



**GEREDE KENTİ İÇME SUYU ŞEBEKESİNDEKİ  
FİZİKİ SU KAYIPLARININ ARAŞTIRILMASI**

**2023  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**İbrahim Ratıp KARAŞ**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY**

**GEREDE KENTİ İÇME SUYU ŞEBEKESİNDEKİ FİZİKİ SU  
KAYIPLARININ ARAŞTIRILMASI**

**İbrahim Ratıp KARAŞ**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Haziran 2023**

İbrahim Ratıp KARAŞ tarafından hazırlanan “GEREDE KENTİ İÇME SUYU ŞEBEKESİNDEKİ FİZİKİ SU KAYIPLARININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 08/06/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Şükrü DURSUN (KTÜN)

.....

Üye : Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

İbrahim Ratıp KARAŞ

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **GEREDE KENTİ İÇME SUYU ŞEBEKESİNİNDEKİ FİZİKİ SU KAYIPLARININ ARAŞTIRILMASI**

**İbrahim Ratıp KARAS**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY**

**Haziran 2023, 58 sayfa**

İçme suyu temin ve dağıtım hizmetleri su idarelerine büyük maliyetler getirmesine karşın temin edilen suyun korunmasında büyük önem arz etmektedir. Yapılan araştırma ve çalışmalar sonucunda, kentlerde su kayıplarının ciddi anlamda yüksek olduğu ve bu kayıpların önemli miktarını da şebekedeki sızıntıların oluşturduğu tespit edilmiştir. Sızıntıların %90'lık kısmı yüzeye çıkmamakta ve bunlar “rapor edilmeyen sızıntılar” olarak ifade edilmektedir. Rapor edilmeyen sızıntılarla mücadele detaylı bir saha çalışması gerektirmekte ve bu mücadeleye “Aktif Kaçak Kontrolü” denilmektedir. Yüzeye çıkan %10 luk kısım ile mücadele ise “Pasif Kaçak Kontrolü” olarak tanımlanmaktadır.

İdareler genellikle yalnızca Pasif Kaçak Kontrolünü tercih etmektedir bu ise günlük arıza tamiratlarının dışına çıkamamaktadır. Ancak dağıtım sistemi eski olan yerleşim yerlerinde arıza sayısı ve dolayısıyla maliyetlerde artış gözlemlenmektedir. Bu durumda ise sistem yönetilemez hale gelmektedir. Vana yerleri

bilinemediği/kaybolduğu için arızalara müdahale esnasında ana depodan su kesme yoluna gidilir. Sonucunda ise sık sık su kesintileri, vatandaş memnuniyetsizliği daha da önemlisi basınç değişikliklerinden dolayı yeni arızalar ortaya çıkar.

Su kayıpları ile mücadele etmek, kontrol altına almak ve uzun dönemli en uygun önleme stratejisini belirlemek sürdürülebilir su yönetimi açısından oldukça önemlidir. Şehirlerdeki su dağıtım sistemlerinin sürdürülebilir, izlenebilir ve yönetilebilir olması için su dağıtım elemanlarının yerlerinin doğru tespiti ve sistemin izole alt bölgelere ayrılması doğru bir yaklaşım olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında eskiden beri yerleşim yeri olarak kullanılan Bolu İli Gerede İlçesine ait içme suyu sistemi incelenerek su dağıtım elemanlarının pafta üzerinden sayısallaştırılması, yerinde koordinatlı kontroller, debi ölçümleri yapılarak çözümlenmeler, analizler yapılmış ve izole alt bölge tasarımları yapılarak getireceği faydalar araştırılmıştır.

**AnahtarSözcükler : Su kaybı, Sızıntı, Kaçak belirleme yöntemleri, İçme suyu sistemleri, Akustik dinleme**

**Bilim Kodu : 90318**

## **ABSTRACT**

**Master Thesis**

### **RESEARCH OF PHYSICAL WATER LOSSES IN GEREDE CITY TAP WATER NETWORK**

**İbrahim Ratıp KARAŞ**

**Karabük University**

**Institute of Graduate Programs**

**Department of Enviromental Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Ertuğrul ESMERAY**

**June 2023 , 58 pages**

Although drinking water supply and distribution services bring great costs to water administrations, it is of great importance in protecting the water supplied. According to the research, it has been determined that water losses in cities are seriously high and a significant amount of these losses are caused by leaks.

90% of the leaks do not come to the surface and these are referred to as “unreported leaks”. Fighting unreported leaks requires a detailed field study and this fight is called “Active Leak Control”. Cope with the 10% that comes to the surface is defined as "Passive Leak Control". Administrations generally only apply Passive Leak Control. This cannot be excluded from daily breakdown repairs. However, in settlements with an old distribution system, an increase in the number of malfunctions and therefore costs are observed. In this case, the system becomes unmanageable. Since the valve locations are unknown/lost, water is cut off from the

main tank during the intervention to the faults. As a result, frequent water cuts, citizen dissatisfaction, and more importantly, pressure changes cause new malfunctions to occur.

It is very important for sustainable water management to combat and control water losses and to determine the most appropriate long-term prevention strategy. In order for the water distribution systems in cities to be sustainable, traceable and manageable, it is a correct approach to determine the locations of the water distribution elements correctly and to divide the system into isolated sub-zones.

Within the scope of this study, the drinking water system belonging to the Bolu Province Gerede District, which has been used as a settlement since ancient times, was examined and the water distribution elements were digitized on the sheet, on-site coordinated controls, pressure and flow measurements were made, analyzes were made and isolated sub-region designs were made and the benefits it would bring were investigated.

**Key Word : Water loss, Leak, Leak detection method, Tap water network, Acoustic listening**

**Science Code : 90318**



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, emek sarfeden, sürükleyen, engin bilgisi ile yol gösterici olan, danışman hocam sayın Doç. Dr. Ertuğrul ESMERAY'a;

Tecrübesiyle her daim yolumu aydınlatan, duruşuyla ve karakteriyle hep örnek aldığım, varlığıyla bana güç veren abim Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ'a;

Gerede Belediyesinde beraber çalıştığımız mesai arkadaşlarıma, müdürlerime bilhassa Lisans ve Yüksek Lisans eğitimi almamda her türlü desteği veren Belediye Başkanım sayın Mustafa ALLAR'a;

Yüksek Lisans eğitimi almamda teşvik ve destek olan Dr. Öğr. Üyesi Kadir ULUTAŞ ve çalışmam süresince özverili katkılarını esirgemeyen arkadaşım Y. Çevre Mühendisi Haluk FİDAN'a, bilgi ve tecrübesinden faydalandığım dayım sayın Ömer BAYGIN'a;

Manevi desteğini her zaman arkamda hissettiğim büyüklerim ağzı dualı Annem'e ve kısıtlı imkânlarla fedakârca bizleri yetiştiren rahmetli Babam'a;

Şükranlarımı sunuyorum.

Ve her daim yanımda olan, destekleyen, moral veren, katlanan, sabreden, dua eden kıymetli eşim Hülya, motivasyon kaynaklarım Zehranur, Münevver Feyza ve Hümeysra Zahide kuşkusuz tez çalışması sizlerin desteği ile tamamlandı sizlere de ayrı teşekkür ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xiv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI .....	2
1.2. SIZINTI ve KAÇAKLAR .....	5
1.3. Kaçak Tespit Teknolojileri.....	6
1.3.1. Gaz Enjeksiyon Metodu .....	6
1.3.2. Manuel Dinleme .....	7
1.3.3. Kaçak Parazit Kolerasyonu.....	8
1.3.4. Akustik Kaydediciler .....	11
1.4. Türkiyede Su Kayıpları Yönetimi .....	11
1.5. İzole Bölgeler-DMA.....	13
1.6. İlgili Mevzuat Bilgileri.....	15
BÖLÜM 2 .....	16
MATERYAL VE METOD .....	16
2.1. Proje Sahasının Yeri .....	16
2.2. Proje Sahası Nüfusu .....	17
2.3. Abone Bilgileri .....	18
2.4. Şehrin İçme Suyu Sistemleri .....	19

2.5. Ana İsale Hatlarındaki Mevcut Durum Analizi .....	20
2.5.1. Yeniçağ Terfi Hattı .....	20
2.5.2. Yünlü Yayla Terfi Hattı.....	21
2.5.3. Arkut Dağı Keçeli Hattı.....	22
2.6. Şehir Şebekesi Mevcut Durum Analizi .....	23
2.6.1. 800'lük Depo Hizmet Alanı.....	24
2.6.2. 100'lük Depo Hizmet Alanı.....	26
2.6.3. 400 m <sup>3</sup> 'lük Depo Hizmet Alanı .....	29
2.7. Şehrin İçme Suyu Şebekesinin Sayısallaştırılması.....	30
2.8. Ana İsale Hatlarında Kayıp Kaçak Araştırması .....	34
2.8.1. Yünlü Yaylası Kaynağı ile 800 m <sup>3</sup> 'lük Depo Arası .....	35
2.8.2. Yeniçağ Kaynağı ile 800 m <sup>3</sup> 'lük Depo Arası .....	36
2.8.3. Arkutdağı Keçeli Kaynağı ile 800 m <sup>3</sup> 'lük Depo Arası.....	37
2.9. 800 m <sup>3</sup> 'lük Ana Depo ile 400 m <sup>3</sup> 'lük Ara Depo Arası.....	39
2.10. 800 m <sup>3</sup> 'lük Ana Depo ile 100 m <sup>3</sup> 'lük Ara Depo Arası.....	40
2.11. Standart Su Dengesi Tablosunun Oluşturulması.....	40
2.11. Gerede İçme Suyu Dağıtım Şebekesindeki Akustik Yöntemlerle Kayıp- Kaçak Araştırması .....	45
2.12. Gece Debisi Analizleri Ve Fiziki Kaçak .....	47
BÖLÜM 3 .....	49
SONUÇLAR .....	49
3.1. Ortalama Debi Ölçümlerine Göre Su Kaybı Hesabı .....	51
KAYNAKLAR .....	56
ÖZGEÇMİŞ .....	58

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 1.1. Dinleme çubugu .....	8
Şekil 1.2. Kolerasyon İlkesi (Hamilton, S., &Charalambous, B. (2013).....	8
Şekil 1.3. Akustik Kaydediciler .....	11
Şekil 1.4. Örnek Bir Şebeke İçin DMA Oluşturulması (Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017).....	13
Şekil 2.1. Proje Alanı'nın Türkiye'deki Yeri (ÇŞİDB Bulut Kent Bilgi Sistemi).....	17
Şekil 2.2. Gerede İsale Hattı Görünümü .....	19
Şekil 2.3. Gerede İlçesi İçme Suyu Dağıtım Haritası .....	20
Şekil 2.4. Yeniçağ İlçesinden Terfi Hattı.....	21
Şekil 2.5. Yünlü Yaylası Terfi Hattı .....	22
Şekil 2.6. Arkut Dağı Keçeli Kaynağı Terfi Hattı .....	23
Şekil 2.7. 800'lük Hizmet Alanı Şeması.....	24
Şekil 2.8. 800'lük Hizmet Alanı Uydu Görüntüsü.....	25
Şekil 2.9 Seviller Mahallesi Hizmet Alanı Uydu Görüntüsü.....	26
Şekil 2.10. 100'lük Hizmet Alanı Şeması.....	27
Şekil 2.11. 100'lük Hizmet Alanı Uydu Görüntüsü.....	28
Şekil 2.12. 400'lük Hizmet Alanı Şeması.....	29
Şekil 2.13. 400'lük Hizmet Alanı Uydu Görüntüsü.....	30
Şekil 2.14. Taraması Yapılan Şebeke Planı .....	32
Şekil 2.15. Taraması Yapılan Şebeke Planı Bağlantı Çizimleri.....	32
Şekil 2.16. Taraması Yapılan Şebeke Planı Katmanları .....	33
Şekil 2.17. Şebeke Planı Taraması Son Hali.....	33
Şekil 2.18. Yünlü Yayla Terfi Çıkış ve Gölcük Depo Giriş Debi Ölçüm.....	35
Şekil 2.19. Sipahiler Köyü Vana Odası ve Depo Giriş Debi Ölçümü .....	36
Şekil 2.20. Yeniçağa Terfi Merkezi Çıkış ve İbracak Terfi Merkez Giriş Debi Ölçüm .....	37
Şekil 2.21. İbracak Terfi Merkez Çıkış ve 800 m <sup>3</sup> 'lük Depo Giriş Debi Ölçüm.....	37

Şekil 2.22. Keçeli Kaynağı Çıkış ve Keçeli-Kirazlı 1-2 Kaynak Birleşim Çıkış Debi Ölçümü.....	38
Şekil 2.23. Arkut Kaynak Öncesi Vana Odası ve Arkut Kaynak Sonrası Debi Ölçümü.....	39
Şekil 2.24. Büyük Depo Çıkış ve 400 m <sup>3</sup> 'lük Depo Giriş Debi Ölçüm.....	40
Şekil 2.25. Mekanik Sayaç Su Tahakkuk Bilgileri .....	42
Şekil 2.26. Ön Ödemeli Sayaç Su Tahakkuk Bilgileri.....	42
Şekil 2.27. Gerede Standart Su Dengesi Tablosu .....	44
Şekil 2.28. İçmesuyu hattına bağlı debimetre .....	46
Şekil 2.29. İçmesuyu hattına bağlı debimetre .....	47
Şekil 2.30. Ultrasobik Debimetre.....	47
Şekil 2.31. İçmesuyu sızıntı-kaçığı arama çalışmaları .....	48
Şekil 3.1. 100'm <sup>3</sup> lük deponun tamirat öncesi ve sonrası debi ölçümü .....	49
Şekil 3.2. 400'm <sup>3</sup> lük deponun tamirat öncesi ve sonrası debi ölçümü .....	50
Şekil 3.3. Gerede DMA Tasarımı .....	53

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 1.1. Sızıntı Kaçak Tespit Metodları (Hamilton, S. 2016).....	9
Çizelge 2.2. Tarife türlerine göre su abonesi sayısı .....	18
Çizelge 4.1. 100'lük Depo Tamirat Öncesi ve Sonrası Debi Ölçüm Değerleri .....	49

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DMA	: District Metered Area- Ölçülebilir İzole Alan
IWA	: International Water Association (Uluslararası Su Örgütü)
PVC	: Polivinil Klorür
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

İçme suyunun ana kaynağı yağıştır, yağışı oluşturan faktör ise buharlaşmadır, buharlaşan su atmosfere ulaştığında ve belli bir yoğunluğa geldiğinde yağış olarak yeryüzüne düşer. Akış yoluyla yüzeyden yada yeraltı suyu olarak baraj, gölet gibi su depolama tesislerine gelir. Daha sonra direkt yada arıtma işleminden sonra içme suyu dağıtım sistemine girer. Kullanılan su atık su toplama sistemi vasıtasıyla arıtılarak alıcı ortama deşarj edilir ve su döngüsü bu şekilde devam eder.

Bu döngü esnasında önemli olan suyun verimli kullanılmasıdır. İdarelerin ana hedefi içme suyunu abonelere ulaştırmaktır ancak bu esnada su kayıpları meydana gelmektedir.

İçme suyu hatlarındaki kayıplar, hatta verilen su miktarı ile kullanıcıların sarfettiği su miktarı arasındaki fark olarak tanımlanmıştır. Toplam su kaybı idari kayıplar ve fiziki kayıplar olarak ikiye ayrılmaktadır. (Mastaller and Klingel 2017).

Genel olarak Belediyeler su temini için yüksek maliyetli yatırımlar yapmakta kilometrelerce uzaktan terfili yada cazibeli olarak su getirmektedir. Bunların üzerine getirilen suyun arıtım masrafları da eklendiğinde zaten kısıtlı olan belediye bütçesine ek yük getirmektedir. Bu sebepten dolayı maliyet ve masrafları karşılama adına kullanıcılara verilen suyun iletim hatlarında kayba uğraması önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

İdari su kayıplarının önlenmesi adına Abone Yönetim Sisteminin kurularak, arızalı ve yanlış bağlantılı sayaç kontrolü, kaçak kullanım tespiti, faturalandırma işlemlerinin doğru yapılması bunların bilgi işlem sistemine doğru girilmesi adres kayıt sistemi ile entegre edilmesi gerekmektedir.

Fiziki su kayıpların önlenmesi adına ise CBS kurulması, scada (merkezi denetim ve very toplama) sisteminin kurulması, sayısallaştırma işlemlerinin yapılması, çeşitli akustik cihazlarla dinleme, ölçüm işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Devamında ise İzole alt bölgeler oluşturulmalı ve dar alanda detaylı çalışmalar yapılmalıdır.



Alt ölçüm bölgesi temel olarak, sınırları diğer bölgelerden ve şebeke elemanlarından ayrılmış, girişi net bir şekilde belirlenmiş bölgeler olarak tanımlanabilir. İzole alt ölçüm bölgelerinde sistem içindeki abonelerin sayısı ve tüketimleri, şebeke bilgileri net bir şekilde bilindiğinden dolayı aylık veya yıllık su bütçesinin oluşturulması, sistem performansının düzenli bir şekilde izlenmesi, sistemde meydana gelen ve yüzeye çıkmayan (rapor edilmeyen) sızıntıların yerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak sızıntı oranının azaltılması mümkün olabilmektedir (Savaş ,2019)

### **1.1. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI**

Kayıp su miktarlarını belirleme yöntemleri ve kayıp su oranını azaltmak için uygulanan teknikler araştırmacılarca incelenmektedir. Karaca, Z. (2009), İstanbul'un %27,85 olan kayıp su miktarının bileşenlerini tanımlamak ve yapılması gereken çalışmaları belirlemek için Sultanahmet ve Fatih pilot bölgelerinde vaka çalışması yürütmüştür. Sultanahmet pilot bölgesinde yapılan çalışmalar sonucunda %14,60 olan kayıp su %5,78 oranına düşürülmüştür. Fatih bölgesinde sadece fiziksel kayıplar incelenmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda fiziksel kayıp oranı %16,97'den %3,46'ya düşmüştür. Vaka çalışmalarının sonuçlarını İstanbul için örnek olarak %27,85 olan kayıp su oranının %15'e düşürülmesi halinde elde edilecek kazançları hesaplamıştır.

Su kayıplarını azaltmak için uygulanan en etkili yöntemlerden biri basınç yönetimidir. Cinal, H. (2009), basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılması amacıyla Adapazarı şehir merkezinde şebekenin genelini temsil edebilecek nitelikte bir bölge pilot uygulama alanı olarak seçmiş ve seçilen bölgede 2440'ı konut olmak üzere yaklaşık 3000 abone bulunduğunu belirtmiştir. Şebekede belirli vanalar kapatılarak suyun tek bir noktadan temin edileceği kapalı bir sistem oluşturmuş ve su girişinin olduğu yere debimetre ve basınç düzenleyici vana (BDV) yerleştirmiş, kontrol ünitesi vasıtasıyla BDV'yi kontrol etmiştir. Birer haftalık periyotlar halinde sistemde basınç kontrol uygulamaları yapmıştır. Çalışma sonucunda kayıp oranında %21'ekadar azalma olduğunu belirtmiştir.

Jacobsz, S. W. ve Jahnke, S. I. (2020), yaptıkları çalışmada, doymamış zemine döşenen su dağıtım borularında kaçak tespit aracı olarak ayrıık fiber optik algılamayı kullanmışlardır. Fiber Bragg ızgaralı bir fiber optik kablonun bağlandığı, yapay sızıntı noktalarıyla donatılmış kısa bir boru kurmuşlardır. Fiber Bragg ızgaralarına sahip bir optik fiber de boruya paralel ancak borudan ayrı olarak zemine yerleştirilmiştir. Gerilimden bağımsız olarak sıcaklık değişikliklerini ölçmek için seçilen yerlere termistörler yerleştirmişlerdir. Simüle edilmiş bir su sızıntısının, açıkça saptanabilir sıcaklık değişimlerine ve borunun etrafındaki zeminde termal olarak indüklenen fiber Bragg ızgara dalga boyu değişikliklerine neden olduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte, boru duvarlarında ve ayrıca sızıntılara yanıt olarak başlangıçta doymamış zeminde önemli  lde daha büyük deformasyon kaynaklı fiber Bragg ızgara dalga boyu değişiklikleri  llm şt r. Doymamış zemin boyunca yayılan bir su sızıntısından kaynaklanan bir ıslanma cephesi, önemli etkili stres değişiklikleriyle ilişkilidir nk  sızan su, zemindeki ortam matris emmesini değiştirir. Çalışma, doymamış zeminde etkili bir sızıntı tespiti aracı olarak zemin deformasyonunun neden olduğu fiber Bragg ızgara dalga boyu değişikliklerinin saf sıcaklık değişikliklerine göre  llmesinin avantajlarını göstermektedir.

