne verilen veya verilecek tüm atıksuların arıtılarak deşarj edilmesinin kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır (Tüfekçi ve diğerleri, 2016:282-283).

Enerji sektöründe termik santrallerin prosesleri gereği açığa çıkan atık ısının uzaklaştırılması su ile yapılmaktadır. Bu nedenle genellikle kıyı bölgelerinde, büyük su kaynaklarına yakın olarak yapılması tercih edilen enerji santralleri, soğutma amaçlı olarak denizden su alıp ısınmış suyu tekrar denize deşarj etmektedir. Her türlü atıksuyun denize deşarjında deşarj sisteminin tekniğine uygun olarak tasarlanması gerekir (Ondokuz Mayıs Üniversitesi [OMÜ], 2016).

Deniz deşarjından kaynaklanan kirletici dağılımını kestirebilmek için uzman modelleme yöntemleri kullanılmalıdır. Bu modellemeler deneysel ve analitik yöntemler, partikül izleme yöntemi, sonlu fark ve adveksiyon-difüzyon denklemlerini çözmek için sonlu eleman çözümleri ve jet entegre yöntemleri içerir. DDD modelleme konusundaki literatür araştırması ve dünyada uygulanan modellerin incelenmesi sonucunda, Türkiye koşullarında uygulanabilecek en uygun modelin CORMIX isimli model olduğuna karar verilmiştir. Söz konusu modelleme ile deşarj sonrası seyrelme ve konsantrasyon değerleri tahmin edilebilmektedir (OMÜ, 2016:6).

4.3. Çevresel Sorunlar

Karadeniz ve Marmara'ya kıyısı olan bölgelerde yoğun insan aktiviteleri nedeniyle evsel ve endüstriyel kaynaklı aşırı azot ve fosfor atıkları oluşmuştur. Bu atıklar doğrudan deşarj veya yetersiz arıtmalar nedeniyle deniz ortamında aşırı besin artışıyla ötrofikasyona

neden olmuştur (Mantıkçı ve diğerleri, 2016:37). Derin Deniz Deşarjı Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi Projesi (2015) kapsamında yapılan çalışmada doğu, batı ve orta Karadeniz’i temsil edecek şekilde Samsun, Giresun, Sinop, Rize, Kastamonu, Zonguldak ve Trabzon illerinden 36 adet derin deniz deşarjı sistemi seçilerek bu sistemlerdeki seyrelme oranları ve ötrofikasyon etkilerine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Yüzey, orta ve dip noktalarından alınan deniz suyu ve atıksudan alınan örneklerde toplam azot, toplam fosfor, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, klorofil-a parametreleri incelenmiştir. Biyokimyasal oksijen ihtiyaçları değerlendirildiğinde difüzörlerin yeterli seyreltmeyi sağladığı belirlenmiştir. Atıksuda ölçülen toplam azot ve fosfor konsantrasyonlarının oldukça yüksek olduğu ve SKKY’deki “Derin deniz deşarjlarında izin verilebilecek atıksuların özellikleri” başlıklı tablo 22’de belirtilen sınır değerleri sağlamadığı görülmüştür (Ardalı ve diğerleri, 2016:45).

Deşarj alanlarının etrafında sistemin kurulması aşamasında zemine döşenen boru, beton blok ve kum torbaları zemin karakterini değiştirerek fiziksel tahribat yaratmakta ve bölgeye belli canlı türlerinin yoğunlaşmasına yol açmaktadır (Ardalı ve diğerleri, 2016:45).

Karadenizde yapılan izleme çalışmalarında ötrofikasyon riskinin artmış olduğu belirlenmiştir. Özellikle akarsuların Karadeniz’e döküldüğü noktalarda nütrient ve kirliliğin yüksek olması Karadeniz’in ekolojik yapısını çok etkilemektedir. Referans olarak seçilen noktalar DDD hattı boyunca alınan örneklerde yakın deniz alanının olumsuz etkilendiği ve pek çok hat boyunca kirliliğin etkin olduğu ve yeterli seyrelmenin sağlanamadığı sonucuna varılmıştır. Karadeniz boyunca yerleşim alanlarının yoğun olduğu bölgelerde kirlilik yükleri fazla olmakla birlikte izinsiz küçük ölçekli endüstriyel bağlantıların olduğu tespit edilmiştir. Bu yaklaşıma bir an önce çözüm bulunması gerekmektedir. Çünkü evsel atıksu kapsamında yapılan arıtım ve seyreltme çalışmalarının endüstrilerden gelen kirleticiler için yeterli olmayacağı açıktır. Karadeniz kıyısı boyunca Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen hassas alanlarda ileri arıtımla birlikte DDD uygulamalarının zorunluluğu vardır. Az hassas ve gri alanlar için de ön arıtım+DDD yeterli olmamaktadır (OMÜ, 2016:6).

Sayısal modellemelerde boru içindeki atıksu akışının üniform (düzgün) olduğu kabulü yapılmaktadır. Ancak bu durum gerçekte böyle değildir. Çünkü uzun deşarj hatlarında enerji kaybı fazla olabilmektedir. Düşük hızdaki akışlar deniz suyunun boru

içine girmesine neden olmaktadır. Deniz suyu girişini önlemek için difüzör çıkış deliğine geri dönüşsüz çek valf takılabilir. Difüzördeki akışın düzgün biçimde sağlanması için difüzör delikleri konikleştirilebilir (Tate, Scaturro ve Cathers, 2016:31).

4.4. Finansal Sorunlar

Kentsel altyapı tesislerinin kurulmasında “finansman sorunu” en önemli kısıtlardan biridir. Bilindiği gibi kentsel altyapı hizmetleri yerel yönetimlerin sorumluluğundadır. Ancak kurumsal, teknik ve mali yönden yetersiz olan yerel yönetimler ve bilhassa küçük belediyeler sağlamakla yükümlü oldukları hizmetleri etkin olarak yerine getirememekte ve gerekli altyapı tesislerini kurmakta sıkıntı yaşamaktadırlar. Ülkemizde genel bütçe gelirlerinin yüzde 6’sı belediyelere dağıtılmaktadır. Ancak elde edilen vergi geliri çoğu zaman Belediyelerin sadece personel giderlerini karşılayabilmektedir. Bu nedenle belediyeler mevcut mevzuat gereği ihtiyaç duydukları altyapı tesislerinin finansmanını İller Bankası’ndan kredi kullanarak sağlayabilmektedir. Yeterli geliri olmadığı için kredi temin edemeyen Belediyeler, genel bütçeden sağlanan hibe olanaklarından da etkin bir şekilde faydalanamamaktadır (Dölgen ve diğerleri, 2006:589).

