

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE EKONOMİK SU KAYIPLARI
SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KALEİÇİ ÖRNEĞİ**

Oğuzhan GÜLAYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2017

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE EKONOMİK SU KAYIPLARI
SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KALEİÇİ ÖRNEĞİ**

Oğuzhan GÜLAYDIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2017

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE EKONOMİK SU KAYIPLARI
SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KALEİÇİ ÖRNEĞİ

Oğuzhan GÜLAYDIN

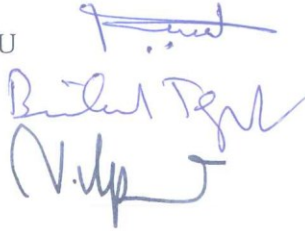
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 28/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir

Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU

Prof. Dr. Bülent TOPKAYA

Prof. Dr. Mustafa Tamer AYVAZ



ÖZET

İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKELERİNDE EKONOMİK SU KAYIPLARI SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ: ANTALYA KALEİÇİ ÖRNEĞİ

Oğuzhan GÜLAYDIN

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU
Temmuz 2017, 135 sayfa

Gün geçtikçe artan su sıkıntısı ve kuraklık su kaynaklarının daha planlı kullanılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda kaynakların verimli kullanılması açısından içme suyu dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının da yönetilmesi ve azaltılması gerekmektedir. İçme suyu dağıtım şebekelerinde su kayıpları iki şekilde olabilir. Gerçek kayıplar; şebekede ana borulardan, servis bağlantılarından, depo, hazne vb. noktalardan meydana gelen fiziki kayıplardır. Görünen kayıplar ise sayaç ölçüm hataları, yasa dışı kullanım ve veri aktarım hatalarından meydana gelen fiziksel olarak kayıp olmayan ancak ticari anlamda kayıp olan sudur. Fiziki kayıpları azaltmanın su idarelerine maliyeti vardır. Bu maliyet, kayıp oranını azalttıkça artmaktadır. Su kayıpları arkaplan sızıntısı şeklinde sürekli meydana gelecek ve hiçbir zaman sıfıra indirilemeyecektir. Kayıpları azaltmanın daha fazla ekonomik olmayacağı bir seviye bulunur. Bu seviyeye su kayıplarının ekonomik seviyesi denir. Su kayıplarının ekonomik seviyesi her şebekeye özgü olarak farklılıklar gösterebilir. Bulunulan bölgenin su kaynakları açısından zenginliği, enerji ve kimyasal maliyetleri, altyapı durumu, su basıncı, aktif sızıntı kontrolü maliyeti gibi faktörler etkilidir. Su kayıplarının yönetimi açısından su idarelerinin, şebekeye özgü ekonomik su kayıpları seviyesini tespit etmesi ve kayıplarını bu seviyeye kadar indirmeleri önemlidir. Su kayıplarının ekonomik seviyesi, sızıntıların meydana gelebildiği durumlar için (tespit edilmiş ve tespit edilmemiş sızıntılar ile arkaplan kayıpları) ayrı ayrı hesaplanıp toplanarak bulunur. Kısa dönem ya da uzun dönem için hesap edilebilir. Bu çalışma kapsamında Antalya, Kaleiçi içme suyu dağıtım şebekesi 2015 ve 2016 yılı verileri incelenmiştir. Abone tüketim değerleri, SCADA verileri, su dengesi tablosunda kullanılarak su kayıpları oranı tahmin edilmiştir. Suyun değişken maliyeti, aktif sızıntı kontrolü maliyetleri ve debi verileri ile sızıntıların artış oranı yöntemi kullanılarak su kayıplarının ekonomik seviyesi tahmin edilmiştir. Sonuç olarak su kayıplarının ekonomik seviyesi, mevcut su kayıpları seviyesinden daha düşük çıkmış olup su idaresinin, su kayıplarını ekonomik seviyeye kadar indirmesi teşvik edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: içme suyu dağıtım şebekesi, su kayıplarının ekonomik seviyesi, su kayıpları, yıllık su dengesi, Antalya

JÜRİ: Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU (Danışman)

Prof. Dr. Bülent TOPKAYA

Prof. Dr. Mustafa Tamer AYVAZ

ABSTRACT

ANALYSIS OF ECONOMIC LEVEL OF LEAKAGE IN WATER DISTRIBUTION NETWORKS: ANTALYA KALEICI CASE STUDY

Oğuzhan GÜLAYDIN

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU

July 2017, 135 pages

It is essential to plan for water resources usage carefully due to increasing drought and water shortage. In this regard, leakage, occurring in water distribution networks, must be managed and reduced for using water resources efficiently. Water losses may occur in two different types in water distribution networks. Real losses arise from leakages on mains, service connections and reservoir overflows. Apparent losses are due to metering errors, illegal consumptions, and meter accuracy errors. Water is not only lost physically but also commercially. Reducing water losses in water distribution networks comes with a production cost to water utility. Decreasing water losses rates implies increasing repair costs. There is always background leakage in networks so that water losses will never be equal to zero. There is a leakage level which further reduction of leakage will not be economical. This level is called economic level of leakage. Economic level of leakage varies from one system to another. It depends on water resources availability, energy and chemical costs, water distribution network infrastructure conditions, water pressure and active leakage control cost. It is important for water utilities to determine their economic level of leakage and reduce leakages to that level. Economic level of leakage is the summation of the economic levels of the three leakage types namely background, reported and unreported leakages. Economic level of leakage can be calculated for short term and long term period. In this study, water distribution network in Antalya Kaleiçi network data sets were examined for the year 2015 & 2016. Short term economic level of leakage is estimated with rate of rise of unreported leakage using flow records from SCADA, active leakage control cost and variable cost of water. Physical water losses are estimated from water balance table with the help of ASAT customer database. As a result, economic level of leakage and current annual water losses are compared. Economic level of leakage was much lower than current annual water losses. Consequently, the water authority is encouraged to further reduce physical water losses up to the economic level.

KEY WORDS: water distribution network, economic level of leakage, water losses, yearly water balance, Antalya

COMMITTEE:

Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU (Supervisor)

Prof. Dr. Bülent TOPKAYA

Prof. Dr. Mustafa Tamer AYVAZ

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, su kaynaklarının daha verimli ve sürdürülebilir kullanılması amacıyla içme suyu dağıtım şebekelerindeki su kayıplarının yönetiminde önemli bir parametre olan su kayıplarının ekonomik seviyesinin tahmin edilmesi konusunda yapılmış örnek bir çalışmadır. Su kayıpları ile ilgilenen ve bu konuda çalışma yapan su idarelerine ve araştırmacılara ışık tutacak sonuçlar elde edilmiştir.

Bu tez, yürütücülüğünü Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU'nun yapmış olduğu 114Y168 numaralı “Turistik Bölgelerde Otomatik Okuma Sayaçları Kullanarak Fiziki Su Kayıplarının Yüksek Hassasiyetle Belirlenmesi ve Yönetimi: Antalya-Kaleiçi Uygulaması” isimli TÜBİTAK Projesi ile desteklenmiş olup çalışmada kullanılan veri setleri ve finansal destek proje aracılığıyla elde edilmiştir.

Bu konuda birlikte çalıştığımız danışmanım Sayın Prof. Dr. Habib MUHAMMETOĞLU'na ve bölüm üyesi Sayın Uzm. Dr. İ. Ethem KARADİREK' e yüksek lisans çalışmam sırasında bana göstermiş oldukları desteklerden dolayı teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ayşe MUHAMMETOĞLU'na ve verileri sağlayan ilgili ASAT birimlerine teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca beni destekledikleri için aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
Simgeler.....	vii
Kısaltmalar.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI.....	3
2.1. İçme Suyu Dağıtım Şebekeleri	3
2.2. İçme Suyu Dağıtım Şebekesi Tipleri.....	4
2.3. İçme Suyu Dağıtım Şebekesinde Su Tüketimi	5
2.4. İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıpları	6
2.4.1. Gerçek (fiziki) su kayıpları	6
2.4.2. Görünen (ticari) su kayıpları	8
2.4.3. Su kayıplarının değerlendirilmesinde su bütçesi tablosu	10
2.5. Su Kayıplarının Yönetimi.....	11
2.5.1. Fiziki su kayıplarının yönetimi.....	11
2.5.2. Ticari su kayıplarının yönetimi	20
2.5.3. Performans indikatörleri	21
2.5.4. Su kayıplarını azaltmanın faydaları	24
2.6. Su Kayıplarının Ekonomik Seviyesi	24
2.6.1. Kısa dönem fiziki su kayıpları ekonomik seviyesi.....	25
2.6.2. Uzun dönem fiziki su kayıpları ekonomik seviyesi.....	26
2.6.3. Ticari su kayıplarının ekonomik seviyesi	26
2.7. Türkiye’de ve Dünyada Su Kayıpları.....	27
2.7.1. Dünyada su kayıpları/GGS	27
2.7.2. Türkiye’de su kayıpları	28
2.8. Konu ile İlgili Geçmişte Yapılan Çalışmalar	29
2.8.1. Su kayıpları ile ilgili yapılan çalışmalar	29
2.8.2. Su kayıplarının ekonomik seviyesine yönelik çalışmalar	33
3. MATERYAL ve METOT	35

3.1. Çalışma Sahası ve Özellikleri	35
3.1.1. Antalya içme suyu dağıtım sistemi.....	35
3.1.2. Antalya SCADA sistemi	36
3.1.3. Çalışma sahası tanımı	38
3.2. Fiziki Su Kayıplarının Belirlenmesi.....	41
3.3. Su Kayıplarının Ekonomik Seviyesinin Hesaplanması.....	43
3.3.1. Tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesi	43
3.3.2. Tespit edilmiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıpları.....	48
3.3.3. Arkaplan sızıntılarından kaynaklı fiziki su kayıpları	48
4. BULGULAR	49
4.1. Su Dengesi Tablosu ile Su Kayıplarının Belirlenmesi.....	49
4.1.1. Sisteme giren su miktarı	49
4.1.2. Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım.....	49
4.1.3. Faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım	50
4.1.4. Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım	50
4.1.5. Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım	50
4.1.6. İzinsiz tüketim	50
4.1.7. Sayaçlardaki ölçüm hataları	52
4.1.8. Fiziki kayıplar	53
4.2. AMR Verileri Kullanılarak Su Kayıplarının Belirlenmesi.....	54
4.2.1. Abone tüketimleri	55
4.2.2. Ölçülmemiş tüketimler	57
4.2.3. Ticari Kayıplar	57
4.2.4. Sonuçlar	58
4.2.5. Su kayıplarının MNF ile kıyaslanması	61
4.3. Su Kayıplarının Ekonomik Seviyesinin Tahmini	62
4.3.1. Tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesi	62
4.3.2. Tespit edilmiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıpları.....	68
4.3.3. Arkaplan kayıplarından kaynaklı su kayıpları	68
4.3.4. Sonuç	71
4.4. Performans İndikatörleri.....	71
4.4.1. Sistem giriş hacminin yüzdesi.....	72
4.4.2. Birim ana boru uzunluğu başına fiziki su kaybı.....	72
4.4.3. Abone başına fiziki su kaybı.....	72

