ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CİBUTİ ATIK SU VE İÇME SUYU ALTYAPILARI, KARŞILAŞILAN PROBLEMLER VE ÖNERİLEN ÇÖZÜMLER

Abdifatah NOUR MOHAMED

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Abdifatah NOUR MOHAMED tarafından hazırlanan **"Cibuti Atık Su Ve İçme Suyu Altyapıları, Karşılaşılan Problemler ve Önerilen Çözümler"** adlı tez çalışması 27/07/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. Fahri ÖZKAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Fırat Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Salih YILMAZ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Cibuti Atık Su Ve İçme Suyu Altyapıları, Karşılaşılan Problemler Ve Önerilen Çözümler**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı" ile tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (27/07/2022).

Abdifatah NOUR MOHAMED

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CİBUTİ ATIK SU VE İÇME SUYU ALTYAPILARI, KARŞILAŞILAN PROBLEMLER VE ÖNERİLEN ÇÖZÜMLER

Abdifatah NOUR MOHAMED

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU

İçme Suyu ve atık su altyapı sistemleri, zamanla bozulur ya da arızalanır. Bu altyapı sistemlerinin, zamanla performanslarının düşmesine veya verdikleri hizmetin aksamasına neden olan sınırlı ömürleri vardır. Cibuti'deki atık su ve içme suyu arıtma şebekeleri bozulma durumundadır. Bu durumun belirtileri, ekipmanın kötü durumu, zayıf performansı ve düşük verimliliği ile ortaya çıkar. Ancak bozulma sorunu, doğanın fiziksel etkilerinin ötesinde bir durumdur. Ekipmanın gerçek kapasitesi ve kalite gereksinimleri, hizmetin amaçlarıyla uyumlu olması gerçeğinde yatmaktadır. Şebeke rehabilitasyonu, bozulma durumlarına yapılması gereken işlerden biridir. Kentsel teknik altyapıların yönetimi ve daha spesifik olarak şebekelerin rehabilitasyonu yeni bir gerekli dinamik oluşturmaktadır. Yöneticiler, mevcut tesislerin bakımını, onarımını ve yenilenmesini mümkün olan en verimli ve ekonomik şekilde ne zaman ve nasıl yapacaklarını belirlemelidir. Bu çalışmada, Cibuti'deki atık su ve içme suyu şebekelerinin sorunlarının tanımlanması, teşhisi ve rehabilitasyon yöntemleri incelenmiştir. Cibuti'deki bazı yerleşim yerlerinde detaylı çalışmalar yapılarak, sorunlar ortaya konmuş, atık su arıtma şebekesine ve içme suyu şebekesine erişimle ilgili problemler vurgulanmıştır. Bu problemler için çözümler önerilmiştir.

2022, 57 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Cibuti, Atık su, İçme suyu, Bozulma, Rehabilitasyon

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DJİBOUTİ WASTEWATER AND DRINKING WATER INFRASTRUCTURE, PROBLEMS FACED AND SUGGESTED SOLUTIONS

Abdifatah NOUR MOHAMED

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU

Water and wastewater infrastructure systems have finite lives, with their condition deteriorating over time, that result in failures, decreased performance, or decreased service. The wastewater and drinking water treatment networks in Djibouti are in a state of deterioration. Manifestations of this situation are manifested by the poor condition of the equipment, its poor performance and efficiency. But the problem of degradation goes beyond these manifestations of a physical nature. It lies in the fact that the actual capacities of the equipment are no longer compatible with the quality requirements and the purposes of the service. Rehabilitation of networks is one of the responses to degradation situations. The management of urban technical infrastructures and, more specifically, the rehabilitation of networks creates a new necessary dynamic. Managers must determine when and how to maintain, repair and renovate existing facilities in the most efficient and economical way possible. In this study, developing methods of identification, diagnosis and rehabilitation of wastewater and drinking water networks investigated in Djibouti. The problems were presented in its entire context by conducting a detail study of some districts of the city of Djibouti, to highlight the problems associated with access to the wastewater treatment network and drinking water network, and to propose solutions for these problems.

2022, 57 pages

Keywords: Djibouti, Waste water, Drinking water, Deterioration, Rehabilitation

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Cibuti Atık Su ve İçme Suyu Altyapıları, Karşılaşılan Problemler ve Önerilen Çözümler” adlı bu çalışma, 2021-2022 yılları arasında hazırlanarak, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne “Yüksek Lisans Tezi” olarak sunulmuştur. Bu çalışma, kanalizasyon şebekesine ve içme suyu şebekesine erişimle ilgili sorunları vurgulamayı amaçlamaktadır. Atık su ve içme suyu şebekelerinin tanımlanması, teşhisi ve rehabilitasyonu için yöntemler geliştirmeye yönelik çözümler önerilmiştir.

Öncelikle, tez danışmanı olarak çalışmanın her aşamasında bana yardımcı olan değerli danışman hocam. Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU’na şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

ONEAD (Cibuti Ulusal Su ve Atık Su Ofisi) bünyesinde birlikte çalıştığım ve “yüksek lisans tezi” raporumun hazırlanmasında emeği geçen meslektaşlarıma ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak aileme sabırları, güvenleri ve destekleri için teşekkür ederim.

Abdifatah NOUR MOHAMED

Çankırı, Temmuz 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Konu ve Kapsam **1**
1.1.1 Araştırmanın amacı ve önemi **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **5**
3. KURAMSAL TEMELLER **8**
3.1 Cibuti Atık Su Altyapıları **8**
3.1.1 Kanalizasyon sistemleri **8**
3.1.2 Atık su ağının işleyişi **9**
3.1.3 Kanalizasyon şebekesinin özellikleri **11**
3.2 İçme Suyu Altyapıları **13**
3.2.1 İçme suyu dağıtım sistemleri **13**
4. MATERYAL VE YÖNTEM **23**
4.1 Materyal **23**
4.1.1 Çalışma sahası ve özellikleri **23**
4.2 Yöntem **24**
5. BULGULAR VE TARTIŞMA **26**
5.1 Atık Su ve İçme Suyu Şebekelerinin Bozulması ve Nedenleri **26**
5.1.1 Atık su **26**
5.1.1.1 Bozulma durumu **26**
5.1.1.2 Bozulma nedenleri **27**
5.1.1.3 Bozulma süreci **31**
5.1.1.4 Cibuti'deki atık su arıtma tesisleri **32**

5.1.2 İçme suyu 35
5.1.2.1 Yetersiz içme suyu 35
5.1.2.2 Ağ yaşlanması 35
5.1.2.3 Boru üzerindeki ağır trafik yükü 36
5.1.2.4 Yeraltı suyu derinliği 36
5.1.2.5 Yasadışı bağlantılar 38
5.2 Atık Su ve İçme Suyu Şebekelerindeki Bozulmaların Sonuçları 40
5.2.1 Yağmur suyu ve taşkın yönetimi sorunu 40
5.2.2 Sağlık riskleri 41
5.2.3 Yeraltı suyu kirliliği 43
5.2.4 Fiziki su kayıp miktarları 43
5.2.5 Su kesintileri 44
5.3 Atık Su ve İçme Suyu Ağlarının Geliştirilmesi İçin Stratejiler: Önerilen Çözümler 44
5.3.1 Ağların bakımı ve teşhisi 45
5.3.2 Ağların rehabilitasyonu 47
5.3.3 Su Kayıplarını Önlemek için Gerekli Tedbirler 50
5.3.4 Kaçak kontrol programının uygulanması (İstanbul İli Örneği) 51
5.3.5 SCADA sistemi (Konya İli Örneği) 52
6. SONUÇ VE TARTIŞMA 54
KAYNAKLAR 56
ÖZGEÇMİŞ 59

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
km	Kilometre
km^2	Kilometrekare
m^3	Metreküp
mm	Milimetre
vd	Ve diğerleri

KISALTMALAR DİZİNİ

CCTV	Kapalı Devre Televizyon
CTP	Cam elyaf Takviyeli Polyester
DN	Nominal Çap
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
KOSKİ	Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
ONEAD	Cibuti Ulusal Su ve Atık Su Ofisi
RTU	Uzak Terminal Birimler
SCADA	Denetlemeli Kontrol ve Veri Edinme
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
AFD	Fransız Kalkınma Ajansı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Doğu Afrika ülkeleri 1
Şekil 1.2 Çalışma alanı haritası 4
Şekil 1.3 Cibuti atık su arızaları örneği 4
Şekil 3.1 Yerleşim alanlarının drenajı (Ardıçlıoğlu 2017) 9
Şekil 3.2 Cibuti şehri atık su şebekesi ana planı 12
Şekil 3.3 Çakıl yatağı 15
Şekil 3.4 İsale boru hatları 15
Şekil 3.5 CTP boru döşeme 16
Şekil 3.6 Boru yatak ve kaplama 16
Şekil 3.7 Cibuti'de içme suyu için döşenen CTP boruları 17
Şekil 3.8 Santfirüj pompa (Kıran 2018) 19
Şekil 3.9 Su dağıtım sistemi şeması (Qader 2015) 22
Şekil 5.1 Kanalizasyon yenileme çalışması 27
Şekil 5.2 Cibuti şehrinin nüfusunun gelişimi (1960-2020) (Toplam nüfus) 28
Şekil 5.3 Bozulma süreci 32
Şekil 5.4 Gökyüzünden görülen Douda kanalizasyon arıtma tesisi 34
Şekil 5.5 Cibuti'de yeni bir atık su arıtma tesisi inşaatı 34
Şekil 5.6 Eski bir beton boru (Kızmaz 2020) 36
Şekil 5.7 Yeraltı suyu derinliği (Profondeur: Derinlik) 37
Şekil 5.8 Su boru hatlarının durumunu etkileyen faktörler (Parvizsedghy vd. 2017) 40
Şekil 5.9 Şehir merkezindeki taşan kanalizasyon görüntüsü 41
Şekil 5.10 Fiziki su kayıplarına ait bir görüntü (Bulut 2020) 44
Şekil 5.11 Kanalizasyon sistemi rehabilitasyon teknikleri (Tomczak ve Zielińska 2017) 49
Şekil 5.12 Trafiğin yoğun olduğu caddede yeraltı altyapısının yenilenmesinin etkisi. a) açık hendek yönteminin kullanılması, b) kazısız yöntemin kullanılması (Tomczak ve Zielińska 2017) 50
Şekil 5.13 Üretim-tüketim kayıp oranları (1997-2017) (Körpe 2018) 53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Cibuti şehrinde içme suyu ve atık su hizmetlerinin özellikleri.....24
Çizelge 5.1 Cibuti şehrinde üretilen atık su ve içme suyu hacimleri.....33
Çizelge 5.2 Atık su şebekesinin bozulmasının sonuçları (Anbari vd.2016).....42
Çizelge 5.3 Konya İlindeki Su Üretim-Tahakkuk-Kayıp Arasındaki İlişki (1997-2017) (Körpe 2018) 53

1. GİRİŞ

1.1 Konu ve Kapsam

1.1.1 Araştırmanın amacı ve önemi

23,200 km^2 bir alana sahip olan Cibuti Cumhuriyeti, Afrika Boynuzu'nda yer alır. Kuzeyinde Eritre, güneyinde Somali ve güneybatısında Etiyopya bulunur. Şekil 1.1'de görüleceği üzere Kızıldeniz ve Aden Körfezi'ne bakan 370 km uzunluğunda bir sahili vardır. Coğrafi konumu, ülkeye büyük stratejik önem kazandırmaktadır.

Doğu Afrika'nın en modern limanına sahip olan Cibuti, Kızıldeniz ve Hint Okyanusu için bölgesel bir merkez olarak hizmet vermektedir. Cibuti ülkesinin başkenti, kendisiyle aynı ismi taşıyan Cibuti şehridir. Başkent, ülkenin aynı zamanda en kalabalık kentidir. 2020 yılında yapılan sayıma göre Cibuti'nin nüfusu 1,000,000'dur. Nüfusunun %70'i (Somaliler, Afarlar, Araplar ve Avrupalılar) başkentte yaşar. Dünyadaki en az nüfuslu ülkelerden biridir. Buna ek olarak, Cibuti'nin çok fazla içme suyu kaynağı yoktur.



Şekil 1.1 Doğu Afrika ülkeleri

Cibuti su kıtlığının yüksek olduğu ülkelerden biridir. Ülkenin nehirler veya tatlı su gölleri gibi kalıcı yüzey suyu kaynağı yoktur. Cibuti, yağmur suyu sızmasıyla beslenen derin yeraltı sularına güvenmek zorundadır. Ancak, yeraltı su tablası normal seviyesinin yaklaşık yarısına düşmüştür ve yıllık yağış, akiferlerin yenilenmesi için yeterli suyu sağlayamamaktadır (World Bank Group 2021).

Kişi başına su kaynaklarının mevcudiyeti son yıllarda keskin bir şekilde düşmekte olup, 1972'de 1,673 m^3/yerleşik/yıl iken 1987'de 611 m^3/yerleşik/yıl seviyesine gerilemiş ve 2020'de 317 m^3/yerleşik/yıl olarak ölçümlenmiştir.

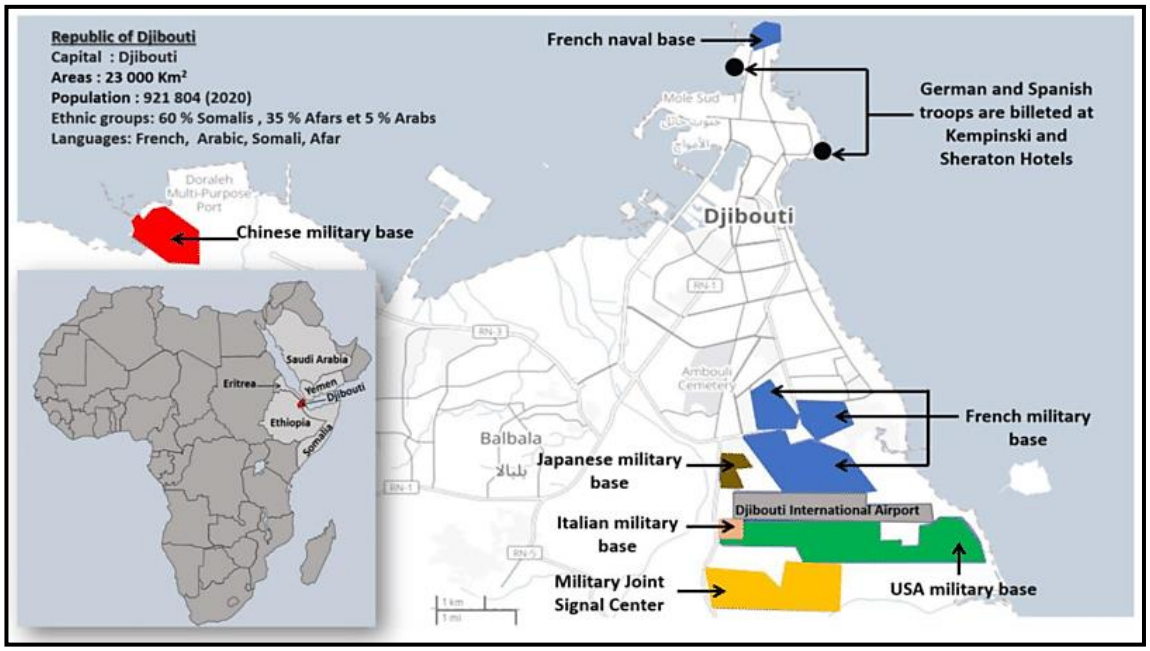
Cibuti, yüzey suları açısından kıttır ve aralıklı kuru nehir akışları ile sınırlıdır. Cibuti'nin elindeki yetersiz su kaynaklarının neredeyse tamamı bu nedenle yeraltındadır ve bu kaynaklar yeraltı suyunun aşırı kullanımı ve kirliliği nedeniyle zarar görmektedir. Şu anda kaynakların çoğu insan tüketimine uygun değildir ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından belirlenen standartları karşılamamaktadır. En çarpıcı örnek, başkentin tek su kaynağı olan ve ülke nüfusunun yaklaşık %60'ının ve ülkenin ekonomik faaliyetinin neredeyse tamamının bağlı olduğu Cibuti akiferidir. Akifere, aşırı kullanımından kaynaklanan tuzlu su girişi yüksektir. Beslenme alanlarındaki kontrolsüz kentsel yapılaşma politikası ve katı-sıvı atıklar, su ile ilişkili kontaminasyon risklerini artırmaktadır.