Yerel yönetimlere finansman sağlanması konusunda düzenleme getirilmelidir. Genel bütçeden AB fonlarından veya uluslararası finans kuruluşlarından elde edilecek kaynakların (hibe veya kredi) kullanılmasına yönelik kriterlerin, önceliklerin, usul ve esasların yer aldığı bir finansman stratejisi oluşturulmalıdır. Mali kaynakları yetersiz olan belediyelere genel bütçeden daha fazla kaynak ayrılması ve bu kaynakların etkin olarak kullanılması gerekir. Yerel yönetimlere kentsel altyapı yatırımları için genel bütçeden yapılacak kaynak tahsisinde aşağıdaki kriterler izlenebilir;

- Proje önceliği (içmesuyu, katı atık, atıksu v.b.)
- Nüfus büyüklüğü (fazla nüfuslu Belediyelere öncelik verilecektir.)
- Belediyelerin mali durumu (mali açıdan yetersiz olan Belediyelere öncelik verilecektir.)
- Belediyelerin gelişmişlik düzeyleri-hane halkı gelirleri (AB’den ve genel bütçeden sağlanacak kaynaklar hibe niteliğinde olduğu için, kaynak sağlayacak projeden

yaralanacak vatandaşların gelir durumları göz önüne alınarak gelir seviyesi en düşük olanlara öncelik verilecektir.)

- Çevresel Öncelikler (AB fonlarından ve genel bütçeden kaynak sağlanacak altyapı projelerinde toplum sağlığını ilgilendiren altyapı tesislerine, hassas alanların korunmasına yönelik planlanan altyapı tesislerine, kültürel ve doğal kaynakların korunmasına yönelik altyapı tesislerine öncelik verilebilir.) (Dölgen ve diğerleri, 2006:591)

Atıksu arıtma tesisleri enerji ihtiyacı fazla olan sistemlerdir. Bu durum işletme maliyetlerini artırdığından tesisin çalıştırılmasını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kapsamda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın atıksu arıtma tesislerinin enerji giderlerinin % 50'sinin karşılanmasına yönelik enerji teşviki bulunmaktadır (ÇŞB, 2014b:45). Bu teşvik sayesinde elektrik giderleri nedeniyle atıksu arıtma tesislerini çalıştıramayan belediyeler için bu sorun ortadan kalkacaktır.

Ülkemiz şartları dikkate alındığında altyapı sistemlerindeki ihtiyaç ve sorunların imkanlar dahilinde zamana yayılması ve önceliğin kısa dönemde yapılabilecek olanlara verilmesi yerinde olacaktır. Ekonomik nedenlerden ötürü hayata geçirilemeyen altyapı tesislerinin tamamlanabilmesi için geçecek süre zarfında uygun işletme politikaları izlenerek mevcut sistemlerin potansiyellerinden yararlanmak akılcı bir yaklaşım olarak görülmektedir. Ülkemizdeki uygulamalara bakıldığında bugüne kadar pek çok derin deniz deşarjı tesisi inşa edilmiş olmasına rağmen hala yeterli düzeyde birikim ve deneyimin oluşmadığı görülmektedir. Sektördeki teknolojik gelişmelerin gerisinde kalan klasik yöntemlerle uygulamalar yapılmaktadır. Söz konusu eksikliklerin giderilmesi inşaat ve işletme aşamalarında yaşanan problemleri büyük oranda azaltacaktır (Dölgen ve diğerleri, 2006:589).

4.5. Mevzuat Eksikliği

DDD ile ilgili hükümlerin yer aldığı ulusal mevzuatımız ve AB mevzuatı incelendiğinde ulusal mevzuatımızda bazı eksikliklerin olduğu görülmektedir. Avrupa Birliği Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği (The EC Urban Waste Water Treatment Directive-UWWTD, 91/271/EEC)'nde deşarj standartları alıcı ortamın "normal", "hassas" ve "az hassas" olma durumları ile popülasyona göre düzenlenmiştir. Ülkemizde uygulanan

SKKY’de yer alan deşarj standartları ise alıcı ortamın “normal”, “hassas” ve “az hassas” olma özellikleri göz önünde bulundurularak oluşturulmamıştır. Bu durumda deşarj yapılan her bölge “normal” olarak değerlendirilmiştir. Avrupa Birliği Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği’nde verilen standartlara benzer şekilde SKKY’nde de alıcı ortamın özelliklerine göre sınırlamalar getirilmelidir (OMÜ, 2016). Bu durum derin deniz deşarj ihalelerinde standart bir şartname ihtiyacını gündeme getirmektedir.

4.6. İşletme Sorunları

Su ve Kanalizasyon İdareleri (SKİ’ler) büyükşehir belediyelerinde su arzı ve kanalizasyon toplama ve işleme işlerini yönetir. Diğer belediyelerde sorumluluk belediye idaresine aittir. Tüm belediyeler su ve atık su işleme tesislerinin inşasından, işletilmesinden ve bakımından ve ayrıca kendi kanalizasyon sistemlerine boşaltılan sanayi atık sularının tetkik edilmesinden sorumludur (OECD, 2008:76).

Bakıldığında DDD tesislerinin genellikle projelendirme ve imalattan ziyade işletmeden kaynaklanan sorunlar nedeniyle deşarj standartlarını sağlamadığı görülmektedir. Bu nedenle işletme aşamasında tesise gerekli özen gösterilmelidir. Yeterli temizlik yapılmamasından dolayı verimli çalışmayan kum tutucular, bozuk pompalar, kaybolan şamandıralar ve kanalizasyon şebekesine karışan yağmur suları tesislerde problemlere yol açmaktadır.

DDD tesisleri irdelendiğinde özellikle ızgaralarda problem olduğu, artan yağış durumlarında fazla debi nedeniyle hattın yükü kaldıramadığı ve atıksuyun hiçbir işlem uygulanmadan by-pass yapıldığı gözlenmiştir. Özellikle pompa hasarlarının fazla olduğu tespit edilmiştir. Tesislerde kullanılan kelebek vanaların uygunsuz olduğu bunların yerine bıçaklı veya iğne uçlu vanaların kullanılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Hatların pek çoğunda işaret şamandıralarının kopmuş olduğu yerinde bulunmadığı, detaylı incelenen bazı hatlarda difüzör bacalarının kırık olduğu tespit edilmiştir (OMÜ, 2016).