4.4.4. Servis bağlantısı başına fiziki su kaybı.....	72
4.4.5. Altyapı kaçak indeksi.....	72
4.5. Artış Oranına Bağlı Olarak Müdahale Maliyetinin Hassasiyet Analizi	73
5. TARTIŞMA.....	76
6. SONUÇ.....	78
7. KAYNAKLAR	80
8. EKLER	87
EK – 1 Terminoloji ile İlgili Açıklamalar	87
8.1. Ekonomik Müdahale Sıklığı (EIF)	87
8.2. SKES Hesaplanmasında Kullanılan Kısaltmalar	89
EK – 2 Minimum Gece Debisi Analizi	90
8.3. Kaleiçi Alt Bölgesi Minimum Debi Grafikleri	90
EK – 3 Çalışma Bölgesi Aylık Su Dengesi Tabloları	100
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	yüzde
m	metre
mm	milimetre
l	litre
m ²	metrekare
m ³	metreküp
s	saniye
dk	dakika
sa	saat
km	kilometre
km ²	kilometrekare
kW	kilovat
Q _u	artış miktarı
C _d	debi katsayısı
€	Avro
mss	metre su sütunu
A	ıslak kesitin alanı
h	basınç yüksekliği
g	yerçekimi ivmesi
P	Basınç
P _{MNF}	minimum debi esnasındaki basınç değeri
N ₁	basınç üssü
P ₀	ilk basınç
L ₀	ilk sızıntı
P ₁	son basınç
L ₁	son sızıntı
L _m	toplam ana boru uzunluğu
N _c	servis bağlantısı sayısı

L_p	toplam servis borularının uzunluğu
T_e	ekonomik müdahale süresi



Kısaltmalar

ABI	yıllık müdahale için gerekli bütçe (annual budget for intervention)
AÇB	asbestli çimento boru
AMR	otomatik okuma sayaçları (automated meter reading)
ASAT	Antalya Su ve Atıksu İdaresi
AWWA	Amerikan Su İşleri Derneği (American Water Works Association)
BABE	patlak ve arka plan sızıntı tahmini (burst and background estimate)
CARL	mevcut yıllık gerçek kayıplar (current annual real losses)
CBS	coğrafi bilgi sistemi
CI	müdahale maliyeti (cost of intervention)
CV	suyun değişken maliyeti (variable cost of water)
DMA	alt bölge (district metered area)
EIF	ekonomik müdahale sıklığı (economic intervention frequency)
EP	sistemin ekonomik yüzdesi (economic percentage)
EPA	Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
EURL	tespit edilmemiş fiziki kayıpların yıllık ekonomik miktarı (economic unreported real losses)
GGs	gelir getirmeyen su
GSM	küresel mobil iletişim sistemi (global system for mobile communication)
HDPE	yüksek yoğunluklu polietilen (high-density polyethylene)
ILI	altyapı kaçak indeksi (infrastructure leakage index)
IWA	Uluslararası Su Kuruluşu (International Water Association)
MAC	suyun marjinal maliyeti (marginal cost of water)
MNF	minimum gece debisi (minimum night flow)
NDF	gece gündüz faktörü (night day factor)
PE	polietilen
PIK	pik döküm boru
PRV	basınç-kırıcı vana (pressure reducing valve)
PVC	polivinil klorür (polyvinyl chloride)
RR	sızıntıların artış oranı (rate of rise)

SCADA	veri tabanlı izleme ve kontrol sistemi (supervisory control and data acquisition)
SKES	su kayıplarının ekonomik seviyesi
TL	Türk Lirası
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UARL	kaçınılmaz yıllık gerçek kayıplar (unavoidable annual real losses)
WLTF	Su Kayıpları Araştırma Ekibi (Water Loss Task Force)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İçme suyu dağıtım şebekesi tipleri	4
Şekil 2.2. Dağıtım ve iletim hattındaki sızıntılar	7
Şekil 2.3. Dağıtım ve iletim hattı ana borularındaki arızalar	8
Şekil 2.4. Servis bağlantıları ile abone arasında meydana gelen kayıplar	8
Şekil 2.5. İzinsiz (kaçak) su tüketimi	9
Şekil 2.6. Fiziki su kayıplarının yönetimindeki dört temel bileşen	12
Şekil 2.7. Basınç kırıcı vana ve kritik noktadaki basıncın ilişkisi	13
Şekil 2.8. Klasik sabit çıkışlı basınç kırıcı vana çalışma prensibi	14
Şekil 2.9. Zaman ayarlı basınç kırıcı vana çalışma prensibi	14
Şekil 2.10. Debi ayarlı basınç kırıcı vana çalışma prensibi	15
Şekil 2.11. Kapalı devre basınç kırıcı vana çalışma prensibi	15
Şekil 2.12. Akustik dinleme çalışmaları	16
Şekil 2.13. Akustik korelasyon yöntemi ile sızıntı yerinin tespiti	17
Şekil 2.14. Sahara yöntemi ile sızıntı yerinin tespiti	17
Şekil 2.15. Termal yöntemlerle sızıntı yerinin tespiti	18
Şekil 2.16. Helyum gazı kullanılarak sızıntı yerinin tespiti	18
Şekil 2.17. Örnek bir alt bölge	19
Şekil 2.18. Ticari su kayıpların yönetim bileşenleri	20
Şekil 2.19. Servis bağlantılarının a) yüksek gelir düzeyli yerleşim yerleri ile b) düşük gelir düzeyli yerleşim bölgeleri için gösterimi	22
Şekil 2.20. 1'den 100'e kadar altyapı kaçak indeksinin (ILI) grafiksel gösterimi	23
Şekil 2.21. Toplam maliyet eğrisi	25
Şekil 2.22. Sayaç değişiminde maliyet eğrisi	27
Şekil 3.1. Antalya kenti içme suyu kaynakları ve basınç bölgeleri	35
Şekil 3.2. SCADA ölçüm ve veri iletim noktası	37

Şekil 3.3. ASAT SCADA merkezi	37
Şekil 3.4. SCADA ölçüm noktasının altyapısı	38
Şekil 3.5. Antalya, Kaleiçi çalışma bölgesi.....	39
Şekil 3.6. AMR el kumandası.....	39
Şekil 3.7. Kaleiçi içmesuyu dağıtım şebekesinin CBS görseli.....	40
Şekil 3.8. Fiziki kayıpların belirlenmesindeki aşamalar	42
Şekil 3.9. SCADA ölçümlerine göre 1 Ocak 2016 ile 29 Şubat 2016 arası debi ve basınç değerleri	44
Şekil 3.10. Zamana karşı sızıntıların artış oranı	45
Şekil 3.11. Şebekede debi, basınç ve sızıntıların değişimi.....	45
Şekil 4.1. Yangın musluklarının izinsiz kullanımına dair izler	50
Şekil 4.2. Kaleiçi alt bölgesindeki yangın hidrant ve muslukları	51
Şekil 4.3. Yangın musluklarının debisinin belirlenmesi	52
Şekil 4.4. Sayaçlardaki ölçüm hatalarının hesaplanması	53
Şekil 4.5. AMR El ünitesi ile sayaçların uzaktan okunması ve bilgisayar ortamına verilerin aktarılması	55
Şekil 4.6. AMR olmayan ancak tüketimi yüksek olan bir sayaç	56
Şekil 4.7. 2 - 3 Haziran Kaleiçi 32 saatlik su tüketim profili	57
Şekil 4.8. AMR okumaları zamanında SCADA debi-basınç grafiği	59
Şekil 4.9. Kaleiçi 2-3 Haziran tarihlerinde toplam su tüketimi, fiziki ve ticari su kayıpları.....	60
Şekil 4.10. 2016 yılı Haziran ayı SCADA debi basınç ve minimum gece debisi	62
Şekil 4.11. Kaleiçi SCADA 1 Ocak 2016 saatlik ortalama basınç değerleri	64
Şekil 4.12. Bölgede 1 Ocak 2015 ve 2016 günlerine ait 24 saatlik su tüketim profili ...	65
Şekil 4.13. Çalışma bölgesinde 11-18 Mayıs 2015 ve 11-18 Mayıs 2016 yıllarında bir haftalık SCADA basınç verileri	66
Şekil 4.14. 2015 yılı minimum günlük debiler	67
Şekil 4.15. Kaleiçi alt bölgesindeki ana borular ve servis boruları	70

Şekil 4.16. Kaleiçi alt bölgesinde servis borularının uzunluklarının dağılımı	70
Şekil 4.17. Sızıntıların artış oranına bağlı olarak, ekonomik müdahale sıklığının değişimi.....	73
Şekil 4.18. Sızıntıların artış oranına bağlı olarak yıllık müdahale için gerekli bütçenin değişimi.....	74
Şekil 4.19. Sızıntıların artış oranına bağlı olarak tespit edilmemiş sızıntıların yıllık ekonomik hacminin değişimi	75



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yerleşim yerlerinin nüfuslarına göre kişi başı su tüketimi	5
Çizelge 2.2. IWA standart su dengesi	10
Çizelge 2.3. UARL Bileşenleri ve altyapı birimlerine göre katsayıları	23
Çizelge 2.4. Altyapı kaçak indeksi grupları ve fiziksel kayıpların hedef matrisi	24
Çizelge 2.5. Dünyada su kayıpları ve gelir getirmeyen su oranları	27
Çizelge 2.6. 2015 yılı raporlarına göre belediyelerin su kayıp oranları	29
Çizelge 3.1. 2016 yılına ait şebekedeki toplam boru uzunluğu, servis bağlantısı ve abone sayısı bilgileri	40
Çizelge 3.2. Şebekedeki ana boruların tip, çap, uzunluk ve yaşları hakkında bilgiler ...	41
Çizelge 3.3. Arkaplan kayıpları için hesap değerleri	48
Çizelge 4.1. Su Dengesi Tablosu	49
Çizelge 4.2. 21 Mayıs 2015 ve 21 Mayıs 2016 arası Kaleiçi yıllık su dengesi tablosu ..	54
Çizelge 4.3. Tüketim ve SCADA verileri ile su kayıpları	58
Çizelge 4.4. AMR okumaları zamanındaki arıza kayıtları	59
Çizelge 4.5. Kaleiçi 32 saatlik AMR okuma dönemine ait su dengesi tablosu	61
Çizelge 4.6. 1 Ocak 2016 Kaleiçi SCADA saatlik ortalama basınç değerleri (bar)	63
Çizelge 4.7. Çalışma bölgesi su dağıtım şebekesine ait genel bilgiler	67
Çizelge 4.8. Kaleiçi şebekesindeki aylık ortalama şebeke basıncı	69
Çizelge 4.9. Arkaplan kayıplarının hesabı için bilgiler	71
Çizelge 6.1. Fiziki su kayıpları ve ekonomik seviyesi	78

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme, iklim değişikliği vb. nedenlerle her geçen gün su ihtiyacı artmaktadır. Artan su tüketimi, sınırlı olan su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Dünya üzerindeki suyun %97'si okyanuslarda bulunmaktadır. %3'lük bir kısmı tatlı sudur. Bu %3'lük kısmın da %68,7'si buzullarda %30,1'i yeraltı suyu %0,9'u diğer yüzey sularıdır (Anonim – 1).