Kentlerdeki mevcut içme suyu varlıklarının sayısallaştırılarak hidrolik model oluşturma yardımıyla yüksek seviyelerde seyreden su kaybının azaltılması yöntemi su kayıpları azaltma yöntemlerinden bir diğeridir. Kizil z, B. (2021), Kocaeli'nin merkez ilçesi olan  zmit'te çalışma yürütmüştür. Bunun için toplam şebeke uzunluğu 1143 km olan  zmit'in 567,95 km'sinde 69 izole ölüm bölgesi oluşurmuş, her izole bölge içinde aktif sızıntı kontrol yöntemleri uygulayarak tespit edilen 2116 şüpheli sızmadan 684'ünün onarılarak kayıpları azalttığını belirtmiştir. Tespit edilemeyen sızmaları önlemek için basınç kırııcı vanalar kullanılarak basınç yönetim sistemi uygulamıştır. Sonuç olarak  zmit'in 2014 yılında %45,40 olan su kaybının 2019 yılında %29,50 seviyelerine kadar indirgendiğini belirtmiştir. Çalışma sonucunda kayıpları önlemek için uygulanan, aktif sızıntı kontrol metotları, basınç yönetim sistemi ve sayaç yenileme aktivitelerinin etkili oldukları sonucuna varılmıştır.

Arabacı, E. (2022), Kahramanmaraş ili Elbistan ile merkezini pilot bölge seçmiş ve iki adet DMA (District Metered Area ) oluşturmuş ve bu bölgelerin debi girişlerini ve

basınç verilerini kullanarak kayıpları belirlemiştir. Su dengesi ile alt yapı kaçak indeksi hazırlamış ve su dengesi bileşenlerinin analizlerini gerçekleştirmiştir. Ayrıca idari kayıpların bileşen analizlerini araştırmış ve bunlarla ilgili tespit ve öneriler belirlemiştir. Su kayıpları içinde 9 aylık dönemde 7.822.193 m<sup>3</sup> ile %64,9 oranında fiziksel kayıplar, 248.622 m<sup>3</sup> ile %2.1 oranında idari kayıplardan oluştuğu sonucuna varmıştır.

Mashford, J. ve ark. (2012) Kaçak tespitlerinin, yapay sinir ağları (YSA) veya destek vektör makineleri (SVM'ler) gibi örüntü tanıma teknikleri kullanılarak etkili bir şekilde çözülebileceğini ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, ağdaki sızıntıların yeri ve boyutu hakkında bilgi elde etmek için bir boru ağını izleyen basınç sensörleri veya akış ölçüm cihazlarının toplanmasıyla elde edilen verileri yorumlamak için SVM analizini kullanmışlardır. SVM'ler için eğitim verileri, belirli bir sızıntıdan kaynaklanan basınçları veya akışları simüle etmek için kullanılabilen hidrolik modelleme sistemi EPANET kullanılarak elde edilmiştir. Modellenmiş bir boru ağı ile yapılan deneylerin sonuçlarında, sızıntı boyutunun doğru bir şekilde tahmin edilebileceği ve sızıntı yerinin, çözünürlüğe bağlı bir doğrulukla, belirtilen uzamsal çözünürlük dahilinde tahmin edilebileceğini bildirmişlerdir.

Cheung ve ark. (2010), Güney Brezilya'da su dağıtım sistemlerinde sızıntı tahmini için gece debisi analizi tespitinde hidrolik modelleme çalışması yapmışlardır. Kaçakları tahmin etmek için iki farklı teknik kullanmışlardır: Minimum Gece Akışı Analizi ve Kalibrasyon Süreci (Epanet Kalibratör Yazılımı). Her iki yönteminde gerçek kayıpların tahmininde oldukça benzer sonuçlar verdiğini bulmuşlardır. Basınç ve akış verilerinin toplanması için gerçek bir sistemde saha ölçümleri gerçekleştirmişlerdir.

Nasirian, A. ve ark. (2013), yaptıkları araştırmada, iki varsayımsal ve bir laboratuvar ağında kalibrasyona dayalı sızıntı tespitini ele almışlardır. Buna ek olarak, ağlarda kalibrasyon ve sızıntı tespiti için genetik algoritma (GA) ile birleşen adım adım eleme yöntemi (SSEM) adı verilen yeni bir optimizasyon yöntemi tanıtmışlardır. Bu yöntem, bir ağın kalibrasyonunun belirsiz parametreleri arasında sızıntıya katkı sağlamayan düğümleri adım adım tespit eder ve ortadan kaldırır. Önerilen yöntem,

incelenen bir ağ için olağan bir kalibrasyonla başlar, ardından ayarlanan parametreler arasından şüpheli dđđümlerin elenmesi ile devam eder ve ardından ağ yeniden kalibre edilir. Son olarak, bilinmeyen taleplerin sayısı istenen sayılara eşitlenene veya tam sızıntı yerleri ve değerleri belirlenene kadar işlem tekrarlanır. Bu incelemeler, bu yöntemin sızıntıların yerlerini ve boyutlarını tespit etme kabiliyetini göstermektedir. Ayrıca, tanıtılan metodolojinin laboratuvarında orta büyüklükte bir deneysel ağ modeline uygulanmış, sızdıran dđđümleri doğru bir şekilde tespit etme yeteneği gösterilmiştir.

Lijuanve ark. (2012) sızıntının, şebeke akış özelliklerindeki değişikliklerin hidrolik modeldeki değişiklikler arasında ilişki kurularak tespit edilebileceğini belirtmişlerdir ve test ağından elde edilen basınç yüklerinin izlenmesini kullanan doğrusal olmayan model tabanlı bir sızıntı tespit yöntemi sunmuşlardır. Ağın hidrolik simülasyonunu gerçekleştirmek için EPANET yazılımı kullanmışlardır. Modeli GA (genetik algoritma) ile optimize etmişlerdir. Oluşturulan modelin kaçak yeri ve kaçak miktarlarını tahmin edebildiğini gösterdiği sonucuna hidrolik modelleme yardımıyla ulaşmışlardır.

## **1.2. SIZINTI ve KAÇAKLAR**

Yaşlanan altyapı ve azalan su kaynakları, artan küresel nüfusla ilgili önemli endişeler doğurmaktadır. Bu nedenle su kaybını kontrol etmek, dünya çapında su hizmetleri kuruluşları için bir öncelik haline gelmiştir. Verimliliklerini artırmak için su kuruluşlarının sızıntı tespitinde doğru yönetim planlaması uygulaması gerekir.

Özellikle suyun kıt olduğu bölgelerdeki ağlardan kaynaklanan kayıplarla etkin bir şekilde başa çıkmak için, su hizmetleri yöneticileri maliyetleri azaltmak, verimliliği artırmak ve güvenilirliği artırmak için giderek daha fazla teknolojiye yönelmektedir.

Belirli bir sızıntı tespit/yerleştirme tekniği ve teknolojisinin seçimi, söz konusu boru hattının çalışma koşullarına ve inşaat malzemesine bağlıdır. Bu belirlemeye yardımcı olmak için dört farklı matris geliştirilmiştir. (Hamilton, S., & Charalambous, B. (2013). Bu matrisler aşağıda verilmiştir.

#### **-Yalnızca ana bağlantı parçaları – Yüksek Basınç**

Sadece 10 m basma yüksekliği veya 15 psi'den daha yüksek basınçlara sahip şebeke bağlantılarında (ev bağlantısı yok) kaçak tespiti için kullanılır. Bağlantı parçaları minimum 200 m aralıklı ve maksimum 500 m aralıktır.

#### **-Yalnızca ana bağlantı parçaları – Düşük Basınç**

Sadece 10 m basma yüksekliği veya 15 psi'den daha düşük basınçlara sahip şebeke bağlantılarında (ev bağlantısı yok) kaçak tespiti için kullanılır. Bağlantı parçaları minimum 200 m aralıklı ve maksimum 500 m aralıktır.

#### **-Evsel ve Ana Bağlantı Elemanları – Yüksek Basınç**

Tüm mülklerde ve 10 m basma yüksekliği veya 15 psi'den daha yüksek basınçlara sahip şebeke bağlantılarında sızıntı tespiti için kullanılır. Bağlantı parçaları minimum 10 m aralıklı ve maksimum 50 m aralıktır.

#### **-Evsel ve Ana Bağlantı Parçaları – Alçak Basınç**

Tüm mülklerde ve 10 m basma yüksekliği veya 15 psi'den daha düşük basınçlara sahip şebeke bağlantılarında sızıntı tespiti için kullanılır. Bağlantı parçaları minimum 10 m aralıklı ve maksimum 50 m aralıktır.

### **1.3. Kaçak Tespit Teknolojileri**

Şebekede sızıntının nerede meydana geldiğini tespit etmek için çok sayıda teknik vardır. Bazı teknikler, bir sızıntının konumunu tahmin edebilir veya lokalize edebilirken, diğerleri tam yerleri bulabilir. (Hamilton, S., & Charalambous, B. (2013)) Bu kısımda 4 farklı metot ele alınacaktır.

#### **1.3.1. Gaz Enjeksiyon Metodu**

Bu yöntem, bir boru hattına enjekte edilmiş bir izleyici gazın varlığını bulmak için bir gaz dedektörü kullanır. Helyum kullanılabilir olduğu gibi, düşük maliyeti ve yüksek performansı nedeniyle en yaygın izleyici gaz hidrojenidir.

Hidrojen en hafif gazdır ve en düşük viskoziteye sahiptir. Bu, doldurmayı, boşaltmayı ve dağıtmayı kolaylaştırır. Tipik olarak nitrojendeki %5 oranında seyreltilmiş gaz, gömülü kanal hatlarına ve ayrıca küçük çaplı ev içi ısıtma borularına enjekte edilebilir.

Gaz enjeksiyon yöntemi, 75 mm'den 1000 mm çapa kadar tüm borularda sızıntıları tespit etmek için kullanılabilir. Daha büyük çaplı borularda önemli miktarda gaz gerekli olacaktır. Boru hattı susuz veya dolu olabilir, ancak su dolu boru hattında sızıntıyı bulmak için daha az gaz kullanılması gerekir.

Borudaki sızıntıdan yüzeye çıkan sızıntı gazını doğru bir şekilde tespit edebilmek için su akış yönünün bilinmesi ve gazın sızıntıdan şüphelenilen boru hattında tutulması gerekir. Bu, gazın seyreltilmesine veya söz konusu boru hattından taşınmasına neden olabilecek herhangi bir abonenin/çıkışların kapatılmasını gerektirir. Gazın su ile karıştırılması su kalitesini etkilemez. Bu metodoloji, kablolar ve boru hatları dahil olmak üzere her türlü sızdırmaz boruda kullanılabilir. Malzemenin enjekte edilen gaz üzerinde hiçbir etkisi yoktur. (Hamilton, S., &Charalambous, B. (2013)

### **1.3.2. Manuel Dinleme**

Steteskop veya dinleme çubuğunun bir kulaklığı vardır ve sızıntıları dinlemek ve bir sızıntının yerini tam olarak belirlemek için kullanılır. Birçok su sağlayıcı kuruluş için yaygın olarak kullanılan bir ekipman parçasıdır. Dinleme çubuğunun malzemesi metal, ahşap veya plastik olabilir. Bu teknik, mühendisin sızıntıyı duyma yeteneğine bağlıdır ve sesi yükseltmek için hiçbir elektronik ekipman kullanmaz.

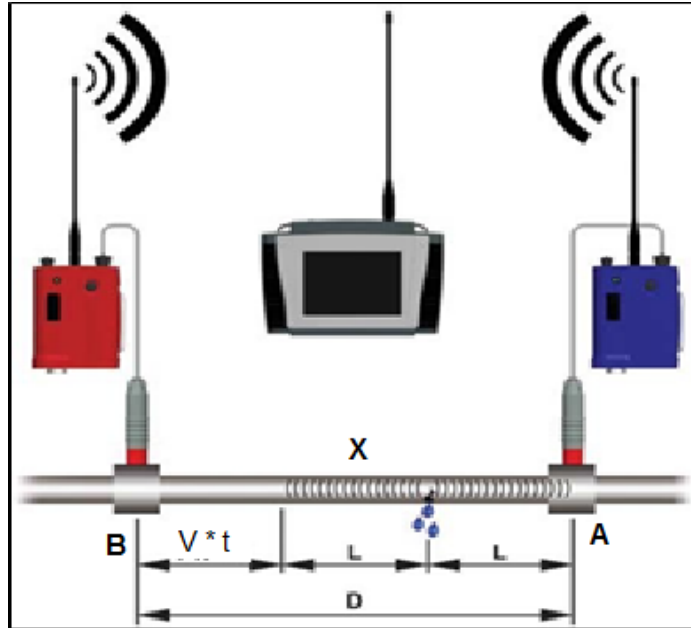
Bu teknik, 75 mm ile 250 mm arasındaki metalik boru hatlarında ve 10 m'nin (15 psi) üzerindeki basınçlarda kullanım için en uygun yöntemdir. Malzeme veya boru boyutu, dinleme çubuğunun yüzeydeki metalik boru sızıntıyı tam olarak tespit etmesini engellemez, ancak bunu etkileyen şey, sızıntının türü, zemin dolgu malzemesi, borudan çıkan suyun basıncı, arka plan gürültüsü ve mühendisin yeteneğidir (Hamilton, S.&Charalambous, B. (2013). Şekil 1.1'de dinleme çubuğu gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Dinleme çubuğu (Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017)

### 1.3.3. Kaçak Parazit Kolerasyonu

Kaçak parazit korelasyonu, boru hattında iki farklı noktada tespit edilen gürültünün karşılaştırılmasıyla çalışır. Boru malzemesi ve çapı sabit varsayıldığında, gürültü sızıntıdan her iki yönde sabit bir hızla yayılır, böylece sızıntı iki sensör arasında eşit uzaklıktaysa bu sensörler gürültüyü aynı anda algılayacaktır. Tersine, sızıntı eşit uzaklıkta değilse, sensörler aynı gürültüyü farklı zamanlarda algılayacaktır - varış sürelerindeki bu fark korelasyon işlemi ile ölçülür. Şekil 1.2’de ölçüm prensibi verilmiştir.



Şekil 1.2. Kolerasyon İlkesi (Hamilton, S., &Charalambous, B. (2013)

Sensörler A ve B vanalarında (yeraltı boruları için uygun erişim noktaları) bulunur ve gösterildiği gibi sızıntı konumu A'ya daha yakındır. Sızıntıdan kaynaklanan bir gürültü örneği A'ya ulaştığında, B'ye doğru giden aynı gürültü yalnızca X noktasına kadar seyahat etmiştir. X'ten B'ye olan mesafe, gürültü B'ye ulaşmadan önce bir zaman gecikmesine (t) neden olur. Korelasyon işlemi, gürültünün A'ya varış ile B'ye varış arasındaki gecikmeyi (t) algılar.

Sesin hızı V ise ve kaydediciler arasındaki mesafe D ise, o zaman X ile arasındaki mesafe olarak Eşitlik 1.1'de ki gibi olur.

$$B = V * t \quad (1.1)$$

Buradan (1.2) eşitliği oluşturabilir.

$$D = (2 * L) + (V * t) \quad (1.2)$$

Eşitlik (1.2) en yakın kaydediciden sızıntı bölgesine olan mesafe olan L'yi verecek şekilde yeniden düzenlenebilir ve Eşitlik (1.3) elde edilir.

$$D = V - (D * t)/2 \quad (1.3)$$

Çizelge 1.1'de literatürde kullanılan sızıntı kaçak tespit metodları verilmiştir.

Çizelge 1.1. Sızıntı Kaçak Tespit Metodları (Hamilton, S. ve diğerleri 2016)

<b>Metod</b>	<b>Avantaj</b>	<b>Sınırlamalar</b>
Akustik: İşitilebilir sesle en yüksek sızıntı sesini bulma borunun üzerindeki zemin yüzeyine yerleştirilmiş dönüştürücü	- En çok kullanılan - Kabul edilebilir doğruluk - Taşınması basit	-Operatör becerilerine bağlıdır -Küçük sızıntılar için etkili değildir -Arka plan gürültüsünden etkilenir -Boru boyutuna, malzemeye, suya bağlıdır -Kesin boru konumu bilinmelidir -Sert yüzeyler için daha uygundur - Derinlik 2 m'den az



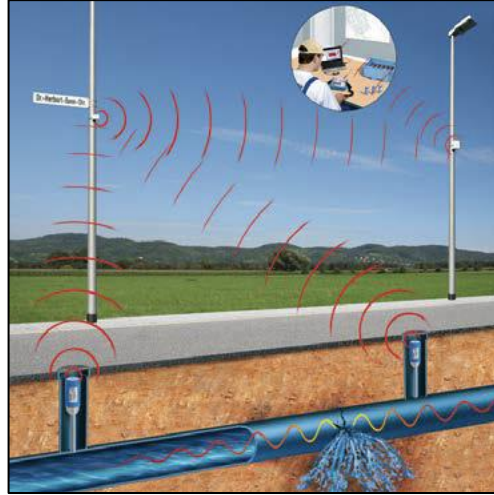
<p>-Korelasyonlu akustik: -Bir korelasyon programı iki titreşim dönüştürücü kullanır boru hattı bilgileriyle sızıntıyı sınırlayan iki konumda boruya monte edilmiş sinyaller alınması prensibi</p>	<p>-İyi doğruluk -Nispeten kabul edilebilir fiyat -Minimum operatör eğitimi</p>	<p>-Sızıntı arasında yer almalıdır. -İki dinleme noktası -Doğruluk, boru boyutlarının ve malzemelerinin doğru bir şekilde girilmesine dayanır. -Plastik borular için uygun değildir -İyi sensör teması önemlidir -Doğruluk, sızıntının ölçüm noktalarına yakınlığına bağlıdır. -Bazen sızıntıya yakın boruya erişim olmayabilir.</p>
--	---	--

Çizelge 1.1. Devam Sızıntı Kaçak Tespit Metodları (Hamilton, S. ve diğerleri 2016)

<p>Kızılötesi termografi: Toprakta meydana gelen sıcaklık farklarının bulunması, kızılötesi radyasyon kullanarak su sızıntısı</p>	<p>-Temazsız, tahribatsız algılama -Geniş alanları yerden %100 kontrol edebilme kapsama alanı -Yeraltı sızıntılarının bulunmasının yanısıra boru hatlarını çevreleyen boşluklar ve erozyon tespiti</p>	<p>-Yüksek fiyat -Operatör deneyimi gerektirir -Tespit toprağa bağlıdır -Uygulama ortamı ile sınırlıdır</p>
<p>Kimyasal (gaz izleyici ve florür testi): Borudaki bir izleyici sızıntıdan çıkar ve zemin yüzeyinde tespit edilir</p>	<p>-Akış olmayan borunun izole edilmesini gerektiren acil durumlarda etkili bir yöntem olabilir.</p>	<p>-Çok pahalı -Zaman alıcı -Kesin boru konumu bilinmelidir -2 m'den daha az derinlikle sınırlı</p>
<p>Mekanik: Sızıntının yakınında suyun yükselmesine izin vermek için borunun üzerindeki toprağa açılan bir dizi delik</p>	<p>-Düşük maliyetli -Akustik yöntemleri desteklemek için kullanılabilir -Akışını bozmadan bir boru hattına eklenebilir ve alınabilir -Tek bir dağıtımla kilometrelerce boru hattındaki sızıntılar hakkında bilgi toplanabilir -Boru malzemelerinden bağımsız</p>	<p>-Masraflı -Sensörle iletişim kolay değil -Sensöre güç verilmesi zaman sınırlıdır -Kendi kendine üretilen gürültü sinyali etkileyebilir -Hala geliştirilme aşamasında</p>

### 1.3.4. Akustik Kaydediciler

Akustik kaydediciler, bir DMA içerisinde boru patlağı veya sızıntı olduğu şüphesi duyulan alanların daraltılmasında kullanılır. Genellikle 6, 12 veya 18 adet olarak gruplanan akustik kaydediciler sızıntı tespiti yapılacak alanda yerleştirilir. Bunun için her bir akustik kaydedici alanda bulunan hidrant, sayaç veya vanalar üzerine monte edilir. Sızıntılardan kaynaklandığı şüphelenilen sesler/gürültüler için doğrulama yapılabilir. Bazı akustik kaydedici sistemler pek çok noktadan elde edilen ses/gürültü verilerini birleştirerek, sızıntı için “anlık yer tespiti” yapabilir (Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017). şekil 1.3’de akustik kaydedici görseli verilmiştir.