Şiddetli fırtına zamanlarında şamandıraların yedeğe alınması, şamandıraların korunması konusunda yöre balıkçılarının uyarılması, belirli dönemlerde şamandıraların boyalarının yenilenmesi, elektrik topraklama işlerine özen gösterilmesi, mekanik ve elektrik ekipmanın bakımının yapılması, terfi pompalarının ve mekanik aksamın sağlıklı

çalışması için yağmursuyu hatlarının kanalizasyon şebekesine bağlanmaması konusunda ilgi Belediye'nin bilinçli olması gerekmektedir.

İller Bankasınca yaptırılan DDD tesislerinin geçici ve kesin kabullerinde; tesislerin işletilmesi aşamasında 6331 sayılı İş Sağlığı ve İş Güvenliği Kanunu gereğince iş güvenliğinin sağlanmasının yanı sıra DDD ön arıtma ünitesinin zarar görmesinin önlenmesi için yöre halkının kanalizasyon şebekesine katı atık (hafriyat atığı plastik, bez vb.) atılmaması konusunda Belediyesince uyarılmaktadır.

DDD uygulamalarının deniz ekosistemine verdiği olumsuz etkilerinin analiz edilebilmesi amacıyla tüm DDD uygulamalarının izlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, mevcut izleme prosedürlerinin gözden geçirilmesi, daha etkin ve ülkemiz şartlarında uygulanabilir bir izleme yöntemi kullanılmalıdır. Derin deniz deşarjı hattı güzergahının Deniz Kuvvetleri Komutanlığı (DKK) Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı'na bildirilmesi gerekmektedir. Tesisin Belediyelere devri "Çevre İzni" alındıktan sonra yapılmalıdır (OMÜ, 2016).

4.7. Genel Sorunlar

Coğrafi özellikler, dağlık yapı, dağınık yerleşim ve kıyı alanı darlığı gibi etmenler nedeniyle özellikle Karadeniz'in kıyı kentlerinin büyük bir bölümünde yeterli uygun arıtma sistemi bulunmamaktadır. Bölgenin topoğrafik yapısı, güçlü ve değişken akıntılar, deniz trafiği dolayısıyla Kentsel Deniz Deşarjı Tesislerinde (KDDT) yapım ve işletme aşamalarında güçlük bulunmaktadır (Tübitak MAM, 2016:135). İnşası tamamlanan derin deniz deşarjı tesislerinde karşılaşılan sorunlar aşağıda yer almaktadır:

- Yapılan kıyı tahkimatlarında tahkimat ile deniz arasında kalan kısımda dalga etkisiyle kıyı erozyonu oluşmaktadır. Oluşan erozyon sonrasında deşarj hattı açığa çıkabildiği gibi tahkimat olarak teşkil edilen taşlar dalga ve gelgit etkisiyle dağılmaktadır.
- Deşarj hattı üzerine yerleştirilen gabion sepetlerde yer alan tellerin zamanla koptuğu ve içerisine konulan malzemenin dağıldığı ve işlevsiz hale geldiği görülmektedir. Gabion sepetin tel yerine, çekme mukavemeti yüksek olan jeokompozit malzemedan imal edilmesi bu soruna çözüm olabilecektir.

Güçlü akıntı kuvvetleri nedeniyle deşarj boru hatları gömülü olmaları durumlarında dahi bu kuvvetlere karşı koyamamaktadır. Ayrıca deniz deşarjı hatları deniz araçlarının çapaları nedeniyle de zarar görebilmektedir. Uygulamada seçenek olarak gabion sepetler yerine borulara stabilite kazandırmak amacıyla “bitümlü deniz örtüsü” ya da Resim 4.1.’de görülen “bileşik beton blok örtü”ler kullanılabilir. Bu örtüler boru sisteminin ölü kütlesini artırarak hareketini sınırlandırmakta olup, deniz yatağının şekline uyum sağlayabilmektedir. Resim 4.2.’de şantiye sahasında fotoğrafı görülen bileşik beton blok örtüler kabloyla birleştirilmiş özel şekilli beton bloklardan oluşmaktadır.



Resim 4.1. Bileşik beton blok örtü ile korunan boru hattı



Resim 4.2. Şantiye sahasında bileşik beton blok örtü

Derin deniz deşarjı tesislerinde yaşanan sorunların azaltılması veya ortadan kaldırılmasına yönelik olarak;

- Deşarj kriterlerinin alıcı ortam koşullarına ve mevsimsel değişimlere uygun olarak belirlenmesi,
- Deşarj edilen sudaki kirlilik seviyesinin ulusal ya da uluslararası standartlar ile mukayese edilmesi,
- Mevcut Kentsel Atıksu Arıtma Tesislerinde (KAAT) iyileştirme, hassas alanlara yapılan deşarjlarda ileri arıtma işlemlerinin uygulanması,
- Yüksek yatırım ve işletme maliyeti gerektiren ileri atıksu arıtma sistemlerinde arıtılmış suyun hiç faydalanılmadan deşarj edilmesi, su kıtlığının azaltılması ve değerli su kaynaklarının korunması hedefleri ile çelişmektedir. Bu durumda atıksu geri kazanma uygulamalarına yönelmek uygun bir çözüm olacaktır (Tübitak MAM, 2016:136).

4.8. İller Bankasınca Tamamlanan Bazı Derin Deniz Deşarjı Tesislerinde Karşılaşılan Sorunlar ve Alınan Önlemlere Örnekler