İçme suyu temin ve dağıtım sistemleri; ham suyun, bir kaynaktan alınıp arıtma tesislerinde arıtılarak yerleşim yerlerinde son kullanıcıya kadar iletiildiği sistemlerdir. İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde su, çeşitli çaplarda ve cinslerdeki borular ile iletilmektedir. İletim ve dağıtım sırasında borular üzerindeki çatlaklardan, boru bağlantı noktalarından, meydana gelebilecek kırıklardan su kayıpları meydana gelmektedir. Su kayıpları, fiziki/gerçek ve ticari/görünen su kayıpları olmak üzere temelde ikiye ayrılmaktadır. Su kayıpları yeni inşa edilmiş şebekelerde dahi meydana gelebilmektedir ve kaçınılmazdır. Su kayıpları yönetiminde farklı yöntemler kullanılarak su kayıplarının azaltılması ve yönetimi sağlanmaktadır.

İçme suyu dağıtım şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının (fiziksel ve ticari kayıplar) azaltılması, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının yanı sıra yatırım ve işletme maliyetlerinin azalmasını sağlar. Su dağıtım şebekelerindeki kayıplar, yatırım ve işletme maliyetlerinin düşmesi, yeni su kaynaklarına olan ihtiyacın azalması anlamına gelmektedir. Ayrıca su kayıplarının yönetimi su kalitesinin potansiyel kirlenme riskini de azaltır.

Su kayıplarının yönetiminde su kayıplarının hangi seviyeye kadar azaltılacağı, su kayıpları yönetim stratejilerinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Su kayıplarının azaltılmasında su kayıplarının ekonomik seviyesinin belirlenmesi ve su kayıpları azaltma çalışmalarının bu seviyeye kadar gerçekleştirilmesi su kayıpları ile mücadelede ekonomik dengeyi koruyan bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Su kayıplarının ekonomik seviyesi (SKES), su kayıplarını daha fazla azaltmanın ekonomik olmayacağı, ekonomik açıdan anlamlı gelen seviyedir. 1 m³ suyun maliyeti ile su kayıplarının 1 m³ azaltılması için gereken maliyetin eşit olduğu seviyedir.

Literatürdeki çalışmalarda, ülkemizde su dağıtım şebekelerinde SKES ve SKES belirlenmesi ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır. Tezin tamamlanmasıyla, ülkemizde SKES terminolojisi ve SKES belirlenmesi konularında yeni ve ilk çalışma gerçekleştirilmiş olup, bu konuda çalışan akademik ve idari kuruluşlar ile su dağıtım şebekelerinin işletiminden sorumlu belediyelere ve su idarelerine önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı da önem arz eden bu seviyenin Antalya kenti Kaleiçi alt bölgesi için hesaplanmasını amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan tüm çalışmalar Antalya Kaleiçi bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Kaleiçi bölgesi, Antalya'nın merkezinde bulunan ve 1394 su abonesine sahip olan bağımsız bir içmesuyu dağıtım şebekesi (alt veya izole bölge - DMA) niteliği taşımaktadır. Kaleiçi alt bölgesine içmesuyu dağıtım şebekesi ile temin edilen toplam su debisi ve basıncı, bu alt bölgeye ait olan bir elektromanyetik debimetre ve basınçmetre ile sürekli olarak ölçülmektedir. Kaleiçi bölgesinde yer alan tüm su abonelerinin her birine Antalya Su ve Atıksu İdaresi

(ASAT) tarafından otomatik okuma sayaçları (automated meter reading, AMR) takılmış ve sayaçlar su tahakkuklarının alımı için kullanılmaktadır.

Tespit edilen çatlaklardan meydana gelen fiziki su kayıpları miktarının belirlenmesi için, müşteri servis bağlantılarında ve su dağıtım hattında meydana gelen 2015 ve 2016 yıllarını kapsayan boru patlak sayısı ASAT'tan elde edilmiştir. Bu veri, kullanılarak, tespit edilen çatlaklardan meydana gelen fiziki su kayıpları tahmin edilmiştir.

SKES hesaplanması için Lambert ve Fantozzi (2005), Lambert ve Lalonde (2005) tarafından belirtildiği şekilde sızıntıların artış oranı tespit edilmiş, suyun değişken maliyeti ve müdahale maliyeti bilgileri ile ekonomik müdahale sıklığı belirlenmiştir. Bu değer kullanılarak, yıllık sisteme ekonomik müdahale yüzdesi ve yıllık müdahale için gerekli bütçe hesaplanmıştır. Son olarak tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı fiziki kayıpların yıllık ekonomik seviyesi hacmen hesaplanmış ve yaygın kullanıma sahip performans indikatörleri ile ifade edilmiştir.

İkinci bölümde kuramsal bilgiler derlenerek, su kayıpları ve yönetimi, su kayıplarının ekonomik seviyesi, Türkiye ve dünyada su kayıpları ile konu hakkında yapılmış olan çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde çalışma sahası ve özellikleri anlatılmıştır. Su kayıpları bileşenlerini, su kayıplarının ekonomik seviyesinin nasıl hesaplanacağına dair metotlar anlatılmıştır. Dördüncü bölümde yapılan çalışmalarda elde edilen değerler sunulmuştur. Su kayıplarının belirlenmesi ve su kayıplarının ekonomik seviyesi hesapları yapılmıştır. Beşinci bölümde konu ile ilgili tartışma, altıncı bölümde ise bulguların özeti ve öneriler bulunmaktadır.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

2.1. İçme Suyu Dağıtım Şebekeleri

İçme suyu dağıtım sistemleri; evsel, ticari, endüstriyel ve yangın durumlarındaki su ihtiyaçlarını, yeterli basınçta, her saatte karşılayacak şekilde tasarlanan sistemlerdir. Boru sistemi, pompa istasyonu, yangın muslukları, abone bağlantıları, depolar, sayaçlar, vanalar, sistemin temel bileşenleridir (Viessman ve Hammer 1971).

Pompalar; mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren ekipmanlardır. İçme suyu dağıtım şebekesinde pompa istasyonları bulunabilir. Pompa istasyonlarının amaçları suyu, göl, nehir, kuyu gibi kaynaklardan almak, suyu arıtma tesisinden dağıtım şebekesine taşımak, dağıtım şebekesinde sirkülasyonunu sağlamak, sistemdeki basıncın sürekliliğini sağlamak ve kimyasalların sisteme dozajını sağlamaktır (DEC 2016).

Şebekede çeşitli amaçlara hizmet eden farklı borular kullanılabilir. En yaygın olanları düktil demir borular, polivinil klorür (PVC) borular, çelik borular, basınçlı betonarme borular, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) borulardır (Mays 1999). İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde kullanılan birçok tipte ve amaçta vana vardır. Bunlar; izolasyon vanaları (sürgülü vana, kelebek vana vb.), basınç düşürücü vanalar, basınç sabitleyici vanalar, debi kontrol vanaları, irtifa vanaları, basınç boşaltma vanaları, boşaltma vanaları, hava çıkış vanası, vakum emniyet vanasıdır (Mays 1999).

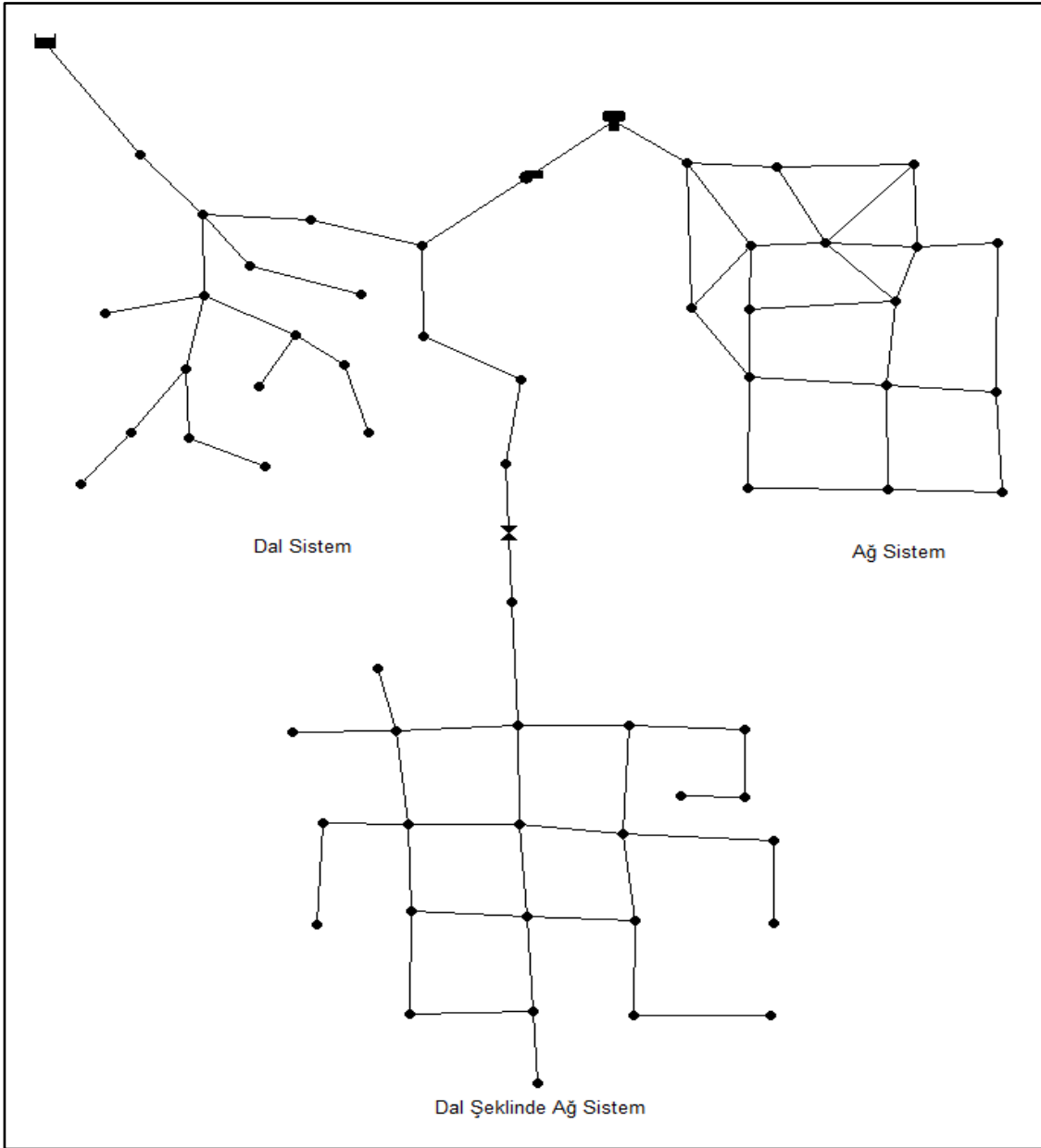
SCADA Uygulaması, Veri tabanlı izleme ve kontrol sistemidir. Merkezi bir konumdan, sahada bulunan ekipman ve yapıların durumunu uzaktan kontrol etmek ve izlemek için kullanılan, geniş bir alana yayılı bilgisayarlı bir sistemdir. Sahada bulunan ekipman ve yapılar, kuyular, pompa istasyonları, vanalar, arıtma tesisleri, tanklar ve rezervuarları içerir. Bir içme suyu dağıtım şebekesi için SCADA sisteminin amaçları şunlardır:

- Sistemi izlemek
- Sistem üzerinde kontrolün sağlanması ve gerekli performansın daima elde edilmesinin sağlanması
- Otomasyon ile ya da sistemi tek bir merkezi konumdan çalıştırarak operasyonel personel sayısının azaltılması
- Sistemle ilgili verileri depolamak ve gerektiğinde verileri sağlamak
- Sistemin performansı hakkında bilgi verir ve sistem için etkin bir varlık yönetim prosedürü oluşturulmasını sağlar
- Uzak bölgelere yapılan rutin ziyaret ihtiyacını en aza indirgeyerek sistemin etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak ve operasyonel optimizasyon yoluyla pompalama işlemleri sırasında güç tüketimini potansiyel olarak azaltılmasını sağlamak

- İşletme hedeflerinin belirlenmesi ve yerine getirilmesini sağlayacak bir kontrol sistemi sağlamak
- Merkezi bir noktadan arızaların teşhis edilmesini sağlayacak bir alarm sistemi oluşturularak, verilen arıza durumunu düzeltmek ve çevreye zarar verebilecek olaylardan kaçınmak için uygun nitelikli personel tarafından onarım yapılmasına olanak sağlar (Walski vd 2003).