Şekil 1.3. Akustik Kaydediciler (Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017)

### 1.4. Türkiyede Su Kayıpları Yönetimi

Ülkemizdeki yüksek düzeyde seyreden su kayıplarının azaltılması ihtiyacı ve böylece elde edilebilecek pek çok kazanım dikkate alınarak, su kayıplarının kontrolüne ilişkin mevzuat yayınlanmış ve uygulamaya konulmuştur: (Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017)

- İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği, 8 Mayıs 2014 (Resmi Gazete, Sayı: 28994)

- İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü  
Yönetmeliği

-Teknik Usuller Tebliği, 16 Temmuz 2015 (Resmi Gazete, Sayı: 29418)

Yönetmelik ile su idareleri su kayıp oranlarını, yönetmeliğin yürürlük tarihinden itibaren, büyükşehir ve il belediyelerinde 5 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 4 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyeler 9 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 5 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlü hale gelmişlerdir. Su idareleri yapılan çalışmalar ve su kayıp oranları hakkında ilgili bakanlığa her yıl kontrol amaçlı rapor vermektedir.

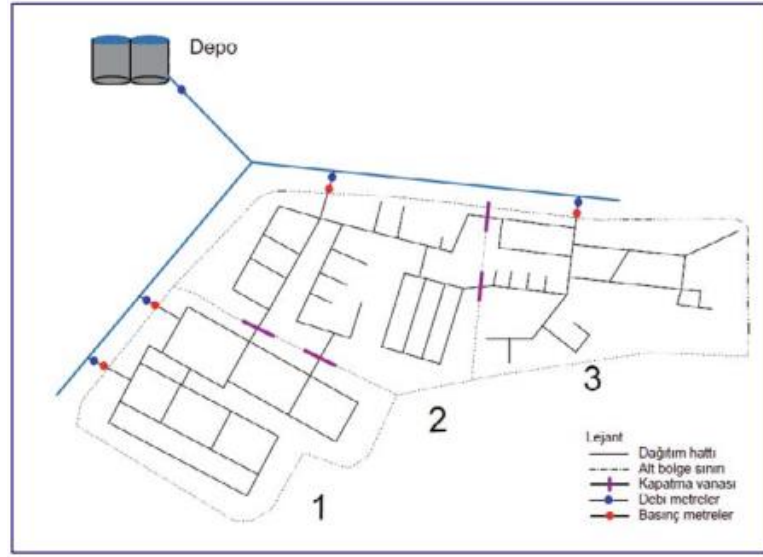
Yönetmelikte yer alan ve su kayıplarının azaltılması için gerekli olan önemli çalışmalar:

- İçme suyu dağıtım şebekesine verilen tüm su hacmi ölçülmeli ve düzenli olarak kaydedilmelidir.
- Tüm kullanıcılara verilen su hacmi sayaçlar ile ölçülmeli, sayaç endeksleri düzenli olarak okunmalı ve veriler kaydedilmelidir. Sayaçların kullanım süresi 10 yılı aşmamalıdır.
- Su idareleri tarafından yıllık Standart Su Dengesi Tablosu oluşturulmalı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na raporlanmalıdır.
- Mevcut içme suyu dağıtım şebekeleri alt bölgelere (DMA) ayrılmalı, yeni şebekeler ise alt bölgeler (DMA) oluşturularak tasarlanmalıdır.
- Alt bölgelere verilen su debisi ve alt bölge içindeki kritik basınç ölçülmeli ve kaydedilmelidir.
- Şebekedeki en yüksek statik basınç topografik yapının uygun olduğu yerlerde 60 mSS (metre su sütunu) değerini aşmamalıdır. Şebekede minimum işletme basınçları müstakbel nüfusu 50.000'e kadar olan yerlerde 20 m, daha büyük nüfuslarda 30 m alınır. Ancak; yangın olduğu saatlerde min. basınç sınırı 15 m (Depo KK.' na göre) olabilir. Şebekenin topoğrafik durumu göz önüne alınarak maksimum statik basınç değeri ise 60 -65 m. olacak şekilde şebeke basınç zonları oluşturulur. Basınç zonları hesaplanırken, depolardaki su yükseklikleri dikkate alınır. (İLBANK-2013)
- Şebekeler için veri kaydetme ve izleme amaçlı olarak CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve uygun izleme sistemleri (SCADA-Veri Tabanlı İzleme ve Kontrol Sistemi vb.) kurulmalıdır.

- Fiziki su kayıplarının azaltılması için akustik ekipmanlar kullanılmalıdır.
- Şebekeler için hidrolik modelleme çalışması yapılmalıdır.

### 1.5. İzole Bölgeler-DMA

DMA, bir dağıtım şebekesinin ayrılmış kısmının devamlı olarak incelenebilmesi için hidrolik modelleme aracılığıyla oluşturulmuş izole bölgelerdir. Hidrolik modelleme ile oluşturulan DMA'lar sayesinde oluşturulan izole bölgelerin su tüketimleri, gece debileri, izole bölgenin basınç verileri ve oluşabilecek su kaçaklarının tespitinde önemli bir rol oynar. DMA sayesinde izole bölgede oluşabilecek su kaçakları hemen fark edilebilir ve müdahale edilmesine olanak sağlar. Şekil 1.4'de şebeke içi DMA örneği verilmiştir.



Şekil 1.4. Örnek Bir Şebeke İçin DMA Oluşturulması (Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017)

Türkiye genelinde su idarelerine yönelik olarak 16/07/2015 Tarih ve 29419 Sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren:“İÇME SUYU TEMİN VE DAĞITIM SİSTEMLERİNDEKİ SU KAYIPLARININ KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ TEKNİK USULLER TEBLİĞİ” yayınlanmıştır.

Bu Tebliğin amacı, içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının kontrolü için alınması gereken tedbirleri belirlemektir. Buna istinaden

genel hükümler çerçevesinde “İdareler içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki idari ve fiziki su kayıplarının önlenmesi için; idari ve fiziki su kayıplarının ölçüme dayalı olarak belirlenmesi, şebekenin ve sistemin şartnamelere ve uygulama projelerine uygun yapılması, kullanılan malzemelerin standartlara uygun olarak temin edilmesi, sistemde ana basınç bölgesi ve alt bölgelerin oluşturulması, şebekede etkili bir basınç ve debi yönetimi ile optimum işletme şartlarının sağlanması, sistemin izlenmesi ve kayıt altına alınması ve etkili bir su yönetim sistemi sağlamakla yükümlüdür.” denilmektedir.

DMA tasarımında en önemli işlerden biri sınırların tanımlanmasıdır. Bu nedenle nehir, doğal kanal, ana yol ve demiryolu gibi yapılar DMA'nın doğal sınırı olarak tanımlanabilir. DMA'nın boyutu; bağlantı sayısı, ağ uzunluğu, yaşayan kişi sayısı ve ilk yatırım ve işletme maliyetlerine bağlı olarak belirlenmelidir. Özellikle yaşayan kişi yoğunluğunun veya servis bağlantı sayısının az olduğu bölgelerde ağ uzunluğu DMA boyutunun belirlenmesinde bir ölçü olarak düşünülebilir. IWA(Uluslararası Su Birliği) standartlarına göre bağlantı sayısının fazla olduğu bölgelerde şebeke uzunluğundan ziyade servis bağlantı sayısının ana kriter olarak kullanılması daha uygundur. Servis bağlantılarının sayısının 500 ile 3000 arasında alınması önerilmektedir. DMA'daki servis bağlantılarının sayısı 3000'den fazla ise boru hatlarında meydana gelen rapor edilmeyen kaçakların tespiti, önlenmesi ve kontrolü ile görünen kayıpların yönetilmesi zor olacaktır. Etkin su kaybı yönetimini ve beklenen faydaları sağlamak zorlaşacaktır. DMA boyutunun çok küçük bir şekilde planlanması yeni kaçakların belirlenmesinde büyük avantaj sağlasa da bileşenlerin izlenmesi için kullanılacak cihaz sayısı, izole vanaların sayısı ve tesisin ilk yatırım ve işletme maliyetleri artacaktır. Mevcut şebekenin çok kötü olduğu sistemlerde boru malzemesinin mukavemeti azalacağından arızaların yoğunluğu ve sıklığı artacaktır. Arızaların ve sızıntıların daha etkin yönetilebilmesi için servis bağlantılarının sayısının az tutulması uygundur. Kuzey Amerika DMA Tasarım ve Uygulaması konferansında, boru hattının uzunluğunun 4 km ile 30 km arasında alınabileceği ancak ortalama 15 km civarında olabileceği belirtilmiştir. DMA tasarımında, sisteme giren su hacmini ve gece akış analizlerini ve su dengesini izlemek için kullanılan debimetrelerin kurulum maliyetini azaltmak için giriş noktası sayısının azaltılması da önemlidir.

## **1.6. İlgili Mevzuat Bilgileri**

İçme suyu kayıp araştırması, önlenmesi ve kontrolü aşağıdaki mevzuatlara göre yapılmaktadır.

- 12 Ekim 2017 tarih ve 30208 sayılı Resmi Gazete ile yayınlanan İçme Ve Kullanma Suyu Temini Ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik
- 8 Mayıs 2014 tarih ve 28994 sayılı Resmi gazete ile yayınlanan İçme Suyu Temin Ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği
- 31 Ağustos 2019 tarih ve 30874 sayılı Resmi Gazete ile yayınlanan İçme Suyu Temin Ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik
- 16 Temmuz 2015 tarih ve 29418 sayılı Resmi Gazete ile yayınlanan İçme Suyu Temin Ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği
- İçme Suyu Temin Ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı (Orman ve Su İşleri Bakanlığı / Su Yönetimi Genel Müdürlüğü - Ekim 2021)
- İçme Suyu Sistemlerinde Su Kayıplarının Azaltılmasına Yönelik İş Termin Planı 2021-47 Genelgesi ve Ekleri (Tarım ve Orman Bakanlığı/ Su Yönetimi Genel Müdürlüğü -Temmuz 2017)
  - EK-1 İş Termin Planı (Büyükşehir ve İl Belediyeleri)
  - EK-2 İş Termin Planı (İlçe ve Belde Belediyeleri)
  - EK-3 İş Termin Planı Detay Rapor Formatı
  - EK-4 İçme Suyu Sistemlerindeki Su Kayıplarının Azaltılması Eylemlerine Yönelik Kılavuz
- İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite Ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname (İLBANK-2013)
- İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıp Ve Kaçaklarının Kontrolü Ve Yönetimi (SUEN-Mayıs 2021)

## **BÖLÜM 2**

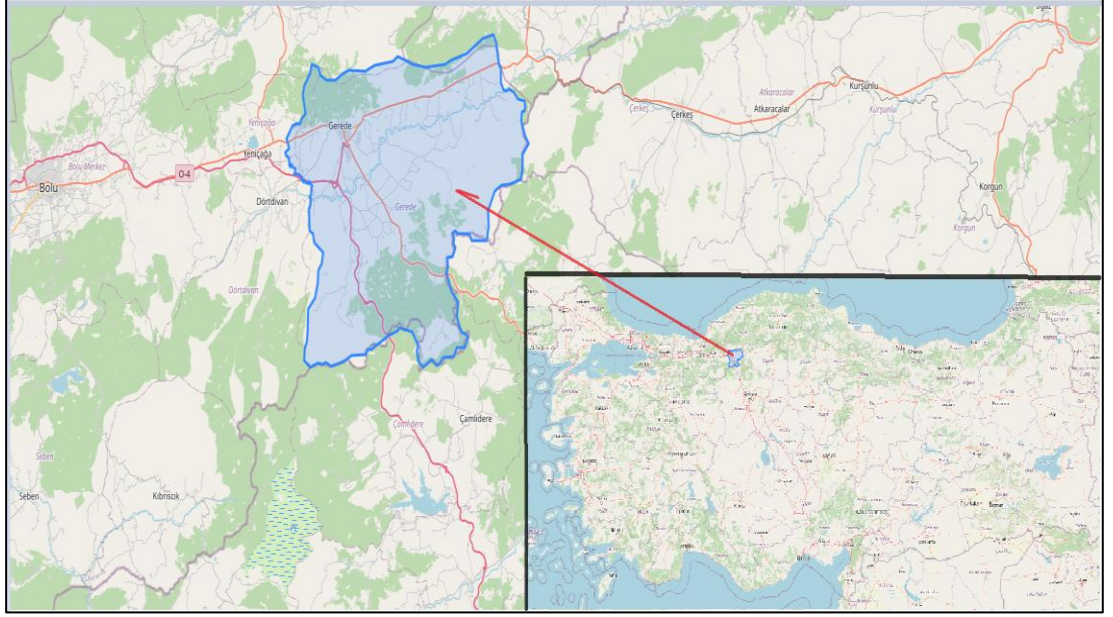
### **MATERYAL VE METOD**

Bu çalışmada 31 Ağustos 2019 tarih ve 30874 sayılı Resmi Gazete ile yayınlanan İçme Suyu Temin Ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik kapsamında Belediyelerin su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %35, 2028 yılına kadar en fazla %30, 2033 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler hükmü gereğince ve bu Yönetmelik uyarınca çıkarılacak Teknik Usuller Tebliğinde yer alan hususlar ve 12/10/2017 tarihli ve 30208 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan İçme ve Kullanma Suyu Temini ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik hükümleri çerçevesinde faaliyetler yapılmıştır.

Bolu İli Gerede İlçesinde, Şehrin içme suyu sistemleri kaynaktan musluğa incelenerek içme suyu dağıtım şebeke hatlarının sayısallaştırması yapılmıştır. Ana isale hatlarındaki mevcut durum analizi yapılarak su kayıpları incelenmiş ve miktarları tespit edilmiştir. Şehir şebekesinin mevcut durumu analiz edilerek akustik yer dinleme cihazlarıyla yüzeye çıkmayan kaçak tespiti yapılmış ve bulunan arızalar giderilmiştir, son olarak belediyeden alınan abone ve kullanım bilgileri temin edilerek ve debi ölçümleri yapılarak karşılaştırmalı çözümlenmeler, analizler yapılmış izole alt bölge tasarımları yapılmış ve getireceği faydalar araştırılmıştır.

#### **2.1. Proje Sahasının Yeri**

Gerede İlçesi Karadeniz Bölgesi'nde, Bolu'nun doğusunda yer alır. Güney doğuda Kızılcahamam ve Çamlıdere ile kuzey doğuda Çerkeş ve Eskipazar, Güney batıda Dörtdivan, Kuzeyde Mengen, batıda Yeniçağa ilçeleriyle çevrilmiştir. Proje alanı Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma Alanı'nın Türkiye'deki Yeri (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Bulut Kent Bilgi Sistemi)

## 2.2. Proje Sahası Nüfusu

Merkez Mahallelerin 2022 Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine göre toplam 23.897 kişidir. Çizelge 2.1'de mahalleye göre nüfus bilgileri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Mahallelere göre 2022 nüfus bilgileri (TÜİK, 2023)

MAHALLE	NÜFUS
Bahçelievler Mah.	959
Dayıoğlu Mah.	4.786
Demirciler Mah.	3.082
Kabiller Mah.	1.511
Kitirler Mah.	2.551
Orta Mah.	1.235
Seviller Mah.	4.523
Yeni Mah.	5.232
<b>Toplam</b>	<b>23.879</b>



### 2.3. Abone Bilgileri

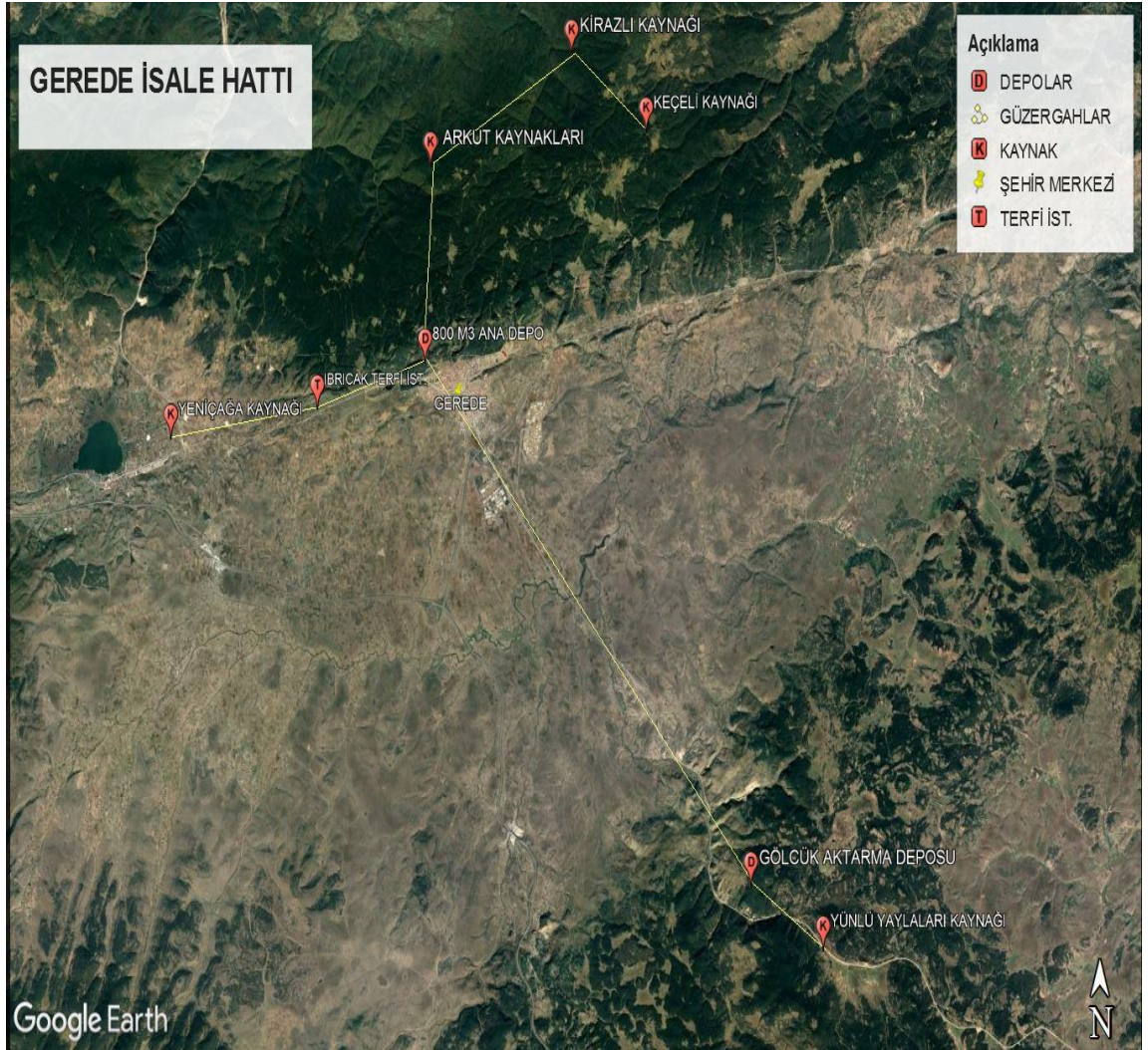
Gerede İlçesinde iki türlü sayaç tipi kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi klasik mekanik sayaçlar ikinci sayaç türü ise ön ödemeli kartlı sayaçlardır. Buna göre toplam abone sayısı 13,006 olup, bu abonelerin 11,151 'ü (%86) mesken abonesidir. Çizelge 2.1'de tarife türü, sayaç tipi ve adet bilgileri özet olarak verilmiştir.