Arhavi (Artvin) Derin Deniz Deşarjı ve Ön Arıtma Tesisi Jet Grout Uygulaması

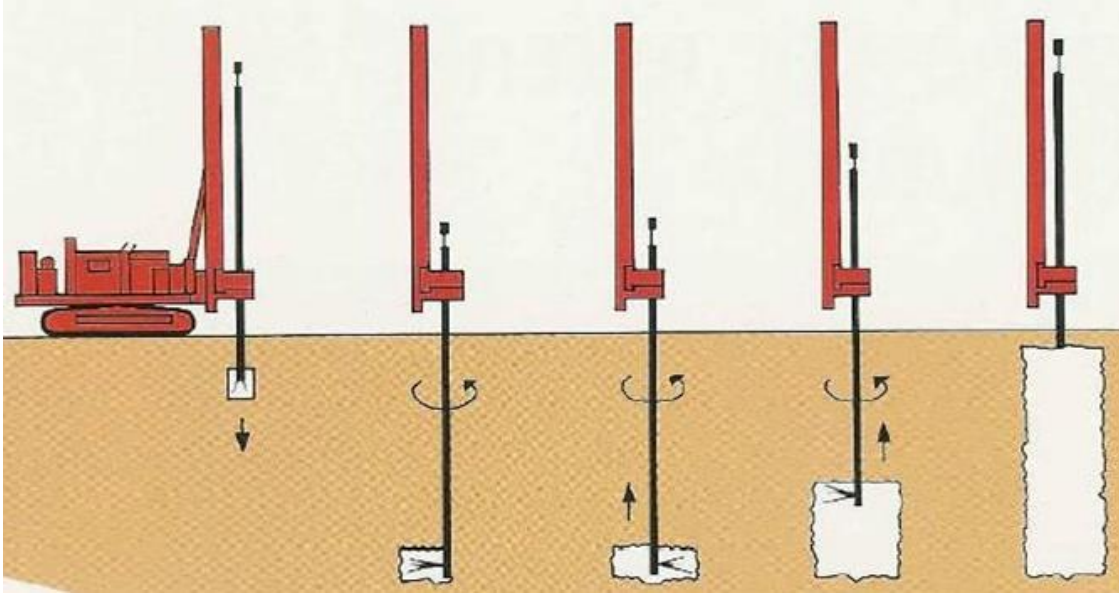
Proje kapsamında ön arıtma tesisi yapılarının oturacağı zeminin indeks özellikleri, mühendislik parametreleri ve yer altı suyu koşullarının belirlenmesi amacıyla jeolojik çalışmalar yapılmıştır. Açılan sondaj kuyusu, araştırma çukuru ve eski çalışmalardan faydalanılarak proje alanının zemin özellikleri ve ön arıtma tesisi üniteleri ile deşarj hattının oturacağı zemine ait emniyetli taşıma gücü, oturma, şişme özellikleri, şev stabilitesi, sıvılaşma ve kazı klası tahkik edilmiştir. Söz konusu sahada yapılan incelemelerde kazı için verilen şev oranlarının kazı esnasında yeterli alan bulunmadığından su gelişini engellemek ve kazının güvenilir bir şekilde yapılmasını sağlamak amacıyla en iyi çözümün jet-grout olduğu belirlenmiştir. Burada amaç inşaat kazısı yapılacak sahada zeminin iyileştirilerek şev duraylılığının sağlanması ve tesisin iki yanında bulunan Kapisre Deresi tahkimatı ile sahil karayoluna zarar verilmesinin önlenmesidir.

Açılan araştırma çukurları ve sondaj verilerine göre ön arıtma tesisi sahası Alüvyon Birim (Qal) üzerinde yer almaktadır. Bu birimde açılan sondaj kuyusu verilerine göre zemin 20,00 m derinliğe kadar GW-GM-GP grubu gri renkli; iyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı, kötü derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı ve kötü derecelenmiş siltli çakıl içermektedir. Ön arıtma sahasında yeraltı suyuna 0,90-1,70 m arasında rastlanmıştır. Arıtma sahasındaki yapı temel zemini; geçirimli zeminler olarak tanımlanabilmektedir.

Arıtma tesisi üniteleri için yapılan jeoteknik değerlendirmeler Giriş Yapısı, Kaba Izgara, İnce Izgara, Kum Tutucu, Parshall Savağı, Deşarj Terfi Merkezi ve Blower Binası için yapılmıştır. Tüm ünitelerin altına gelecek şekilde sondaj açılmadığından ve inceleme alanında aynı tip zemin özellikleri olduğundan, tüm taşıma gücü ve oturma hesaplamalarında yapıya en yakın sondaj verisinden yararlanılmıştır. Jeolojik ve jeoteknik rapor verileri değerlendirilerek jet grout uygulama projesi raporu hazırlanmıştır.

Jet grouting işlemi, zeminin veya zayıf kayacın parçalanması ve çimento şerbeti ile karışması sonucu oluşan kısmi yer değiştirme olarak tanımlanabilir. Bu metot zeminin, minimum 300 bar basınçla püskürtülen bir stabilizerle karıştırılmasıdır. Stabilizerler, genellikle su-çimento karışımıdır (grout). Yüksek basınç, katkının sevk edilen nozzle(lar)dan geçerken yüksek bir kinetik enerji (hız) kazanmasını sağlar. Yüksek hızlı (200-250 m/sn) grout, zemini "yırtaarak", zeminle bir karışım sağlar (Soilcrete). Bu karışım, homojen ve sürekli bir yapı özelliğindedir.

Jet grout, mevcut zayıf zeminin önce özel delgi makinesi ile delinmesi ve bilahare yüksek basınçta (400-500 bar) çimentonun jetlenmesi suretiyle zeminin yerinde parçalanarak karıştırılması ve kullanılan özel tij ve monitörün belirli bir hızda döndürülerek yukarı çekilmesi yoluyla yerinde silindirik kolon teşkil edilmesidir. Bu yöntemin uygulama aşaması Şekil 4.1.'de görülmektedir. Jet grout metodunda imalatta yer alan üniteler, çimento silosu, karışım ünitesi, yüksek basınç pompası, su pompası, hava kompresörü ve delgi makinesi olarak sıralanabilir.



Şekil 4.1. Jet Grouting Yöntemi uygulama aşaması (İller Bankası, 2014:4)

Bu yöntem ile mevcut zayıf zemini yerinde çimento şerbeti ile karıştırarak zemin içinde “soilcrete” adı verilen yüksek modüle sahip toprakarme kolonlar oluşturulmaktadır. Bu kolonlar vasıtasıyla zemin sıvılaşma riskine karşı ıslah edilebilmektedir.

Ön Arıtma sahasında bloklu alüvyon zeminin olduğu saptanmış, yapılacak jet grout imalatlarının 10 metre derinlikte uygun olacağına karar verilmiştir. Kum tutucu, geri terfi merkezi ve kaba, ince ızgara yapılarının etrafına yapılacak yüzeyden itibaren olan jet groutlar temele suyun girmesini engelleyecek ve temel kazısının yapılabilmesi sağlanacaktır. Jet-grout kolon çapı 0,80 m alınmıştır. Ayrıca iki kolon arası mesafe 1,80 m olarak hesaplanmıştır. Yapılacak jet grout adedi 46 adet olup, toplam jet grout imalatı 460 metredir (İller Bankası, 2014:4-22).