2.2. İçme Suyu Dağıtım Şebekesi Tipleri

İçme suyu dağıtım şebekeleri Şekil 2.1’de gösterildiği gibi üç tipte olabilir. Dal sistem, ağ sistem ya da dal şeklinde ağ sistem olabilir (Muslu 2000).



Şekil 2.1. İçme suyu dağıtım şebekesi tipleri

Dal sisteminde borular bir ağaç dalları gibi ayrılarak birbirleriyle birleşmezler. Dal sistemde şebeke hesabı kolay, boru çapları ve uzunlukları daha küçük olduğu için daha ekonomiktir. Ancak, boruların uç noktaları ölü noktalar, uç noktalarda debi neredeyse sıfırdır. Su hızı düşük olduğundan borular içinde birikim olabilir, klor konsantrasyonu sıfıra düşebilir. Bununla beraber, bir arıza/bakım olması durumunda o bölgeden su alan noktalar, başka bölgelerden su alamadığı için suyu kesilir. Şebekenin genişletilmesi durumunda istenen basınç değerleri sağlanamayabilir. Tek yönlü akım mevcuttur (Muslu 2000). Ağ sistemde ise bütün borular birbiri ile bağlantılı olduğundan ölü nokta bulunmamaktadır. Su bir noktaya birden fazla yerden gelebilir. Su tüketimindeki değişimlerden dal sisteme göre daha az etkilenir. Ancak, hidrolik hesabı daha karışık olup, daha fazla boru ve boru özel parçasına ihtiyaç duyar (Muslu 2000).

2.3. İçme Suyu Dağıtım Şebekesinde Su Tüketimi

Abonelerin su tüketimini etkileyen faktörler şunlardır (Muslu 2001):

- **Hava şartları:** Havanın sıcak olması insanların daha çok su tüketmesine neden olur. Sıcak havalarda soğuk ve yağışlı havalara göre daha çok bahçe sulaması yapılır. Sıcaklık arttıkça su tüketimi de artar.
- **Hayat Standardı:** Kentsel bölgelerde su tüketimi daha fazla kırsal bölgelerde su tüketimi daha azdır. Hayat standardı yükseldikçe kişinin kullandığı su miktarı artar.
- **Kanalizasyon sistemi:** Bir yerleşim yerinde kanalizasyon bulunup bulunmaması da su tüketimini etkiler. Kanalizasyon bulunmayan, sızdırmaz fosseptiklerde atıksuyunu biriktiren insanlar, daha az su tüketme eğiliminde olurlar.
- **Ticari ve sınai faaliyetin tipi:** Kullanım amacına göre su tüketimi farklılık gösterir.
- **Su fiyatı:** Hem kırsal hem de kentsel yerleşim yerlerinde genel olarak suyun fiyatı arttıkça su tüketimi azalır.
- **Özel su tesislerinin mevcut olup olmaması**
- **Suyun kalitesi:** Kalitesi düşük olan şebeke suyu halk tarafından tercih edilmez ve içme amacıyla ambalajlı su tüketimi tercih edilir.
- **Şebekedeki su basıncı:** İnsanların su tüketimi süresince şebekedeki basınç ne kadar fazla olursa tüketilen miktar artar.
- **Şebekede meydana gelen su kayıpları**

Şebekelerin tasarımı yapılırken su ihtiyaçları dikkate alınır. Ülkemizde bu konuda İlbank A.Ş. tarafından 25.04.2013 tarihinde yayınlanan “İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite Ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname” bulunmakta olup tasarım sırasında esas alınması gereken birim su tüketimleri proje yapılacak bölgedeki tahakkuk verilerinden su ihtiyacı hesaplanmasını eğer tahakkuk verileri yok ise de Çizelge 2.1’de gösterilen tablodan yararlanılmasını uygun görmüştür.

Çizelge 2.1. Yerleşim yerlerinin nüfuslarına göre kişi başı su tüketimi (İlbank 2013)

Proje Başlangıç Nüfusu (N) (kişi)	Evsel Birim Su Tüketimi (q_{evsel}) (l/kişi/gün)
$N \leq 50.000$	80 - 100
$50.000 < N \leq 100.000$	100 - 120
$100.000 < N$	120 - 140

2.4. İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıpları

İçme suyu dağıtım şebekesi basınçlı olduğu için, boruların bağlantı noktaları vanalar, çatlak ve arızalı kısımlar, iyi yapılmamış ekler ve diğer su sızdıran bütün tesisat elemanları, birer orifis gibi davranır ve şebekede su kayıpları meydana gelir (Muslu 2002).

Hem gelişmiş ülkelerin hem de gelişmekte olan ülkelerin içme suyu dağıtım sistemlerinde su kayıpları meydana gelir. Su kayıpları gerçek (fiziksel) kayıplar ve görünen (ticari) kayıplar olarak ikiye ayrılır. Fiziksel kayıplar iletim ve dağıtımda ana borularda, boru ek ve bağlantı noktalarında, abone bağlantı noktalarında meydana gelen sızıntılar ve haznelerde oluşabilecek taşmalar gibi şebekede fiziksel olarak meydana gelen kayıplardan oluşur. Görünen (ticari) kayıplar ise su sayaçlarının ölçüm hassasiyetinden, faturalama sırasında oluşabilen veri işleme hataları ve izinsiz (yasa dışı) tüketimlerden dolayı meydana gelen kayıplardır (Lambert ve Hirner 2000).

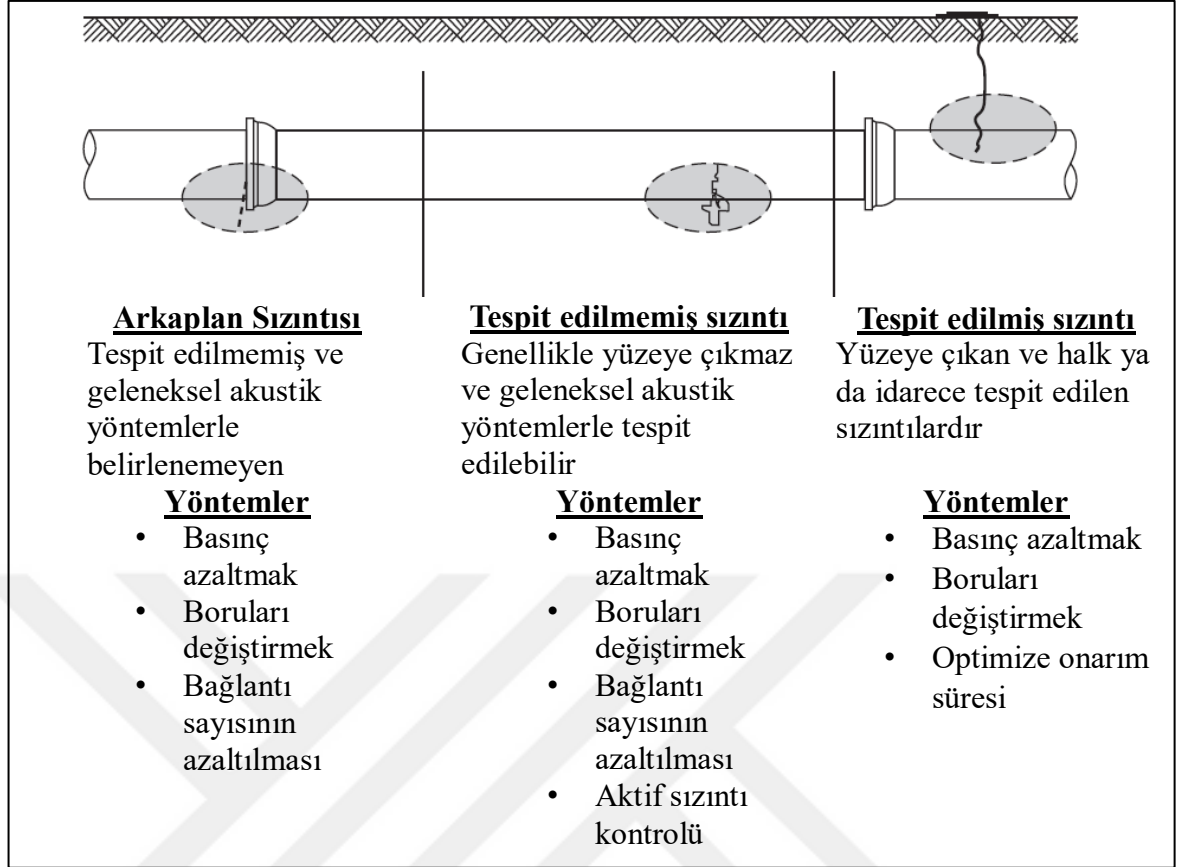
2.4.1. Gerçek (fiziki) su kayıpları

İçme suyu şebekesinde iletim ve dağıtım hattındaki boruların üzerindeki sızıntılar, boruların ek yerlerinde, bağlantı yerlerinde, vanaların bulunduğu noktalarda ve şebekedeki haznelerde meydana gelen kayıplar fiziksel kayıplardır.

Fiziksel kayıpların meydana gelme nedenleri;

- Zayıf kurulum ve işçilik
- Kalitesiz malzeme kullanımı
- Kurulum sırasında malzemelerin yanlış ele alınması
- Hatalı dolgu
- Basınç geçişleri
- Basınç dalgalanması
- Fazla basınç
- Korozyon
- Titreşim ve trafik yükü
- Çevresel koşullar (soğuk hava vb.)
- Düzenli bakımın aksamasıdır (Thornton vd 2008).

Fiziki kayıpların büyük kısmı dağıtım hattında meydana gelir (Thornton vd 2008). Bu sızıntılar Şekil 2.2’de gösterildiği üzere üç şekilde olabilir.



Şekil 2.2. Dağıtım ve iletim hattındaki sızıntılar (Tardelli 2005)

Arkaplan Sızıntısı: Boruların bağlantı ve ek noktalarında meydana gelen çok küçük debideki sızıntılardır. 250 l/sa gibi miktarlarda olduğu için geleneksel akustik yöntemlerle belirlenemez. Daha kötü duruma gelerek tespit edilme noktasına ulaşınca kadar arka planda sızıntı devam eder.