Cibuti'de, konunun önemi günden güne daha iyi anlaşılmakta olup, şebekelerdeki su temin çalışmaları, atık su için su kayıp ve kaçaklarının önlenmesi adına yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Bu konu ile ilgili çeşitli kuruluşlar çalışmalarını sürdürmektedir. Ülkedeki su hizmetlerinin kesintiye uğramasına neden olan çeşitli faktörlerin deneysel yöntemlerle belirlenip, etkinliklerine göre istatistiksel yöntemlerle gruplandırılması ve bu çalışmaların tüm ülkelere yaygınlaştırılması için detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, su kayıplarını azaltmak için etkili stratejiler geliştirmeyi mümkün kılacaktır (Kızmaz 2020).

İçme suyu ve atık su altyapısı toplumun ekonomik ve sosyal kalkınmasının ana unsurlarından biridir. Etkin ve esnek su altyapısı, halk ve çevre sağlığı, ilaç, tarım ve hizmet sektörleri gibi dünya çapındaki ekonomik sektörler için çok önemlidir. Yetersiz şebekelerin neden olduğu su veya atık su arıtma hizmetlerinin kesintiye uğraması, su miktarı ve kalitesinin düşmesine yol açarken, sel ve kirlilikten kaynaklanan büyük afetler, toplum, halk sağlığı, ekonomi ve çevre için risk oluşturmaktadır.

Su ve atık su altyapı sistemleri, zaman içerisinde meydana gelebilecek arızalardan dolayı, performansın düşmesine veya hizmetin azalmasına sebebiyet verebilen sınırlı ömre sahip sistemlerdir. Tüm dağıtım sistemleri zamanla bozulur. Korozyon, doğal yaşlanma sürecinde önemli bir faktördür. Korozyon, dağıtım sistemi malzemelerinin kısmen çözünmesi olarak tanımlanır. Su kaynağındaki organik ve inorganik maddeler, malzemelerinin bozulmasında etkilidir. Tüm malzemeler, bileşimleri ne olursa olsun zamanla bozulacak ve paslanacaktır. Dünya üzerinde gelişmiş ülkelerde dahil yüzyılı aşkın süredir kullanımda olan sistemler mevcut değildir (Lee ve Schwab 2005).

Cibuti'nin tüm bölgelerinde kanalizasyon sistemlerinde sürekli arızalar meydana gelmektedir (Şekil 1.3). Su tablasının (şehrin ana içme suyu kaynağı) kirlenmesi ve çevrenin bozulması, ülkedeki balıkçılık kaynakları ve insanların sağlığı açısından büyük bir risk oluşturmaktadır. Daha iyi atık su sistemleri, sağlığın korunması bakımından faydalar sağlayacaktır. Bu yüksek lisans tezi kapsamında, Cibuti Ulusal Su ve Atık Su Ofisi (ONEAD) kontrolünde içme suyu ve atık su altyapısının sorunlarının tespiti, rehabilitasyon yöntemi ve altyapı denetimi konusunda araştırmalar yapılmıştır.



Şekil 1.2 Çalışma alanı haritası



Şekil 1.3 Cibuti atık su arızaları örneği

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Tomczak ve Zielińska (2017)'e göre, Polonya'da 20. yüzyılın başlarında inşa edilen kanalizasyon şebekesi, orijinal su geçirmezliğini ve akış kapasitesini kaybetmektedir. Bu özellikleri geri kazandırmak için rehabilitasyon çalışmaları yapılmaktadır. Kanalizasyonların ilk kapasitesi, kazısız teknoloji sayesinde kentsel çevreyi etkilemeden geri kazandırılabilir. Rehabilitasyona tabi tutulan kanalizasyon, çevreyi kirletebilecek kanalizasyon sızıntılarının yanı sıra, yeraltı suyu sızmasını da önleyebilen yeni bir sızdırmaz iç katmana sahip olur. Yapılan çalışma, kazısız teknolojiyi geleneksel açık kesim hendek kazısı ile karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

Anbari vd. (2016) çalışmasında, atık su toplama şebekelerinin, bir toplumun halk sağlığı, güvenliği, çevre ve ekonominin korunmasında kritik öneme sahip olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada arıza ihtimalini hesaplamak için olasılıksal bir yaklaşım olarak Bayes teoremi ve arıza değerlerinin sonuçlarını hesaplamak için ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılarak, kanalizasyon borularının muayenesine öncelik vermek için yeni bir risk değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Sonuçlar, kanalizasyonların çoğunun (yaklaşık %62) orta derecede risk altında olduğunu, buna ek olarak %12'sinin kritik durumda olduğunu göstermiştir.

Clayton ve Van Zyl (2007) araştırmasında, dünya çapındaki su dağıtım sistemlerinin yaşlanmakta olduğunu ve bozulmakta olduğunu ifade ederek, bu sistemlere ve dolayısıyla doğal su kaynaklarına olan taleplerin sürekli olarak arttığını belirtmiştir. Bu makalenin amacı, sahada gözlemlenen sızıntı bölgelerinden sorumlu olabilecek faktörleri belirlemek ve analiz etmektir. Bu faktörler, sızıntı hidroliği, boru malzemesi davranışı, toprak hidroliği ve su talebidir. Arka plan sızıntısının önemli bir bölümünün geçiş akışından oluşabileceği ve dolayısıyla 0,5'in üzerinde bir sızıntı katsayısı değerine sahip olabileceği sonucuna varılmıştır.

Ateş (2019), içme suyu dağıtım şebekelerinin temel amacının suyu kaynağından alıp hedeflenen noktalara istenilen miktarda, kalitede ve basınçta iletebilmek olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışmanın amacı, bir sezgisel yaklaşım algoritması kullanarak, su dağıtım

şebekesi boru çaplarını tasarlamaktır. Yapılan hesaplamada şebeke maliyetinin %3,5 arttırılmasıyla, şebeke güvenilirliğinin %7'e yükseltilebildiği gözlemlenmiştir. Ankara'da bir mahalle şebekesinin güvenlik index değeri 0,95 olarak bulunmuştur. Su Dağıtım Şebekeleri için boru çapları tasarlanırken sokaklarda ve ana iletim hattında kullanılacak minimum boru çapları gibi bazı kısıtlamaların olabileceği ifade edilmiştir.

Gündoğdu ve Şahin (2008)'e göre, günümüzde SCADA teknolojileri, endüstriyel otomasyonda bulunan kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. SCADA sistemleri sayesinde geniş olarak coğrafi bölgelere yayılmış olan su üretim ve dağıtım donanımları izlenebilir ve kontrol edilebilir. Su dağıtım sistemleri, çoğu zaman su depoları, pompa istasyonları ve su arıtma tesisleri gibi birçok bileşenden oluşmaktadır. Temiz suyun sağlıklı olarak tüketici musluklarına dağıtımının yapılabilmesi için dağıtım bileşenlerinin sürekli olarak kontrol edilmesi ve gözlem altında tutulması gerekir. Bu çalışmada ilk olarak şehir suyu şebeke sisteminde kullanılan su dağıtım bileşenleri araştırılmış ve teknik özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Sonraki bölümlerde, SCADA sistemleri ve temel bileşenleri, bir SCADA sistemi planlaması için gerekli kontrol ekipmanları ve sensörleri, Uzak Terminal Birimi (RTU) standart ve teknik özellikleri açıklanmıştır. Son olarak, bir pompa istasyonu modelinin planlaması yapılmıştır.

Bulut (2020) çalışmasında, Erzincan ili Ocak 2014-Ocak 2020 yılları arasındaki içme suyu verilerini inceleyerek, içme suyu dağıtım sistemine 2018 yılının Mart ayında yerleştirilen SCADA (Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme) sistemi ile sistem öncesi ve sonrası içme suyu verilerini değerlendirmeye tabi tutmuştur. Öncelikle Ocak 2014-Mart 2018 tarihleri arasındaki SCADA öncesi üretilen su miktarı ile belediye su işlerinden alınan (aboneler tarafından tüketilen) su verilerinin, su dengesi tablosuna aktarılması sonucu analiz edilmiş ve gerçek su kayıp oranlarının tahmini yapılmıştır. Yapılan bu tahmin sonucunda SCADA öncesi toplam fiziksel ve idari kayıp su oranı %64,46 iken fiziksel su kayıp oranı ise %27,89 olarak tespit edilmiştir. Mart 2018-Ocak 2020 tarihleri arasında içme suyu şebeke hattı üzerinde SCADA otomasyon sistemi kurulması ile SCADA sistemi üzerinden üretilen su miktarı ile belediye su işlerinden alınan (aboneler tarafından tüketilen) su verilerinin su dengesi tablosuna aktarılması sonucu

analiz edilmiş fiziksel ve idari kayıp su oranı % 36,53 iken fiziksel su kayıp oranı ise % 13,64 olarak tespit edilmiştir.

Kıran (2018) çalışmasında, içme suyu dağıtım şebekelerinin tasarımı, yapımı ve bakımında sorumlu kurumun su idareleri olduğunu belirtmiştir. İçme suyu dağıtım şebekelerinde belirsiz bir zaman diliminde, şebekenin herhangi bir yerindeki debi, basınç ve su kalitesi gibi parametreleri bilinemiyorsa veya şebekenin herhangi bir yerinde arıza meydana geldiğinde bu arızayı tamir etmek için boruda bulunan suyun tahliyesi en kısa sürede ve en az bölgenin su kesintisinden etkileneceği şekilde yapılamıyorsa, bu sistemi optimal düzeyde işletmenin mümkün olamayacağını ifade etmiştir. Bu çalışmada esas amaç, mevcut içme suyu dağıtım şebekesinin hidrolik modellemesi yapılarak, şebekeyi optimal bir şekilde yönetmek için karar mekanizmaları oluşturmaktır. Bu kapsamda, İstanbul'un Sultanbeyli ilçesinde örnek bir bölgenin içme suyu şebekesinin hidrolik modeli oluşturulmuştur.

3. KURAMSAL TEMELLER

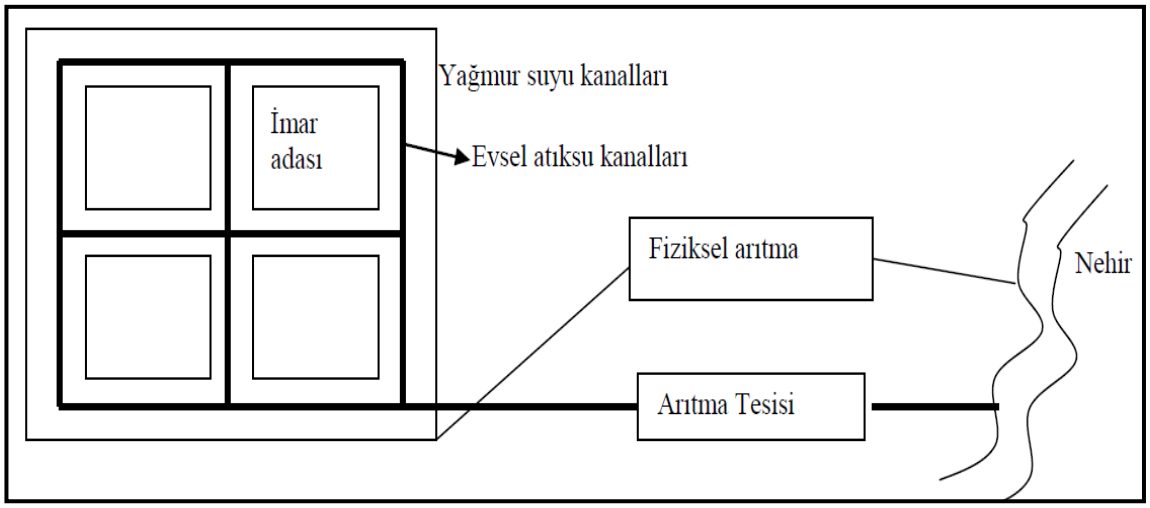
3.1 Cibuti Atık Su Altyapıları

3.1.1 Kanalizasyon sistemleri

İçme suyu şebekeleri tarafından kullanıcılara dağıtılan sular, kullanımdan sonra çevreye zarar vermeyen modern yöntemlerle toplanmalıdır. Pis ve atık suların özel kanallar aracılığıyla toplanıp atılmasını sağlayan altyapı sistemine kanalizasyon denir. Şekil 3.1 bir yerleşim bölgesindeki drenajı göstermektedir. Atık su arıtma sistemleri yapılarına göre aşağıdaki kategorilere ayrılabilir:

- **Ayrık sistem:** Atık su ve yağmur suları farklı kanallarda toplanarak yerleşim alanından tahliye edilir.
- **Birleşik sistem:** Atık su ve yağmur suyu aynı kanalda toplanarak tahliye edilir.
- **Karışık sistem:** Yerleşim alanlarının bir kısmında ayrık bir kısmında ise bileşik sistem kullanılmış olan ve su tahliyesi bu şekilde yapılan sistemlere karışık sistem denir (Ardıçlıoğlu 2017).

Ayrık sistem, şiddetli yağışlar nedeniyle meydana gelen ani akış değişimlerini daha iyi yönetmeyi sağlar. Bu sayede atık suyun doğal ortama taşmasının önüne geçmek mümkündür. Ayrıca, suyun kaynağına göre arıtma tesislerinin kapasitelerinin daha iyi uyarlanmasını mümkün kılar. İçme suyunun evsel kullanımlarından kaynaklanan (banyo, mutfak vb.) kirlenmiş suyun ve yağmur suyunun (akış suyu, çatılar vb.) atık su olarak deşarj edilmesini sağlar. Bu nedenlerden dolayı, Cibuti şehri genelinde ayrık sistem kullanılmaktadır.



Şekil 3.1 Yerleşim alanlarının drenajı (Ardıçlıoğlu 2017)

Yağmur sularının ve atık suların kanalizasyon sistemleri ile toplandığı ve ardından atık su arıtma tesislerinde arıtıldığını bilinmektedir. Atık sular arıtılmazsa çevre için ciddi bir tehlike oluşturabileceğinden dolayı doğrudan doğal çevreye deşarj edilmemelidir.

3.1.2 Atık su ağının işleyişi

A) Atık su ağının rolü

Kanalizasyon şebekesi, şehirlerin atık suyu için bir uygulama metodunu oluşturmaktadır. Bu nedenle, kanalizasyon şebekesinin amaçları kentsel mekandaki değişikliklere göre zaman içinde gelişen ve her dönemin değişen atık su ihtiyaçlarına göre belirlenir. Ağ yapısının modifikasyonu, bu değişikliklere göre uyarlanır. Kanalizasyon şebekesinin iki temel amacı vardır.

Sellerle mücadele: Akış suyunun tahliyesi, kanalizasyon şebekesinin ilk görevidir ve şehirlerin tarihinde birkaç yüz yıl öncesine dayanmaktadır. Gerçekten de, ilk kanallar, en ilkel biçimleriyle hendekler, kent merkezlerinin ticari faaliyetlerinin akışını bozabilecek ve sonuç olarak ekonomik gelişmelerini yavaşlatabilecek ve hatta şehir sakinlerinin hayatını tehdit edebilecek yağmur suyundan bu merkezleri temizlemeyi

amaçlıyordu. Elbette, yağmur suyunun neden olduğu rahatsızlık algısı, şehirlerin yapısının ve organizasyonunun değişmesiyle birlikte gelişmiştir.

Daha sonraki yıllarda, toprağın su geçirmezliğini güçlendirerek benimsenen yeni kentleşme biçimlerinin (toprağın emme kapasitelerinin değiştirilmesi, çatıların, yolların, park yerlerinin su yalıtımı) ortaya konması ile kanalizasyon işlevinin boyutu (yağmur suyunun tahliyesi için tutma havzaları ve depolama fikri gibi) farklılaşmıştır.