Yalova (Merkez) Derin Deniz Deşarjı İnşaatı

Yalova (Merkez) Derin Deniz Deşarjı Projesi 557 m kara hattı ve kıyıdan itibaren 762 m denize devam eden deşarj hattı ile 103 m difüzör hattından oluşmaktadır. Söz konusu deşarj hattına ait inceleme alanı Resim 4.3.’te görülmektedir.

Zemin çalışmaları kapsamında boru hattı boyunca zemin profilini ve bu profilde karşılaşılan zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla derinlikleri 5.50-15.00 m arasında değişen 6 adedi kara güzergahında, 9 adedi deniz güzergahında olmak

üzere toplam 15 adet sondaj yapılmıştır. Kara sondajları 15,00 m derinliğe kadar yapılmış olup genelde siltli kum ağırlıklıdır. Deniz sondajları ise deniz kıyısından 577 m mesafeye kadar yapılmış olup, ilk 150 m'lik kesimde siltli kum ağırlıklı olup bu seviyeden sonra üst seviyelerde cıvık siyah renkli balçık kil daha sonra ise siltli kum zeminler rapor edilmiştir.



Resim 4.3. Yalova (Merkez) Derin Deniz Deşarjı hattı inceleme alanına ait uydu görüntüsü (İller Bankası, 2012:3)

Deniz araştırmalarında çok yumuşak balçık zemin yapısı gözlenmiştir. Deşarj hattına ait deniz tabanı jeolojik kesiti Şekil 4.2.'te yer almaktadır. Balçık zeminler çok yumuşak olup numune alınması ve arazi deneyleri yapılması çok zordur. Balçık zeminler taşıma kapasitesi olmayacak kadar düşük mukavemetli zeminlerdir. Boru hattı ve üstü koruma yapılarının balçık zeminler tarandıktan sonra tabanda yer alan siltli kum zeminler üzerine oturtulması önerilmiştir. Diğer bir alternatif öneri ise balçık zeminler üzerine kontrollü kaya bloklarının (dışarıda çelik kafesler içerisinde hazırlanmış gabyon duvarlar şeklinde) konulması ve balçık zeminlerin bu methodla iyileştirilmesi olarak düşünülmüştür. Dolayısıyla boru ve boru yapıları tasarımlarında kullanılmak üzere taban siltli kum ve en derindeki siltli kil zeminlerin geoteknik mühendisliği parametreleri çalışılmıştır (İller Bankası, 2012:45).

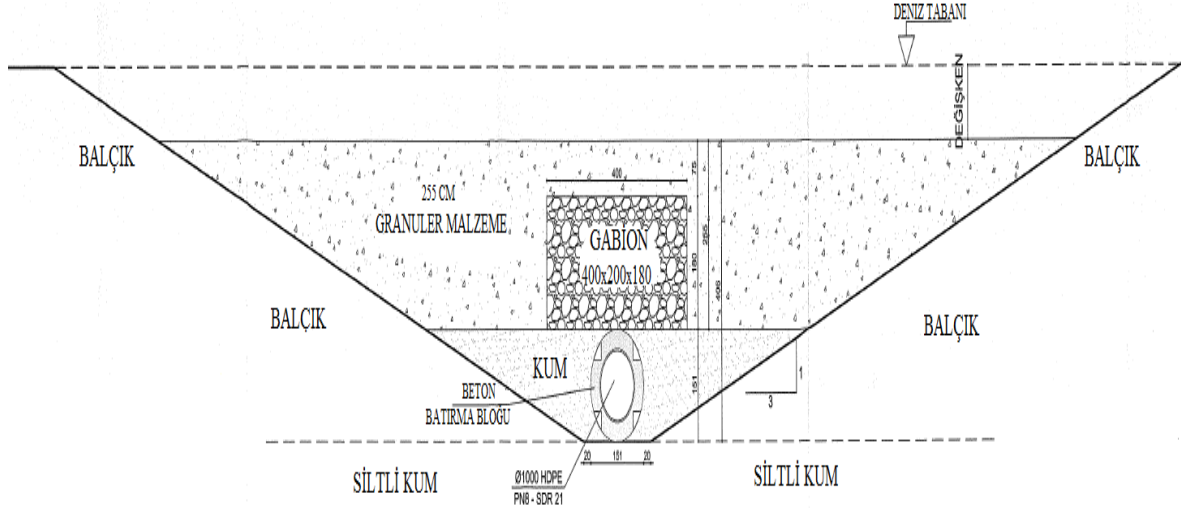


Şekil 4.2. Yalova (Merkez) Derin Deniz Deşarjı Projesi deşarj hattı jeolojik kesiti (İller Bankası, 2012:46)

Deniz sondajlarındaki balçık zemin taranması veya kaya dolgularla zemin yer değiştirmesi yapılmasıyla sorunun çözüleceği düşünülmüştür. Şev stabilitesi analizleri deniz tabanında boru derinliğinin balçık zemin kaldırılarak doğrudan taban sağlam Siltli Kum ve Siltli Kil zeminler üzerine oturtulması durumu için yapılmıştır.

Derin deniz deşarj borusu hendek kazısı için kara kısmında önerilen kazı klâsı % 90 toprak, % 10 küsküdür. Kara hattı kazısında çıkacak malzeme geri dolguda kullanılabilir.

Derin deniz deşarj boru hendek kazısı için deniz kısmında balçık zemin içerisinde tarama önerilmiştir. Taramalarda kazı klâsı % 100 balçık alınmalıdır. Taramadan ve kazıdan çıkacak malzeme balçık zeminler ve içerisindeki ince oranı çok fazla olduğundan deniz taraması sonucu çıkacak malzemelerin geri dolguda kullanılmaması önerilmektedir (İller Bankası, 2012:51). Uygulama aşamasında balçık yüksekliğinin hendek derinliğini aştığı kesimlerde balçık tabakası sıyrılarak deşarj borusu siltli kum zemin üzerine döşenmiştir. Kazıdan çıkan balçık zemin geri dolguda kullanılmamıştır. Hariçten getirilen malzeme ile (kum-çakıl) dolgu yapılmıştır. Şekil 4.3.'te deşarj hattının 80 m ile 265 m arasında bulunan kısmında uygulanan hendek en kesiti görülmektedir.