Tespit edilmiş sızıntılar: Genellikle yüksek debilere sahiptir. Sızan su yüzeye çıkar ve görülebilir. Su idaresi tarafından tespit edilerek ya da halk tarafından su idaresine ihbar edilerek, kısa süre içinde tamiri gerçekleştirilen sızıntılardır. Abonelerin suyunun kesilmesi ya da basıncın düşmesi gibi rahatsızlıklara yol açabilir (Şekil 2.3).

Tespit edilmemiş sızıntılar: Genellikle yerin altında gerçekleşir, orta derecede debilerdedir. Aktif sızıntı kontrolü ile tespit edilene kadar ya da yüzeye çıkana kadar uzun sürelerde kayıp meydana gelebilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.3. Dağıtım ve iletim hattı ana borularındaki arızalar (Anonim – 2, Anonim – 3)

Fiziki su kayıpları, haznelerde taşkınlar nedeniyle olabileceği gibi yapıların eski olmasından kaynaklı da meydana gelebilmektedir. Abone bağlantıları da fiziki su kayıplarının yaygın olarak görüldüğü bir diğer fiziki su kayıpları kaynağını oluşturmaktadır. Hatalı bağlantı şekli, boru çap ve cinsinin uyumsuzluğu, yetersiz işçilik gibi nedenler bu kayıpların oluşmasına neden olur (Thornton vd 2008).



Şekil 2.4. Servis bağlantıları ile abone arasında meydana gelen kayıplar (Anonim – 4, Anonim – 5)

2.4.2. Görünen (ticari) su kayıpları

Görünen (ticari) kayıplar ise yasal olmayan kullanım ve müşteri sayaçlarının hassasiyetinden kaynaklanır (Şekil 2.5). Aboneler tarafından tüketilen suyun bir kısmı sayaçlar tarafından çok düşük debide doğru ölçülemeyebilir. Benzer şekilde yüksek debilerde de doğru sonuçlar alınamayabilir. Bu durum sayacın okuma hassasiyetinden kaynaklanır ve su kayıplarında önemli bir rol oynar (Richards vd 2010). Ayrıca personel tarafından sayaçlardaki endeks değeri okunurken ya da okunan değerler kayıtlandırılıp

faturalama yapılırken hatalar meydana gelebilir. Hiçbir sayaç %100 doğrulukta ölçüm yapmaz. Sayacın yaşı ve tipine göre hassasiyeti değişir (Richards vd 2010).



Şekil 2.5. İzinsiz (kaçak) su tüketimi (Anonim – 6, Anonim – 7)

Su sayaçlarının su akışını doğru bir şekilde ölçmede başarısız olmalarının başlıca nedenleri; sayaçların zamanla eskimesi, su kalitesinin etkisi, kimyasal birikim, zayıf kaplama ve işçilik, aşırı ısı veya soğuk gibi çevresel koşullar, yanlış kurulum, yanlış boyutlandırma, ölçme türünün yanlış belirtilmesi, sayacın kurcalanması, rutin test ve bakımın eksikliği, yanlış onarım olarak sıralanabilir (Thornton vd 2008).

Sayaçların ölçüm hatalarının yanı sıra su tüketiminin takibi, muhasebesi, abone hesaplarının işlenmesinde hatalar meydana gelebilmektedir. Bu hatalar;

- Abonenin su tüketim verilerinin faturalandırma sırasında yanlış girilmesi,
- Su kullanan bazı müşteriler yanlışlıkla fatura kayıtlarından çıkarılması ve denetlenememesi.
- Bazı belirli kullanıcılar ücretlendirilmeyen tarifelere sahip olduğundan gerçek tüketimlerin kaydedilememesi,
- Veri analizi ve faturalandırma sırasında hesap hatası yapılması,
- Zayıf idare politikalarının, suyun faturalandırılması ve muhasebesinde boşluklar yaratması,
- Zayıf yapılandırılmış sayaç okuma veya faturalandırma sistemleri,
- Abonenin mülkiyetindeki veya hesap durumundaki diğer değişikliklerdeki izlemedeki eksiklikler,

- Görünen kayıpların değerlendirilmesi, azaltılması ve önlenmesinde teknik ve yönetsel ilişkilerin anlaşılabilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Thornton vd 2008).

2.4.3. Su kayıplarının değerlendirilmesinde su bütçesi tablosu

Su kayıplarının değerlendirilmesinde, IWA (Uluslararası Su Kuruluşu) su kayıpları çalışma gurubu (IWA Water Loss Task Force) tarafından oluşturulan su bütçesi tablosu dünyada hızlı bir şekilde kabul görmeye başlamıştır. Çizelge 2.2’de IWA tarafından oluşturulan su bütçesi tablosu verilmiştir.

Çizelge 2.2. IWA standart su dengesi (Alegre vd 2006)

Sistem Giriş Hacmi	Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen Su
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	
	Su Kayıpları	Ticari Kayıplar	İzinsiz Tüketim	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	
		Fiziki Kayıplar	İletim ve/veya Dağıtım Hattındaki Kayıplar	
			Depolarda Meydana Gelen Kayıp ve Taşmalar	
			Servis Bağlantılarından Müşteri Sayacına Kadar Olan Kayıplar	

Bu tabloda Sistem Giriş Hacmi, şebekeye verilen suyu ifade eder. Yasal Tüketim, faturalandırılmış ya da faturalandırılmamış olarak ikiye ayrılır. Faturalandırılmış yasal tüketim de ölçülmüş ya da ölçülmemiş olarak ikiye ayrılır. Faturalandırılmış ölçülmüş tüketimde su sayacı ile kullanılan su tüketimi ölçülerek faturalandırılır (Ör: evsel kullanım, ticari-sanayi kullanımı vb.).

Faturalandırılmış ölçülmemiş tüketim, su sayacının işlevini yerine getiremediği geçici durumlarda su idaresi tarafından abonenin daha önceki tüketimlerini göz önüne alarak kullanılan suyu ölçmeden faturalandırması ya da kullanılan suyu ölçme imkanı

bulunmayan durumlarda belirli tarifeler üzerinden aboneleri faturalandırması şeklinde olabilmektedir.

Faturalandırılmamış yasal tüketim, ölçülmüş ya da ölçülmemiş olarak ikiye ayrılmaktadır. Faturalandırılmamış ölçülmüş tüketim, verilen suyun ücretinin tahsil edilmediği ancak kullanılan miktarın ölçüldüğü durumlardır (Ör: Kamu kuruluşlarının su tüketimi, cami, park vb. su tüketimleri).

Faturalandırılmamış ve ölçülmemiş yasal tüketim, su idarelerinin kullanılan suyun ücretini tahsil etmediği ve kullanılan miktarın ölçülmediği su tüketimidir (Ör: yangın muslukları, sayaç bulunmayan parklar vb.).

Yasal tüketimin dışında kalan kısım su kayıplarıdır. Su kayıpları görünen (ticari) ve gerçek(fiziki) kayıplar olmak üzere ikiye ayrılır. Ticari (görünen) kayıplar, izinsiz (yasadışı) su tüketimi, sayaç hassasiyetinden kaynaklı ölçüm hataları ve veri işleme hatalarından kaynaklanabilir.

Gerçek (fiziki) kayıplar, iletim dağıtım hattından kaynaklı kayıplar, depolarda meydana gelebilen kayıplar ve servis bağlantıları üzerinde meydana gelen kayıplar olmak üzere üç şekilde olabilir.

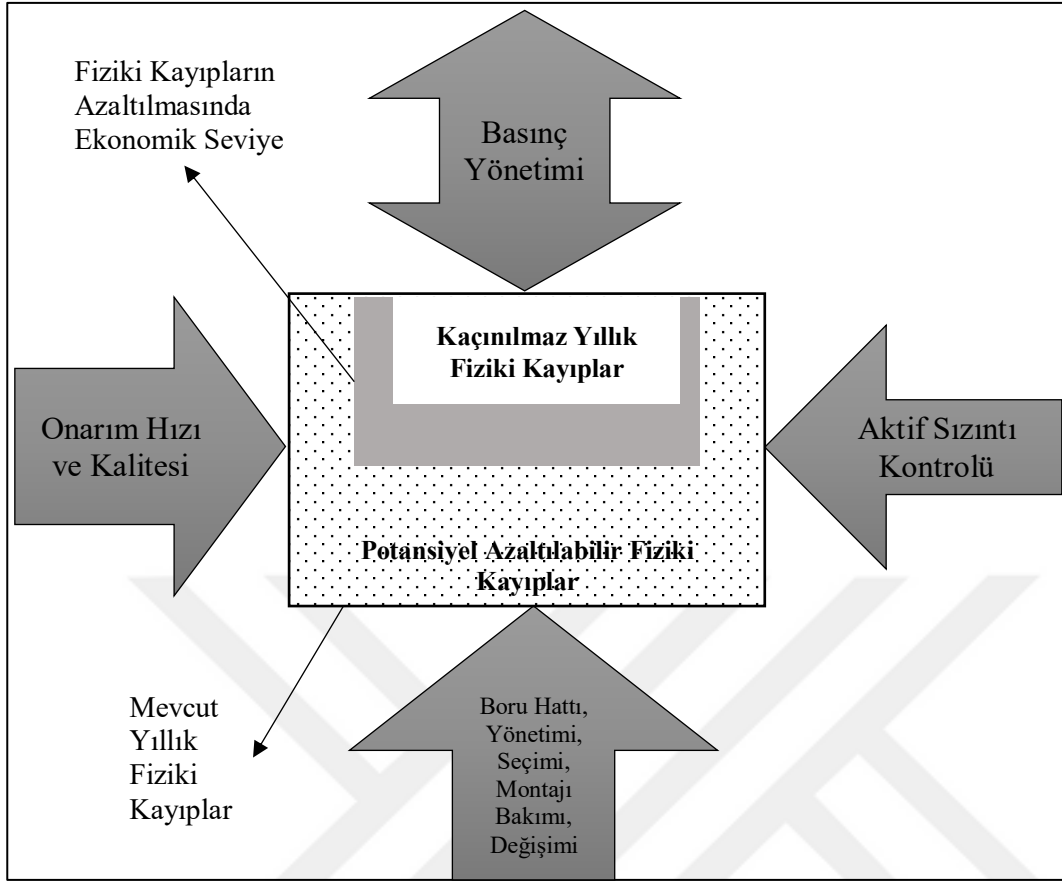
Gelir getiren su, faturalandırılmış yasal tüketime eşittir. Gelir getirmeyen su da faturalandırılmamış yasal tüketim ve su kayıplarının toplamına eşittir.