Cibuti'de kanalizasyon sistemi yetersizdir, bu yetersizlik nedeniyle 1994 ve 2004 yıllarında yaşanan seller kentsel alanlarda önemli can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Sel sularını depolama imkanı varsa depolayarak temiz su kaynaklarına bunları katmak hem kayıpları önleyecek hem de su kapasitesini arttıracaktır.

ONEAD tarafından sel baskınlarına verilen yanıtlar şunlardır:

- Başkentin ana caddelerinde büyük yağmur suyu drenaj tahliyelerinin yapılması ve işletilmesi
- Eski mahallelerin rehabilitasyonu
- Nüfusun yoğun olduğu mahallelerde yağmur suyu drenaj ağlarının iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi
- Rayların yeniden düzenlenmesi.

Halk sağlığının korunması: Halk sağlığının korunması, 19. yüzyılın sonundaki büyük salgınların ardından hijyenist hareketin ivmesi ile birlikte atık su ağlarının bir işlevi haline geldi. O zamandan beri, kanalizasyon şebekelerinin, evsel ve endüstriyel düzeyde insan faaliyetlerinden kaynaklanan belirli atıkları şehirleşmiş alanların dışında suyun yerçekimi ile tahliyesini sağlaması gerektiği konusunda yeni bir fikir gelişti.

Atık su ağı sisteminin sıhhi rol bakımından önemli olduğu fark edilmiştir. Sanitasyon eksikliği ishalli hastalıkların ana nedenidir. Bu nedenle Cibuti Ulusal Su ve Sanitasyon Ofisi geniş bir sanitasyon programı başlatmıştır. Bu programın amacı, arıtma tesisine

kadar bir atık su toplama sistemi kurmaktır. Bu ağı kurmak için ONEAD, Avrupa Birliği'nden 12 milyon Euro mali destek almıştır.

B) Kanalizasyon şebekesinin fiziksel yapısı

Günümüzde, batı dünyasında kullanılan kanalizasyon şebekesi modeli, birbirine bağlı, şehirleşmiş alanlardan yeraltına geçen ve bağlanan, kanalizasyon ve kanalizasyon ağızları gibi yapılar aracılığıyla yüzeyle iletişim kuran bir dizi borudan oluşur. Bağlantılar, ağın yapılaşmış yüzeyle (özel konut, fabrika) bağlantısını sağlarken, oluklar ve ağızlar serbest yüzeye çıkış sağlar. Bu boru seti, doğal çevre ile fırtına taşmaları sırasında iletişim kurar.

Farklı boru türleri (ikincil, birincil, deşarjlar) arasına yerleştirilen muayene ve erişim menholleri, pompa istasyonları, havza rezervuarları ve arıtma tesisleri gibi atık su ağının bir parçasıdır. Menhollerin yapısı ve boyutları, çalışma şeklini ve işlevlerini belirleyen ilkelere göre (yerçekimi akışı, durgunluk olmadan suyun derhal boşaltılması, tahliyeden önce arıtma) modellenmiştir.

3.1.3 Kanalizasyon şebekesinin özellikleri

A) Ağın rolüyle bağlantılı özellikler

Bir atık su şebekesi, şehirde üretilen kirli suların tahliyesini ve nötralizasyonunu sağlamalıdır. Bu nedenle işlevi, üretimi ile ilgili değil, şehri, su kaynaklarını ve doğal çevreyi korumak için atıkların (yağmur suyu, atık su, insan dışkısı) uzaklaştırılmasıyla ilgilidir. Bir kanalizasyon şebekesinin atık su sistemi, şehrin organizasyonunda siyasi bakımdan temel rol oynar. Bu durum, kentleşmenin geliştirilmesini sağlayan faaliyetlerin ana odağıdır.

Cibuti'de evsel ve endüstriyel kaynaklı olan atık sular, kısmen dolu akan (basınçsız) geniş borulardan oluşan kanalizasyon ağları ile iletilir ve tahliye edilirler. Evlerden ve

endüstrilerden gelen atık suları ileten kanalizasyon hatları ana toplama noktasına kadar yerçekimi ile akacak şekilde tasarlanmıştır ve toplama noktalarından sonra ana borular ile atık su arıtma tesisine gönderilmektedir.

Cibuti'de atık su şebekesi ayrı bir şebekedir. Evlerin sadece %40'ı bozulmuş bir toplu ağa bağlı iken %60'ı bireysel sistemlerle donatılmıştır. Douda atık su arıtma tesisinin şeması Şekil 3.2'de yer almaktadır. Bu toplama ağı, son üçü (istasyon S1, S2 ve S3) aşağıdakiler olmak üzere 9 deşarj istasyonu içerir. Balbala toplama ağlarının AFD (Fransız Kalkınma Ajansı) tarafından finanse edilen S2 deşarj istasyonuna bağlanmasına yönelik bir proje uygulanacaktır.



Şekil 3.2 Cibuti şehri atık su şebekesi ana planı

Cibuti'de atık su şebekesi ana planı çalışmaları devam etmektedir (Şekil 3.2). Bu çalışmalarda, evsel atık su yönetiminin iki temel sorunu aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Kalifiye operatör eksikliği: Merkezi kentsel atık su arıtma tesisi tamamlandıktan sonra yerel hükümet kurumları tarafından işletilmiş, sadece birkaç yerel teknisyenin bu tesisleri işletmek için kalifiye olması nedeniyle teknik servisler, mühendislik ve bilim konularında yetersiz kalmış ve sürdürülebilir bir çalışma yapılamamıştır.

İşletme ve bakım bütçesinin olmaması: Pompa istasyonlarının ve arıtma tesisi makinelerinin işletilmesi ve bakımında mali ve teknik zorluklar önemli sorunlar teşkil etmiştir.

3.2 İçme Suyu Altyapıları

3.2.1 İçme suyu dağıtım sistemleri

A) Su dağıtım sisteminin şebeke bileşenleri

Nüfus artışını karşılamak için sürekli olarak yeni sistemler geliştirilirken, artan su talebi nedeniyle mevcut sistemler iyileştirilip genişletilmekte ve su dağıtım sistemleri toplumun en önemli altyapı varlıklarından biri haline gelmektedir (Mala-Jetmarova vd. 2018).

Su dağıtım sistemleri, tüketicilere su kaynaklarını ulaştırmak için borular, valfler ve tanklar gibi hidrolik bileşenleri kullanır. Böyle bir sistemin tasarımıyla veya mevcut bir sisteme ekleme yapan bir mühendis, bileşenlerinin boyutlarını iyi seçmelidir. Ayrıca, gerekli ve yeterli basıncı karşılamak için çalışan bileşenlerin, pompaların ve valflerin nasıl kullanılacağını da dikkate almalıdır (Alperovits ve Shamir 1977).

Su kaynağına yakın olan boruların çapları daha büyükken, mesafe arttıkça boru çapları küçülür. Su iletim hat boruları, büyük miktarda suyu uzun mesafelere taşımak için su kaynaklarını ve su dağıtım sistemlerini birbirine bağlar. Daha sonra, genellikle iletim borularından daha küçük olan dağıtım boruları, müşteriye su sağlayan daha küçük tedarik borularına su vermek için kullanılır. Şebeke içerisinde hidrantlar, kontrolörler,

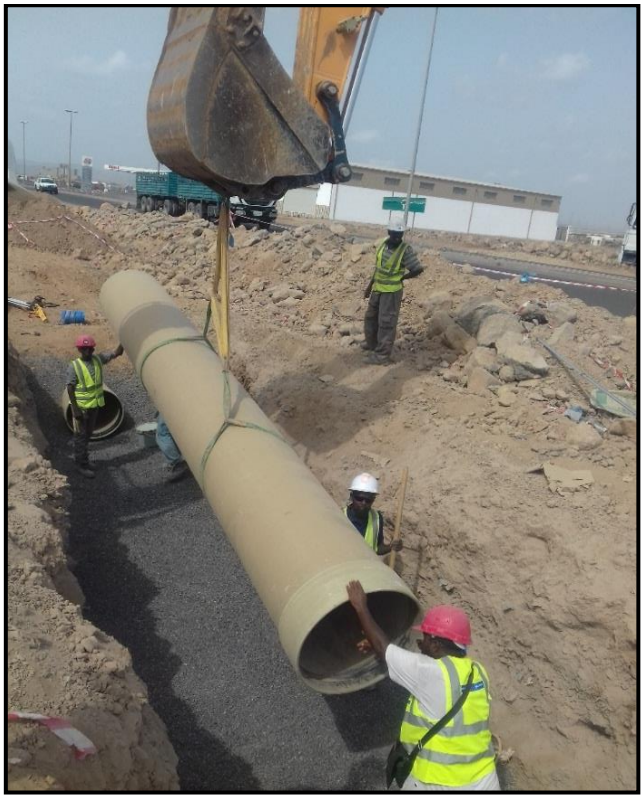
hava üfleme, izolasyon ve koruma gibi çeşitli vanalar kullanılmaktadır. Bazı sistemlerde pompa istasyonları, sistemdeki basıncı veya taşımayı artırmak için dağıtım sisteminin bir parçası olarak çalışır. (Qader 2015).

- **İsale hatları**

İsale hatları, ham suyu kaynaktan alıp arıtma tesislerine ileten ve arıtma tesislerinden arıtıtılmış suyu terfili ya da cazibeli olarak depolara ya da dağıtım sistemine taşıyan boru hatlardır. Bu borular genelde büyük çaplı (Ø > 300 mm) olduklarından dolayı büyük miktarda su taşırlar. İsale hatlarının ana amacı, suyu bir noktadan diğerine iletmektir. Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'de, Cibuti Şehri İçme Suyu Temini Sistemi Rehabilitasyon ve Genişletme Projesi için içme suyu CTP borularının döşenmesi gösterilmektedir. Döşenecek boru hatlarında çakıl yatağı oluşturulur (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4). CTP borularının döşenmesini boruların kaplama işlemi takip eder. Bu boru hatlarına bina bağlantısı yapılmaz (Kıran 2018).



Şekil 3.3 Çakıl yatağı



Şekil 3.4 İsale boru hatları



Şekil 3.5 CTP boru döşeme



Şekil 3.6 Boru yatak ve kaplama

- **Borular**

Borular, bir su dağıtım şebekesinde suyu bir noktadan diğerine taşıyan elemanlardır. Suyu kolay taşımaları için 6 metre uzunluğunda seçilmişlerdir. Borularda da kıvrımlar vardır. Dirsekler, çizginin yönünü değiştirmek için kullanılır. Modelleme yapılırken çok uzun borular tek bir boru olarak modellenebilir. Ancak, borunun özellikleri tüm uzunluk boyunca (çap, malzeme vb.) aynı olmalıdır. Borunun uzunluğu, bir düğümden diğerine olan toplam mesafeyi temsil eder. Bu uzunluk, düz olmak zorunda değildir. Borular nominal çapları ile isimlendirilmektedirler (örneğin; DN 700 mm). Üretim standartları nedeniyle iç çap, nominal çaptan farklı olabilir. Çoğu boru, iç çaptan daha küçük bir nominal çapa sahiptir (Ateş 2019). Borular düz bir zeminde saklanmalı ve ortamda onlara zarar verebilecek keskin nesneler bulunmamalıdır. En fazla 3 sıra halinde üst üste istiflenebilirler (DN 700 mm için) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Cibuti'de içme suyu için döşenen CTP boruları

CTP boru, bir polimer ve cam elyafın birleşimidir. Avantajları:

- Dökme demir ile karşılaştırıldığında düşük maliyet,
- Kurulum kolaylığı,
- Yerli üretim,
- Düşük taşıma ağırlığı,
- Düşük basınçlar için tatmin edici kullanım ömrü,
- Korozyona ve yüksek sıcaklıklara dayanıklılık,
- İyi mekanik özellikler

Bu malzemeler korozyona, aşınmaya, agresif topraklara ve kaçak akımlara karşı dayanıklıdır. CTP, dökme demirden daha kısa bir ömre sahiptir. Ancak, hızla büyüyen Cibuti şebekesi, ağların çok uzun bir zaman diliminde (>50 yıl) planlanmasını mümkün kılmaz. Bu nedenle, CTP malzemelerine yapılan yatırım, Cibuti şehri ihtiyaçları için dökme demir malzemelere yapılan yatırımdan daha uygundur.

- **Rezervuarlar**

Rezervuarlar, suyun yüksekliği değişmese de, bir su şebekesine büyük miktarlarda su temin edebilen şebeke elemanlarıdır. Bir rezervuar teorik olarak sonsuz miktarda su sağlayabilse de, pratikte tükenmez bir su kaynağı diye bir şey yoktur (Walski vd. 2003).

- **Depo**

Suyun geçici olarak depolanmasını sağlayan araçlardır. Bir depolama rezervuarı aynı zamanda bir sınır düğümüdür, bir rezervuardan farkı, rezervuarın hidrolik eğim çizgisinin, suyun içeri ve dışarı akışı ile dalgalanmasıdır. Rezervuarlar sınırlı miktarda depolamaya sahiptir ve bu depolamayı doldurabilir veya tamamen tüketebilirler. Buna karşın çoğu pratik sistem bundan kaçınmak için tasarlanmış ve çalıştırılmıştır.

Depolanmayı sağlayan araçlar, depolardır ve dağıtım sisteminde bulunurlar. Gerçek bir tank ile onun model karşılığı arasındaki ilişki, genellikle basittir. Farklı tank türleri vardır: yükseltilmiş tanklar, yükselticiler, hidropnömatik tanklar, yeraltı ve gömülü tanklar (Walski vd. 2003).

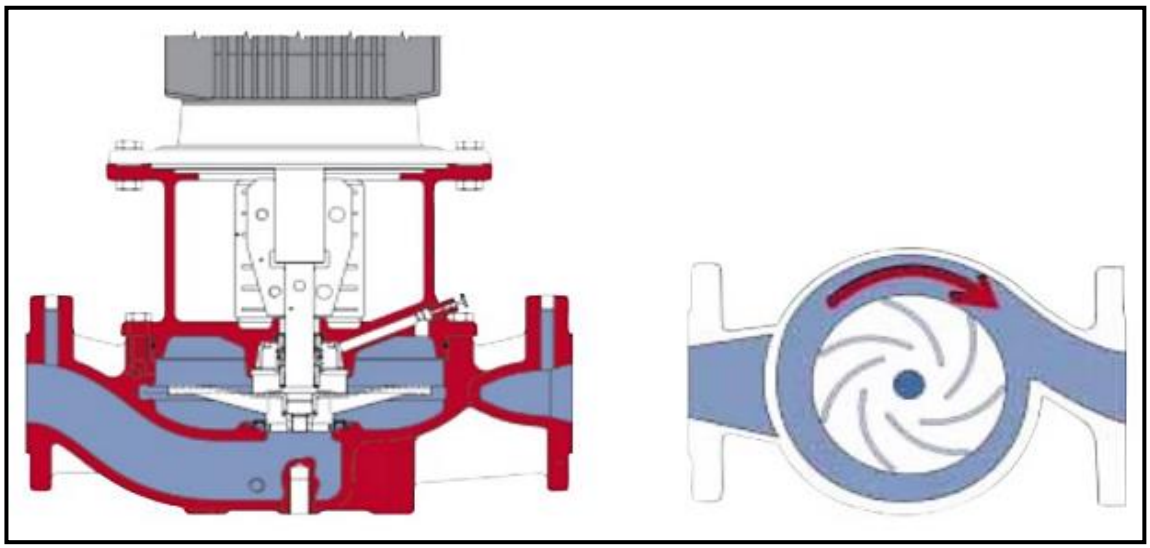
- **Düğüm noktası**

Bir bağlantı düğümünün ana kullanımlarından biri, iki veya daha fazla boru için bir buluşma yeri sağlamaktır. Bununla birlikte, bağlantı noktaları tek bir borunun uçlarında bulunabileceğinden, bağlantıların temel kesişme noktaları olması gerekmez. Bir bağlantının bir diğer temel rolü, sistemden gerekli suyu çekmek veya sisteme girişleri (bazen negatif talep olarak adlandırılır) enjekte etmek için bir konum sağlamaktır (Walski vd. 2003).