Şekil 4.3. Yalova (Merkez) Derin Deniz Deşarjı İnşaatı deniz hattı hendek en kesiti

Filyos Derin Deniz Deşarjı Projesi

Karadeniz Bölgesinde İller Bankası tarafından uygulanan Filyos Derin Deniz Deşarjı Projesi kapsamında ön arıtma tesisinden çıkan atıksuların derin deniz deşarjı ile Karadeniz'e deşarj edilmesi planlanmıştır. Derin deniz deşarjı ön arıtma üniteleri için tahsis edilen yaklaşık 1000 m²'lik alan Filyos-Zonguldak yolunun sahil tarafında yer almaktadır. Mevcut yol kenarında yaklaşık 6 m kotlarında olan alan deniz deşarjı ön arıtma üniteleri için düşünülmüştür. Filyos sahili kenarına konuşlandırılan projenin kara tesisinin Karadeniz oşinografik raporlarının da göz önüne alınarak dalga tesirine maruz kalacağı tespit edilmiştir. Bu durumun yapının inşası ve kullanımı aşamasında tesise zarar vereceği düşünüldüğünden statik olarak arıtma tesisinin inşa edilebilmesi için tahkimat yapılmasına karar verilmiştir. Proje kapsamında 2 etap halinde deniz çalışmaları yapılarak, batimetrik, oşinografik ve sismik rapor hazırlanmıştır.

Tahkimat koruma tabakası 1:2 eğimle ve 4-6 ton sınıfında taşlarla tasarlanmış olup, anroşman tabaka yüksekliği 2,5 m'dir. Yapılan tahkimat kumsal alan üzerindedir. Kumsal alanda yapılan tahkimatlarda stabiliteyi etkileyen diğer önemli unsur da kumsaldaki sediment hareketleridir. Bu nedenle tahkimatın yapımı sırasında +0,50 m kotuna kadar yatak oluşturulması ve bu yatak üzerinde tahkimat önünde topuk oluşturulacak şekilde kesit belirlenmiştir.

İnceleme alanında yapı yerlerinde temel kazısı sırasında geçilecek zeminin özelliklerinin belirlenmesi, yer altı suyu durumunun araştırılması ve kazı klasları hakkında fikir vermesine yönelik olarak 5 adet 3,5 m derinliğinde ve 1 adet 0,50 m derinliğinde olmak üzere toplam 18,00 m derinliğinde 6 adet araştırma çukuru açılmıştır. Zemin birimlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik, derinlikleri 15,00 m 4 adet toplam 60,00 m sondaj çalışması gerçekleştirilmiştir. Arıtma tesisi alanında açılan sondaj kuyularında 3,67-5,60 m arasında değişen seviyelerde yer altı suyuna rastlanılmıştır. İnceleme alanının denize yakın kıyı kesimlerinde bu yeraltı suyu deniz suyundan ibaret olup, tuzluluk oranı çok yüksektir. Dolayısıyla inceleme alanında yapılacak yapılaşmalarda, deniz suyunun temele etkisini önlemek amacıyla yapılaşmalarda temel altı tecrit yapılması uygun bulunmuştur. İnşa sırasında yeraltı suyunun seyyar pompa ile dışarı atılarak uzaklaştırılması gerekmektedir. İnceleme alanı yakınlarında Filyos Nehri ve küçük dere yatakları bulunmaktadır. Bu nedenle yapılaşmaya ayrılan bölgelerin taşkın ve su baskınlarından korunması amacıyla, yapılaşma öncesinde yüzey sularına karşı önlem alınması önem arz etmektedir. (İller Bankası, 2013b:40-43).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Atıksuyun arıtılması ve uzaklaştırılması insan sağlığı ve çevre açısından önemlidir. Ülkemizde atıksu arıtma ve kentsel deniz deşarjı tesislerinin kurulması ve mevcut tesislerdeki eksiklik ve sorunların giderilmesi amacı ile yeni yatırımlara ihtiyaç bulunmaktadır.

Derin deniz deşarjı tesisleri deniz kenarında yer alan ve atıksu arıtma tesisi için yeterli boş alanı bulunmayan yerleşim yerleri için uygun sistemlerdir. Özellikle turistik bölgelerde arıtma tesisi kurulabilmesi için yeterli alan temin edilememekte olup, temin edilmesi yüksek maliyet gerektirebilmektedir. Ön arıtma tesisleri oldukça küçük alanlara bile kurulabildiğinden ön arıtma sonrası deniz deşarjı bu alanlarda büyük avantaj sağlamaktadır. Derin deniz deşarjı tesislerinde karşılaşılan sorunların irdelenmesi gelecekte inşa edilecek tesislerde yaşanacak muhtemel sorunları ortadan kaldırmak veya en aza indirmek bakımından faydalı olacaktır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- DDD tesislerinin projelendirilmesinde kullanılan tasarım parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi, deniz ortamının akıntı, dalga ve fiziksel parametrelerinin detaylı araştırma yapılarak incelenmesi ile mümkündür.
- Deşarj standartları atıksuyun boşaltılacağı ortamın (deniz, göl vb.) su kalitesine bağlıdır. Bu nedenle atıksu boşaltımının yapılacağı alıcı ortamın “normal”, “hassas” ve “az hassas” olma durumları dikkate alınarak deşarj standartlarının belirlenmesi gerekmektedir.
- Yerel özelliklerin dikkate alındığı, teknik ve ekonomik yönden tutarlı ve işletilebilir bir sistem sunulmalıdır. İdari, mali ve teknik kriterlerin belirlenerek mevzuatın gözden geçirilmesi gerekmektedir.
- İnşa alanında oluşabilecek zeminden kaynaklanan problemlerin çözümünde başarılı olmak için arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçları kapsayan jeolojik-jeoteknik rapordaki verilerin güvenilir ve gerçekçi olması gerekir. Emniyet katsayısını yüksek tutmak amacıyla gerekli olmadığı halde zemin iyileştirmesi yapmak veya yanlış iyileştirme yöntemi uygulamak ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