Çizelge 2.2. Tarife türlerine göre su abonesi sayısı

TARİFE TÜRÜ	MEKANİK SAYAÇ	ÖN ÖDEMELİ KARTLI SAYAÇ	ADET
Mesken	6.701	4.314	11.015
Engelli-Şehit-Gazi	108	28	136
Ticarethane	680	667	1.347
Resmi daire	16	21	37
Vakıf-Dernek-Kurs	8	3	11
İlk-Ortaöğretim	18	20	38
Yükseköğretim	3	1	4
Yurt	8	2	10
İbadethane	-	17	17
Şantiyeler	304	87	391
Toplam	7.846	5.160	<b>13.006</b>

## 2.4. Şehrin İçme Suyu Sistemleri

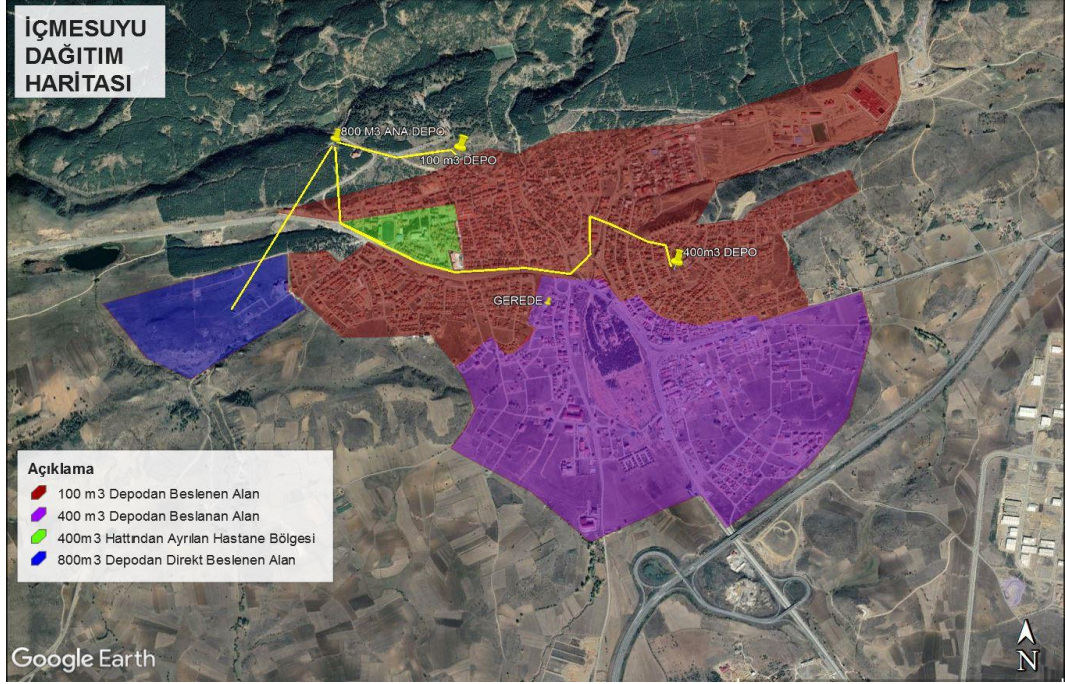
Gerede İlçesine içme suyu Belediye tarafından 800 m<sup>3</sup> hacimli ana depodan (800 m<sup>3</sup>'lük depo) dağıtılmaktadır. Ana depoya su temini ise Yeniçağa Kaynağı, Yünlü Yaylaları Kaynağı ve Keçeli Kaynağı olmak üzere 3 farklı kaynaktan olmaktadır. Keçeli Kaynağına Kirazlı ve Arkut Kaynaklarından bağlantılar mevcuttur. Su temini isale hatları Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Gerede İsale Hattı Görünümü (Google Earth 7.3.6, 2023 Gerede)

Ana depodan şehre dağıtım Dayıoğlu Mahallesinin bir kısmına (Göl Bölgesi) direkt olarak, diğer kısımlara 100 m<sup>3</sup> hacimli (100 m<sup>3</sup>'lük depo) ve 400 m<sup>3</sup> hacimli (400 m<sup>3</sup>'lük depo) ara depolarvasıtasıyla yapılmaktadır. Göl Bölgesinde 3 adet ev

bulunması ve yalnızca yaz aylarında ikamet olması sebebi ile bu bölgedeki kullanım ihmal edilmiş olup hesaplara  $800 \text{ m}^3$ 'lük,  $100 \text{ m}^3$ 'lük ve  $400 \text{ m}^3$ 'lük depolardan sağlanan kullanımlar katılmıştır. Şekil 2.3'de şehir içme suyu dağıtım gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.3. Gerede İlçesi İçme Suyu Dağıtım Alanları Haritası

## 2.5. Ana İsale Hatlarındaki Mevcut Durum Analizi

Gerede İlçesine içme suyu Belediye tarafından  $800 \text{ m}^3$ 'lük ana depodan dağıtılmaktadır. Ana depoya su temini ise Yeniçağa Kaynağı, Yünlü Yaylaları Kaynağı ve Keçeli Kaynağı olmak üzere 3 farklı kaynaktan olmaktadır.

### 2.5.1. Yeniçağ Terfi Hattı

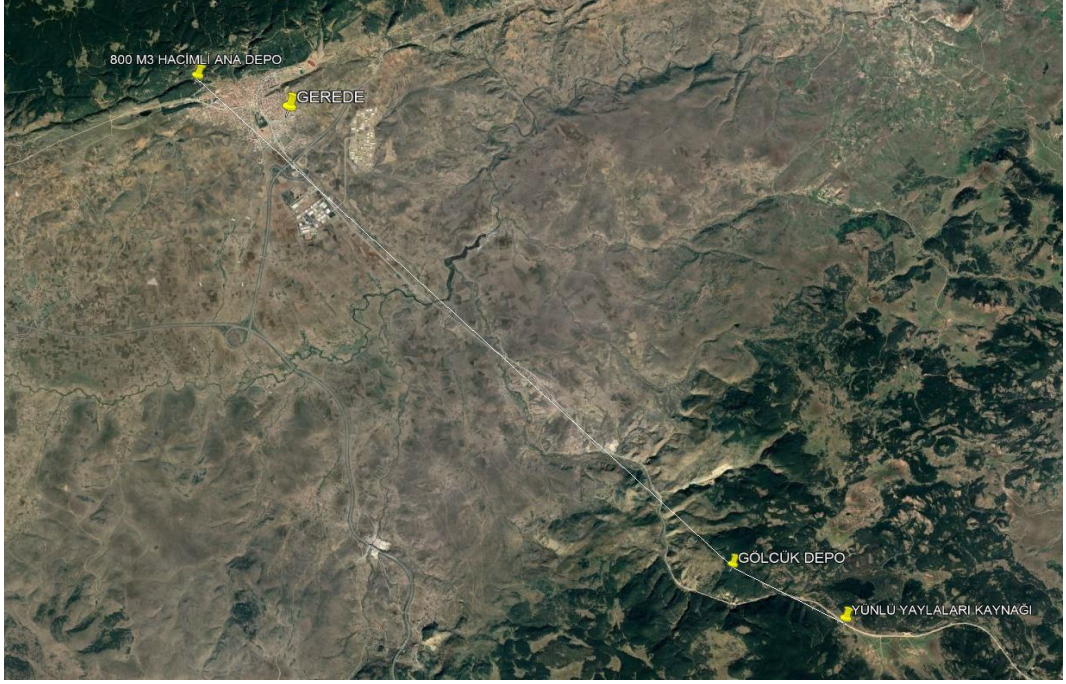
İlçeye 12 km mesafedeki Yeniçağa ilçesindeki kuyulardan pompalar vasıtasıyla çekilen kaynak suyu Yeniçağa Terfi İstasyonu ile önce 280 m yukarıdaki İbrıcak Terfi İstasyonuna ve oradan yine 135 m yukarıdaki (toplamda 415 metre) Gerede  $800$ 'lük ana su deposuna iletilmektedir. Şekil 2.4'de bu terfi hattı gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Yeniçağ İlçesinden Terfi Hattı

### 2.5.2. Yünlü Yayla Terfi Hattı

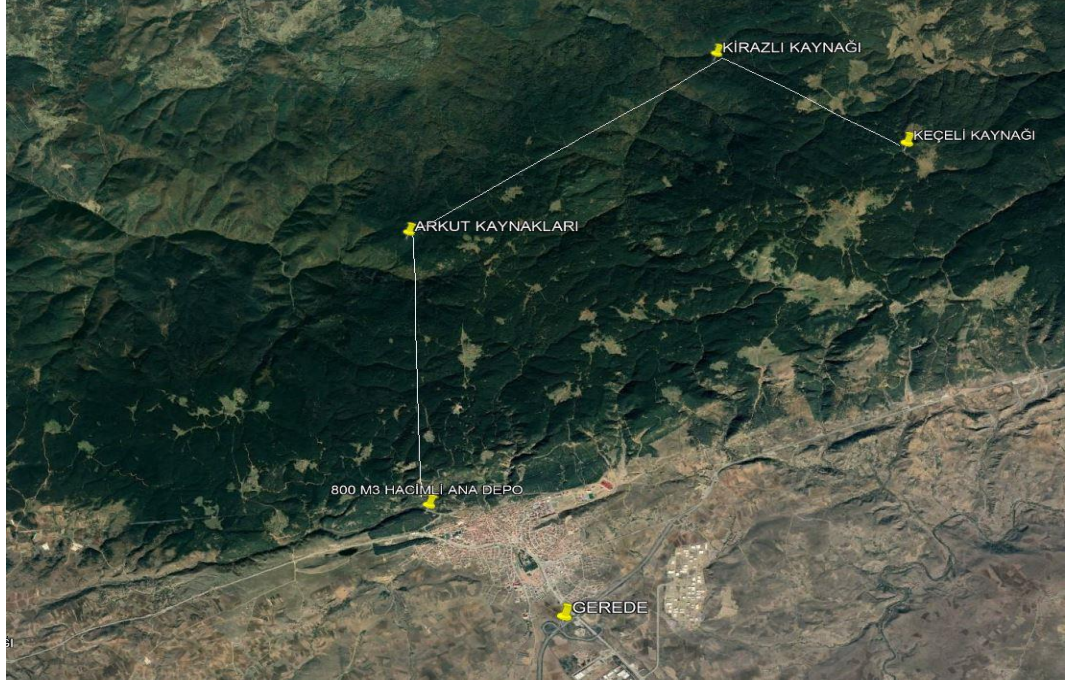
İlçeye 25 km mesafedeki Yünlü Yaylasından pompalar vasıtasıyla çekilen kaynak suyu Yünlü Terfi İstasyonu ile önce 100 m yukarıdaki Gölcük Depoya iletilmekte ve Gölcük depodan 800 m<sup>3</sup>'lük ana su deposuna cazibe ile iletilmektedir. Şekil 2.5'de bu terfi hattı gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Yünlü Yaylası Terfi ve Cazibeli Su Hattı

### 2.5.3. Arkut Dağı Keçeli Hattı

Üçüncü kaynak ise Arkut Dağı Keçeli kaynağıdır. Şehrin kuzeyinde yar alan yaklaşık 40 km mesafedeki Keçeli kaynağından getirilen bu kaynak suyuna Kirazlı ve Arkut kaynaklarından bağlantılar yapılmış ve tamamen cazibe ile 800 m<sup>3</sup>'lük ana su deposuna iletilmektedir. Şekil 2.6 'da bu terfi hattı gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Arkut Dağı Keçeli Kaynağı Cazibeli Su Hattı

Yer altı suyunun çoğaldığı veya azaldığı dönemlerde terfi ile getirilen Yeniçağa kuyuları devreden çıkarılmakta ya da devreye alınmaktadır.

## 2.6. Şehir Şebekesi Mevcut Durum Analizi

Bir isale hattı, su deposu ya da şebeke hattının beslediği toplam alan, hizmet alanı olarak tanımlanmıştır. Proje ve raporlamalarda kullanılacak olan “Hizmet Alanı ” su deposundan başlayarak hattın servis sağladığı bütün alan olarak tanımlanmıştır.

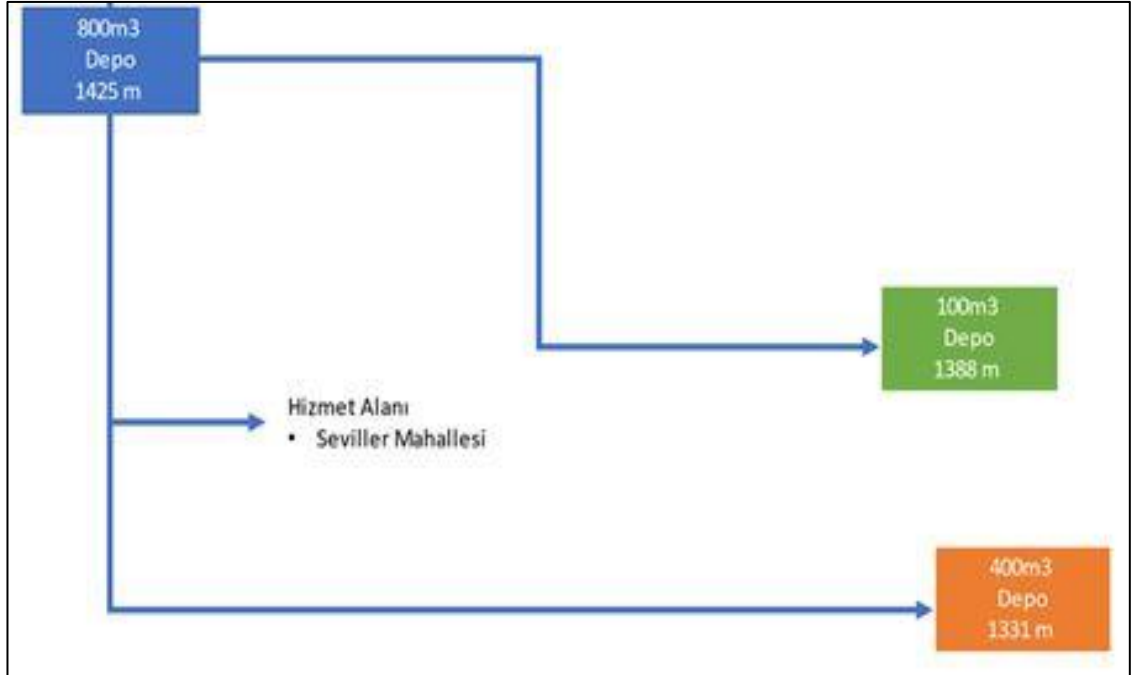
Hizmet Alanlarının bilinmesi, DMA tasarımlarının oluşturulmasında yardımcı olacaktır.

Gerede İlçesi 3 farklı hizmet alanına – depo kademesine bölünmüştür. Genel olarak hizmet alanları ve bilgileri sırasıyla verilmiştir.

- 800’lük Depo Hizmet Alanı
- 100’lük Depo Hizmet Alanı
- 400’lük Depo Hizmet Alanı

### 2.6.1. 800'lük Depo Hizmet Alanı

800'lük Depo Hizmet Alanı, adından da anlaşılacağı gibi, 800 m<sup>3</sup> hacmine sahip olan depodan beslenen alandır. Aslında bu depo Gerede'nin ana depolaması olarak çalışmakta, diğer iki depoya da su taşımaktadır. Bunun haricinde, şebeke içerisinde Seviller Bölgesi olarak adlandırılmış olan birinci hizmet alanı, yaklaşık 1345-1330 m kotları arası hizmet vermektedir. Deponun kendi kotu (deniz seviyesinden yüksekliği) 1425.00 m'dir. 800 m<sup>3</sup>'lük depodan bir hat 100 m<sup>3</sup>'lük depoya, diğer bir hat ise 400 m<sup>3</sup>'lük depoya gitmekte, ana hat 400 m<sup>3</sup>'lük depoya giderken Lise Sokak sonundan branşman vererek Seviller Mahallesi'ni beslemektedir. Şekil 2.7'de 800 m<sup>3</sup>'lük depo hizmet alanı şeması, Şekil 2.8'de bu hizmet alanının uydu görüntüsündeki görseli verilmiştir. Şekil 2.9'da ise Seviller mahallesinin bu depodan hizmet alanı görünümü verilmiştir.