- **Pompalar**

Pompalar, su dağıtım şebekeleri için gereklidir. Pompalar, suyu servis tanklarına getirmek ve su dağıtım şebekesi içinde dağıtmak için gereken enerjiyi sağlar. Bu pompalar, su şebekesine gerekli miktarda suyun yeterli basınçta iletilmesini sağlar (Ateş 2019).

Pompalar, içme suyu dağıtım şebekesinde ihtiyaç duyulan su, istenilen basınçta olmadığında suyu istenilen basınca ayarlamak (basıncı arttırmak) için kullanılan ekipmanlardır (Şekil 3.8) (Kıran 2018).



Şekil 3.8 Santfirüj pompa (Kıran 2018)

Santrifüj pompalar, düşük basınçlı sıvının yüksek basınca gelmesini sağlar. Bu ürünler sıvıyı basınç enerjisine dönüştürerek ivmelenmesini sağlar. Böylece suyun taşınmasına ve daha geniş alana yayılmasına imkân tanır.

- **Vanalar**

Bir vana, akışa karşı direncini değiştirmek için farklı derecelerde açılıp kapatılabilen bir elemandır, böylece bir boru hattı boyunca suyun hareketini kontrol eder. Vanalar aşağıdaki beş genel kategoride sınıflandırılabilir:

İzolasyon vanaları: İzolasyon vanaları, şebeke alanının bir kısmını tüm dağıtım şebekesinden izole eden vana tipidir. Bir su temin sisteminde izolasyon vanaları, farklı amaçlar için kullanılabilir. Örneğin, boru hattında bir kırılma olursa borulardan su sızmaya başlar. Daha sonra bakım işlemini gerçekleştirmek için, izolasyon vanası kapatılarak boru hattındaki hasarlı alan yönüne olan akış engellenmelidir. Hasarlı alan izole edilerek bakım bölgesi kurutulur ve boru tamiri yapılabilir. Dağıtım şebekesinde akış yönünü kontrol etmek için de izolasyon vanaları kullanılır (Şendil 2013).

Yön vanaları: Çek valfler, suyun yalnızca bir yönde akmasına izin veren valf türüdür. Ters yönde akış engellenir. Normal akış koşullarında valf gövdesindeki kapak akış tarafından açık tutulur ve akış durduğunda valf gövdesindeki yatay menteşeli kapak yerçekimi veya yaylar yardımıyla kapanır. Dolayısıyla bu tip bir vana herhangi bir operatöre ihtiyaç duymaz (Şendil 2013).

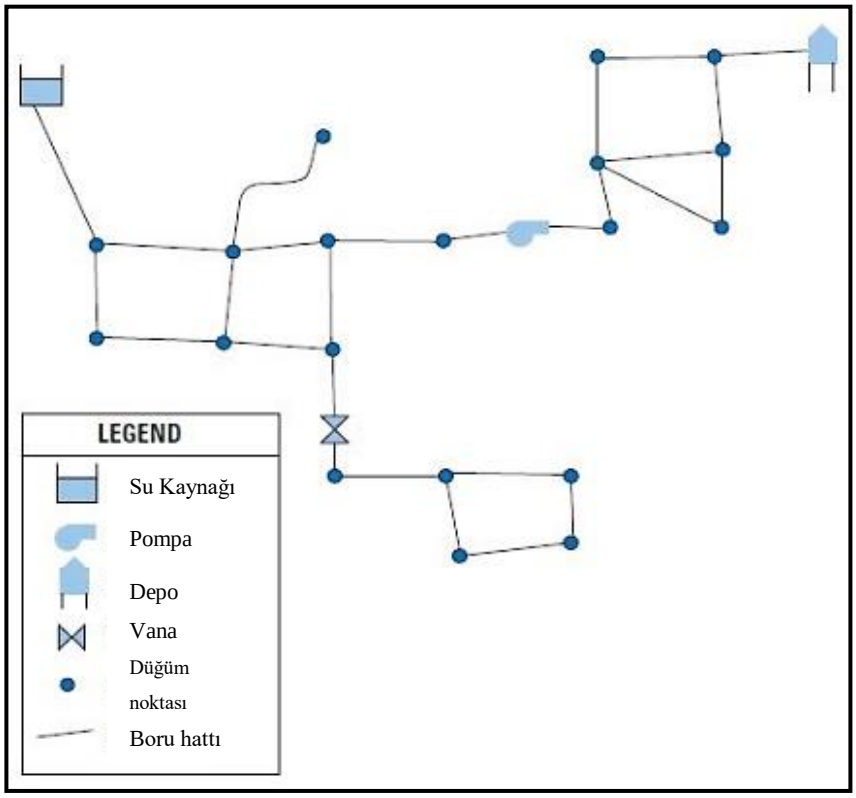
İrtifa vanaları: Birçok su kuruluşu, boru hattının bir tanka girdiği noktada yükseklik valfleri adı verilen cihazlar kullanır. Tank seviyesi belirli bir üst sınıra yükseldiğinde, daha fazla akışın girmesini önlemek için valf kapanır, böylece taşma ortadan kalkar. Akış eğilimi tersine döndüğünde, valf yeniden açılır ve sistemin kullanım taleplerini karşılamak için tankın boşaltılmasına izin verir (Walski vd. 2003).

Hava tahliye ve vakum kırma vanaları: Çoğu sistem, sistem çalışması sırasında sıkışan havayı serbest bırakmak için özel hava tahliye valfleri ve sistem başlatıldığında havayı boşaltan ve negatif gösterge basınçlarına tepki olarak sisteme hava veren hava/vakum valfleri içerir (Walski vd. 2003).

Kontrol vanaları: Su dağıtım şebekesinin boru hatlarında debiyi ayarlamak için akış kontrol vanaları kullanılır. Akış kontrol vanaları çalıştırılarak akış miktarı minimum ve maksimum akış arasında (tam açık valf bölümü ile) artırılabilir veya azaltılabilir (Şendil 2013).

Pnömatik kontrollü glob vanaları başta olmak üzere küresel ve kelebek vanalar da endüstriyel alanlarda kontrol amaçlı kullanılan vanaların başını çekerler. Kontrol vanaları, hidrolik aktuatörlerle birlikte de çalışabilmekte olup, bunlara otomatik kontrol vanaları denir. Hidrolik aktuatörler, basınç ya da debideki değişime vanayı açarak ya da kapayarak tepki verirler (Oflaz 2009).

Şekil 3.9, bağlantılar ve düğümler kombinasyonu ile basit bir su dağıtım sistemi diyagramını göstermektedir. Su dağıtım sistemlerinin ana görevlerinden biri su kalitesini korumaktır, bu nedenle şebekenin sıkı olması ve sızıntı sorunu olmaması gerekir. Sistemlerin periyodik olarak test edilmesi ve bakımı, suyun kalitesini sağlayacaktır.



Şekil 3.9 Su dağıtım sistemi şeması (Qader 2015)

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Materyal

4.1.1 Çalışma sahası ve özellikleri

Atık su şebekesine ve içme suyu şebekesine erişim ile ilgili sorunların araştırılması için uygulama alanı olarak Cibuti şehri seçilmiştir. Cibuti, doğal kaynaklardan ve ekilebilir araziden yoksundur. Düşük yağış nedeniyle dünyanın en kurak bölgelerinden biridir. Cibuti'de tarım faaliyetleri, iklim sorunlarından dolayı çok az yapılmaktadır. Ülkenin gıda ihtiyacının büyük kısmı ithalat ile karşılanır. Ekonomisi bir yandan Cibuti ve Doraleh limanlarının, diğer yandan Fransız, Amerikan ve Japon askeri üslerinin faaliyetlerinden kaynaklanan üçüncül sektöre (GSYİH'nın %80) dayanmaktadır. Ülke, önemli ölçüde su stresine maruz kalmaktadır. Ülkenin iklimi kurak ve tropikaldir. Yıl boyunca çok düşük yağış almakta ve önemli miktarda buharlaşma meydana gelmektedir. Buna ek olarak yağmur sularının denize akması gibi olumsuz unsurlar da bulunmaktadır.

Su şirketinin tarihi

Cibuti su hizmeti, Cibuti'yi Addis Ababa'ya bağlayan demiryolu güzergahını yapan Fransız-Etiyopya demiryolu Şirketi'nin kurulmasıyla başladı.

1949'da bir kamu hizmeti olmadan önce, Cibuti su hizmetinin ana görevi demiryolu personeline içme suyu sağlamaktı. Sömürge yönetiminin temsilcilerine hizmet götürüyordu. Cibuti su idaresinin 1940'lardan 1970'lere kadar olan su hizmeti, yalnızca dezenfeksiyon ve depolama yapılarına pompalama yaptığı 13 m derinliğindeki drenaj galerisini esas alarak sömürge yönetimine içme suyu sağlamaktan sorumluydu. 1960'lı yıllarda, ilk sondajlar d'Ambouli vadisi kıyısında açıldı. Ülkenin sosyal ve ekonomik alt yapısı (liman, sağlık, eğitim, güvenlik gibi) için herhangi bir çalışma yoktu. İçme suyu şebekesi 1970 yılında Cibuti'nin bağımsızlığından hemen önce inşa edildi.

Çizelge 4.1 Cibuti şehrinde içme suyu ve atık su hizmetlerinin özellikleri

	Değer
Bağlantı başına su erişim oranı.	39,8 %
Su üretimi (m^3 /yıl)	18,900,000
Su satışı (m^3/yıl)	12,978,000
Su abone sayısı	41,023
Atık su şebekesine erişim oranı.	25%
Kanalizasyon şebekesine bağlantı sayısı	10,000
Atık su arıtma kapasitesi (m^3 /gün)	3,700
ONEAD cirosu	30 milyon €

İçme suyu: 2020

- Su temin kapasiteleri: 49,000 m^3/gün,
- Gerçek su temini ihtiyacı: 80,000 m^3/gün,
- Önemli su kayıpları (2020'te %46),
- 7 pompa istasyonu,
- 13 orta kapasiteli depo (300 ila 3000 m^3),
- Cibuti'deki içme suyu boru hatlarının uzunluğu: 1088 km

Atık su: 2020

- Pompa istasyonu,
- Bir su arıtma tesisi,
- Atık su şebekesinin uzunluğu: 107 km,
- Atık su üretim: 2020 yılında faturalanan 49,000 m^3/gün içme suyundan Cibuti Şehri genelinde %75 deşarj oranı ile 36,750 m^3/gün atık su

4.2 Yöntem

İlk olarak, atık su ve içme suyu şebekelerindeki bozulmaların değerlendirilmesine ilişkin önceki çalışmaları derlemek ve ardından su şebekelerinin bozulmasını etkileyen ana faktörleri belirlemek için kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. İkinci olarak, Cibuti şehrinin çeşitli bölgelerinde kanalizasyon ve içme suyu boru hatlarına ilişkin tarihsel veriler toplanmıştır. Toplanan veriler, daha sonra ağ bozulmasının sonuçlarını görmek ve çözümler önermek için kullanılmıştır.

5 BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1 Atık Su ve İçme Suyu Şebekelerinin Bozulması ve Nedenleri

5.1.1 Atık su

5.1.1.1 Bozulma durumu

Bozulma terimi, yaygın olarak ekipmanın kötü durumunu karakterize etmek için veya belirli bir sosyo-ekonomik bağlamda yapıların kötü durumuna ilişkin algıyı karakterize etmek için kullanılır. Ancak, bir kanalizasyon şebekesinin bozulmuş işlevini belirleyen nedenlerin bulunması gerekmektedir. Arıza nedeniyle ağın rolünü yerine getirmediği bir gerçektir.

Bir atık su şebekesinin bozulma durumu, belirli sayıda anormalliğin birikmesiyle tanımlanamaz, ancak ekipmanın arızalanmasına atıfta bulunur ve tam olarak ağ ile ilişkili amaçlar ile gerçek performansı arasındaki mevcut boşluğu karakterize eder.

Bir bozulma durumunun tetiklenmesi diğer bir deyişle yapının işlevsel performansının artık kanalizasyon sisteminin rolüyle bağdaşmaz hale gelmesi anlamına gelir. Bu, atık su sisteminde belirli sosyo-ekonomik koşullara bağlı bir olgudur. Sistemin varlığı daha sonra otomatik olarak sorgulanır. Öte yandan ağın yapısı, işin fonksiyonel performansı ile amaçları arasında boşluk olmadığı sürece bozulmuş olarak kabul edilmeden yıpranabilir ve hatta kötü durumda olabilir. Şekil 5.1'de, Cibuti'deki bir kanalizasyon borusunun yenileme çalışmaları gösterilmektedir.

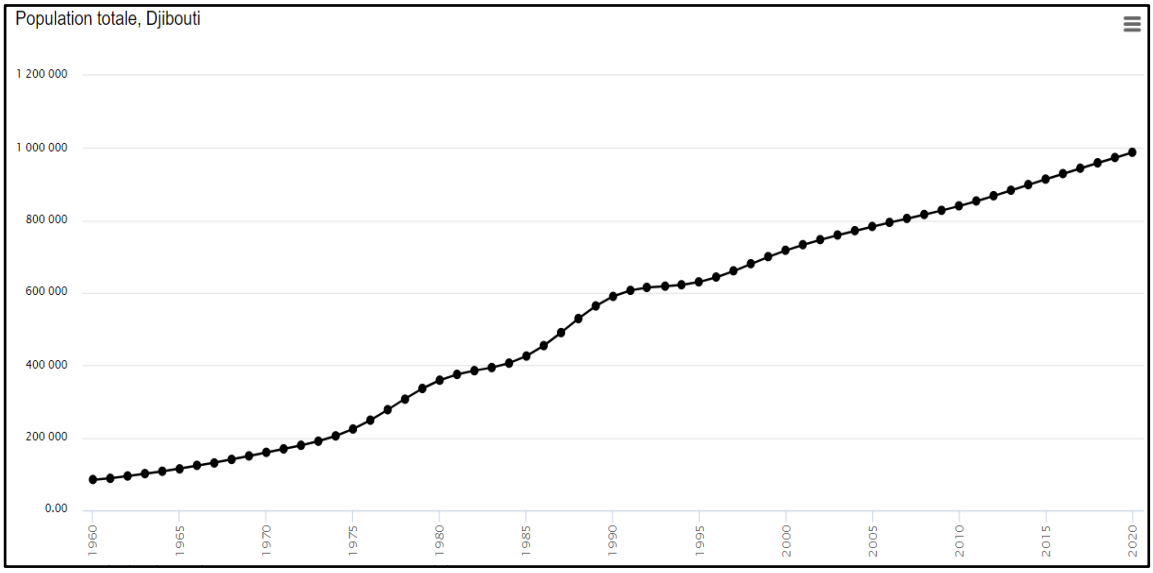


Şekil 5.1 Kanalizasyon yenileme çalışması

5.1.1.2 Bozulma nedenleri

A) Nüfus artışı ve kentleşme

Kirli suyun toplanması ve arıtılması için ekipmanla ilgili hedefler, yerel ve ulusal koşulların etkisi altında ilgili ortamlarda ortaya çıkan sanitasyon ihtiyaçlarının karşılanması olarak tanımlanır. Atık su işlevinin gerçekleştirildiği kentsel çevre değişince, bu ihtiyaçlarda ve dolayısıyla sanitasyon tesislerinin rolünde de değişiklikler meydana gelmektedir.



Şekil 5.2 Cibuti şehrinin nüfusunun gelişimi (1960-2020) (Toplam nüfus)

Cibuti şehri nüfusunun Şekil 5.2'de görüldüğü gibi yıllar içerisinde arttığı görülmektedir. Bu artışa bağlı olarak içme ve kullanma suyu ihtiyacı artmaktadır. Artan içme ve kullanma suyu miktarına paralel olarak atık su miktarları da çeşitlenmekte ve artmaktadır.