- Kara yapılarının yer aldığı sahada ve deşarj hattı güzergahında karşılaşılabilecek problemlili zeminlerde uygun zemin iyileştirme yöntemi (blokağ, taş kolon, jet grout, derin iyileştirme, fore kazık vb.) belirlenerek uygulanmalıdır.
- Derin deniz deşarđı arıtma ünitelerinin yerleşim alanı içerisinde kalması veya yerleşim alanına çok yakın bir mesafede bulunması özellikle turizm yoğunluğu fazla olan beldelerde koku problemi oluşturmaktadır. Bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla proje aşamasında arıtma tesisi içerisinde koku giderme ünitesinin dahil edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde bu durum yapım aşamasında proje revizyonu, iş artışı gibi sonuçlara neden olmaktadır. DDD tesisinin inşa edileceği bölgenin yerleşim özelliklerine göre eğer gerekiyorsa koku giderme ünitesinin proje aşamasında dikkate alınması gerekmektedir.
- Arıtma çamurlarının bertarafı konusunda yetersiz sayıda tesis bulunması ve bu tesislerin AAT'lerden uzak olması ve arıtma çamuru bertarafının pahalı olması arıtma çamuru sorununu gündeme getirmektedir. Ön arıtmalı derin deniz deşarđlarında arıtma çamuru sorunu ortadan kalkmaktadır.
- Dalga yükünün fazla olduğu bölgelerde özellikle Karadeniz'de ön arıtma/arıtma tesisinin veya deşarđ borularının dalga tesiri nedeniyle zarar görmesini engellemek için tesis dalgakıran, koruma duvarı, tahkimat yapısı vb. yapılarla korunmaya alınmalıdır.
- Deşarđ borularının stabilitesinin sağlanması amacıyla kullanılan gabion sepetlerde zamanla çözülme problemi oluştuduğu görülmektedir. Bu problemi önlemek için çekme mukavemetlerinin yüksek olması nedeniyle telden yapılan gabion yerine jeokompozit malzemelerden yapılan gabion sepet kullanılması ya da gabion sepet yerine bileşik beton blok örtü veya bitümlü deniz örtüsü alternatif olarak düşünölmelidir.
- İller Bankası A.Ş. denetiminde yapımı tamamlanan DDD tesisleri geçici kabul işleminin yapılmasına müteakip ilgili idareye devredilmektedir. Bu nedenle tesisin en iyi verimle çalışabilmesinde tesisi işletecek idareye büyük sorumluluklar düşmektedir. İdarenin tesisi çalıştıracak uygun nitelikte ve sayıda personeli bulundurması ve bu personele gerekli eğitimin verilmesi gerekmektedir.
- Deşarđ boru hattı inşa edildikten sonra hat boyunca işaret şamandıraları ile işaretlenmeli ve şamandıralarının ve tesisin yıllık kontrollerinin ve bakımlarının yapılması

gerekmektedir. Boru hattının direkt muayenesi zor ve pahalı bir faaliyettir. Borularda kırılma veya hasar olabileceğinden şüphelenilmesi durumunda, bir boya izleyici ilavesiyle hatta kontroller yapılmalıdır.

- Hat işletmeye açıldıktan sonra alıcı ortamın su kalitesi düzenli izleme programları ile izlenmelidir.
- Ön arıtım ünitesindeki mekanik ve elektrik aksamın periyodik bakımının düzenli olarak yapılması gerekmektedir.
- İşletme aşamasında video çekimi ve dalgıç kontrolleriyle hattın fiziki muayenesi yapılmalıdır. Hatta korozyon, sürüklenme, kırılma, çapa atma gibi hasarların olup olmadığı tespit edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Altun, S. (2010, Eylül). Zemin iyileştirme yöntemleri, derin temeller ve uygulama örnekleri. İzmir: İnşaat Mühendisleri Odası.
- Alvarez, C., Revilla, J., Medina, R. and Juanes, J. (2002, September). *Proposal for protection and stabilization of outfalls in high wave regime seas. The experience in Spain*. Paper presented at the 2nd International Conference on Marine Waste Water Discharges, İstanbul.
- Ardalı, Y., Turan G., Beyazıt, N., Akbal, F., Kuleyin, A., Ayeri, T. Özen, H., ve Atay, Ş. (2016, Aralık). *Karadenizde evsel atıksu derin deniz deşarjı noktalarında ötrofikasyon etkisinin değerlendirilmesi*. I. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu'nda sunuldu, Ankara.
- Balkaya, N. ve Balkaya, M. (2005, Kasım). Atıksu arıtma tesislerinde yapı malzemeleri ve ekipmanlar: Kadıköy atıksu arıtma ve derin deniz deşarjı tesisi örneği. *VI. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı*, 28-32.
- Berkün, M. (2006). *Atıksu Arıtma ve Deniz Deşarjı Yapıları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 159-253.
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2006). *AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi (UÇES)*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, 12-58.
- Dölgen, D., Alpaslan, N., Sarptaş, H. (2006, Kasım). Kıyı Yerleşimlerine uygun sıvı ve katı atık yönetim stratejileri üzerine görüşler, *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VI. Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı*, Cilt II, 583-592.
- Grace, R. A. (1978). *Marine Outfall Systems: Planning, Design and Construction*. Prentice Hall Inc. New Jersey, USA.
- İller Bankası. (2005a). *Atıksu arıtma tesisleri işletme ve bakım el kitabı*, Ankara: İller Bankası, sayfa.
- İller Bankası. (2005b). *Derin deniz deşarjı proje özel şartnamesi*, Ankara: İller Bankası, 27.
- İller Bankası. (2012). Yalova (Merkez) Derin Deniz Deşarjı kesin projesi zemin mekaniği ve temel mühendisliği raporu; İller Bankası, *Ankara*, 3-36.
- İller Bankası. (2013a). Kumluca-Mavikent-Beykonak (Antalya) Atıksu Arıtma Tesisi Deniz Deşarjı Projesi ön etüt raporu; İller Bankası, *Antalya*, 17-22.
- İller Bankası. (2013b). Fiyos (Zonguldak) Derin Deniz Deşarjı I. Etap Batimetri ve Oşinografi raporu; İller Bankası, *Ankara*, 29.
- İller Bankası. (2014). Arhavi (Artvin) Derin Deniz Deşarjı ve Ön Arıtma Tesisi Jet-Grout Uygulama Projesi raporu; İller Bankası, *Ankara*, 1-22.
- İller Bankası. (2017) Ardeşen (Rize) Derin Deniz Deşarjı Kesin Projesi revize proses raporu, İller Bankası, *Ankara*, 18-22.