2.5. Su Kayıplarının Yönetimi

Bütün sistemlerde su kaybı meydana gelir, değişen sadece hacim olup su idaresinin şebekesini kullanma yeteneğini yansıtır. Birçok durumda su kaybı problemine zayıf altyapı, kötü yönetim uygulaması, şebeke özellikleri, işletme pratikleri, teknolojileri, becerileri ve sosyal ve kültürel etkiler neden olmaktadır. Yüksek seviyede fiziki kayıp abonelere ulaşan kaliteli su miktarını azaltır, su idaresinin işletme ve yeni yatırımların maliyetini arttırır. Yüksek seviyede görünen ticari kayıp su idaresinin gelir akışını azaltır. Su kayıplarının anlaşılmasına yönelik gelişmelere rağmen, dünya çapında birçok su idaresi, su kayıplarını azaltıp kontrol altına alamamıştır. Bunun nedeni, kayıpların az anlaşılması, kayıpların etkisinin değerlendirilmemesi veya kapsamlı bir su kaybı azaltma programının maliyetinin hafife alınması olabilir (Pilcher vd 2008).

2.5.1. Fiziki su kayıplarının yönetimi

Fiziki su kayıplarının yönetiminde Şekil 2.6'da verilen dört temel bileşen vardır. Bunlar; basınç yönetimi, aktif sızıntı kontrolü, onarım hızı ve kalitesi, boru hattı yönetimi seçimi montajıdır.



Şekil 2.6. Fiziki su kayıplarının yönetimindeki dört temel bileşen (Lambert ve Mckenzie 2002)

Fiziki su kayıplarının yönetiminde onarım hızı ve kalitesi; sızıntı tespit edildikten sonra ya da sistemde tamir/bakım gerektiren bir durumda kaybolan suyun hacmi, müdahale süresi ile ilişkilidir. İşçiliğin ve kullanılan malzemenin kalitesi de kısa sürede benzer problemin tekrar yaşanmaması için önemlidir.

2.5.1.1. Basınç yönetimi

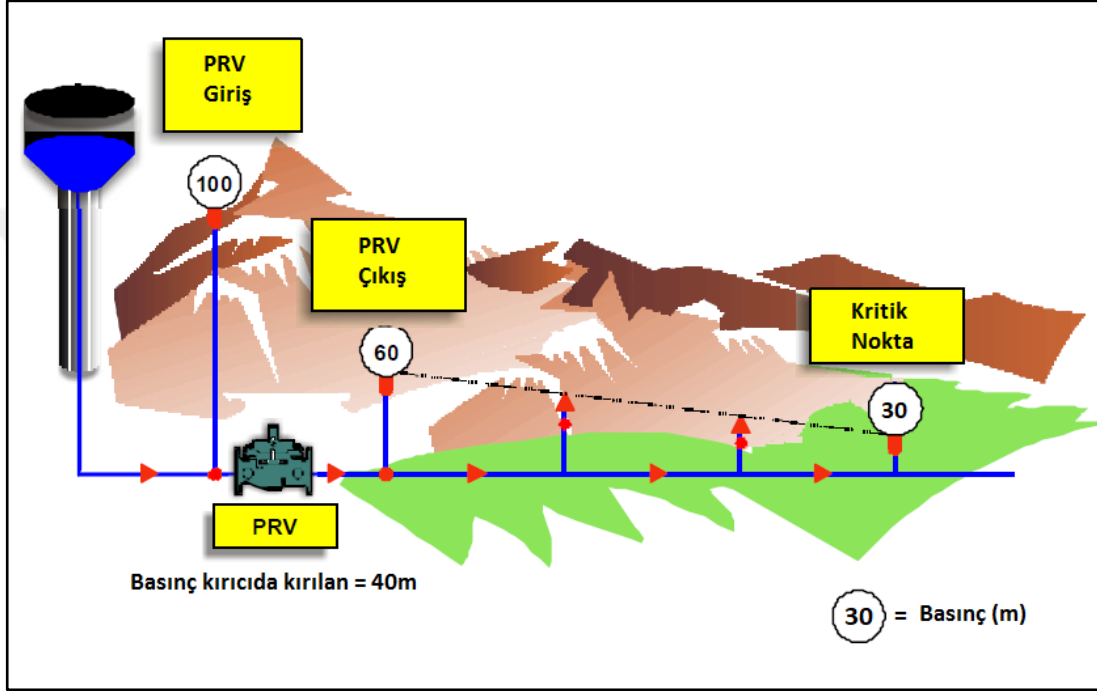
Fiziki su kayıplarının yönetiminde en etkin yöntemlerden birisi de basınç yönetimidir (Karadirek vd 2012). Şebekede fiziki su kayıplarının meydana geldiği çatlaklar orifis ile ifade edilebilir. Orifis eşitliğine göre suyun sızdığı yerlerdeki toplam alan A ve basınç yüksekliği h ile gösterilirse, Q sızan suyun debisini vermektedir (Muslu 2002). Eşitlik 1 orifis eşitliğini göstermektedir.

$$Q = C_d A \sqrt{2gh} \quad (1)$$

C_d : Debi katsayısı, A : Islak kesitin alanı, h : Basınç yüksekliği, g : Yerçekimi ivmesi

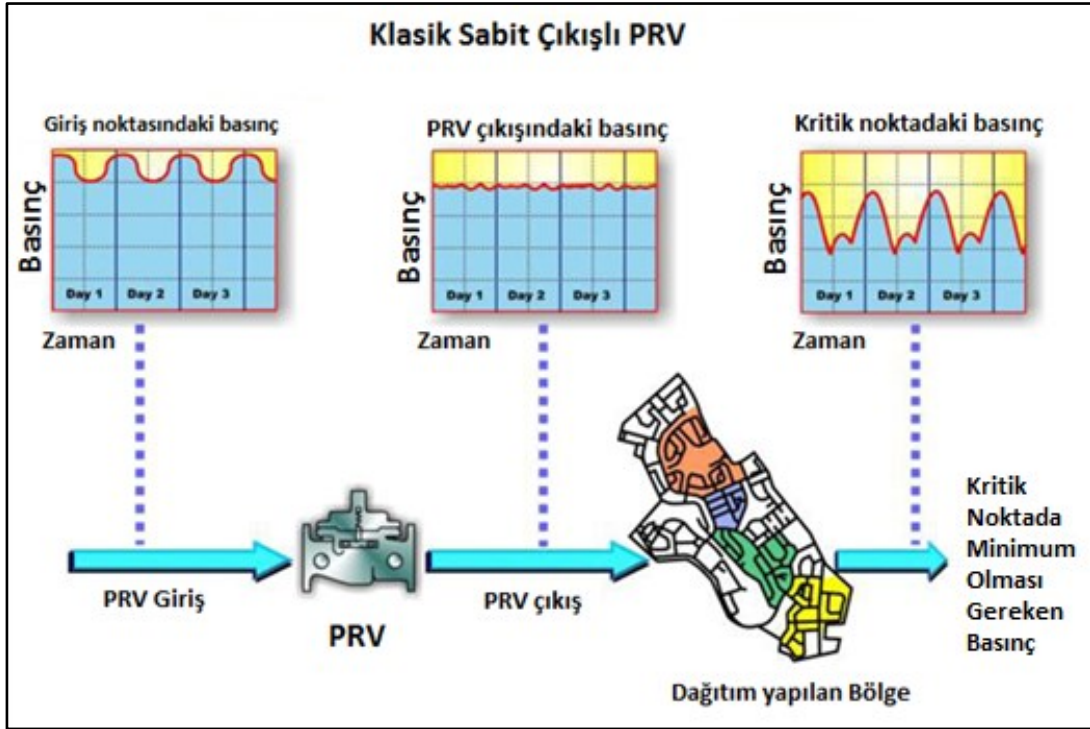
Bu nedenle sistemdeki basıncın artması su kayıplarını artırır azalması da su kayıplarını azaltır. Basınç yönetimi su kayıpları yönetiminde önemli bir etkindir. Basıncın düşürülmesi şebekenin ömrünü uzatır. Şebekede mevcutta olan fiziki su kayıplarında azalma sağlar (Thornton 2003).

İçme suyu dağıtım şebekelerinde su tüketimi arttıkça, borulardaki su hızı artar buna bağlı olarak hidrolik yük kayıpları artacağından basınçta azalma meydana gelir. Tam tersi durum da geçerlidir. Şebekede su tüketimi azaldıkça şebekedeki basınç artacaktır. Su kayıplarının azaltılmasında basıncın düşürülmesi planlanıyorsa öncelikle su tüketiminin maksimum olduğu basıncın minimum olduğu zaman dilimleri için şebekedeki basınç açısından kritik noktaların durumuna bakılmalıdır. Örnek olarak Şekil 2.7’de maksimum tüketimin olduğu bir anda kritik noktada 30 m su basıncını sağlamak için şebeke girişinde 60 m basınç yeterli olmakta ve fazlası basınç düşürücü vana (PRV) aracılığıyla azaltılabilmektedir.

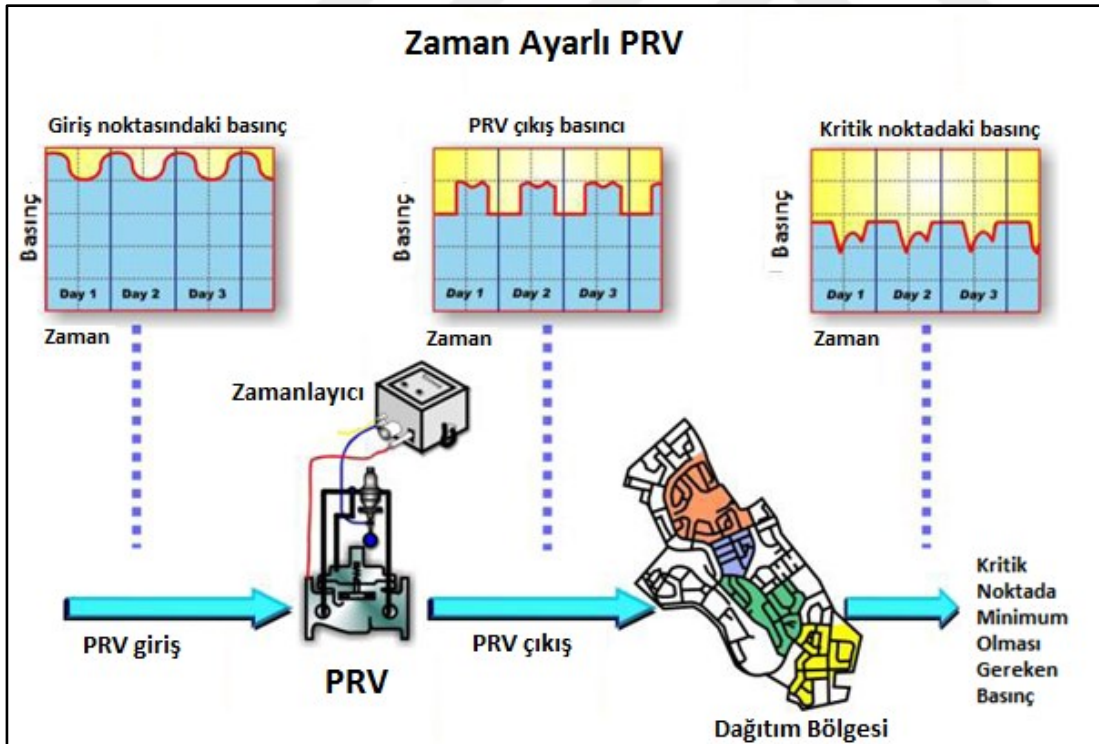


Şekil 2.7. Basınç kırıcı vana ve kritik noktadaki basıncın ilişkisi (Mckenzie 2001)