Bu değişim sürecinde, atık su ağı, ağır ve katı bir yapı oluşturduğundan yeni ortaya çıkan gereksinimlere uyarlanması gerekmektedir. Ayrıca, yerel koşulların değişmesi atık su ekipmanlarının bozulmasına yol açar. Dolayısıyla, eski koşullara uyan tüm mevcut tesisler, yeni hedeflere ulaşamayacakları için otomatik olarak bozulur. Nüfus sayısında ve alışkanlıklarındaki değişimle bağlantılı olarak bu sürecin gelişimi, yeni temizlik gereksinimlerini dayatan sosyal yapının evriminden kaynaklanmaktadır:

Böyle bir gelişim aşağıdakilerle ilgili olabilir:

- Kanalizasyon şebekesiyle ilgili amaçlar; inşa edilen alanın organizasyonunun değiştirilmesiyle bağlantılı olarak, her çağın hijyen değerlerine ve sanitasyon ihtiyaçlarına göre gelişir.

- Toplumsal hareketlilik nedeniyle kent dokusunun nüfus bileşiminde bir değişikliğin oluşması; artan yaşam standartlarıyla ilgili olarak farklı gereksinimleri olan yeni kent sakinleri, önceki sakinlerin yerini alır.

Ancak şu anda, içme suyu kalitesini ve atık su arıtmasını iyileştirme çabaları, nüfus artışı ve kentleşmeye ayak uyduramamaktadır (Wang vd. 2013).

Arhiba, Einguela, Ambouli ve Balbala mahallelerinde nüfus yoğunlukları çok yüksektir (>300 kişi/hektar). Bazı mahallelerde yeni sakinler, özellikle yol olarak belirlenen arazilere, tapusuz olarak yerleşmektedir.

B) Ağın işlevsel performansının zayıflaması

Kanalizasyon şebekesinin işlevsel performansı, bir yandan ekipmanın fiziksel durumuna ve diğer yandan şebeke tarafından taşınan atık suyun doğasına bağlıdır. Şebekenin performansının zayıflaması, yapıların kötü durumunun veya atık su yapıların işletimi için uygun olmamasının sonucudur. Diğer bir deyişle, taşınan atık suyun miktarına ve kalitesine bağlı olarak, ya kalıcı olan ekipmanın bozulması ya da şebekenin işleyişindeki geçici anormallikler söz konusudur. Buna örnek olarak, olağanüstü şiddetli yağışlar nedeniyle taşmalar, taşınan atık suların agresif doğası nedeniyle arıtma tesisinin arızalanması gösterilebilir.

Cibuti'nin kanalizasyon şebekesi 107 km uzunluğa sahiptir ve Cibuti şehrinin birçok mahallesinde kanalizasyonun taşınmasına ve selin etkisinin sınırlandırılmasına çok katkıda bulunmasına rağmen, bu şebeke yağmur suyunu tahliye edecek boyutta olmadığından, çamur birikmesi nedeniyle sanitasyon sisteminde çok fazla hasar gözlemlenmiştir. 2020 yılında, başta Enguella ve Arhiba ilçelerinde olmak üzere 12 km'lik ağ tamamen hasar görmüş olup, 41 km'lik kısmın ise yenilenmesi gerekmektedir. Bu mahallelerde 1970 yılında inşa edilen asbestli çimento kanalizasyon şebekesi baskılar sonucunda tamamen devre dışı bırakılmıştır. 9 atık su tahliye istasyonundan 2'si özellikle elektrikli pompa ünitelerindeki arızalar sonucu tamamen, 5'i ise bozulan

elektrik kabloları nedeniyle kısmen hasar görmüştür. Kanalizasyon bağlantılarının da 2,500'ü kısmen hasar görmüştür.

C) Ağ yaşlanması

Ağ donanımının yaşlanması, şimdiye kadar çok az bilinen ve teknisyenler için bir tartışma konusunu oluşturan bir olgudur. Aslında, boru hatları için kabul edilen ve genellikle 50 ila 100 yıl arasında olan optimum kullanım ömrü, değişkenlerden önemli şekilde etkilenir.

Şebekenin uygunsuz kullanımı, bu yapıların tasarlanma amacı dışında ağ ekipmanlarına gerilimlerin (mekanik ve fizikokimyasal) uygulanması ya da ekipmanın tasarımı ve yapımı sırasındaki bir hatanın veya çevredeki ortamın modifikasyonu (boruların etrafındaki zemin koşullarındaki değişiklik, trafik yüklerindeki değişiklik) sonucu olabilir.

Belirli bir süre toprak altında kalan borular, toprakla kimyasal reaksiyonlara maruz kalabilir ve bağlayıcı özelliklerinin yapısal olarak bozulması nedeniyle kırılır veya tahrip olur (Kızmaz 2020).

D) Ekipmanın kötü bakımı

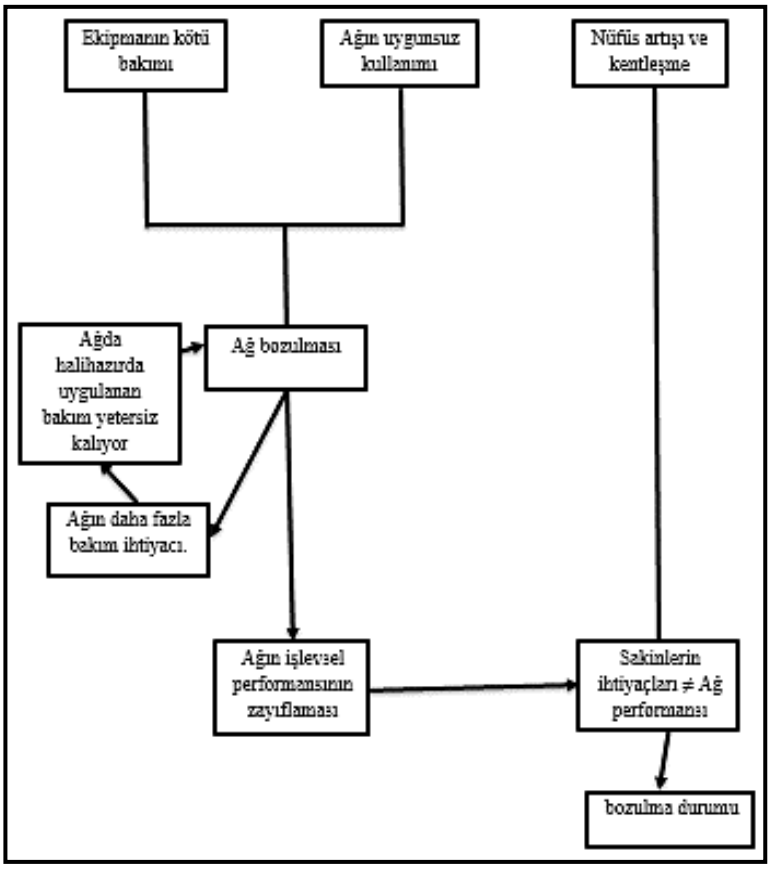
Şebekenin bakımı, ekipmanı iyi durumda tutmak için atık su servisinin hizmeti ile ilişkilendirilebilir. Tatmin edici bir bakım seviyesi, aslında bozulma mekanizmasını önleyebilir veya geciktirebilir. Yetersiz bakım veya ekipmanın özelliklerine ve ihtiyaçlarına uygun olmayan bakım, birkaç koşulun sonucunda ortaya çıkabilir:

- Personelin yetersiz kalifikasyonu veya işleyişe özgü idari yapının organizasyon eksikliği nedeniyle hizmetin teknik yetersizliği,

- Hizmet bütçesini sağlayan mali akışların zayıflaması nedeniyle maliyeti karşılamak için gerekli kaynakların sağlanamaması,
- Bazı nedenlerden dolayı teknik projelerin önceliğinin geriye bırakılması ile atık su ekipmanlarının çalışmasındaki anormalliklerin öneminin hafife alınması,
- Atık su şebekelerinin, çevresel ve operasyonel streslere maruz kalması nedeniyle yaşanan bozulmaların, işletme ve bakım maliyetlerinde artışa ve ayrıca hizmet kalitesinde azalma ve sistem performansında düşüşe neden olması (Ugarelli ve Di Federico 2010).

5.1.1.3 Bozulma süreci

Ekipmanın zayıf performansı ile kendini gösteren ağın bozulması yani ağ rolünü yerine getirmemesi, atık su sistemine ilişkin yapıların uygun çalışması için gerekli koşulları sağlayamamasını işaret eder. Şekil 5.3, atık su sisteminin bozulma sürecini gösterir. Burada ağın fiziksel yapısının bozulmasının ya ekipmanın uygunsuz kullanımından ya da tesisatların yetersiz bakımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aslında, ekipmanın bakım ve yenileme işlemleri, zaman faktörüne bağlı olarak gelişen olumsuz etkilerini telafi etmelidir.



Şekil 5.3 Bozulma süreci

5.1.1.4 Cibuti'deki atık su arıtma tesisleri

A) Douda atık su arıtma tesisi

Günümüzde dünya, çevre kirliliğinden muzdariptir. Bu kirlilik, genellikle çeşitli sektörlerde insan faaliyetlerinin artmasından kaynaklanmakta olup, insan sağlığına zarar vermektedir ve ekolojik dengenin değişmesine neden olmaktadır. Bu amaçla, ülkeler özellikle su kirliliğine sebep olan etmenlerin çeşitliliği nedeniyle su kalitesinin kıtlığı ve bozulması başta olmak üzere bu sorunu çözmek için var gücüyle çalışmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde bu kirliliği yenebilmenin zorluğu, bu sorunu çözmek için büyük bütçeli programlar gerektirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu ülkelerin çoğu, atık su arıtma tesisleri kurmuştur, ancak bu tesislerin yönetimi her ülkedeki faaliyet türüne göre değişmektedir (Salama vd. 2020).

Sıhhi temizlik alanında birbirini izleyen birkaç proje, Cibuti şehir merkezi ile 2014 yılında hizmete giren Douda atık su arıtma tesisi arasında bir ana ağın kurulmasını mümkün kılmıştır. Tesis ve yukarı akış ağının inşası Avrupa birliği fonlarıyla finanse edilmiştir. 2020 yılında faturalanan 49,000 m^3/gün içme suyundan Cibuti Şehri genelinde %75 deşarj oranı ile 36,750 m^3/gün atık su üretilmektedir.

Çizelge 5.1 Cibuti şehrinde üretilen atık su ve içme suyu hacimleri

Cibuti'deki mahalleler	**İçme suyu hacmi (m^3/gün)**	**Atık su hacmi (m^3/gün)**
Ambouli	10000	7500
Arhiba	8900	6675
Einguela	10500	7875
Balbala	19600	14700
TOPLAM	49000	36750

Atık su arıtma tesisi günlük 3,700 m^3 kapasiteye sahiptir (Şekil 5.4). Yaklaşık 50,000 ila 60,000 kişinin ürettiği atık suyu arıtmaktadır. Cibuti şehri yaklaşık 600,000 nüfusa sahip olup, bu rakam, ülkenin toplam nüfusunun üçte ikisinden fazladır. Douda'daki arıtma tesisi yetersiz olduğundan beklendiği gibi çalışmamaktadır.



Şekil 5.4 Gökyüzünden görülen Douda kanalizasyon arıtma tesisi

Cibuti'de evsel atık su yönetiminin daha iyi uygulanabilmesi için yeni bir atık su arıtma tesisi inşaatı devam etmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Cibuti'de yeni bir atık su arıtma tesisi inşaatı

5.1.2 İçme suyu

Dünya çapındaki su dağıtım sistemleri yaşlanmaktadır ve bozulmaktadır. Bu sistemlere ve dolayısıyla doğal su kaynaklarına olan talepler, sürekli artmaktadır. Su dağıtım sistemlerinden kaynaklanan kayıplar, dünyadaki birçok kasaba ve şehirde endişe verici seviyelere ulaşmaktadır. Su kayıpları; fiziksel kayıplar (kaçaklar), yasadışı kullanım, sayaçsız kullanım ve su sayaçlarının eksik kaydı gibi çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Sızıntı, toplam su kayıplarının büyük bir bölümünü ve bazen %70'inden fazlasını oluşturmaktadır (Clayton ve Van Zyl 2007).

İçme suyu şebekelerinin bozulma nedenleri şunlardır:

- Ağ yaşlanması,
- Ekipmanın kötü bakımı,
- Yüksek su basıncı,
- Boru üzerindeki ağır trafik yükü,

5.1.2.1 Yetersiz içme suyu

Cibuti şehrinde, mevcut içme suyu ihtiyacı 60,000 ila 100,000 m^3/gün arasındayken, tedarik sistemi 2020'de sadece 49,000 m^3/gün su temin etmiştir. Net şekilde görüldüğü üzere bir içme suyu sıkıntısı vardır.

5.1.2.2 Ağ yaşlanması

Boru hattındaki boruların çeşitli nedenlerle yaşlanması, su kayıplarına neden olmaktadır (Şekil 5.6).



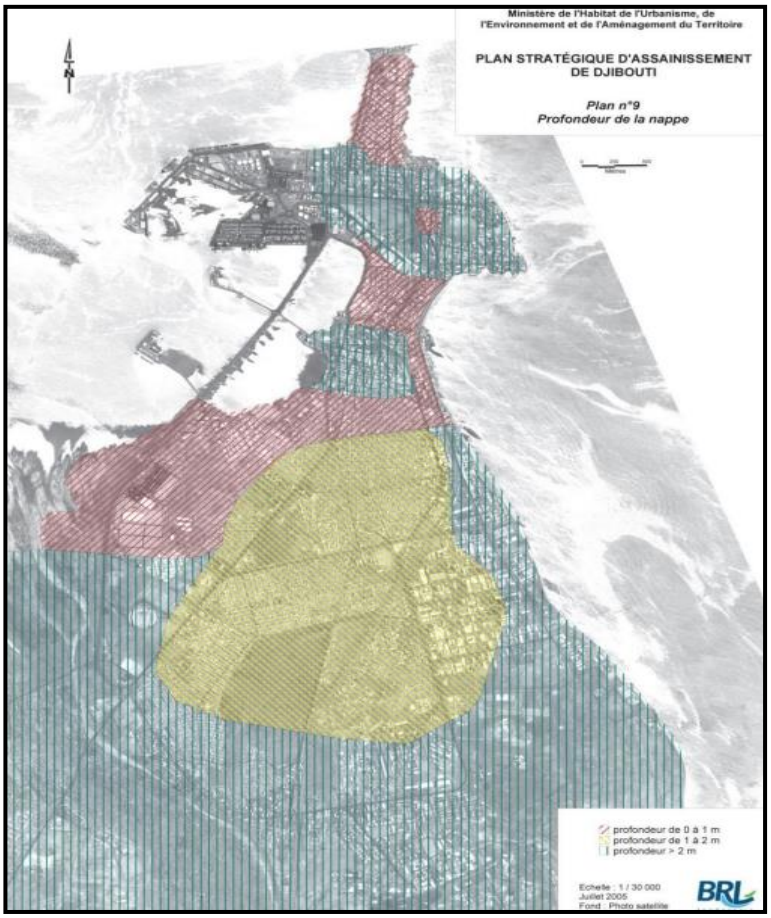
Şekil 5.6 Eski bir beton boru (Kızmaz 2020)

5.1.2.3 Boru üzerindeki ağır trafik yükü

Boru sistemlerinin tipik olarak yaklaşık 50-100 yıl boyunca çalışacak şekilde tasarlandığı varsayılarak, en kötü durum senaryosunda, düşük hacimli bir yol üzerinde bulunan, şu anda gerekenden daha düşük bir kurulum standardı kullanılarak onlarca yıl önce kurulmuş boru sistemlerinin, bulunduğu güzergâh aşırı yüklü trafik rotasına dönüştüğünde, sıkça tekrarlanan ağır yük nedeniyle çatlama riski yüksektir (Kraus vd. 2014).

5.1.2.4 Yeraltı suyu derinliği

Cibuti şehrinin toprakları üzerindeki bazı bölgelerde yeraltı suyu seviyesi, sığ ve hatta yüzeyseldir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 Yeraltı suyu derinliği (Profondeur: Derinlik)

Akiferlerin aşırı kullanımı, ya kıyı akiferleri durumunda deniz suyunun girmesine ya da yüksek miktarda mineral içeren derin suların yükselmesi nedeniyle tuzluluk oranında kademeli bir artışa neden olur.

Cibuti akiferi, ortalama 200 mm'den daha az miktarda yerel yağışla doludur. Akiferin tuzluluk oranındaki artışın, çok sayıda kuyudan yüksek pompalama ile aşırı kullanımından ve esas olarak deniz suyunun istilasından kaynaklandığı gösterilmiştir (Houssein ve Jalludin 1996).