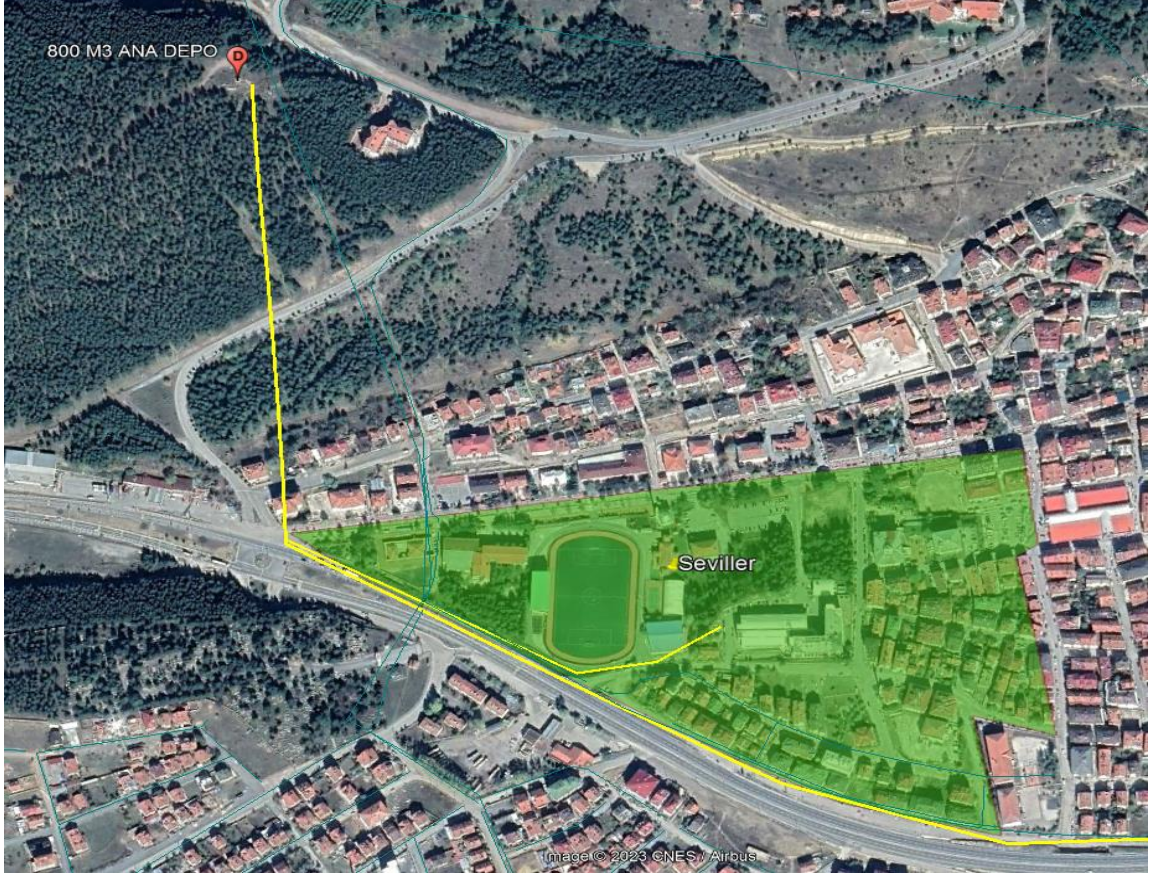


Şekil 2.7. 800 m<sup>3</sup>'lük Hizmet Alanı Şeması



Şekil 2.8. 800 m<sup>3</sup>'lük Hizmet Alanı Uydu Görüntüsü

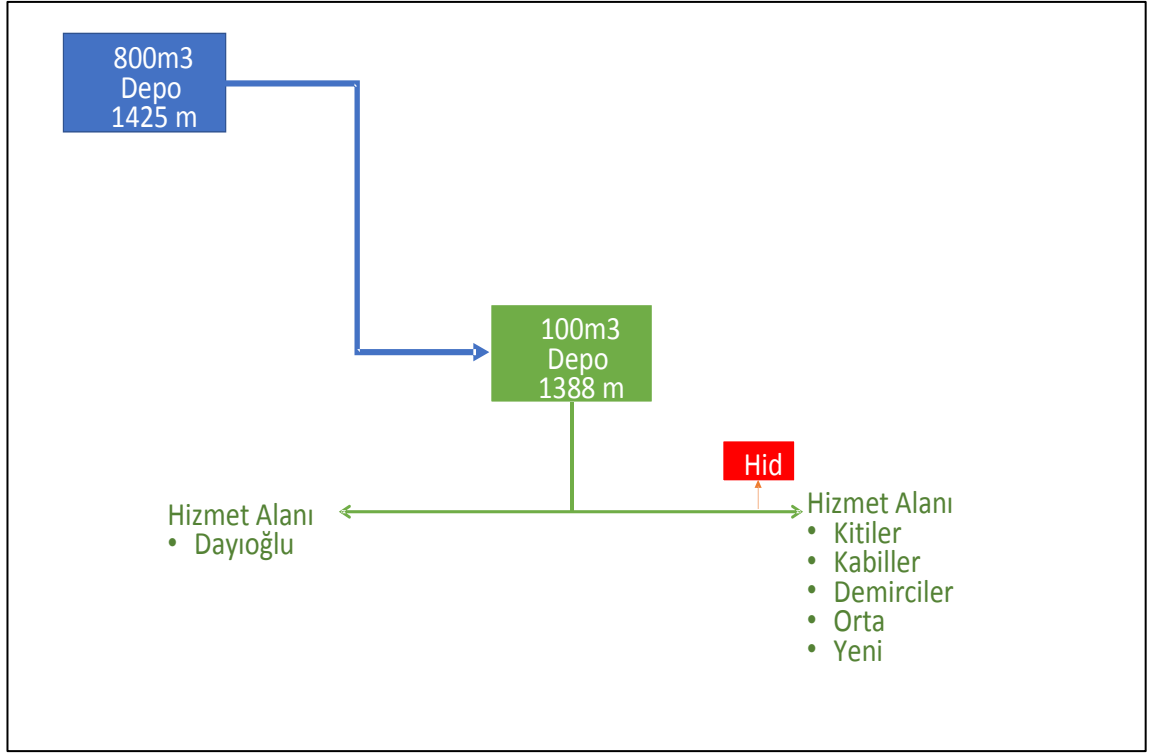




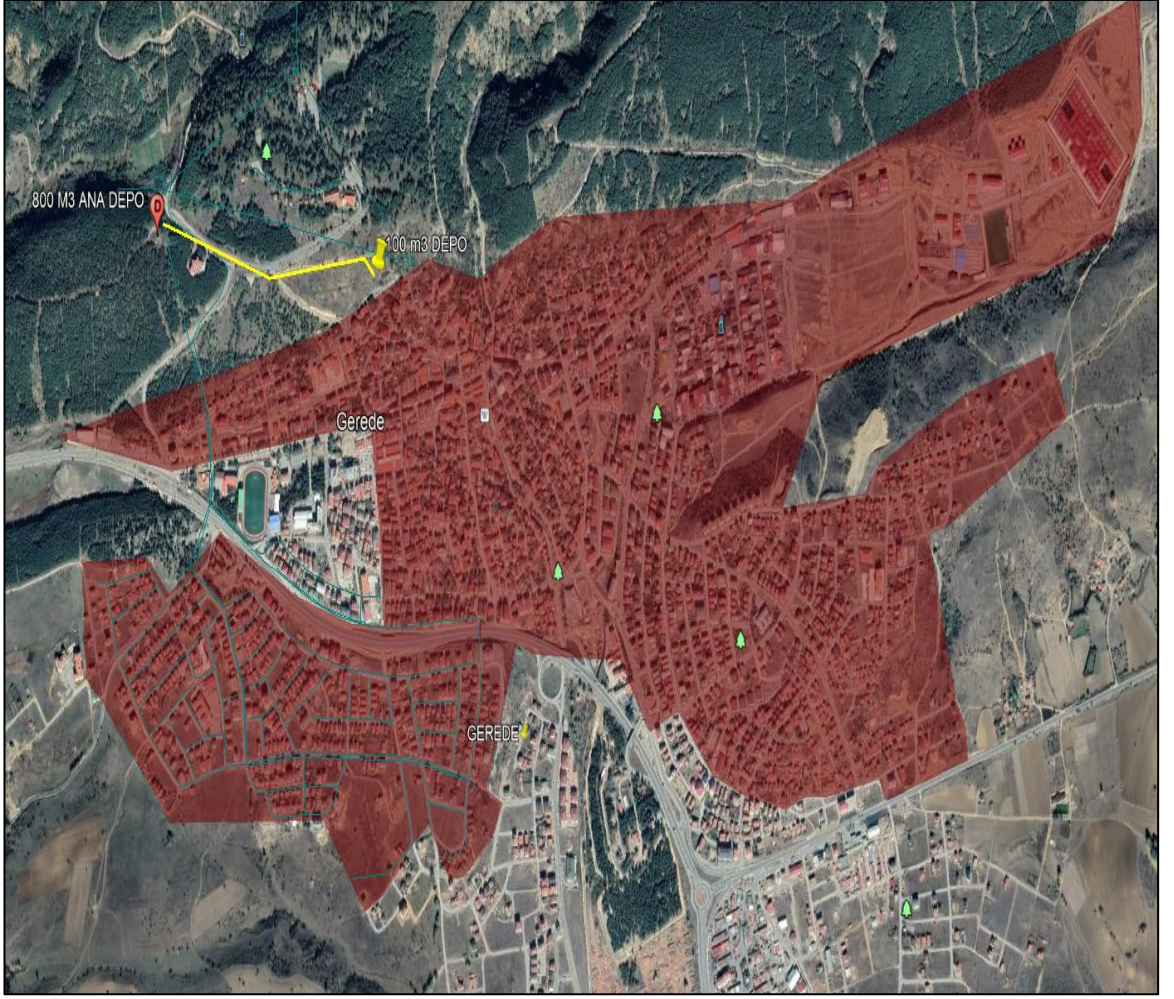
Şekil 2.9 Seviller Mahallesi Hizmet Alanı Uydu Görüntüsü

### 2.6.2. 100'lük Depo Hizmet Alanı

100 m<sup>3</sup>'lük Depo Hizmet Alanı, 800 m<sup>3</sup>'lük depo tarafından beslenen 100 m<sup>3</sup>'lük deponun hizmet verdiği alan olarak tanımlanmıştır. Depo Kotu 1388.00 m olup, 1375.00 m–1295.00 m kotları arasındaki alanı beslemekte, hizmet alanının içerisinde 1 adet hidrofor hizmet noktası bulunmaktadır. Şekil 2.10'da 100 m<sup>3</sup>'lük depo hizmet alanı şeması, Şekil 2.11'de bu hizmet alanının uydu görüntüsü verilmiştir.



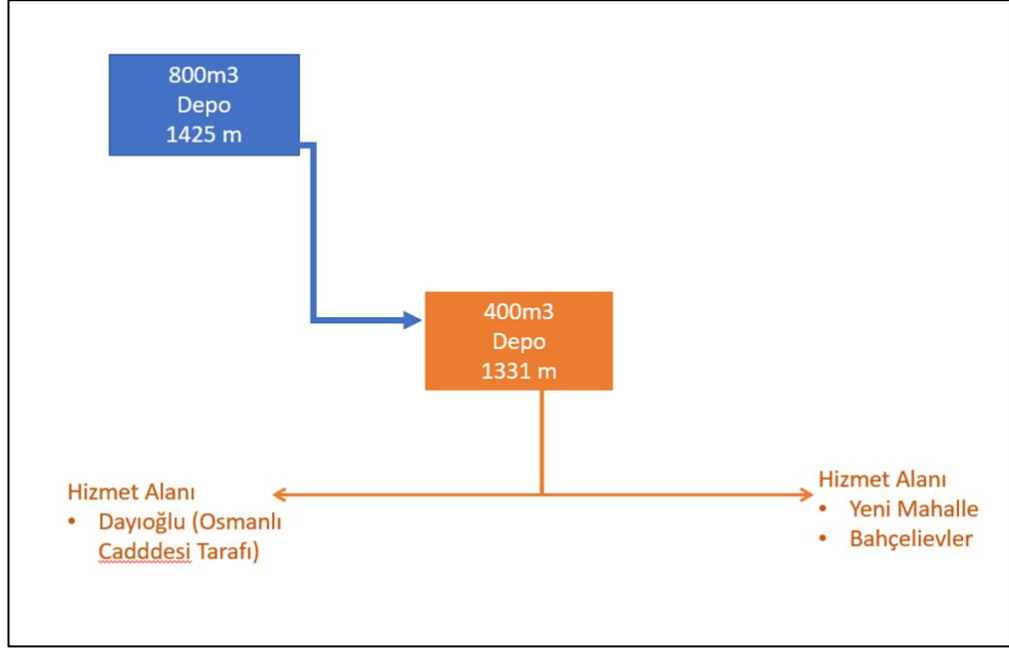
Şekil 2.10. 100 m<sup>3</sup>'lük Hizmet Alanı Şeması



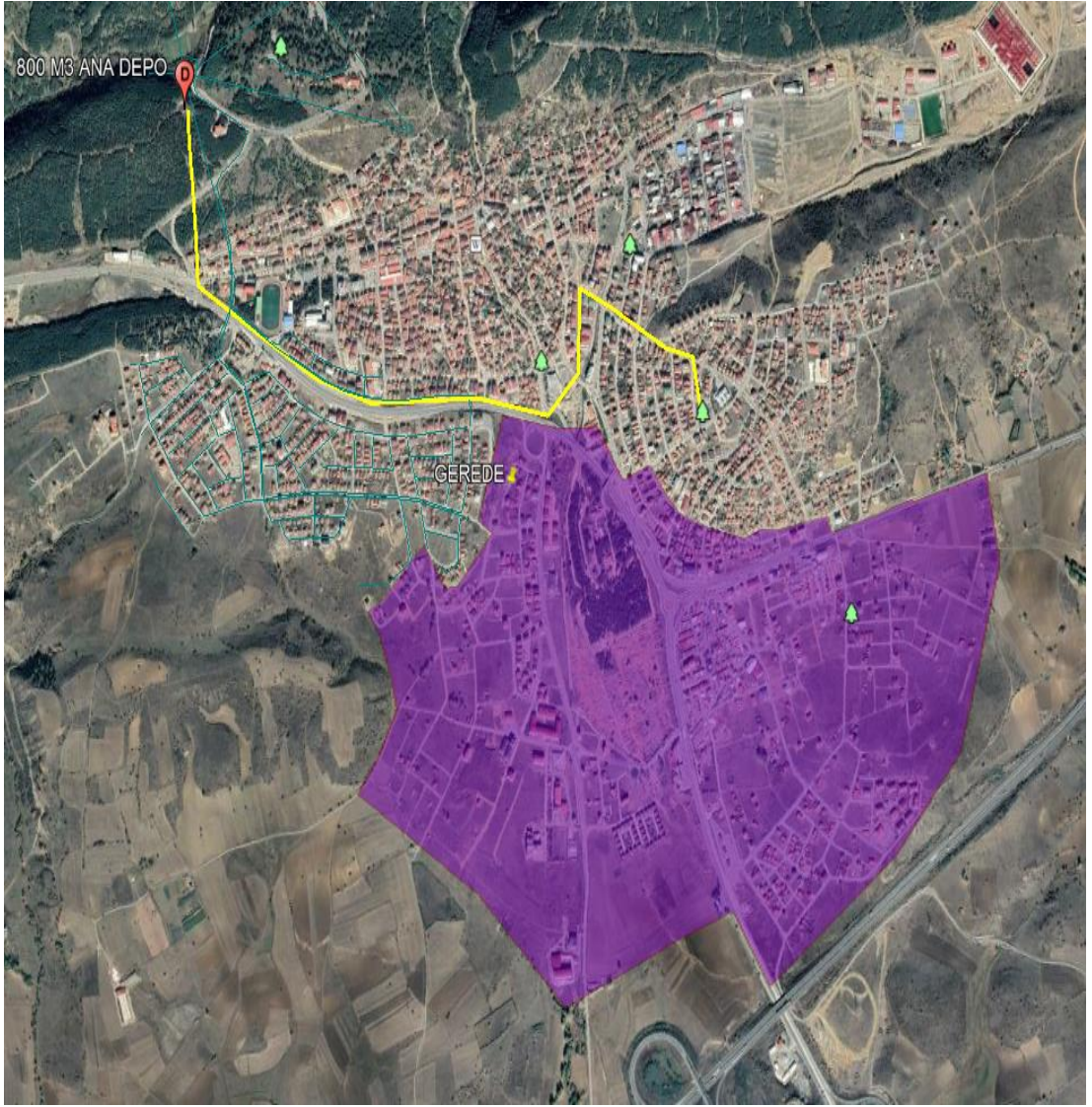
Şekil 2.11. 100 m<sup>3</sup>'lük Hizmet Alanı Uydu Görüntüsü

### 2.6.3. 400 m<sup>3</sup>'lük Depo Hizmet Alanı

400 m<sup>3</sup>'lük depo hizmet alanı yaklaşık 1315.00 m – 1245.00 m kotları arası hizmet vermektedir. Depo 'nun kotu 1331.00 m'dir. Şekil 2.12'de bu deponun hizmet alanı şeması, Şekil 2.13'de hizmet alanı uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.12. 400 m<sup>3</sup>'lük Hizmet Alanı Şeması

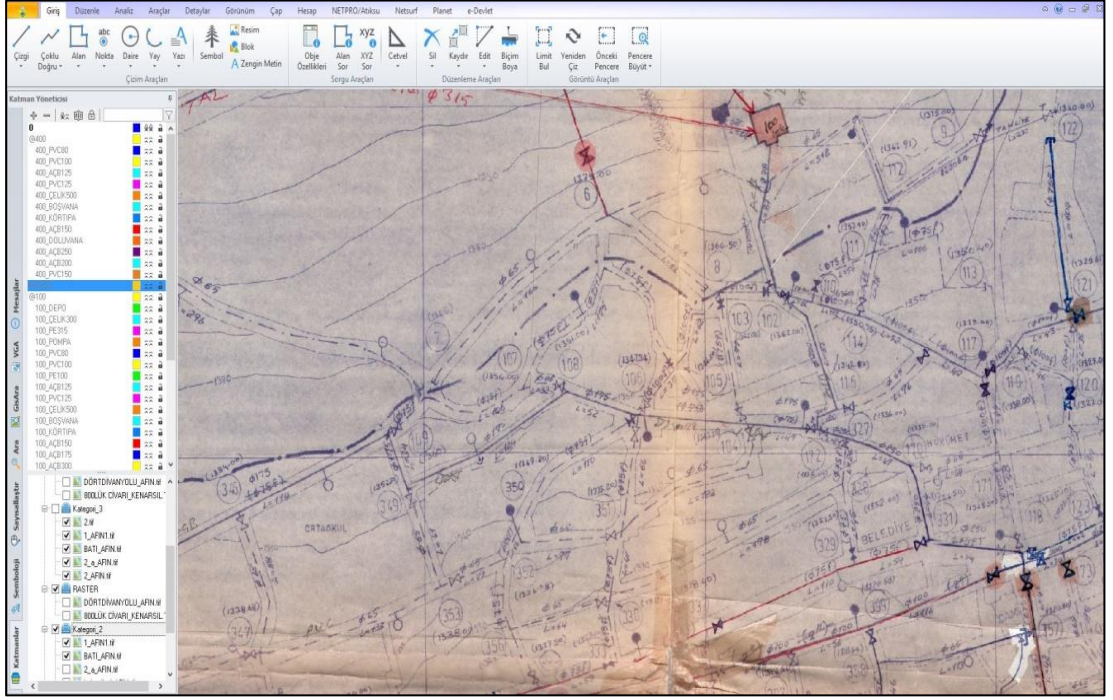


Şekil 2.13. 400 m<sup>3</sup>'lük Hizmet Alanı Uydu Görüntüsü

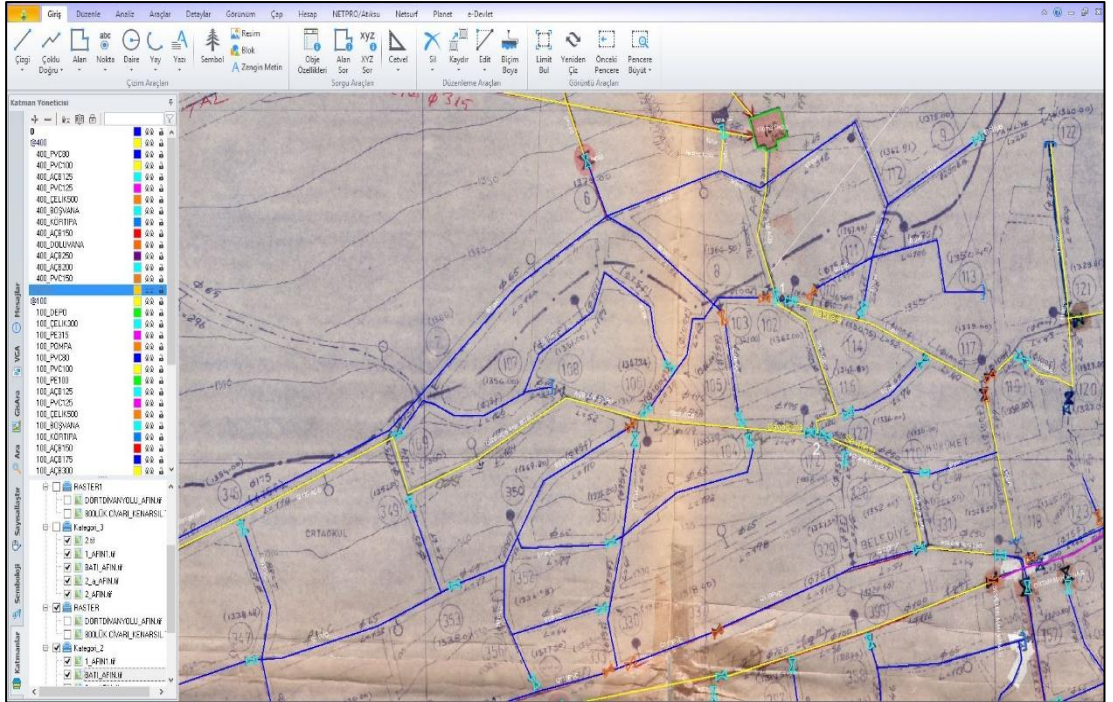
## 2.7. Şehrin İçme Suyu Şebekesinin Sayısallaştırılması

Gerede Belediyesi Su ve Kanlızasyon İşleri Müdürlüğünden 1981 yılında İller Bankası marifetiyle Gerede İlçesi için İçme Suyu Şebeke İnşaat Planı hazırlandığı buna göre içme suyu hattı döşeme işleminin yapıldığı, ilerleyen süreç içerisinde yenilemeler ve ilaveler olduğu öğrenilmiştir. İncelemelerimiz neticesinde bu süreçte

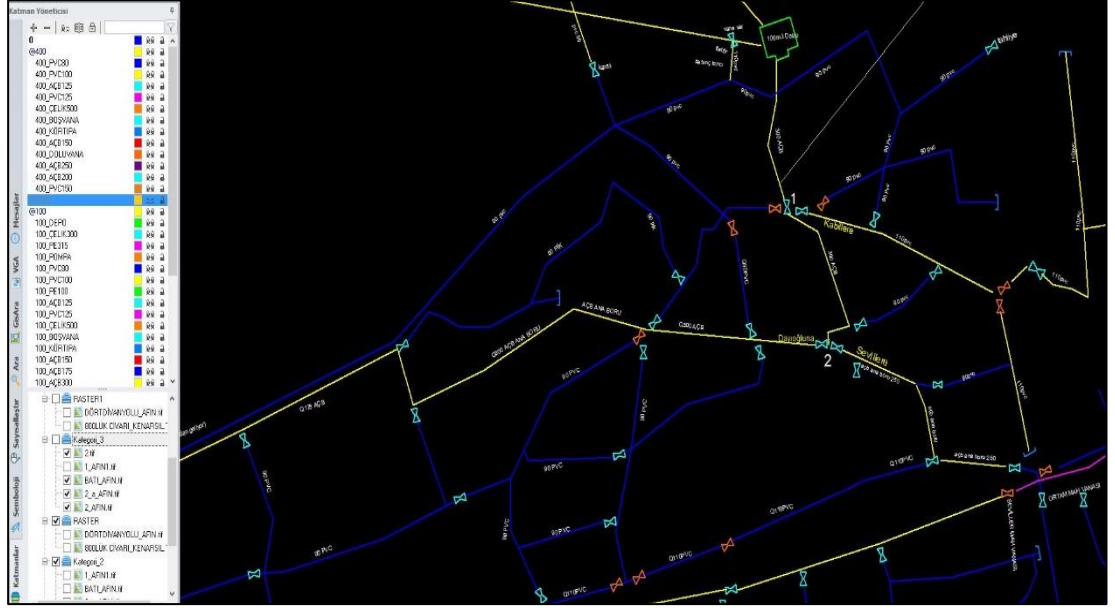
haritalara işlenmeyen hatlar, unutulmuş vanalar v.b. enstrümanlar olduğu personelin hafızasındaki bilgiler doğrultusunda işlemler devam ettiği anlaşılmıştır. İller Bankası tarafından hazırlanan planlar üzerine elle işlenen notlar ve çizimler mevcuttur. Bu planların fazlasıyla yıpranmış olduğu görülmüştür. Gerede İlçesi için İçme Suyu Şebeke İnşaat Planı hassas scanner makinelerinde taratılarak NetCad programında raster olarak açılmış ve üzerinden hat cinsine göre tabakalara ayrılarak çizim yapılmıştır (sayısallaştırılmıştır). Sayısallaştırma işlemi tamamlandıktan sonra analiz modülü ile hat cinsleri, uzunlukları, çapları, vana ve hidrant yerleri tespit edilmiştir. Şekil 2.14'den Şekil 2.17'ye kadar taraması yapılan şebeke planı verilmiştir. Yapılan bu çalışma ile Gerede Belediyesi İçme Suyu Sisteminin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) verileri oluşturulmuş ve Hidrolik Modelleme çalışmalarına altyapı hazırlanmıştır. CBS verileri kullanılarak boru (geometrisi, çap, malzeme vb.) verileri ile boruların başlangıç ve bitiş noktalarını belirleyen nokta bilgileri, Sistemin Depolardan başlayarak boru çaplarına göre hizmet alanları, birbiriyle bağlantıları, birleşim noktaları ve kapalı vanalar, ayırım ve sınır belirlemesi tespit edilebilmektedir. Sistemde terk edilmiş ve kullanılmayan borular, düğüm nokta kotları, vanalar ve açık-kapalı durumları, her bir depo kademesi hizmet alanları görülebilmektedir. Hidrolik modelde amaç ise; mevcut su dağıtım şebekesinin nasıl işlediğinin yerinde ve bilgisayar ortamında anlaşılmasını sağlamak, mevcut durum modellendikten ve analiz edildikten sonra gerek işletme açısından, gerekse su kaçaklarının azaltılması açısından model verileri kullanılarak analizinin yapılmasıdır. Örneğin 400 m<sup>3</sup>'lük deponun kotu 1331.00 m olarak verilmiştir. Dolayısıyla bu depo hattından beslenen bir binanın giriş basıncı ve binanın yaklaşık kotu toplamı hidrolik basıncı vereceği için eğer ölçüm noktasında bulunan hidrolik kot 1331.00 m'nin üzerinde ise bu binanın bu depodan değil bir üstteki depodan beslendiği tespit edilebilmektedir.