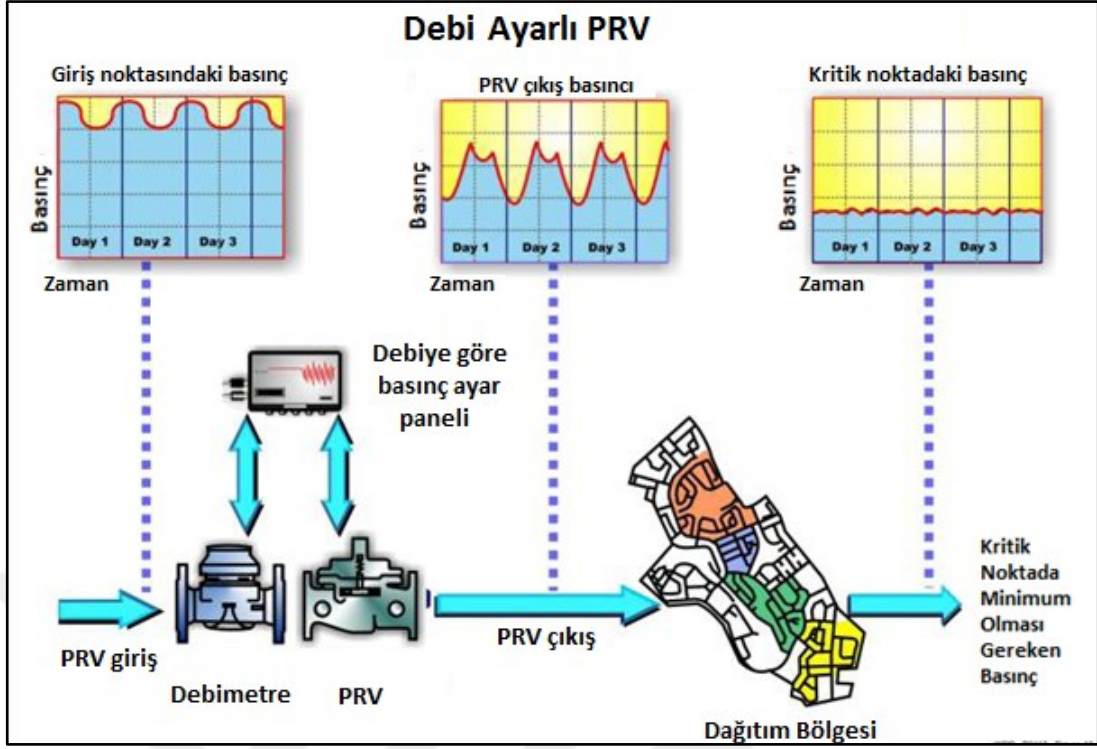
Basınç kontrolü farklı şekillerle sağlanabilir. Sabit çıkışlı basınç kontrolü ile sadece bir basınç kırıcı vana kullanılmaktadır (Şekil 2.8). Vana belirli bir değere ayarlanır. basit ve en kolay anlaşılan bir yöntem olup işletimi ve bakımı kolaydır. Zaman ayarlı basınç kontrolü, sabit çıkışlı sistemden farkı, bir zamanlayıcı ekipman ile istenilen saatlerde basınçta azalma sağlanır (Şekil 2.9). Gündüz saatlerinde basıncın düşürülmesinin istenmediği durumlarda, gece tüketim az basınç yüksek iken basınç düşürülerek su kaybında azalma sağlanabilir. İşletimi ve kurulumu kolay olup fazladan debimetre gerektirmeden doğrudan PRV üzerine bağlanabilir. Debiye duyarlı olmamasından dolayı basıncın kırıldığı zaman diliminde bir yangın gerçekleşmesi durumunda yeterli basınç olmaması bir dezavantajdır. Debi ayarlı basınç kontrolü farklı işletim koşullarında kontrol açısından büyük imkan sağlar (Şekil 2.10). Diğer seçeneklerden daha pahalıdır ancak genellikle daha çok su tasarrufu sağlanır. En büyük avantajı herhangi bir yangın durumunda istenen basıncı sağlayabilmesidir. Kapalı devre basınç kontrolü sisteminde, kritik noktalarda basınç sensörleri bulunmaktadır (Şekil 2.11). Bu sensörler basınç kırıcı sisteme veri yollayarak yüksek seviyede basınç kontrolü sağlanmasına imkan tanır ve sistemden büyük ölçüde su tasarrufu elde edilebilir (Mckenzie 2001).



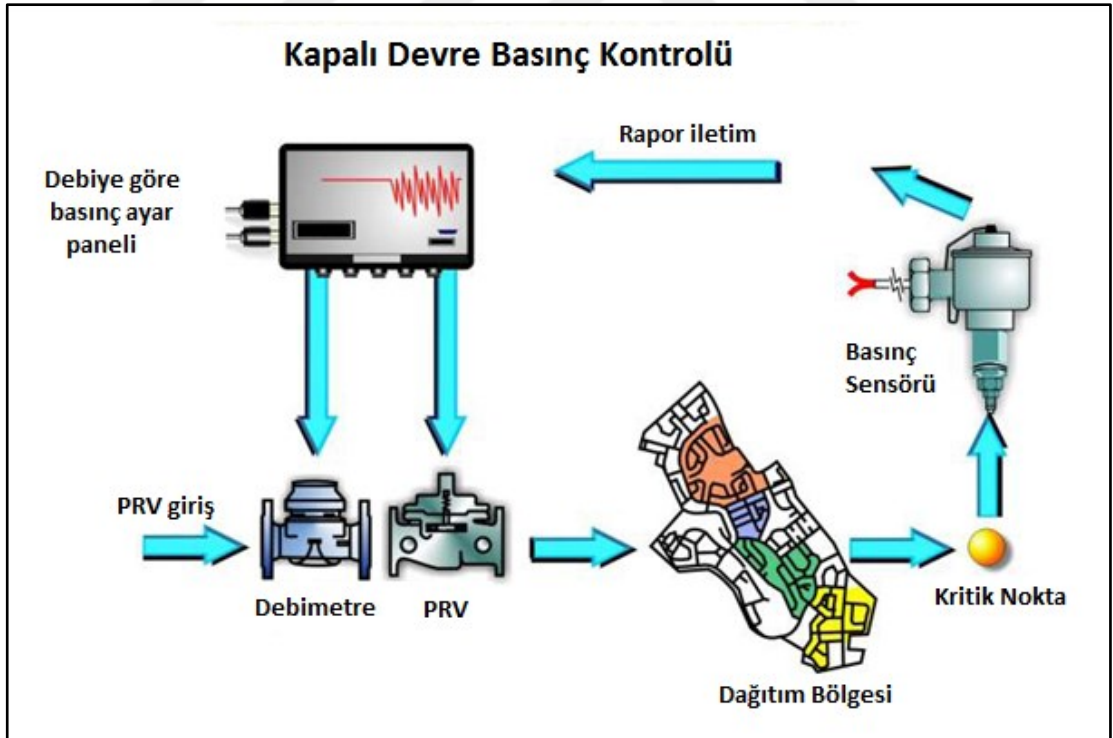
Şekil 2.8. Klasik sabit çıkışlı basınç kırıcı vana çalışma prensibi (Mckenzie 2001)



Şekil 2.9. Zaman ayarlı basınç kırıcı vana çalışma prensibi (Mckenzie 2001)



Şekil 2.10. Debi ayarlı basınç kırıcı vana çalışma prensibi (Mckenzie 2001)



Şekil 2.11. Kapalı devre basınç kırıcı vana çalışma prensibi (Mckenzie 2001)

Bir su dağıtım sistemindeki aşırı basıncı en aza indirmek, su kayıplarını ve boruların patlama sıklığını azaltacaktır. Yangınla mücadele gereksinimleri, yüksek

binaların bulunması, şebekedeki hidrolik kayıplar gibi nedenlere şebekede basınç azaltarak basınç yönetimini uygulamak genellikle zordur. Ancak doğru ve dikkatli basınç yönetimi önlemleri ile abonelere ve yangınla mücadele hizmetlerine herhangi bir olumsuz etki yapmadan borulardaki sızıntı ve patlama sıklığını azaltmak mümkün olabilir (Mckenzie 2001).

2.5.1.2. Aktif sızıntı kontrolü

Su idarelerinin görünmeyen sızıntıları bulmak amacıyla bütçe ayırarak sahada ekipmanlar vasıtasıyla sızıntı kontrolü yapması aktif sızıntı kontrolü olarak adlandırılır. Aktif sızıntı kontrolü daha büyük bir problem ortaya çıkmadan sorunların daha küçük boyutlarda iken çözülmesine olanak sağlar. Debi ölçümü, sızıntı yeri konum belirlemesi ve tespit edilmesi, aktif sızıntı kontrolü için temel faaliyetlerdir (Şekil 2.12). Adım adım, debimetrenin ölçmüş olduğu debi verileri kullanılarak tespit edilmemiş sızıntıların nerede meydana geldiğini belirlemek bölgeyi daraltmak ve sızıntının yerini tespit etmektir (Kanakoudis ve Muhammetoğlu 2014)

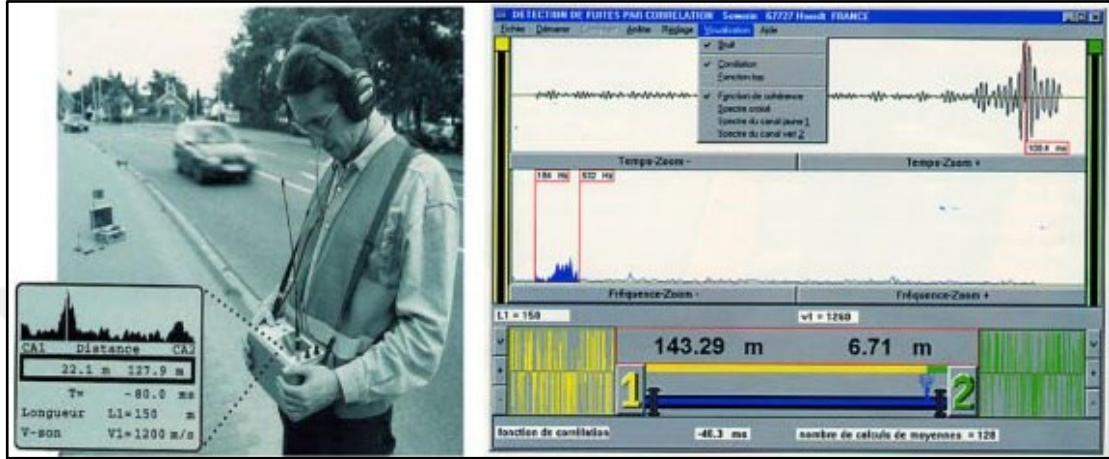


Şekil 2.12. Akustik dinleme çalışmaları (ASAT 2015)

Gürültü kayıt cihazları, sızıntı sesi korelatörleri, yer mikrofonları ve dinleme çubukları gibi sızıntıların tespiti için birçok teknik kullanılabilir. Yer belirleme işleminden önce, potansiyel sızıntıları dinlemek için şebekeye birkaç akustik sensör kurulur. Sensörlerin sayısı ve kurulacağı yerler, su basıncı, boru çapı, boru cinsi ve şebekenin boyutu gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Sensörler geçici süreli veya kalıcı olarak kurulabilir. Veri kaydedicilerden alınan veriler analiz edilerek alışılmadık derecede gürültünün kaydedildiği alanlar araştırılmaktadır. GSM veya radyo dalgalarıyla iletim ve SCADA sistemleri ile iletişim gibi araçlar, yöntemi geliştirebilir (Kanakoudis ve Muhammetoğlu 2014).