Yeraltı suyu şebekelerin maruz kaldığı problemler arasında, potansiyel izinsiz giriş ve taşmalar, aşınma ve korozyon gibi etmenler bulunmaktadır. Su dağıtım ve atık su toplama borularının arızalanması nedeniyle, çevredeki alanlarda su ve toprağın olası kirlenmesi, hizmet kesintileri ve yolların kapanması insan sağlığını ve çevreyi

etkileyebilir. Boru arızası olasılığı, boru özelliklerine, çevresel parametrelere ve sistem koşullarına bağlıdır. Tuzlu su girişi ve deniz seviyesinin yükselmesi, korozyon oranlarını artıran toprak ve yeraltı suyu özelliklerindeki potansiyel değişikliklere neden olarak su ve atık su toplama borularının bütünlüğünü önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Tuzluluk nedeniyle yeraltı suyunun artan iletkenliği, korozyon hızının artmasına neden olur.

Su dağıtım boru hatları, içme suyunu tüketicilere taşır ve sunar. Sıhhi kanalizasyon veya atık su boru hatları, atık suyu merkezi bir arıtma tesisine taşır. Yol boyunca yağmur suyu veya yeraltı suyundan ya da sızma ve içeri akış olarak adlandırılan gelgit etkileri nedeniyle atık su boru hatlarına bir miktar su girebilir. Yeraltı boru hattı sistemindeki bir sızıntı, sağlık problemlerine neden olabileceği gibi yer üstü ulaşım sisteminde ya da kentsel ve banliyö yaşam alanlarında su dağıtım veya atık su toplama hizmetlerinde kesintilere neden olabilir.

5.1.2.5 Yasadışı bağlantılar

Cibuti şehirlerinde dağıtım sistemi içinde önemli sayıda yasadışı su kullanıcısı bulunmaktadır. Bu bağlantılar, genellikle yüzeyin sadece birkaç metre altına kötü bir şekilde döşenir ve kolayca kırılarak sızıntıların gerçek kayıplara dönüşmesine neden olur. Yasadışı bağlantılar, bu nedenle su tesisleri için büyük bir tehdit kaynağıdır (Ozturk vd. 2007).

ONEAD tarafından uygulamaya konulan ekonomik kıtlık yönetimi önlemleri, altı çizilmeyi hak eden bir duruma yol açmıştır. 2004 yılında, Cibuti şehrinin tamamı için abone sayısı, toplam 400,000 nüfus içinde 23,000 civarındaydı.

$$\text{Bağlantı oranı} = \frac{abone\ sayısı}{\text{toplam nüfus}} \times 100$$

$$\text{Bağlantı oranı} = \frac{23000}{400000} \times 100 = \%5{,}7$$

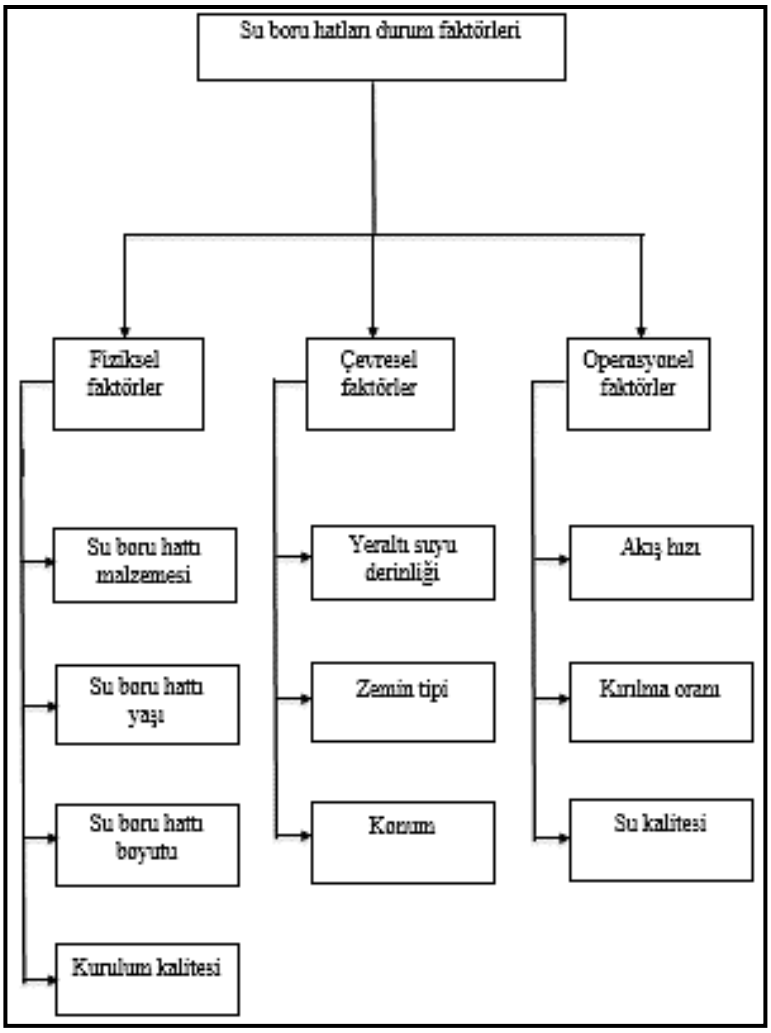
Yani bağlantı oranı %5,7 idi.

2020 yılında, Cibuti Şehri'nin tamamı için abone sayısı, toplam 600,000 nüfus için 41,023 civarındaydı.

Bağlantı oranı = $\frac{41023}{600000} \times 100$ =%6,8

Bu oran, %35 ile %55 arasında olan diğer Afrika şehirlerine (Nouakchott, Niamey, Ouagadougou, Bamako) kıyasla son derece düşüktür.

Su borularının durumunu etkileyen birkaç faktör vardır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 Su boru hatlarının durumunu etkileyen faktörler (Parvizsedghy vd. 2017)

5.2 Atık Su ve İçme Suyu Şebekelerindeki Bozulmaların Sonuçları

5.2.1 Yağmur suyu ve taşkın yönetimi sorunu

Atık su toplama ağları, bir toplumun sağlığı, güvenliği, çevre ve ekonomisinin korunmasında kritik öneme sahiptir. Bu ağlar, mevcut problemlerin kayıtları ortaya çıkmadan önce uzun süreler boyunca arzu edilenden daha düşük bir seviyede kullanıldı. Bu durumun, yapısal veya hidrolik arızalar, hizmet kesintileri, yol çökmesi veya bodrum katları su basması gibi olumsuz etkileri oldu. Zayıf ağlarda arıza meydana gelmesi, patojen maruziyetine, yeraltı sularının, suyollarının ve sulak alanların kirlenmesine, yolların ve binaların hasar görmesine ve hayati hizmetlerin kesintiye uğramasına neden olabilir (Anbari vd. 2016).

Şiddetli yağışlarda, kanalizasyon şebekesinde çoğunlukla sıkıntılı durumlar yaşanmaktadır. Kanalizasyon boruları aşırı su hacmi altında kalmaktadır ve taşmaktadır. Bu da kanalizasyonun sokaklara ve evlere akmasına neden olmaktadır (Şekil 5.9). Bu ağ yağmur suyunu tahliye edecek boyutta olmadığından, atık su sisteminde çok fazla hasar gözlemlenmektedir.

Akış suyunun tahliyesi, kanalizasyon şebekesine atfedilen ilk işlevdir. Yerleşim alanlarının aşırı kentleşmesi, yol yapımı, rehabilitasyon ve kaldırım stabilizasyon programlarının bir sonucu olarak su geçirmez yüzeylerde artışa neden olmuştur. Bu nedenle, akan suyun infiltrasyon kapasitesi büyük ölçüde azalmıştır. Bu durum, drenaj kanallarının olmaması ve yerel halk tarafından kullanım suyunun yola boşaltılması, dolayısıyla tıkanıklıkların meydana gelmesi ile su akışının sağlanamamasına ve birçok sel vakasının oluşumuna sebebiyet vermiştir. Tekrarlayan ve kalıcı su baskınlarına karşı savunmasız olan bazı alanlarda, koruyucu yapılar ve su pompalama ekipmanının sağlanması gerekmektedir. Cibuti'ye 13 Nisan 2004 gecesi yağan yağmurlar özellikle Ambouli baraj'nın taştığı Cibuti kentinde ciddi su baskınlarına neden olmuştur. Cibuti'deki Ambouli vadisini su basması nedeniyle bazı yıkıcı seller meydana geldi.



Şekil 5.9 Şehir merkezindeki taşan kanalizasyon görüntüsü

5.2.2 Sağlık riskleri

Kullanılan otonom sanitasyon sistemleri (geleneksel tuvaletler, septik tanklar) dışkı koliformları, helmintler, virüsler, protozoa ve diğer çeşitli kimyasal ve fiziksel kirleticiler açısından zengin atıklar üretir. Bu dışkı atığının akiferlere veya su dağıtım

ağlarına girmesi, toplumdaki çeşitli ishal hastalıklarının kontaminasyon kaynağı olabilir (Manzo vd. 2015).

Birçok insan sivrisinek, sinek ve hamamböceği gibi zararlıların belirli hastalık vektörlerini çoğaltmasından şikayetçidir. Aslında, sanitasyon sistemi arızasının neden olduğu hastalıklar, çocuk konsültasyonlarının %42'sini, hastanede kalış günlerinin %35'ini ve ölümlerin %38'ini oluşturmaktadır. Daha iyi sanitasyon sistemlerinin uygulamaya konulması, hastalıkların önlenmesini artıracak ve sağlık kurumları üzerindeki insan baskısını azaltacaktır.

Bu sonuçların her biri sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri içerebilir. Kanalizasyon şebekelerindeki taşmaların sebep olduğu sosyal etkiler, halk sağlığı için risk, hizmet kesintisi, trafik gecikmeleri, sokaklarda kirli suyun neden olduğu kötü kokular olarak sayılabilir. Bu olaylarda, insan sayısının artması, sosyal etkilerin daha büyük yaşanmasına neden olacaktır. Ekonomik etkiler arasında, ticaret ve sanayi merkezlerine erişimin kısıtlanması ile mal ve hizmetlerin ulaşımında gecikmelere neden olması, bu merkezlere kanalizasyon hizmetlerinin kesilmesi nedeniyle ticaretin olumsuz etkilenmesi sayılabilir. Şebeke arızalarının en önemli çevresel etkisi, nehirler ve akiferler gibi su kaynaklarının kirlenmesidir (Çizelge 5.2). Bu kirliliğin hem insan sağlığı hem de yaban hayatı üzerinde ciddi etkileri olacaktır (Anbari vd. 2016).

Çizelge 5.2 Atık su şebekesinin bozulmasının sonuçları (Anbari vd. 2016)

ATIK SU ŞEBEKESİNİN BOZULMASININ SONUCU	**SONUÇ TÜRÜ**	**ETKİ FAKTÖRLERİ**
Yeraltı suyuna atık su girişi	Çevre	Atık su kalitesi, boru çapı, yeraltı suyu seviyesinden uzaklık, su kuyusuna uzaklık
Nehir, göl veya su dağıtım şebekesine atık su girişi	Çevresel/Sosyal	Atık su kalitesi, boru çapı, su borularına yakınlık, nehir veya göle yakınlık
Atık su sızıntısı nedeniyle zemin oturması (yüzey çökmesi)	Ekonomik/Sosyal	Çevredeki yapıların önemi, karayolu tipi, demiryolu ağının altında yer alması.
Taşma	Çevresel/Sosyal	Atık su kalitesi, karayolu tipi, halka açık yerlere yakınlık (parklar, alışveriş merkezleri

		vb.)

5.2.3 Yeraltı suyu kirliliği

Yenilenebilir tatlı su kaynakları muhtemelen 50 m^3/yıl/yerleşikten az olan Cibuti, aynı zamanda, ortalama kullanılabilirliğin 1,100 m^3/yıl/yerleşik olduğu Orta Doğu ve Kuzey Afrika bölgesindeki su kaynakları bakımından en fakir ülkelerden biridir. Cibuti'nin elindeki yetersiz su kaynaklarının neredeyse tamamı bu nedenle yeraltındadır ve yeraltı suyunun aşırı kullanımı ve kirliliği nedeniyle zarar görmektedir. Günümüzde, kaynakların çoğu insan tüketimine uygun değildir ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen standartlara uymamaktadır. En dramatik durum, başkentin tek su kaynağı ve ulusal nüfusun yaklaşık %60'ının kullandığı ve ülkenin neredeyse tüm ekonomik faaliyetlerinin arzının bağlı olduğu Cibuti akiferiyle ilgilidir. Akiferin aşırı kullanımından kaynaklanan tuzlu su girişi hâlihazırda oldukça artmıştır. Şarj bölgesindeki kontrolsüz kentsel genişleme ve katı-sıvı sanitasyonun verimsizliği ile bağlantılı kirlilik riskleri artmaktadır.

5.2.4 Fiziki su kayıp miktarları

Su kaynağından abone bağlantısına kadar uzanan sistemde ana iletim hatlarından, su depolarından ve şebekeden kaçan tüm sular fiziki kaçaklar olarak adlandırılmaktadır (Şekil 5.10).

Uluslararası Su Birliğinin 1991 senesinde yayınladığı raporda, gelişmiş ülkelerdeki su kaçağı oranı %8-24 arasında, sanayileşmekte olan ülkelerde %15-24 arasında ve gelişmekte olan ülkelerdeyse %25-45 arasında açıklamıştır (Körpe 2018).

Cibuti'de içme suyu kaybının çok önemli bir konu olduğu bilinen bir gerçektir ve bu oran %46 olarak ölçümlenmiştir. Su kaybını azaltmak için su dağıtım sistemleri yakından izlenmeli ve kontrol edilmelidir.



Şekil 5.10 Fiziki su kayıplarına ait bir görüntü (Bulut 2020)

5.2.5 Su kesintileri

Cibuti'de içme suyu şebekesindeki çalışmalar nedeniyle su kesintileri çok sık yaşanmakta olup, ayrıca ONEAD, şehirdeki su eksikliğini yönetebilmek için de kesintiler yapmak zorunda kalmaktadır.

Yaz aylarında talep artışına bağlı olarak tüm mahallelere aralıklarla kesinti uygulanmaktadır. Zengin ve varlıklı mahallelerde az olan su kesintileri, Arhiba, Einguella, Ambouli ve Balbala bölgelerinde ise mahalleye bağlı olarak günlük 12 ile 24 saat arasında sürmektedir. Sıklığı ve süresi ilçelerin sosyo-ekonomik durumuna bağlı olan su kesintileri, su dağılımındaki mekansal eşitsizlikleri ortaya koymaktadır.

5.3 Atık Su ve İçme Suyu Ağlarının Geliştirilmesi İçin Stratejiler: Önerilen Çözümler

5.3.1 Ağların bakımı ve teşhisi

Ağ bakım tekniğinin mevcut durumu, muayene edilecek borunun malzeme tipine ve çapına bağlıdır.

Tüm su şebekelerini denetlemek için temel teknik su denetimidir. Bir boruya veya su bölgesine giren ve çıkan akışı kontrol etmek, bir sızıntı olup olmadığını tespit etmenin en basit yoludur. Bu teknik tamamen reaktiftir ve sızıntının tam olarak nerede olduğunu belirlemez, ancak bir su şebekesinin durumuna ilişkin genel bir değerlendirme elde etmek için en ucuz yöntemdir. Çelik ve sfero döküm gibi bazı su boruları arızalanmadan önce sızdırma yaparken daha büyük çaplı ön gerilimli beton borular gibi diğer boru tipleri sızıntı yapmadan önce kırılır. Bu aynı zamanda gri dökme demir ve geleneksel kırılgan malzemeler için de geçerli olabilir. Bazı plastik boru sistemleri önce sızdırır ve sonra arızalanır, diğerleri sızdırmadan önce arızalanır. CTP borular, kurulum ve işletme koşullarına bağlı olarak her ikisini de yapabilir. Bazı durumlarda, zaman ve yer tespit edilemese bile, arızanın içeriği tahmin edilebilir (Saegrov vd. 1999).