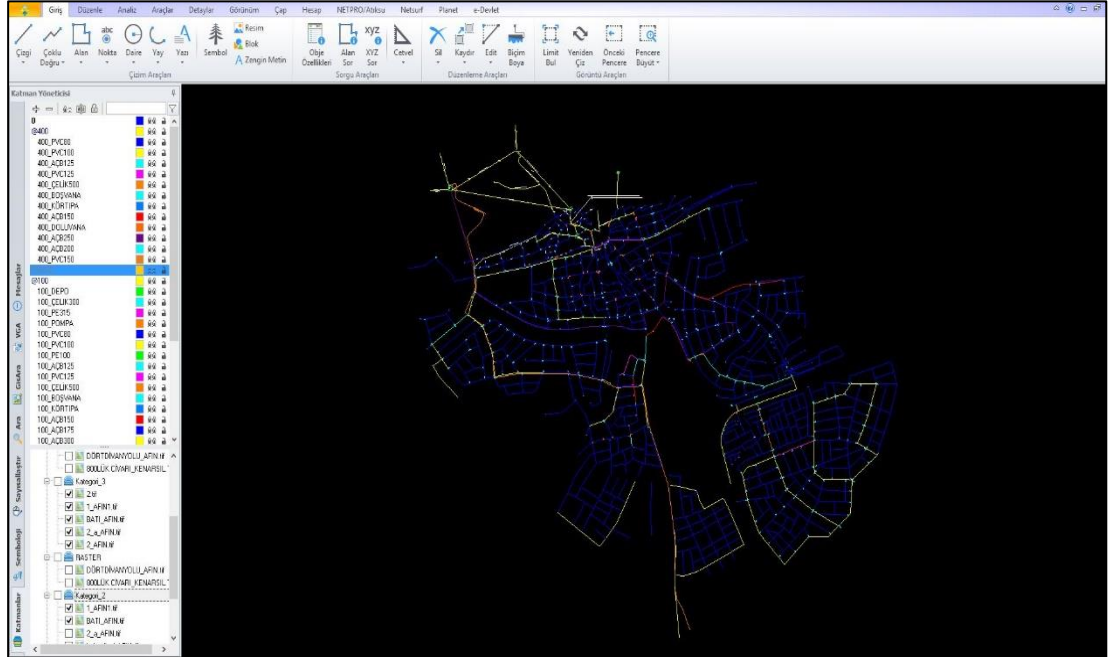
Şekil 2.14. Taraması Yapılan Şebeke Planı



Şekil 2.15. Taraması Yapılan Şebeke Planı Bağlantı Çizimleri



Şekil 2.16. Taraması Yapılan Şebeke Planı Katmanları



Şekil 2.17. Şebeke Planı Taraması Son Hali

Necad programının hesaplama modülleri üzerinden şehir şebeke projesine göre boru çeşit ve çapları ile uzunlukları ve oranları Çizelge 2.3’de gösterilmiştir. Çizelge 2.4’de ise vana çeşit ve adetleri gösterilmiştir.



Çizelge 2.3. Şebeke Hattındaki Boru Cinslerinin Çap ve Uzunlukları

<b>Boru Çapları ve Malzemeleri</b>	<b>Boru Uzunlukları (m)</b>	<b>%</b>
DN 65 PVC	22947,25	20,11
DN 75 PVC	6874,25	6,02
DN 80 PVC	57453,54	50,35
DN 100 PVC	16394,78	14,37
DN 125 PVC	2207,94	1,94
DN 150 PVC	659,54	0,58
DN 200 PVC	770,57	0,67
DN 125 Asbest Çimento Boru (AÇB)	2535,34	2,22
DN 150 Asbest Çimento Boru (AÇB)	1679,09	1,47
DN 175 Asbest Çimento Boru (AÇB)	1811,46	1,59
DN 200 Asbest Çimento Boru (AÇB)	108,40	0,09
DN 250 Asbest Çimento Boru (AÇB)	478,76	0,42
DN 300 Asbest Çimento Boru (AÇB)	191,63	0,17
<b>Toplam Boru Uzunluğu</b>	<b>114112,55</b>	<b>100</b>

Çizelge 2.4. İçme Suyu Şebekesindeki Van Cins ve Adetleri

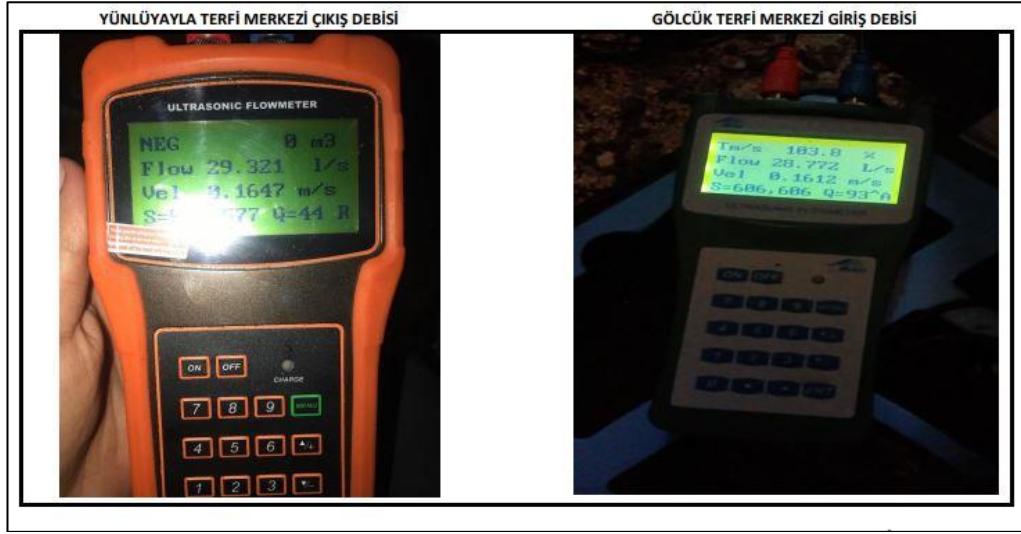
<b>Vana Çeşidi</b>	<b>Adet</b>
KAPALI VANA	79
AÇIK VANA	366
<b>Toplam</b>	<b>445</b>

## 2.8. Ana İsale Hatlarında Kayıp Kaçak Araştırması

Bu tez çalışmasında kayıp-kaçak araştırmasında, UFP-20 ultrasonik debimetre ölçüm cihazı kullanılmıştır. Bu bölümün alt başlıklarında kaynak ile depo arasındaki debi ölçümleri verilmiştir.

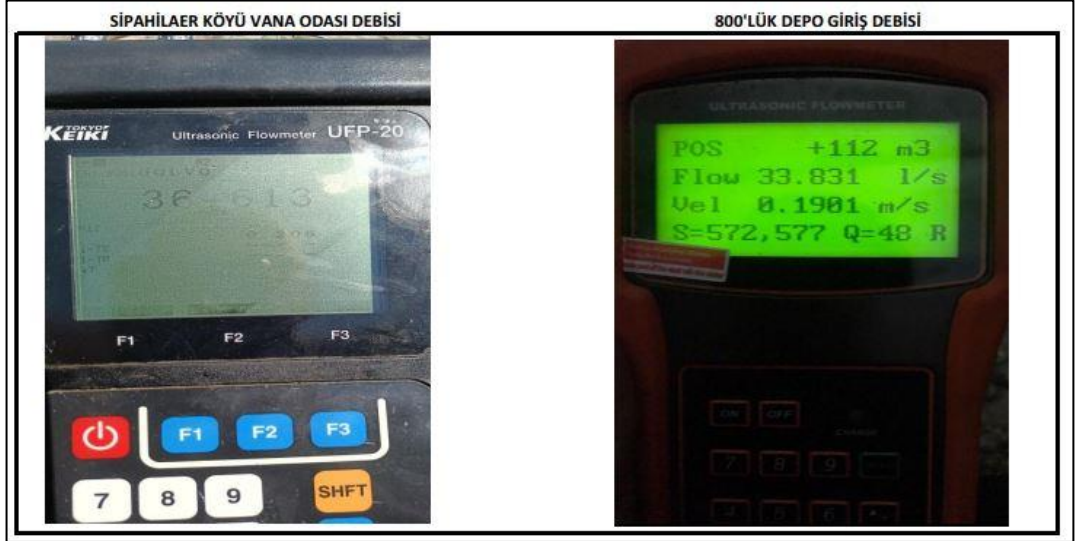
### 2.8.1. Yünlü Yaylası Kaynağı ile 800 m<sup>3</sup>'lük Depo Arası

Yünlü Yaylasından Gölcük depoya  $\varnothing=500\text{mm}$  çelik borular ile 100 metre terfi yapılmaktadır. 15/06/2022 tarihinde yapılan debi ölçümünde Yünlü Yaylası terfi merkezindeki çıkış debisi 29,32 lt/sn, Gölcük Depo giriş debisi ise 28,77 lt/sn ölçülmüştür. Bu hatta 0.55 lt/sn kayıp-kaçak olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 2.18'de ölçülen debiler gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Yünlü Yayla Terfi Çıkış ve Gölcük Depo Giriş Debi Ölçüm

Gölcük depodan 800'lük ana depoya gelen hatta debi ölçümü yapılmak istensede depoya giren suyun aynı oranda çıkış yapması ve borunun tam dolu olamaması nedeni ile çıkış debi ölçümü yapılamamıştır, buna karşın ara noktadaki Siphahiler Köyünde bulunan vana odasında 17/06/2022 tarihinde ölçüm yapılmış ve 36,61 lt/sn. okunmuştur. Ana depoya giriş ise 33,83 lt/sn okunmuştur. Bu hatta 2,78 lt/sn kayıp-kaçak olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 2.19'da ölçülen debiler gösterilmiştir.

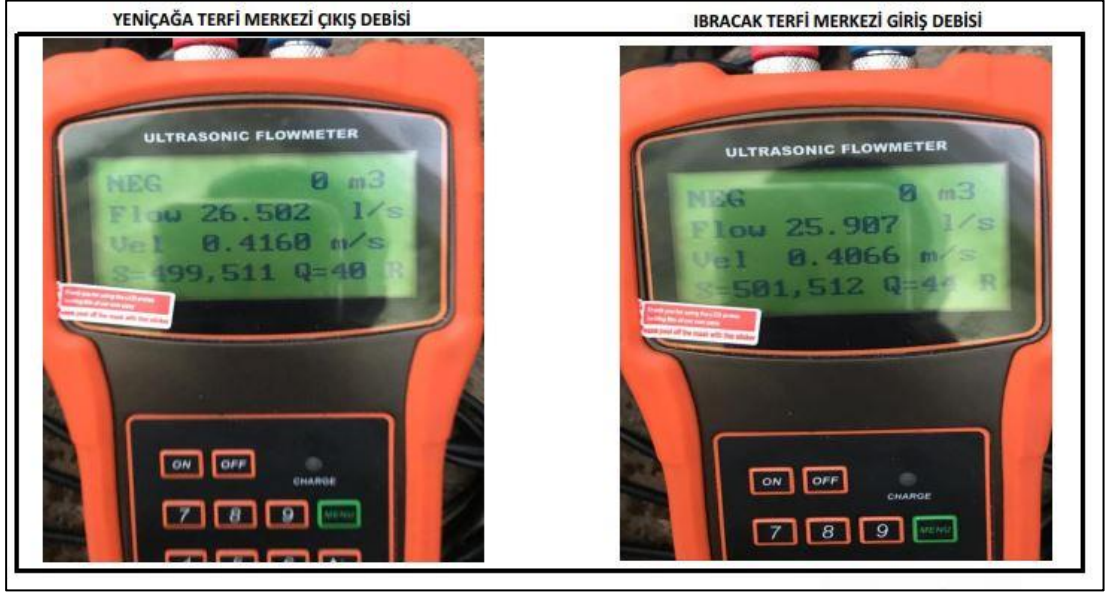


Şekil 2.19. Sipahiler Köyü Vana Odası ve Depo Giriş Debi Ölçümü

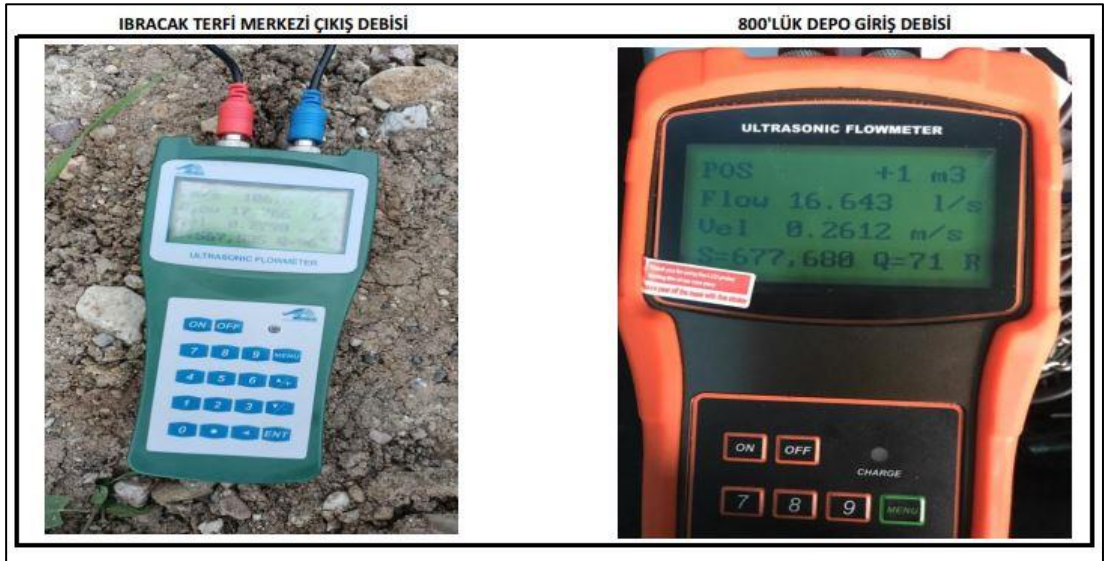
Bu kapsamda Yünlü yaylaları ile Gerede Merkez 800m<sup>3</sup>'lük ana depo arası 25 km. olup bu mesafede toplamda 3.33 lt/sn kayıp-kaçak olduğu belirlenlenmiştir.

### 2.8.2. Yeniçağ Kaynağı ile 800 m<sup>3</sup>'lük Depo Arası

İkinci olarak Yeniçağa'dan şehir Ana deposuna gelen hat incelenmiştir. Yeniçağa Kaynak kuyularından alınan su 300 mm çelik borular önce 6 km mesafedeki Ibrıcak deposuna (280 m) terfi yapılmaktadır daha sonra 4,50 km mesafedeki 800m<sup>3</sup>'lük ana depoya (135 m) terfi edilmektedir. 16/06/2022 tarihinde yapılan debi ölçümlerinde Yeniçağa terfi merkezinden çıkışında 26,50 l/sn su ölçülmüşken Ibrıcak Deposuna girişte 25,90 lt/sn ölçülmüştür. Yine Ibrıcak terfi istasyonundan çıkışta 17,76 lt/sn ölçülmüşken Ana depoya girişte 16,64 lt/sn ölçülmüştür. Şekil 2.20 ve Şekil 2.21'de bu debi ölçümleri gösterilmiştir.



Şekil 2.20. Yeniçağa Terfi Merkezi Çıkış ve Ibracak Terfi Merkez Giriş Debi Ölçüm



Şekil 2.21. Ibracak Terfi Merkez Çıkış ve 800 m<sup>3</sup>'lük Depo Giriş Debi Ölçüm

Bu kapsamda Yeniçağa-Ibracak-800m<sup>3</sup> hacimli Ana depo hattında toplamda 1,72 l/sn su kayıp-kaçak tespit edilmiştir.

### 2.8.3. Arkutdağı Keçeli Kaynağı ile 800 m<sup>3</sup>'lük Depo Arası

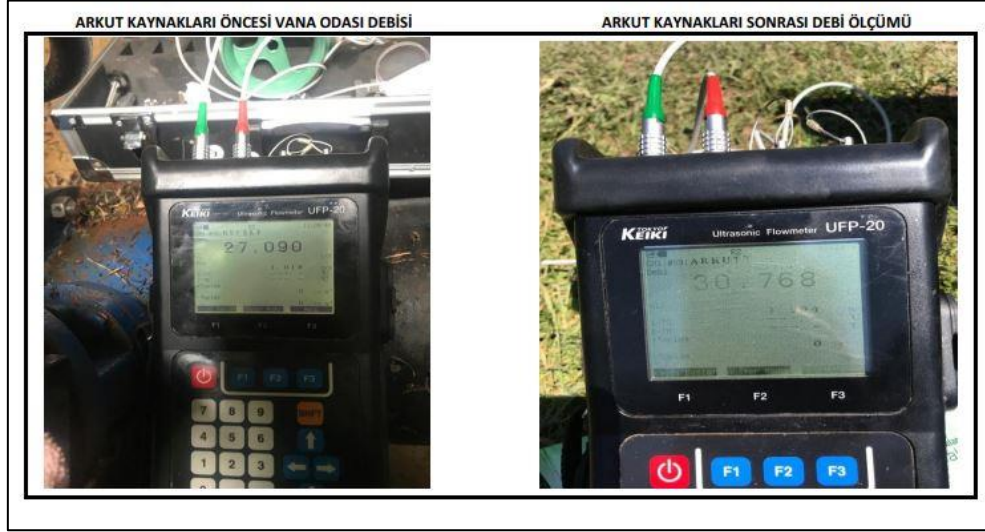
Üçüncü olarak Keçeli Kaynağı ile 800 m<sup>3</sup> hacimli ana depo arasındaki hat incelenmiştir. Keçeli Kaynağı çıkış debisi 11,20 l/sn ölçülmüşken Keçeli Kirazlı

birleşim noktasında yapılan debi ölçümünde 27,05 lt/sn ölçülmüştür, buradan Kirazlı kaynağının katkısının 15,85 lt/sn olduğu anlaşılmıştır. Bu debi ölçümü Şekil 2.22’de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Keçeli Kaynağı Çıkış ve Keçeli-Kirazlı 1-2 Kaynak Birleşim Çıkış Debi Ölçümü

Arkut Kaynakları öncesi vana odasında yapılan debi ölçümünde 27,09 lt/sn ölçülmüş olup buradan Kirazlı-Arkut Kaynakları arasında bir kayıp-kaçak olmadığı anlaşılmıştır. Bu debi ölçümü Şekil 2.23’de gösterilmiştir.