- İnternet: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, (2004). URL: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>, Son Erişim Tarihi: 05.03.2018.
- İnternet: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (2006). URL: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.9844&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>, Son Erişim Tarihi: 05.03.2018.
- İnternet: Resmi Gazete (2008). URL: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080213-13.htm>, Son Erişim Tarihi: 05.03.2018.
- İnternet: Resmi Gazete (2009). URL: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/10/20091010-6.htm>, Son Erişim Tarihi: 05.03.2018.
- İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu. 2016 Yılı Belediye Atıksu İstatistikleri, Haber Bülteni. URL: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24875>, Son Erişim Tarihi: 05.03.2018.
- İnternet: OECD Çevresel Performans İncelemeleri: Türkiye, (2008). URL: <https://www.oecd.org/env/country-reviews/42198785.pdf>, Son Erişim Tarihi: 05.03.2018.
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü, (2016). Terkos deniz suyu arıtma tesisi ve deniz deşarj projesi. *İstanbul*: İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü, 46.
- Kalkan, B. (2017, Kasım). Tecnomaccafferri Firması Hidrolik konular ve çözümleri eğitiminde sunuldu, Ankara.
- Kılıç, R. (2017a, Ocak). *Zemin mekaniği notları*. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Eğitim Semineri'nde sunuldu, Ankara.
- Kılıç, R. (2017b, Ocak). *Kaya mekaniği notları*. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Eğitim Semineri'nde sunuldu, Ankara.
- Ludwig, R. G. (1988). Siting and design of submarine outfalls. *Environmental Impact Assessment (EIA) Guidance Document*, 2-35.
- Mantıkçı, M., Polat Beken., Ç., Atabay, H., Tan, İ., Yüksek, A., Ediger, D., Tuğrul, S. (2016, Aralık). *Karadeniz ve Marmara denizinin çok parametrelili gösterge tabanlı uygulama ile ötrofikasyon durumunun belirlenmesi*. I. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu'nda sunuldu, Ankara.
- Nas, B. (2017). *Atıksu arıtma tesislerinde işletme sorunları ve çözümleri kitabı*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 9.
- Oğuz, M. ve Akşit, A. (1987, Ağustos-Eylül). Deniz deşarjı yapılarında en uygun borunun seçimi. *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*, 17-18.

- Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü. (2016). Derin Deniz Deşarjı (DDD) Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi Projesi final raporu, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 2-11.
- Öztürk, İ. (2010, Ekim). *Tuzlu suların alıcı ortama deşarjı*. Atıksu ve Katı Atık Projelendirme Esaları Semineri'nde sunuldu, İstanbul.
- Öztürk, İ. (2011). *Deniz Deşarjı Tesisleri Tasarımı Atıksu, Termal ve Tuzlu Su Deşarjları*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 35-321.
- Öztürk, İ. (2015, Şubat). *Deniz deşarjı sistemlerinin tasarım esasları*. DSİ Genel Müdürlüğü Atıksu İhtisas Eğitimi'nde sunuldu, Ankara.
- Peker, F. (2007). *İstanbul Boğazı Deniz Kirliliğine Sebep Olan Kirletici Kaynaklar ve Su Kalitesinin Değişimi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 54.
- Pita, E. (2013). *PE Pipes for sea outfalls and water intakes: a comparison between solid wall and helicoidally welded pipes*. Paper presented at the 6th International Perspective on Water Resources & the Environment, İzmir.
- Samsunlu, A. (1995). *Deniz Kirliliği ve Kontrolü*. İstanbul: İTÜ Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, (birinci baskı) 75-100.
- Samsunlu, A. (2014). Türkiye'de 70'li Yıllarda Atıksu Bertarafında Deniz Deşarjlarının Yeri. *Su ve Çevre Aylık Ulusal Dergisi*, 22-23 .
- Tate, P. M., Scaturro, S. and Cathers, B. (2016). Springer Handbook of Ocean Engineering. Dhanak, M. R. and I. Xiros, N. (Eds.), *Marine outfalls*. New York. Part C-32.5, 31.
- T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. (2015). *Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları*. Ankara: T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 118-363.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014a). Trabzon İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu. *Trabzon*, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 168.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2014b). *Çevresel Göstergeler 2014*. İstanbul: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yayın No:27, 121-130.
- Topacık, D. (Editör). (2000). *Atıksu arıtma tesisleri işletme el kitabı*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürlüğü, Lale Ajans Ltd. Şti, 3-596.
- Tübitak MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü. (2016). Denizlerimizin kara kökenli kirleticilere karşı korunmasına yönelik ulusal eylem planının güncellenmesi projesi. Güncelleştirme sayısı:01. *Ankara*. Tübitak MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, 17-136.
- Tüfekçi, V., Kuzyaka, E., Bayram, F., Atabay, H., Mantıkçı, M. ve Beken, Ç. (2016, Aralık). *Marmara Denizi İstanbul çevresi su kalitesi durum değerlendirmesi*. I. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu'nda sunuldu, Ankara.

- Uğrar, K. (2004). *Kazıklar Üzerine Oturan Deniz Deşarjı Sistemlerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 114.
- Yalçın, Ö. B. ve Muhammetoğlu, A. (2005, Eylül). Antalya deniz deşarjından kaynaklanan kirleticilerin matematiksel tahmini, *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi Bildiriler Kitabı*, Cilt II, 654-655.
- Yılmaz, C. (2006). HDPE boru ile derin deniz deşarjı yapım metodu. İnkumu (Amasra) Örneği, *Ankara*.
- Yılmaz, F. (2009). *Su ve atıksu sistemlerinde kazısız teknolojiler ve malzemeler*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları. 131-157.
- Yılmaz, Ö. Z. (2006). *Samsun-Atakum Bölgesinin Atıksu Arıtım Stratejileri ve Derin Deniz Deşarjı Araştırması*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 42-65.
- Yüksel, F. (2006). İller Bankası Genel Müdürlüğü derin deniz deşarjı seminerinde sunuldu, *Trabzon*.
- Yüksel, Y. (2012). *Akışkanlar mekaniği ve hidrolik*. (Dördüncü Baskı). İstanbul: Beta Yayıncılık. 389-397.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜRLEK, Meltem
Doğum yılı ve yeri : 1990 / Kozan
Telefon (İş) : 0 (312) 303 33 66
e-mail : maslan@ilbank.gov.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği	2014
Lise	Malatya Lisesi	2008

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-	İller Bankası A.Ş.	Teknik Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

-

Hobiler

Seyahat etmek, kitap okumak, sinema.



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