Ayrıca, reaktif ve proaktif teknikler arasında önemli bir ayrım vardır. Reaktif teknikler kullanan bir şirket sorunları yalnızca oluştuktan sonra tespit ederken proaktif teknikleri kullanan bir su şirketinin gelişen sorunları bir boru arızalanmadan önce tespit etmesi beklenir. Genel olarak, proaktif tekniklerin teftiş için daha büyük "önceden" maliyetleri vardır; reaktif teknikler ise meydana gelen arızaların onarımı için daha büyük "izleme" maliyetleri anlamına gelir. Proaktif tekniklerin uygulanmasının teknik ve ekonomik avantajları şimdiye kadar genel olarak doğrulanmamıştır. Ne ölçüde kullanılması gerektiğini tanımlamak için kapsamlı bir ekonomik analize ihtiyaç duyar. 1980'li yıllarda, İngilizlerin deneyimlerine göre, bu tür teknikler daha küçük (dağıtım) borularda uygun maliyetli değildir ve bu tür tekniklerin daha küçük borularda uygun maliyetli olmaması nedeniyle sınırlı kullanımları vardır (Saegrov vd. 1999).

Ağın rehabilitasyonundan önce, teşhisini yapmak gerekir. Kanalizasyon ve içme suyu sistemlerini denetlemenin farklı yöntemleri vardır. Çoğu kanalizasyon ve içme suyu sistemi, mobil kapalı devre televizyon sistemleri veya insan denetçileri tarafından görsel

olarak denetlenir. Bunun yanı sıra, yeni ve gelişen kanalizasyon teşhis tekniklerinin araştırılması önemlidir.

Bilgisayar destekli CCTV yorumlu mobil veya sabit kapalı devre televizyon ile kanalizasyon duvar iç yüzeyinin incelenmesi: Kapalı devre televizyon (CCTV) ekipmanı, kanalizasyonların iç durumunu denetlemek için en yaygın yöntem olarak kendini kanıtlamıştır. Yöntem, genellikle renkli, yüksek çözünürlüklü bir video kamera ve bir aydınlatma sistemi ile donatılmış, tekerlekli, uzaktan çalıştırılan bir platformdan oluşur. Kamera platformu, fiziksel birçok kablo aracılığıyla yer üstünde bulunan bir uzak istasyona bağlanır. Kablo, güç kaynağı ve verileri iletmek, kat edilen mesafeyi belirlemek ve arıza durumunda platformun manuel olarak emniyete alınmasını sağlamak için kullanılır (Duran vd. 2002).

Lazer tabanlı tarama sistemleri: Ultrasona dayalı kanalizasyon muayene yöntemlerinde bir malzemenin kalınlık, zayıflama, şekil, kusurların varlığı, kusurların boyutu ve kusurların yönü gibi çeşitli özelliklerini tespit etmek için yüksek frekanslı ses dalgalarını kullanır (Duran vd. 2002).

Ultrasonik Tabanlı Sensörler: Ultrasonik stres dalgalarının yayılmasına dayalı yöntemlerde bir ortam aracılığıyla geniş bant veya dar bant özelliğindeki mekanik dalgaları göndermek için bir veya daha fazla prob kullanılır. Bu yöntemler, kalınlık, zayıflama, şekil, kusurların varlığı, kusurların boyutu ve kusurların yönü gibi bir malzemenin çeşitli özelliklerini tespit etmeye yarar (Rizzo 2010).

Dezavantajlarına ve avantajlarına rağmen, her algılama yöntemi, kanalizasyon ve içme suyu durumu hakkında sınırlı bilgi sağlar. Bunun nedeni, her yöntemin farklı fiziksel özellikleri ölçmesi ve sonuç olarak, malzeme kusurlarının yalnızca belirli özelliklerinin tanınmasıdır. Ultrasonik algılama, birkaç farklı ölçüm modu ve sensörlerin varlığından dolayı çok esnek bir yöntemdir. Kusurlar, borunun boyuna ve enine tüm yönlerinde tespit edilebilir. Ultrasonik ölçümler çok hassas olabilir ve küçük kusurlar tespit edilebilir ancak toplanan bilgi hacmi, toplama ve değerlendirme için gereken süre engelleyici olabilir (Duran vd. 2002).

5.3.2 Ağların rehabilitasyonu

Yıllar ilerledikçe su temin sistemleri eskimektedir. Altyapının bozulması, su kaybı, servis kesintisi, yük kaybı sorunları, taşıma kapasitesinin azalması, boru kırılması veya çatlaması, borularda pompanın hizmet dışı kalması ve depolama tankının, pompanın yetersizliği gibi sorunlar yaşanmaktadır. Popülasyondaki beklenmeyen artış beklenmedik su taleplerini beraberinde getirir. Tüm bu sorunların üstesinden gelebilmek ve performans kaybını önlemek için iyi düşünülmüş bir rehabilitasyon politikası gerekmektedir. Sistemlerin performansı daha çok sistem bileşenlerinin yeterliliği ve güvenilirliği ile ilgilidir. Bu nedenle, önümüzdeki yıllarda su sistemlerinin rehabilitasyonu kaçınılmaz görünmektedir (Toğrul 2015).

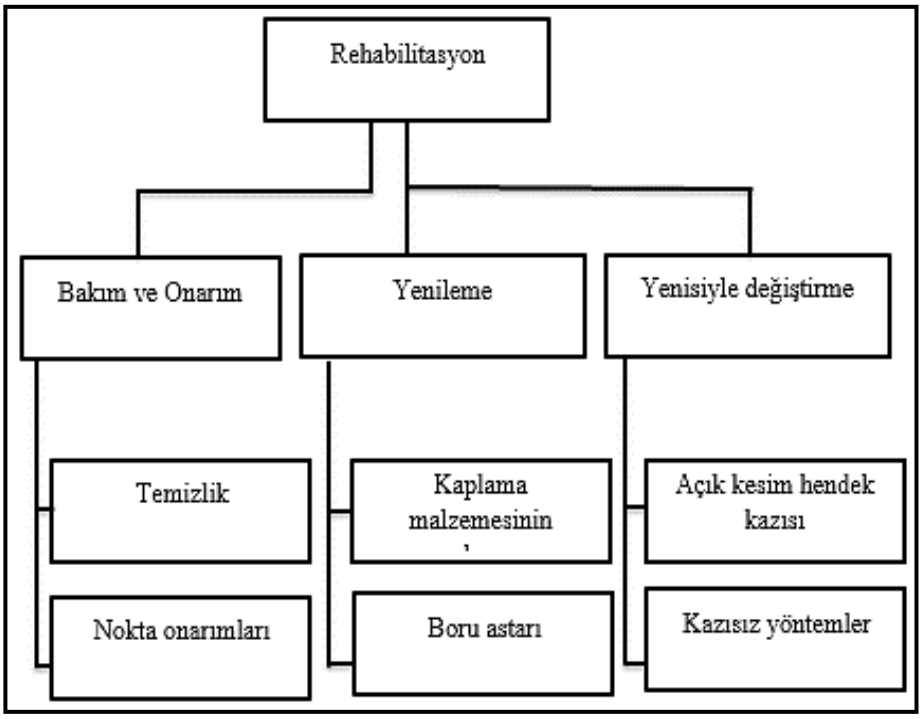
Performansın iyileştirilmesi, ağ bileşenlerinin onarım ve bakımının planlanması yoluyla sağlanabilir. Su tedarik bileşenlerinin değiştirilmesi, çoğaltılması veya onarılması, sistemin verimliliğini ve performansını artıracaktır. Başta pompalar, depolama tankları ve iletim hatları olmak üzere mevcut sistem bileşenlerinin ilk yatırım maliyetleri ve sistemin enerji maliyeti birlikte düşünülerek kapsamlı bir maliyet analizi yapılmalıdır. Bu sayede önümüzdeki yıllarda performans kaybını önlemek için uzun vadeli bir rehabilitasyon planı oluşturulabilir.

Temel olarak iki tür rehabilitasyon vardır. Bunlar yapısal rehabilitasyon ve hidrolik rehabilitasyonlardır. Ekipmanın yapısına uygulanan herhangi bir müdahalenin akışların özellikleri üzerinde doğrudan etkileri olduğu düşünüldüğünde, bu iki rehabilitasyon şekli arasındaki sınırların her zaman belirgin olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapısal rehabilitasyon: Yapısal rehabilitasyon, bozulmanın sonuçlarını ortadan kaldırmak için malzeme ağını değiştirmeyi amaçlayan, işin yapısına doğrudan müdahaledir. Ekipmanın yenilenmesi (işlerin yapısal bütünlüğünün güçlendirilmesi) ve işlerin geliştirilen yeni mekanik ve fiziko-kimyasal şartlara uyarlanması ile yapılır. Böyle bir müdahale, hasarlı bölümlerin onarımı şeklinde kısmi operasyonlarla sınırlı olabilirken bazen de rehabilitasyona ağın işleyişinin çok boyutlu incelemesi de eşlik edebilir.

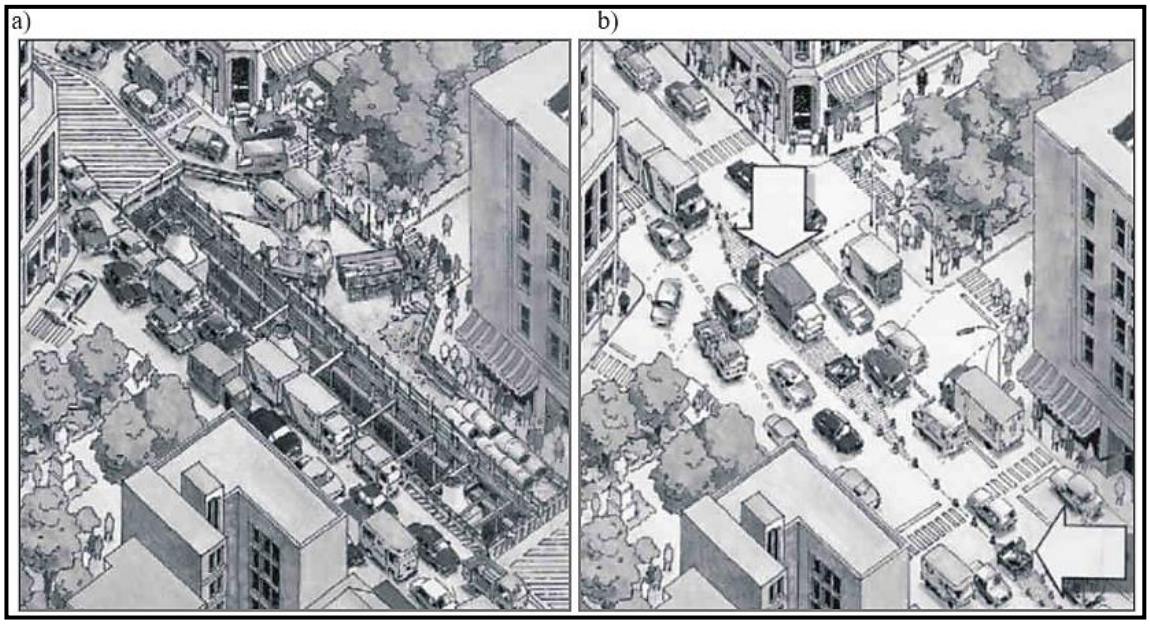
Hidrolik rehabilitasyon: Bunlar ekipmanın hidrolik performansını artırmayı amaçlayan işlemlerdir. Bu müdahaleler, ağın maddi yapısında az çok önemli değişiklikler anlamına gelir, ancak bu, onun işleyişini etkileme amacıyla yapılır. Hidrolik rehabilitasyon, özellikle, sanitasyon sistemi üzerindeki etkileri farklı olan bir dizi eylemi içerir. Bu nedenle, rehabilitasyon operasyonları, ağın gelişimi ve ilgili sistem üzerindeki sonuçlarına göre amaçlanan, dört tür müdahaleye ayrılır. Bunlar; akışların düzenlenmesi için, tesislerin hidrolik kapasitesinin arttırılması için, akışların azaltılması ve yönetimi için yapılır.

Kanalizasyon sistemlerinin rehabilitasyonu, mevcut ihtiyaçların belirlenmesi, uygun bir rehabilitasyon alternatifinin seçimi ve son olarak en iyi teknolojinin seçimi olmak üzere üç ana adımda gerçekleştirilir. Acil durumların belirlenmesi, belirli bir kanalizasyon bölümünün hidrolik kapasitesinin tahmin edilmesini ve mevcut altyapının gerçek gereksinimleri karşılayıp karşılamadığının değerlendirilmesini gerektirir. Kanalizasyon şebekesi, yerleşim alanının şekline, nüfusuna ve evsel ve endüstriyel amaçlar için kullanılan su miktarına göre ayarlanmalıdır. Yenileme projesi, en az 50 yıl daha sorunsuz çalışmayı hedeflemelidir. Yukarıda belirtilen parametrelerin belirlenmesi ve teknik bir inceleme yapılması; kanalizasyon hattının onarılması, yenilenmesi veya değiştirilmesi gerekip gerekmediğini belirlemeye yardımcı olur (Şekil 5.11) (Tomczak ve Zielińska 2017).



Şekil 5.11 Kanalizasyon sistemi rehabilitasyon teknikleri (Tomczak ve Zielińska 2017)

Şekil 5.12'te, kazı sırasındaki trafik sıkışıklığı ile kazısız rehabilitasyon arasındaki fark gösterilmektedir. Kazı alanının sınırlandırılması, kaldırılan arazi miktarındaki azalma ile ilişkilidir. Toprağın taşınması, bölgede gürültüye ve titreşime neden olan ve genellikle yakınlardaki yol yüzeylerini tahrip eden ağır kamyonlar tarafından gerçekleştirilir. Kazısız teknikler kullanarak, yoğun trafik sıkışıklığı ve halkın rahatsızlığı önlenebilir.



Şekil 5.12 Trafiğin yoğun olduğu caddede yeraltı altyapısının yenilenmesinin etkisi. a) açık hendek yönteminin kullanılması, b) kazısız yöntemin kullanılması (Tomczak ve Zielińska 2017)

5.3.3 Su Kayıplarını Önlemek için Gerekli Tedbirler

Su kayıplarının önlenmesi için su kayıplarını oluşturan fiziksel ve fiziksel olmayan sebepler ayrı ayrı incelenerek tespit edilmeli ve her bir sebep için çözüm bulunmalıdır. Çözümlerin etkisi kalıcı olmalı ve tekrarlayan sorunlarla karşılaşılmamalıdır. Çözüm kalıcı değilse her arızada yine su kaybı olacaktır. Bu yüzden bakım ve onarım planlaması yapılmalıdır. Su kayıplarını azaltmak için kayıp türüne göre ayrı tedbirler alınması gereklidir. Öncelikle görünen kayıplar giderilmeli daha sonra kaçak arama cihazlarına başvurulmalıdır. Yasadışı kullanımları önlemek için dinleme ve kontroller arttırılmalı ve tespit edilen durumlar için yasal tedbirlere başvurulmalıdır (Sayaçların düzenli olarak kontrol edilmesi ve değiştirilmesi gereklidir). Boru malzemesi yönetimi ile düzenli boru yenileme programları uygulanmalı ve eskiyen borular değiştirilmelidir (CAN 2014).

Fiziksel su kayıpları; şebekelerin projelendirme hataları, işletme hataları, boruların kalitesi vb. sebeplerden kaynaklanmaktadır. Su dağıtım şebekesinden meydana gelen kaçakların seviyesini azaltmaya çalışmak için, aktif kaçak tespit ve kontrol programı

geliştirilmelidir. Aktif bir politika uygulayabilmek için kaçağın tespit edilmesi ve kaçak kontrolü konusunda alınabilecek önlemler şunlardır:

- SCADA sisteminden basınç ve debi değişimlerinin takibi,
- Boru hatlarının denetimi,
- Boru hattının yenilenmesi,
- Su dağıtım şebekesi içindeki işletme basıncının düşürülmesi,
- Kaçak sesinin geldiği yerin tespiti,
- Zayi edilen suyun miktarının ölçülmesi,
- Belediyenin ve diğer idarelerin alt yapı kazılarında su idaresi ile koordineli çalışma yapması (CAN 2014).