Şekil 2.23. Arkut Kaynak Öncesi Vana Odası ve Arkut Kaynak Sonrası Debi Ölçümü

Arkut Kaynakları sonrasında yapılan debi ölçümünde ise 30,76 lt/sn okunmuş olup Arkut Kaynaklarının 3,67 lt/sn katkısının olduğu anlaşılmıştır. Arkut Kaynakları sonrasında yapılan ölçümde ise 30,76 lt/sn okunmuş ve 800 m<sup>3</sup> hacimli depo girişine yakın mevkiideki Balıkhane bölgesinde yapılan debi ölçümünde 29,5 lt/sn ölçülmüş ve 1,26 lt/sn kayıp-kaçak olduğu anlaşılmıştır.

## 2.9. 800 m<sup>3</sup>'lük Ana Depo ile 400 m<sup>3</sup>'lük Ara Depo Arası

800 m<sup>3</sup>'lük ana depo ile 400 m<sup>3</sup>'lük ara depo arasında yapılan debi ölçümleri şu şekildedir, Ana depodan 400'lük depoya giden hattın Seviller Bölgesi olarak adlandırılan hat ayrılmaktadır. Seviller Bölgesinin vanası kapatılarak yapılan ölçümlerde ana depodaki çıkış debisi 14,91lt/sn ve 2 nolu depoya giriş deposu 14,61 lt/sn olarak ölçülmüştür. Bu durumda depolar arasında da bir kayıp kaçak olmadığı anlaşılmıştır. Şekil 2.24'de büyük depo çıkış ve 400 m<sup>3</sup>'lük depo giriş debisi ölçümleri gösterilmiştir.



Şekil 2.24. Büyük Depo Çıkış ve 400 m<sup>3</sup>'lük Depo Giriş Debi Ölçüm

### 2.10. 800 m<sup>3</sup>'lük Ana Depo ile 100 m<sup>3</sup>'lük Ara Depo Arası

Gerede Belediyesi Su ve Kanalizasyon ekiplerinden alınan bilgiye göre ana depo ile 100 m<sup>3</sup> lük depo arasındaki hattın 2020 yılında yenilendiği ve herhangi bir kayıp kaçağın olmayacağı öngörülmüştür. Bu hatta herhangi bir ölçüm yapılmamıştır. Yukarıdaki verilere göre isale hatlarında ve ana borulardaki kayıp kaçak miktarları belediye birimlerine bildirilmiştir.

### 2.11. Standart Su Dengesi Tablosunun Oluşturulması

12 Ekim 2017 tarih ve 30208 sayılı Resmi Gazete ile yayımlanan İçme Ve Kullanma Suyu Temini Ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik EK-1 1.3.2.2.1 maddesinde (Çizelge 2.5'de) verilen değerlerle, tahakkuklardan elde edilen kişi başı su tüketimi karşılaştırılarak, Evsel Su İhtiyacı hesaplanmasında kullanılacak kişi başı su tüketim değeri belirlenir. Tahakkuk verileri sağlıklı bir şekilde elde edilemiyorsa, kişi başı net su tüketim miktarı kabulünde, yerleşim alanının refah düzeyi, iklim durumu ve tüketim alışkanlıkları dikkate alınarak, Tablo 4.2'de verilen aralıklar kullanılır. Kabul edilen kişi başı evsel su ihtiyacı, çalışma alanının refah düzeyi dikkate alınarak, 35 yıllık bir projeksiyonla % 1 ile % 0.1 aralığında değişen oranlarla artırılır. (İLBANK, 2013)

Çizelge 2.5. Nüfusa Bağlı Evsel Birim Su Tüketimi

Nüfus (N) (kişi)	Evsel Birim Su Tüketimi (evsel) (l/kişi/gün)
$N \leq 50.000$	80 - 100
$50.000 < N \leq 100.000$	100 - 120
$100.000 < N$	120 – 140

Gerede ilçesinin nüfusu 2022 yılı TÜİK verilerine göre 23879 dur ancak aktif nüfus 24000 olduğu bilinmektedir. 12 Ekim 2017 tarih ve 30208 sayılı Resmi Gazete ile yayınlanan İçme Ve Kullanma Suyu Temini Ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik EK-1 1.3.2.2.1 maddesinde kişi başı su tüketimi, 100 lt/gün olduğu belirtilmektedir. Gerede İlçesinin yerleşim alanının refah düzeyi, iklim durumu ve tüketim alışkanlıkları dikkate alınarak bu değer 110 lt/gün alınmıştır.

İlçenin saniyedeki su ihtiyacı İller Bankası yöntemine göre Eşitlik 2.1 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$Q_{insan} = (N_g * Q_{evs})/86400 \quad (2.1)$$

N=Nüfus, Q=Su Tüketimi

$24000 * 110 / 86400 = 30,50$  lt/sn çıkmaktadır. Gerede Belediyesi Su Tahakkuk Servisinden alınan bilgiler Şekil 2.25 ve Şekil 2.6 ve Çizelge 2.6'da verilmiştir.



GEREDE BELEDİYESİ  
2022/1-2022/12 Dönemlerine Ait  
1-11 Defterler Arası

Tarih : 14/03/2023  
Saat : 11:58  
Sayfa : 1

Su	Su M3	Su Tutarı	Abk Su M3	Abk Su Tutarı	Diğer Ücretler Toplamı		Toplam Ödeyen Kişi Sayısı	
1.Dilim	361.905	1.527.788,89	361.853	415.489,00	Toplam Bakım TL.	2.259,00	Toplam Ödenen Fatura Toplamı	3.808
2.Dilim	21.207	60.516,64	21.202	21.006,00	Toplam Föy TL.	229.473,00	Bakiye Kalan Fatura Toplamı	2.078.244,62
3.Dilim		,00		,00	Toplam K.D.V. TL.	84.334,94	Bakiye Kalan Kişi Sayısı	887
4.Dilim		,00		,00	Toplam Kanalı TL.	,00	Gecikme Zammı Toplamı	33.095,74
5.Dilim		,00		,00	Toplam Çeşitli TL.	,00	Toplam Ödeme Miktarı	2.111.340,36
6.Dilim		,00		,00	FATURALAR TOPLAMI	2.370.805,24	Ödenen / Ödemeyenlerin Para %	88
7.Dilim		,00		,00			Ödenen / Ödemeyenlerin Kişi %	81
8.Dilim		,00		,00				
9.Dilim		,00		,00				
TOPLAM	363.112	1.618.305,53	143.191	436.422,00				

Abone Tipi	Abone Sayısı	Fatura Sayısı	Hane Sayısı	Sarıfiyat M²	Toplam Tutar	Ödeyen Kişi	Ödeme Tutarı	Bakiye Kişi	Bakiye Tutarı
MESKEN	3.403	27.396	27.475	250.736	1.308.585,48	3.104	1.160.459,15	694	148.115,56
TICARETHANE(50 M2)	226	1.351	1.312	11.880	110.201,29	192	81.186,03	72	29.015,26
ÖZURLU/SEHİT-GAZI	31	298	298	3.197	7.589,96	30	7.589,96	0	20,90
MESKEN	147	1.114	1.285	11.322	56.172,72	139	52.349,51	27	6.823,21
VAKIF-DERNEK-KURU	2	10	10	877	1.243,43	1	1.243,61	1	1,82
BEÇİCİ MESKEN	106	713	713	6.424	33.514,67	104	31.553,33	12	1.961,34
SANTİYELER	62	193	194	3.532	38.310,24	55	33.758,76	14	3.165,28
RESMİ DAİRELER	17	109	125	14.740	138.787,13	15	109.787,64	6	28.979,49
OKUL (İlköğretim-Orta)	20	114	114	32.394	296.018,07	17	268.109,04	9	27.909,03
RESMİ DAİRE (Banka)	4	27	27	309	2.127,90	4	1.830,23	1	297,67
RESMİ DAİRE(Hastane)	3	15	15	10.510	74.015,41	3	74.015,41	0	,00
OKUL (Yüksek öğretim)	2	2	2	6.367	44.075,56	2	44.075,56	0	,00
OKUL(Öğrenci yurdu 20)	2	11	11	13.076	96.796,29	2	96.796,29	0	,00
TICARETHANE(100 m2)	49	279	288	2.350	21.753,09	48	17.819,96	17	3.933,13
TICARETHANE(100 M2)	43	242	242	3.407	31.524,16	37	27.755,95	9	3.768,21
TICARETHANE(50 M2)	5	19	19	198	1.823,78	4	1.738,88	1	84,89
TICARETHANE(100 M2)	6	47	47	271	2.509,53	6	2.491,14	1	18,39
TICARETHANE(100M2)	6	50	50	316	2.921,51	6	2.912,32	1	9,19
TICARETHANE(300M2)	45	205	205	4.145	38.514,50	37	27.316,47	13	11.198,03
TICARETHANE(600m2)	5	30	32	3.095	28.562,20	4	5.315,88	3	23.246,32
TICARETHANE(600M2)	5	24	24	655	6.067,85	3	1.451,92	5	4.615,93
TICARETHANE(2 yildiz)	1	12	24	707	6.551,84	1	6.551,84	0	,00
TICARETHANE(2 yildiz)	1	12	12	2.407	22.157,63	1	22.157,63	0	,00
GENEL TOPLAM	4.190	32.197	32.496	383.112	2.370.805,24	3.808	2.078.244,62	887	293.164,65

Tahsilat Türü	Ödeme Tutarı
Mahsup	6.065,37

Şekil 2.25. Mekanik Sayaç Su Tahakkuk Bilgileri

GEREDE BELEDİYESİ  
1.01.2022-31.12.2022 Tarihleri Arası Aylık Tahsilatları  
14.03.2023 12:26:21

Tarih	Satılan Kredi	Su Bedeli	ÇTV	ATIK SU	EVSEL ATIK	KDV	TOPLAM	Tarife Adı
2022	166,034	298,85	48,15	0,00	0,00	3,00	350,00	Geçici Mesken Tarifesi
2022	472.531,544	1.653.777,38	236.330,67	472.585,95	23.157,00	68.414,72	2.454.265,72	Mesken Su Fiyatı
2022	11.979,050	11.979,43	3.473,49	5.989,93	0,00	1.437,15	22.880,00	Ozurlu, Sehat ve Gazi Su Tarifesi
2022	808,155	1.026,35	0,00	404,08	0,00	49,57	1.281,80	VAKIF DERNEK
2022	12.590,480	94.429,80	0,00	18.885,96	130,50	3.029,14	116.475,40	SANTİYELER
2022	6.759,889	50.700,20	0,00	10.139,84	2.707,50	2.157,46	65.705,00	TICARETHANE(50 M2)
2022	1.379,389	10.345,53	0,00	2.069,15	253,00	352,32	13.020,00	TICARETHANE(100 M2)
2022	9.382,158	70.367,28	0,00	14.073,16	2.362,50	2.492,06	89.295,00	TICARETHANE(100 M2 ÜZERİ)
2022	362,519	2.718,95	0,00	543,78	395,00	102,27	3.760,00	TICARETHANE(BURO 50 M2)
2022	220,291	1.652,20	0,00	330,44	37,50	64,86	2.085,00	TICARETHANE(BURO 100 M2)
2022	3.300,007	19.799,95	0,00	4.950,09	0,00	1.979,96	26.730,00	TICARETHANE(BURO 100 M2 ÜZ
2022	3.265,644	24.492,57	0,00	4.898,48	1.350,00	1.033,95	31.775,00	TICARETHANE(300 M2 İMALETH.
2022	237,498	1.781,23	0,00	356,26	0,00	62,51	2.200,00	TICARETHANE(600 M2 İMALETH.
2022	130,505	978,79	0,00	195,77	0,00	25,44	1.200,00	TICARETHANE(600 M2 ÜZERİ İM
2022	1.307,232	9.804,22	0,00	1.960,85	950,00	384,93	13.100,00	TICARETHANE(AKARYAKIT İSTA
2022	455,987	2.393,95	0,00	683,97	0,00	192,08	3.270,00	RESMİ DAİRELER
2022	57,420	301,45	0,00	86,11	0,00	12,44	400,00	RESMİ DAİRELER(HASTANELER
2022	3.041,547	15.968,12	0,00	4.562,32	975,00	1.594,56	23.100,00	OKULLAR(İLK ÖĞRETİM-ORTA Ç
2022	1.252,112	9.390,84	0,00	626,05	520,00	185,59	10.722,48	OKULLAR(ÖĞRENCİYURDU 200
2022	492,915	3.696,87	0,00	246,45	0,00	56,68	4.000,00	OKULLAR(Ö.YURDU 200 KİŞİ ÜZ
TOPLAM:	529.720,376	1.985.903,96	239.852,31	543.588,64	32.838,00	83.630,69	2.885.813,60	

Şekil 2.26. Ön Ödemeli Sayaç Su Tahakkuk Bilgileri

Çizelge 2.6. Gerede Belediyesi tarafından şehre dağıtılan toplam içme suyu miktarı

Sıra No	Su Dağıtım Yapılan Yerler	Ücretsiz Dağıtılan Su Miktarı(m <sup>3</sup> /Yıl)	Ücretli Dağıtılan Su Miktarı(m <sup>3</sup> /Yıl)	Toplan Dağıtılan Su Miktarı (m <sup>3</sup> /Yıl)
1	Resmi Kuruluşlar	0	14740+305+10510+456+57	26.068
2	Özürlü-Şehit		3197+11979	15.176
3	Okullar	0	32394+6367+13075+3041+1252+493	56.622
4	Ticarethaneler	0	11880+2350+3407+198+271+316+4145+3095+655+707+2407+6760+1379+9382+362+220+3300+3265+237+130+1307	55.773
5	Meskenler	0	250738 + 11322 + 6424 + 166 + 472531	741.181
6	Vakıf-Dernek	0	677+808	1.485
7	Şantiyeler	0	3902+12590	16.492
8	Belediye Hizm. Binlr.	5000	0	5.000
9	Hidrant	7500	0	7.500
10	Cami	40000	0	40.000
11	TOPLAM			965.297

Tahakkuk bilgilerine göre saniyede dağıtılan su miktarı: **965.297/365/86.400\*1000=30 lt/sn** çıkmaktadır. İlçenin saniyedeki su ihtiyacını görmek için yapılan her iki hesaplama birbiriyle örtüşmektedir.

Çizelge 2.7. Kaynaklardan Çekilen Su Miktarı

Sıra No	Kaynak Türü	Kaynak Adı	Kaynaktan Çekilen Yıllık Su Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	Artılma Durumu
1	Kaynak	Keçeli-Kirazlı-Arkut	700.000 (22 l/sn)	Artılmıyor
2	Kuyu	Yeniçağa	575.000(18 l/sn)	Artılmıyor
3	Kuyu	Yünlü Yaylaları	750.000 (24 lt/sn)	Artılmıyor
		Toplam:	<b>2.025.000 (64 l/sn)</b>	

Belediye tarafından şehre arz edilen su miktarı yıllık 2.025.000 m<sup>3</sup> (64 lt/sn) olduğu bildirilmiştir. Su kayıp-kaçağı oranı Eşitlik 2.2 ile bulunabilir.

$$Kaçak Oranı(\%) = [(Giriş Debisi) - (\frac{Toplam Tüketim}{Giriş Debisi})] * 100 \quad (2.2)$$

Kaçak Oranı (%) = [(2.025.000) – (964.297) / (2.025.000)] \* 100 = 53 (%), Eşitlik 2.2 yardımıyla hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere yapılan hesaplamalarda Gereede İlçesinin kayıp kaçak oranı % 53 çıkmaktadır.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığının, Standart Su Dengesi Programı ile Gereede ilçesi su dengesi tablosu hazırlanmış ve Şekil 2.27’de verilmiştir.

Standart Su Dengesi Formu					
Sisteme Giren Su Miktarı 2.025.000 m <sup>3</sup> /yıl  100%	İzinli Tüketim	Faturalandırılmış İzinli Su	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su Miktarı	
		Tüketimi 912.797 m <sup>3</sup> /yıl 45.1%	912.797 m <sup>3</sup> /yıl 45.1%		
	965.297 m <sup>3</sup> /yıl 47.7%	Faturalandırılmamış İzinli Su	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen Su Miktarı	
		Tüketimi 52.500 m <sup>3</sup> /yıl 2.6%	45.000 m <sup>3</sup> /yıl 2.2%		
	Su Kayıpları	İdari Kayıplar	293.780 m <sup>3</sup> /yıl 14.5%	İzinsiz Tüketim	1.112.203 m <sup>3</sup> /yıl 54.9%
				Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	
Fiziki Kayıplar		765.923 m <sup>3</sup> /yıl 37.8%	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar		
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar		
1.059.703 m <sup>3</sup> /yıl 52.3%			715.923 m <sup>3</sup> /yıl 35.4%		
			50.000 m <sup>3</sup> /yıl 2.5%		

Şekil 2.27. Gereede Standart Su Dengesi Tablosu

## 2.11. Gerede İçme Suyu Dağıtım Şebekesindeki Akustik Yöntemlerle Kayıp-Kaçak Araştırması

Fiziki kaçaklar herhangi bir şebekede ana olarak 3 bölüme ayrılabilir:

- Bildirilmiş Kayıplar
- Bildirilmemiş Kayıplar
- Önlenebilen Kayıplar

**Bildirilmiş Kayıplar:** Fiziki su kaybının tespiti yapılmış olan kayıplardır. Bu kayıpların giderilmesi, ilgili ekibin reaksiyon zamanına bağlıdır.

**Bildirilmemiş Kayıplar:** Fiziki kaybının mevcutta olması, ancak gözle görülür şekilde veya çevreye zarar vermeden farklı bir yolla kanala veya tahliye noktasına gittiği için tespit edilmemiş ve bildirilmemiş kayıplardır.

**Kaçınılmaz Kayıplar:** Kaçınılmaz kayıplar, herhangi bir şebekede gerçekleşen gerçek kayıplardır. Yeni devreye alınmış bir şebekede bile reel kayıplar toplam su hacminin belirli bir yüzdesi olarak kabul edilebilir. Ancak gerçek kayıpların hacmi Lambert (1990) tarafından aşağıdaki Eşitlik 2.3’de verilmiştir.

$$YKFK: [18 * Lm) + (0.8 * Ns) + (25 * Lp)] * P \quad (2.3)$$

YKFK = Yıllık Kaçınılmaz Fiziki Kayıplar (Litre/bağlantı/gün)

Lm = Toplam şebeke uzunluğu (km)

Ns = Servis bağlantı sayısı

Lp = Servis bağlantıları toplam uzunluk (km)

P = Bölgenin ortalama işletme basıncı (m)

Kaçığın meydana gelme nedenleri:

- Kötü montaj, işçilik ve malzemeler,
- Montaj öncesi malzemelerin yanlış kullanımı,
- Yanlış dolgu,
- Kısa süreli basınçlar,
- Basınç dalgalanmaları,
- Aşırı basınç,
- Korozyon,
- Titreşim ve trafik yükü,

- Çevresel koşullar, soğuk hava gibi,
- Uygun olmayan planlama ve bakım eksikliği olarak belirlenebilir.

Bu kayıpların debi olarak ölçülmesi bizi sonuca ulaştırabilecektir. Bununla birlikte fiziki kayıp verilen formülde de görüldüğü üzere basınca bağlıdır. Bu basınca bağlı kayıp tüketimin az olduğu ve basıncın yüksek olduğu saatlerde artacak kullanımın artmasıyla ve basıncın düşmesiyle azalacaktır. Bu kapsamda depolara debimetre takılmış ve sahada debi ölçümleri alınmıştır. Şekil 2.28, Şekil 2.29, Şekil 2.30’da bu ölçümler gösterilmiştir.



Şekil 2.28. İçmesuyu hattına bağlı debimetre



Şekil 2.29. İçmesuyu hattına bağlı debimetre Şekil 2.30. Ultrasonik Debimetre

## 2.12. Gece Debisi Analizleri Ve Fiziki Kaçak

Minimum gece debisinin büyük bir kısmını su dağıtım şebekesindeki çatlaklardan meydana gelen sızıntılar oluşturur. Minimum gece debisi ve gerçek (fiziki) su kayıpları arasında önemli bir ilişki vardır. Minimum gece debisi çalışmaları, gerçek (fiziki) kayıpların tespit edilmesi ve su kayıplarını azaltmak için gerçekleştirilecek senaryoların etkilerini değerlendirebilmek için oldukça önemlidir. Gerede İlçesinde su sızıntı-kaçığı arama çalışmaları için AQUAPON A 150 marka akustik yer dinleme cihazı ile UFP-20 ve TDS-100H Ultrasonik debimetre ölçüm cihazları kullanılmıştır . Şekil 2.31' de bu çalışmaya ait görsel verilmiştir.