5.3.4 Kaçak kontrol programının uygulanması (İstanbul İli Örneği)

İçme suyu ve atık su servisi olan ONEAD, İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi)'nin kurduğu gibi bir kaçak kontrol programı kurmalıdır. Su dağıtım şebekesindeki tüm birimlerin sistematik olarak denetlenmesi ve yenilenmesi için bir çalışma programı kullanarak koruyucu bir bakım programı belirlemelidir. Bu gibi programlar bilgisayar esasına dayalı ve bir coğrafik bilgi sistemine (GIS) bağlanabilir olması sebebiyle, ONEAD bunu uzun vadeli bir hedef olarak dikkate almalıdır. Bu gibi bir programın ilk hedefi, kaçağın tespit ve kontrol edilmesi olmalıdır. Bu hedefe varmak için ONEAD, ilk önce bu şekilde bir programın yapılmasına ihtiyaç duyulan öncelikli alanların belirlenmesi görevini üstlenmeli ve sonra da bunu başarılı bir şekilde uygulayabilmek için beceri ve tecrübe kazanmalıdır. Mevcut dağıtım şebekesinin performansı ve durumu ile ilgili kayıtlı bilgilerin yetersiz olması sebebiyle, öncelikli alanları belirlemek zordur. Açıkçası, ONEAD'ın boru yenileme programının bir parçası olması sebebiyle, boru hatları yenilenmiş şebeke alanlarına öncelik verilmemesi gerekmektedir (CAN 2014).

Şebekenin henüz yenilenmemiş, daha eski kısımlarında, daha ciddi kaçak problemleri ile karşılaşılması ihtimal dâhilindedir (örneğin en eski mahalleler Arhiba, Einguella, ve Balbala). ONEAD'ın daha iyi bir kaçak tespit ve kontrol programı geliştirebilmesi için

ilk önce verilerin toplanmasını ve daha iyi inceleme ve analize uygun bir forma getirilmesini organize etmek yolunda, önemli derecede gayret sarf etmesi gerekecektir. Bölgede toplanan veriler, aşağıda belirtilenlere cevap verecek şekilde birleştirilmelidir.

- Boru hattı çapı, basınç sınıfı, malzeme ve yaşı,
- Kaydedilen arızalar veya işletim problemleri,
- Debi ve basınç, eğer var ise,
- Hizmet düzeyi ile ilgili abone şikâyet kayıtları,
- Dağıtım şefleri ve bakım ekibi tarafından yapılan saha gözlemlerinin kayıtları,
- Yönetici personelin şahsi bilgisi ve deneyimi (CAN 2014)

Ancak, bu önemli görev, dağıtım sistemi hakkında bilgisi olanların katkısı ve çeşitli ve rastgele alınacak verilerin dâhil edilmesi ile en iyi şekilde yürütülebilir. ONEAD kaçak tespit ve kontrol tekniklerindeki deneyimini geliştirmek üzere çalışma yapmalıdır.

5.3.5 SCADA sistemi (Konya İli Örneği)

SCADA sistemleri yerel veya uzak endüstriyel proseslerin kontrolü, gerçek zamanlı verileri izlemek toplamak ve işlemek, sensör gibi cihazlarla doğrudan etkileşim ve olay kayıtlarını tutmak gibi servisleri sunan yazılımv edonanımtabanlıendüstriyel denetim sistemleridir. SCADA sistemleri kritik altyapıları denetleme işlemini gerçekleştirdikleri için siber saldırılardan korunmaları büyük önemtaşımaktadır.

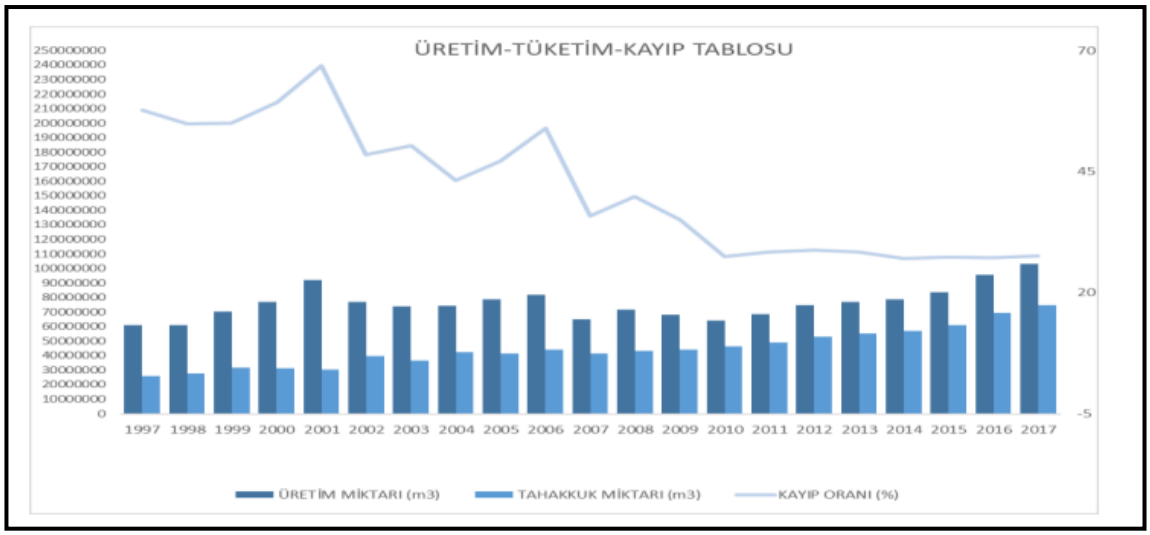
KOSKİ 2007 yılında SCADA Sistemini kullanmaya başlamış olup 2007 yılından bu güne kadar sistemden gerekli veriler alınmaktadır.

Çizelge 5.3'de ve Şekil 5.13'de Konya ili 1997-2017 yılları arasında KOSKİ'den temin edilen üretilen su ve tüketilen su miktarları ile hesaplanan kayıp oranları verilmiştir. 1997 yılında kayıp oranı %57,65 iken 2010'lu yıllarda oran %28 seviyelerine gerilemiştir. KOSKİ 2007 yılında SCADA Sistemini kurmuş ve 2007 yılının sonundan itibaren Konya merkezde aktif halde kullanmaya başlamıştır. Verileri 2007 öncesi ve

sonrası olarak değerlendirecek olursak; 2007 yılının öncesindeki yılların ortalamasına bakıldığında su kaybı oranı %53,68 iken 2007 yılının sonrasına bakıldığında ise su kayıp oranı %31,12 olarak belirlenmiştir. Bu değişimin nedeni SCADA sisteminin aktif halde kullanılmaya başlanmasındandır (Körpe 2018).

Çizelge 5.3 Konya İlindeki Su Üretim-Tahakkuk-Kayıp Arasındaki İlişki (1997-2017) (Körpe 2018)

Yıl	**Toplam yıllık Üretim miktari (m^3)**	**Toplam yıllık Tahakkuk miktari (m^3)**	**Kayıp-kaçak Oranı %**
1997	61.010.993	25.838.503	57,65
2007	64.831.797	41.617.645	35,81
2010	64.299.224	46.613.468	27,51
2017	103.223.081	74.658.303	27,67



Şekil 5.13 Üretim-tüketim kayıp oranları (1997-2017) (Körpe 2018)

ONEAD, %46 olan kayıp oranını azaltmak için SCADA sistemini kullanmalıdır. KOSKİ için, 2010 yılından önce %35-%40 seviyelerinde olan kayıp kaçak oranı 2010 yılından itibaren % 27-%28 sevilerine gerilemiştir. SCADA'nın vermiş olduğu katkı açık bir şekilde görülmektedir.

6 SONUÇ VE TARTIŞMA

Düşük görünürlükleri nedeniyle, atık su ve içme suyu sistemlerinin durum değerlendirmesi ve rehabilitasyonu, genellikle büyük bir arıza meydana gelene kadar gözden kaçar. Bu yeraltı tesislerinin düzenli bakımının ihmal edilmesi, yaşam döngüsü maliyetlerini ve yükümlülüklerini artırır ve ilerleyen durumlarda hayati hizmetlerin durmasına veya azalmasına neden olur. Bu yeraltı altyapı sisteminin durumunu tam olarak anlamak için kanalizasyon sistemlerinin durumlarını belirlemeye yönelik sistematik bir yaklaşım ve entegre bir yönetim sistemine ihtiyaç vardır. Atık su ve içme suyu şebekelerinin bozulma nedenleri şunlardır:

- Nüfus artışı ve kentleşme,
- Ağın işlevsel performansının zayıflaması,
- İlk inşaat ve kurulum koşulları,
- Ağ yaşlanması,
- Ekipmanın kötü bakımı,
- Boru üzerindeki ağır trafik yükü,

Cibuti'deki kanalizasyon sistemi yaşlanmaktadır ve yenilenmesi gerekmektedir. Cibuti'de, atık su arıtma tesislerinin genişletilmesiyle birlikte, kanalizasyon şebekesinin ve içme suyunun rehabilitasyonuna yönelik faaliyetler gerçekleştirilmelidir. Rehabilitasyon, şebekeyi yalıtmalı ve böylece hem yeraltı suyu sızmasını hem de çevreye kanalizasyon sızıntılarını azaltmalı ve ayrıca sistemin uygun hidrolik verimliliğini sağlamalıdır. Kazılar nedeniyle trafiği yoğunlaştırmanın ciddi ulaşım sorunlarına yol açabileceği düşünülerek, şehir merkezlerinde kazısız rehabilitasyon yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca kazısız yöntemler geleneksel açık kazı yöntemlerine göre daha ucuzdur.

Cibuti'de aşağıdakiler gibi başka hedefler de belirlenmelidir:

- Yeni su kaynakları aranarak su rezervlerinin artırılması,
- Yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi,
- Arıtma metot ve tekniklerinin geliştirilmesi,
- Su kayıplarının ve aşırı su kullanımının önlenmesi,
- Kullanılmış sulardan faydalanılması.

KAYNAKLAR

Alperovits, E. and Shamir, U. 1977. Design of optimal water distribution systems. Water Resources Research. Institute of Technology, 13 (6): 885-900.

Anbari, M. J., Tabesh, M. and Roozbahani, A. 2017. Risk assessment model to prioritize sewer pipes inspection in wastewater collection networks. Journal of Environmental Management, 190: 91-101.

Ardıçlıoğlu, M. 2017. Kanalizasyon sistemleri. Ders Notları, 88 sayfa, Kayseri.

Ateş, H. İ. 2019. Design of looped water distribution networks using a heuristic approach. Yüksek Lisans Tezi, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, 92 sayfa, Ankara.

Bulut, O. 2020. İçme suyu şebekelerinde oluşan su kayıp ve kaçakları belirlemek için kullanilan scada sistemini değerlendirilmesi: Erzincan ili örneği. Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, 80 sayfa, Erzincan.

Clayton, C. R. I. and van Zyl, J. E. 2007. The effect of pressure on leakage in water distribution systems. Proceedings of the ICE, Water Management, 160(2): 109-114.

Can, N. 2014. İçme suyu şebekelerinde oluşan su kayıplarının belirlenmesi ve kontrolü : İstanbul ili örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 128 sayfa, İstanbul.

Duran, O., Althoefer, K. and Seneviratne, L. D. 2002. State of the art in sensor technologies for sewer inspection. IEEE Sensors Journal, 2(2): 73-81.

Gündoğdu, S. ve Şahin, Ö. 2008. Su dağıtım sistemlerinde SCADA uygulaması. Fen ve Mühendislik Dergisi, 10 (3): 24-32.

Houssein, I. and Jalludin, M. 1996. The salinity of Djibouti's aquifer. Journal of African Earth Sciences, 22(4): 409-414.

Kıran, S. 2018. Mevcut içme suyu dağıtım şebekesinin hidrolik model yardımıyla yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 157 sayfa, İstanbul.

Kızmaz, Y. 2020. Losses and Leakages in Drinking Water Distribution Systems. Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu University Graduate School of Natural & Applied Sciences, 49 sayfa, Gaziantep.

Körpe, M. 2018. Konya içme suyu şebekesinde su kayıplarının tespiti ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, 79 sayfa, Konya.

Kraus, E., Oh, J. and Fernando, E. G. 2014. Impact of Repeat Overweight Truck Traffic on Buried Utility Facilities. Journal of Performance of Constructed Facilities, 28 (4): 1-9.

Lee, E. J. and Schwab, K. J. 2005. Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. Journal of Water and Health, 3 (2): 109-127.

Mala-Jetmarova, H., Sultanova, N. and Savic, D. 2018. Lost in optimisation of water distribution systems? A literature review of system design. Water, 10(3): 1-103.

Manzo, O. L., Saidou, H., Illiassou, S. A. and Idrissa, S. T. 2015. Assessment of domestic wastewater management practices in the communal district I of Maradi City. Journal of Geoscience and Environment Protection, 3: 57-65.

Oflaz, M. 2009. Yaylı emniyet vanalarında sızdırmazlığın sağlanması için kapatma elemanı kombinasyonunun deneysel olarak belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 116 sayfa, İstanbul.

Ozturk, I., Uyak, V., Akca, L. and Cakmakci, M. 2007. Dimension of water loss through distribution system and reduction methods in Turkey. Yüksek Lisans Tezi, Istanbul Technical University, 255 sayfa, Istanbul.

Parvizsedghy, L., Gkountis, I., Senouci, A., Zayed, T., Alsharqawi, M., El Chanati, H., El-Abbasy, M. and Mosleh, F. 2017. Deterioration assessment models for water pipelines. International Journal of Civil and Environmental Engineering, 11(7): 1013-1022.

Qader, A. A. 2015. Developing a water distribution network model: A case study. Yüksek Lisans Tezi, University of Gaziantep Graduate School of Natural and Applied Sciences, 112 sayfa, Gaziantep.

Rizzo, P. 2010. Water and Wastewater Pipe Nondestructive Evaluation and Health Monitoring: A Review. Advances in Civil Engineering, 2010(1): 1-13.

Sægrov, S., Melo Baptista, J. F., Conroy, P., Herz, R. K., LeGauffre, P., Moss, G. and Schiatti, M. 1999. Rehabilitation of water networks: Survey of research needs and on-going efforts. Urban Water, 1(1): 17-18.

Salama, Y., Salama, O., Chennaoui, M. and Mountadar, M. 2020. Study of dysfunction into activated sludge basins in sewage treatment plant of the City of Khouribga (Morocco). Journal of Materials and Environmental Science,11(6): 922-942.

Styan, D. 2013. Djibouti: changing influence in the Horn's strategic hub. The Royal Institute of International Affairs, 20 pages.

Şendil, H. 2013. Operation of water distribution networks. Yüksek Lisans Tezi, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, 112 sayfa, Ankara.

Toğrul, N. 2015. Rehabilitation of water supply systems. Yüksek Lisans Tezi, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, 97 sayfa, Ankara.

Tomczak, E. and Zielińska, A. 2017. Example of sewerage system rehabilitation using trenchless technology. Ecological Chemistry and Engineering Sci, 24(3): 405-416.

Ugarelli, R. and Di Federico, V. 2010. Optimal Scheduling of Replacement and Rehabilitation in Wastewater Pipeline Networks. Journal of Water Resources Planning and Management, 136(3): 348-356.

Walski, T. M., Chase, D. V., Savic, D. A., Grayman, W. and Beckwith, S. 2003. Advanced Water Distribution Modeling and Management. Civil and Environmental Engineering and Engineering Mechanics Faculty Publications, 76-132 pages, USA.

Wang, H., Wang, T., Zhang, B., Li, F., Toure, B., Omosa, I. B., Chiramba, T., Abdel-Monem, M. and Pradhan, M. 2014. Water and Wastewater Treatment in Africa-Current Practices and Challenges. Clean-Soil, Air, Water, 42(8): 1029-1035.

World Bank Group. 2021. Climate Risk Country Profile: Djibouti. 25 pages, Washington.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Abdifatah NOUR MOHAMED

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2020-Halen
Lisans	Djibouti Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	2016-2019