Şekil 2.31. İçmesuyu sızıntı-kaçağı arama çalışmaları

Akustik ses dineme cihazlarıyla gece sızıntı araması yapılmıştır ve toplamda 41 adet fiziki kayıp tespit edilmiş ve tamiratlar yaptırılmıştır.

## BÖLÜM 3

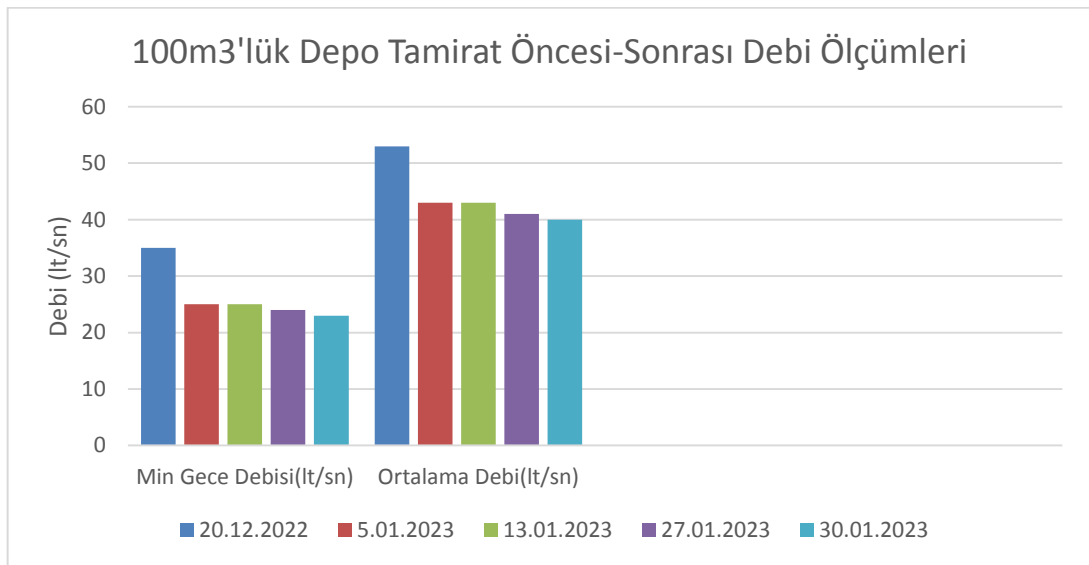
### SONUÇLAR

100 m<sup>3</sup>'lük depo hizmet alanında tamirat öncesi Aralık 2022 tarihlerinde ve tamirat sonrası Ocak 2023 tarihlerinde yapılan debi ölçüm değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. 100 m<sup>3</sup>'lük Depo Tamirat Öncesi ve Sonrası Debi Ölçüm Değerleri

	Tamirat Öncesi	Tamirat Sonrası			
100 m <sup>3</sup> Depo	20/12/2022	05/01/2023	13/01/2023	27/01/2023	30/01/2023
Min. Gece Debisi (lt/sn)	35	25	25	24	23
Ortalama Debi (lt/sn)	53	43	43	41	40

Çizelge 3.1'de verilen 100 m<sup>3</sup>'lük deponun tamirat öncesi ve sonrası debi ölçüm değerleri Şekil 3.1'de sütun grafik olarak verilmiştir.



Şekil 3.1. 100 m<sup>3</sup>'lük deponun tamirat öncesi ve sonrası debi ölçümü

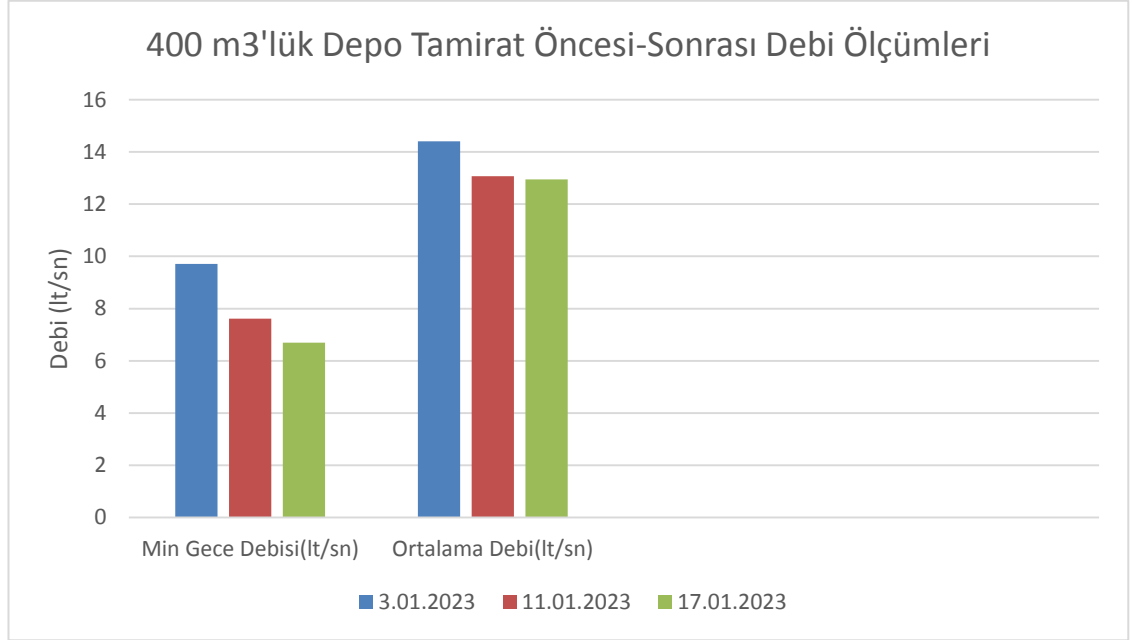


400 m<sup>3</sup>'lük depo hizmet alanında Ocak 2023 tarihlerinde yapılan tamirat öncesi ve sonrası debi ölçüm değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. 400'lük Depo Tamirat Öncesi ve Sonrası Debi Ölçüm Değerleri

400 m <sup>3</sup> Depo	Tamirat Öncesi	Tamirat Sonrası	
	03/01/2023	11/01/2023	17/01/2023
Min. Gece Debisi (lt/sn)	9.71	7.61	6,70
Ortalama Debi (lt/sn)	14,41	13,07	12,95

Çizelge 3.2'de verilen 400 m<sup>3</sup> lük deponun tamirat öncesi ve sonrası debi ölçüm değerleri Şekil 3.2'de sütun grafik olarak verilmiştir.



Şekil 3.2. 400 m<sup>3</sup> lük deponun tamirat öncesi ve sonrası debi ölçümü

Değerler incelendiğinde tamiratların yapıldığı tarihlerden sonra 100 m<sup>3</sup>'lük depoda ortalama günlük debi 53 l/sn ve 400 m<sup>3</sup>'lük depoda ortalama günlük debi 14,41 l/sn toplamda şehre arz edilen su miktarı ortalaması 67,41 l/sn hesaplanmıştır.

### 3.1. Ortalama Debi Ölçümlerine Göre Su Kaybı Hesabı

2022 yılı Tahakkuk bilgilerine göre şehre verilen su miktarı 30 l/sn iken tamirat öncesi ortalama debilere bakıldığında şehre 67,41 l/sn su verilmektedir.

$(67-30)/67*100 = \%55$  su kaybı hesaplanmaktadır.

2022 Yılı Standart Su Dengesi Tablosuna göre şehirdeki su kaybı %52 hesaplanmıştır. Her iki hesap biribiri ile örtüşmektedir. Gece debisi analizine göre kazanç hesabı Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Gece Debisi Analizine Göre Kazanç

Depo	Gece Debisi		Fark-Kazanç (lt/sn)
	Tamirat Öncesi (lt/sn)	Tamirat Sonrası (lt/sn)	
100’lük Depo	35	23	12
400’lük Depo	9,71	6,70	3
<b>Toplam</b>	<b>44,71</b>	<b>29,70</b>	<b>15</b>

Tamirat öncesi yapılan debi ölçümleri ve tamiratlar sonrası yapılan debi ölçümlerine göre 100 m<sup>3</sup>’lük ve 400 m<sup>3</sup>’lük depolardaki minimum gece debilerindeki düşüşler hesaplandığında 15 lt/sn (0.015m<sup>3</sup>/sn) gibi bir kazanç elde edilmiştir. Kazancın 2023 yılı su fiyatlarıyla yıllık değer olarak hesabı Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Kazancın 2023 Yılı Su Fiyatlarına Göre Hesabı

Bilgi-Bulgu ve Kazanımlar	Değer-Hesap	Sonuç
Gerede Belediyesi 2023 yılı su satış fiyatı	7 TL/m <sup>3</sup>	
1 Şubat 2023 Dolar kuru	1\$	18,81 TL
Tamirat Sonrası kazanç miktarı	0,015 m <sup>3</sup> /sn	
Bir yıllık su kazanç miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	0.015*86400*365	473040 m <sup>3</sup> /yıl
Bir yıllık su kazanç miktarı (TL/yıl)	7TL*473040m <sup>3</sup>	3.311.280 TL/yıl
Bir yıllık su kazanç miktarı (\$/yıl)	3.311.280/18,81	176.038\$/yıl
Kazı, İşçilik, Nakliye, malzeme masrafı yaklaşık her tamirat için (10000 TL)	10000*41	410.000 TL
Kazı, İşçilik, Nakliye, malzeme masrafı yaklaşık her tamirat için (532\$)	532*41	21812 \$

Çizelge 3.5’de terfi istasyonlarının elektrik faturası tutarları ve tamirat sonrası farklar verilmiştir.

Çizelge 3.5. Terfi İstasyonları Elektrik Faturası Farkı

Terfi İstasyonu	Fatura Tutarı (TL)		Fark
	Aralık 2022	Ocak 2023	
Yeniçağa	460.462,00	387.046,00	73.416
Ibrıcak	323.017,00	268.967,00	54.050
Toplam Kazanç (TL)			127.466 TL

Çizelge 3.6’da terfi istasyonlarının ortalama elektrik tüketim(kWh/gün) ve tamirat sonrası farklar verilmiştir.

Çizelge 3.6. Terfi İstasyonları Elektrik Tüketim Farkı

Terfi İstasyonu	Ortalama Elektrik Tüketimi (kWh/gün)		Fark
	Aralık 2022	Ocak 2023	
Yeniçağa	2980,123	2382,883	597,27
Ibrıcak	2122,776	1666,466	456,31
Toplam Kazanç (kWh/gün)			1053,58

### 3.2. Gerede İlçesi İçin İzole Altbölge (DMA) Tasarımı

Gerede İlçesi için DMA tasarımı Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Gerede DMA Tasarımı

Su depoları çıkış kotları ve arazi topoğrafyası dikkate alınarak basıncın farklı olabileceği alanlar ve ana yollar dikkate alınarak yukarıdaki tasarım yapılmıştır. Basıncın yüksek olduğu bölgelerde basınç kırıcı vana (BKV) odaları yapılmalıdır.

## BÖLÜM 4

### TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Araştırmanın bu bölümünde bulgulara göre yorumlamalar ve öneriler sunulmuştur. Belediye tarafından Yeniçağa kaynaklarından şehre iletim tamamen terfi ile olmasından dolayı öncelikli olarak bu hatta motorları mümkün olduğunca stop konumuna getirilmesi tercih edilmektedir, Yünlü Yaylası Kaynaklarında ise suyun hem kalitesinin yüksek olması hem de kat ettiği yolun büyük bir kısmında cazibe ile gelmesinden dolayı 12 ay boyunca su temini sağlanmaktadır. Bu sebeple kazanç hesaplarına Yünlü Yaylası Kaynaklarının elektrik faturaları katılmamıştır. Elektrik sarfiyatındaki kazanç hesabı, tamirat öncesi ve sonrasındaki iki aylık fatura bedellerinin karşılaştırılması ile yapılmıştır, kazancın yıl bazında anlaşılabilmesi için faturaların her dönem takibi yapılmalıdır.

Şehre verilen su miktarı ile Atık Su Arıtma Tesisine ulaşan su miktarının karşılaştırılması ile ayrıca kayıp-kaçak takibi yapılabilir.

İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde ilçe belediyeleri için su kayıplarının **2023 yılına kadar en fazla %35, 2028 yılına kadar en fazla %30, 2033 yılına kadar ise en fazla %25** düzeyine indirmesi gerektiği belirtilmektedir.

Çalışmamızda 2.2 denklemine göre Gerede Kentindeki kayıp oranının %55 olduğu bulunmuştur.

$$Kaçak Oranı(\%) = [(Giriş Debisi) - (\frac{Toplam Tüketim}{Giriş Debisi})] * 100 \quad (2.2)$$

Yapılan kayıp-kaçak araştırması ve tamiratlar neticesinde 15 lt/sn kazanç elde edilmiş olup kayıp miktarı 67 lt/sn'den 52lt/sn seviyelerine indirildiği görülmüştür.

Buna göre yine aynı denkleme göre hesap yapıldığında şehrin su kayıp oranı  $(52-30) / 52 * 100 = \%42$  'ye düşürüldüğü görülmüştür.

Çalışmalar kapsamında, her ne kadar tespit ve tamiratlar yapılmış olsa da borulardaki basınçtan dolayı yeni arızaların kısa sürede çıkması muhtemeldir. Bu kaçakların şebeke içerisinde tespiti için DMA'ların kurulması ve basınç yönetimi yapılması

gerekmektedir. Alt bölgelerdeki debilerin belirli zaman aralıklarında sürekli olarak ölçülmesi anlık debi değişimlerinin tespit edilebilmesi için oldukça faydalıdır. Bunun yanında, alt bölgelerdeki su basıncı, basınç kırma vanaları ile kolaylıkla kontrol edilebilir.[19]

DMA'lar kurulup işletilirken fiziki kaçağın nerede olduğu tespiti yapılabilir, basınç yönetimi uygulaması ile de hem mevcut kaçaklar azaltılırken gelecekte oluşacak muhtemel kaçaklarında da önüne geçilebilecektir. DMA oluşturulurken basınç değişimine sebep olabileceği için boru hattı uzunlukları dikkate alınmalıdır, 15 km boru hattı uzunluğunun üstüne çıkılmamalıdır.

Fiziki kaçakların yanı sıra standart su dengesi formuna göre idari kayıplarında bir hayli fazla olduğu görülmektedir. Su sayaçlarının eski olması sebebiyle ve kısmen hatalı montaj dolayısıyla oluşan idari kayıplar için pilot bir bölge seçilip tekrar analiz yapılması önerilmektedir. Abone sayaçlarının ölçüm hassasiyetlerinin test edilmesi gerekmektedir. Abone Yönetim Sisteminin kurulup CBS ile entegre edilmesi önerilmektedir.

CBS altyapısını oluşturan sayısallaştırma haritalarının analizine göre 800 m<sup>3</sup>'lük depodan su taşıyan hat öncelikle Ø125 Asbestli Çimento Boru (AÇB) olarak depodan çıktığı, oradan hastane tarafına branşman verdikten sonra D-100 yoluna paralel olarak 125 PE olarak devam edip, sonra tekrar depoya kadar Ø125 ve Ø175 AÇB olarak suyu 400 m<sup>3</sup> 'lük depoya ilettiği görülmüştür. Bilindiği üzere AÇB borular, Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de hem ömrünü tamamlamış hem de insan sağlığına zararlı olduğu bilindiği için değiştirilmektedir. Şehirdeki söz konusu AÇB boruların acilen değiştirilmesi önerilmektedir.

Son olarak SCADA sisteminden motor ve pompaları takip edilerek verimsiz çalışan motor ve pompalar yenisi ile değiştirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Arabacı, E., “Su kayıpları ve önleme yöntemlerinin araştırılması: Kahramanmaraş ili Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, Konya (2022).
- Cheung, P. B., Girol, G. V., Abe, N., & Propato, M. “Night flow analysis and modeling for leakage estimation in a water distribution system. Integrating water systems”, *Integrating Water Systems – Boxall & Maksimovi 'c (eds)* © 2010 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-54851-9: 509-513. (2010).
- Cinal, H., “Basınç yönetimi ile içmesuyu şebeke kayıplarının azaltılması: Sakarya örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, Sakarya (2009).
- Ferrante, M., Capponi, C., Collins, R., Edwards, J., Brunone, B., & Meniconi, S. “Numerical transient analysis of random leakage in time and frequency domains”. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 33(1): 70-84.(2016)
- Google Earth 7.3.6, (2023) Gerede,  
[https://earth.google.com/web/@40.73787961,32.30364866,1257.78501701a,57093.63193352d,35y,358.19339941h,0t,0r?utm\\_source=earth7&utm\\_campaign=vine&hl=tr](https://earth.google.com/web/@40.73787961,32.30364866,1257.78501701a,57093.63193352d,35y,358.19339941h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=tr) [Erişim Tarihi: 15Nisan 2023].
- Hamilton, S.,& Charalambous, B., Leak detection: “technology and implementation” (p. 112). *IWA Publishing* (2013).
- İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite Ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname, İllerbankası (2013)
- İnternet: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Bulut Kent Bilgi Sistemi <https://bulutkbs.gov.tr/RehberAdmin/#/app/dashboard>,
- İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu, “Gerede Nüfus verileri”, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>
- İzole Alt Bölge Oluşturulması, Scada Ile İzlenmesi Ve Minimum Gece Debisi Analizi,S.14, *Asat Genel Müdürlüğü*, Antalya (2017).

- Jacobsz, S. W., & Jahnke, S. I. "Leak detection on water pipelines in unsaturated ground by discrete fibre optic sensing." *Structural Health Monitoring*, 19(4), 1219-1236. (2020).
- Karaca, Z., "İçme suyu şebeke sistemlerinde su kayıp ve kaçaklarının tespiti", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, İstanbul (2009).
- Kızılöz, B., "İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıplarının Azaltılması: Kocaeli Örneği". *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2): 213-225 (2021).
- Lambert, S. J. Processes linking work and family: A critical review and research agenda. *Human Relations*, 43(3), 239–257.(1990)
- Lijuan, W., Hongwei, Z., & Hui, J., A "Leak detection method based on EPANET and genetic algorithm in water distribution systems." *In Software Engineering and Knowledge Engineering: Theory and Practice* (pp. 459-465). Springer, Berlin, Heidelberg (2012).
- Mashford, J., De Silva, D., Burn, S., & Marney, D., "Leak detection in simulated water pipe networks using SVM". *Applied Artificial Intelligence*, 26(5): 429-444 (2012).
- Mastaller, M., Klinge, P., "Adapting the IWA water balance to intermittent water supply and flat-rate tariffs without customer metering". *Researchgate* (2017)
- Muhammetoğlu, H. & Muhammetoğlu, A., "İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı". *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü*, (2017).
- Nasirian, A., Maghrebi, M. F., & Yazdani, S., "Leakage detection in water distribution network based on a new heuristic genetic algorithm model" *Journal of Water Resource and Protection*, 5: 294-303 (2013).
- Savaş, B. Ö., "Denizli içme suyu dağıtım şebekesinin alt ölçüm bölgelerine ayrılıp basınç yönetiminin sağlanması ve su kayıplarının incelenmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü*, (2019).
- Su Tahakkuk Servisi Abone Bilgileri, *Gerede Belediyesi* (2023).



## **ÖZGEÇMİŞ**

İbrahim Ratıp KARAŞ, ilk, orta ve lise tahsilini Safranbolu’da tamamladı; 1998 yılında Selçuk Üniversitesi TBMYO Harita Kadastro, 2012 yılında Anadolu Üniversitesi Emlak ve Emlak Yönetimi, 2016 yılında Anadolu Üniversitesi Kamu Yönetimi ve 2020 yılında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümlerinden mezun oldu. 1998-2003 yılları arasında özel sektörde çalıştı. 2003 yılında Harita Teknikeri olarak başladığı Gerede Belediyesinde halen Çevre Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Kent bilgi sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri, kentsel dönüşüm, imar planları, içme suyu, kanalizasyon, arıtma ve katı atık alanı rehabilite faaliyetlerinde bulunmaktadır.