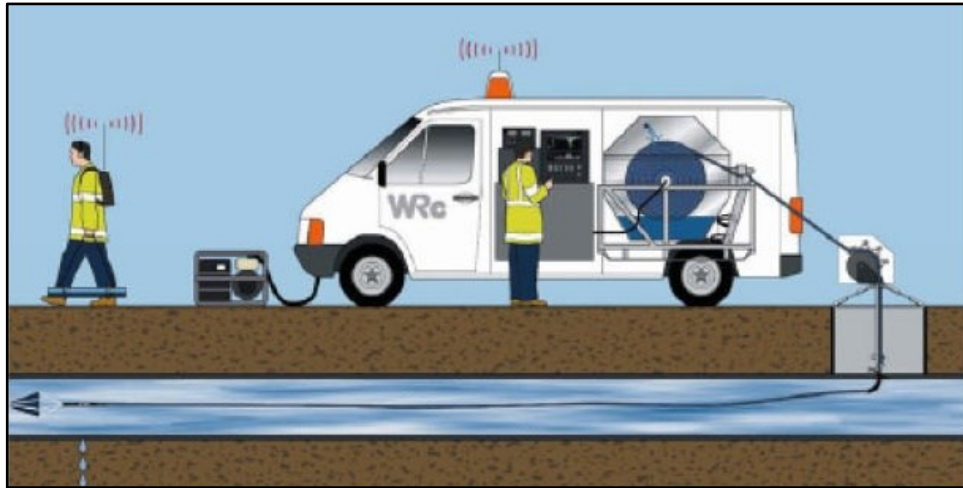
Sızıntıları tespit etmek için kullanılan geleneksel yöntemler haricinde, başka yöntemler de bulunur. Bu yöntemler aşağıda sıralanmıştır.

Akustik korelasyon yöntemi; sızıntıdan kaynaklı gürültünün her bir sensöre ulaşmasında geçen zaman farkından yola çıkarak iki (veya daha fazla) noktadaki sinyaller arasındaki ortalama ilişkiyi tanımlamak için çapraz korelasyon yönteminin kullanıldığı bir yöntemdir (Şekil 2.13).



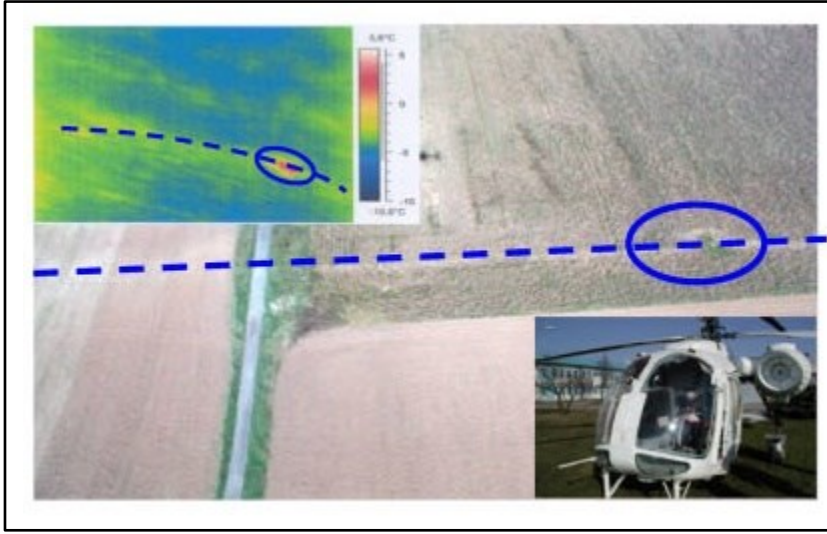
Şekil 2.13. Akustik korelasyon yöntemi ile sızıntı yerinin tespiti (Kanakoudis ve Muhammetoğlu 2014)

Sahara sızıntı tespit sistemi; tüm boru cinslerinde, şebeke ana boru hattında, çok küçük sızıntıların yerini algılayıp tespit edebilen bir yöntemdir (Şekil 2.14).



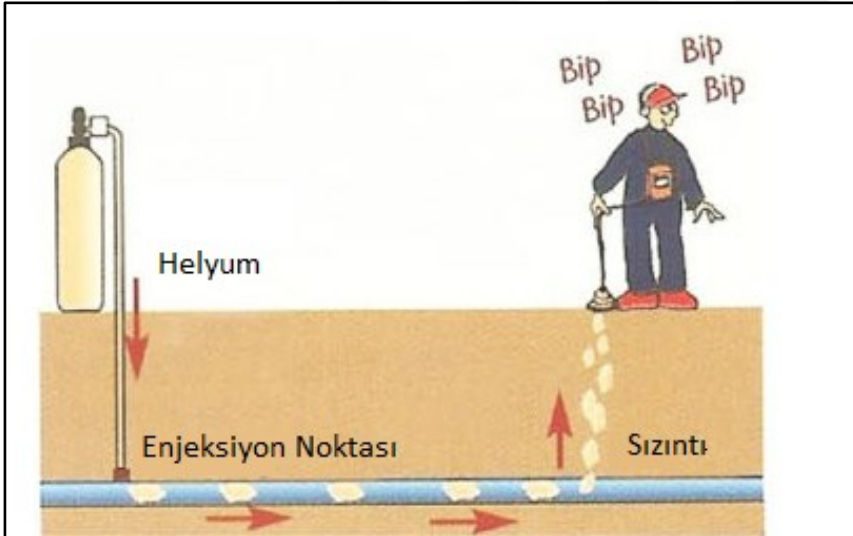
Şekil 2.14. Sahara yöntemi ile sızıntı yerinin tespiti (Kanakoudis ve Muhammetoğlu 2014)

Havadan araştırma ve termal görüntüleme; bir sızıntının akustik olarak algılanmasına dayanmayan, ancak sızıntının nedeniyle ortaya çıkan toprak sıcaklık farklılıklarının saptanmasına dayanan bir tekniktir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Termal yöntemlerle sızıntı yerinin tespiti (Kanakoudis ve Muhammetoğlu 2014)

Helyum izleme; dağıtılan su helyum gazı ile karıştırılır ve su çatlaklardan çıkış yaptığında helyum gazı yükselir. Sızıntının yeri, bir helyum gazı detektörü kullanılarak alanın taranması ile tespit edilir (Şekil 2.16).



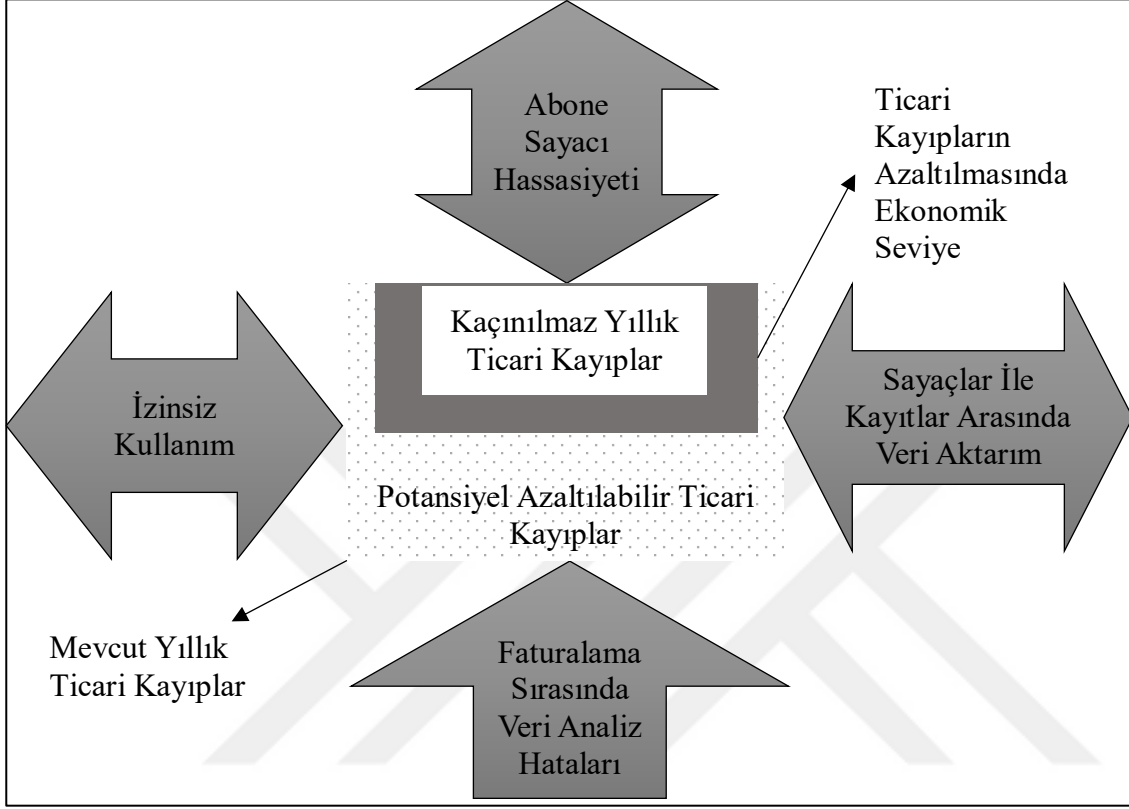
Şekil 2.16. Helyum gazı kullanılarak sızıntı yerinin tespiti (Kanakoudis ve Muhammetoğlu 2014)

2.5.1.3. Alt bölge (DMA)

Alt bölgeler içme suyu dağıtım şebekesinin küçük parçalarıdır. Su kayıplarının yönetiminde önemlidir. Her alt bölge girişinde debimetre bulunursa debideki değişimler düzenli olarak izlenebilir ve şebekedeki sızıntı seviyesindeki anormallikler belirli bölgelere indirgenebilir. DMA girişlerinde bulunan basınçmetre ile basınçtaki değişimler izlenerek fazla basıncın düşürülmesi için planlama yapılabileceği gibi herhangi bir patlama vb. olması durumunda tespit edilebilir. Evsel tüketimin olduğu yerlerde, sızıntı

2.5.2. Ticari su kayıplarının yönetimi

Fiziki su kayıplarının yönetimindekine benzer olarak ticari su kayıplarının yönetimine etki eden bileşenler Şekil 2.18’de verilmektedir.



Şekil 2.18. Ticari su kayıpların yönetim bileşenleri (AWWA 2008)

Abone su sayaçları tip, çap, yaş vb. özelliklerine bağlı olarak farklı ölçüm hassasiyetlerine sahiptirler. Su sayaçlarının kullanıldıkları süre boyunca ölçüm hassasiyetlerinde değişimler meydana gelir. Dolayısıyla su sayaçlarının ölçüm hassasiyetlerinin artması ticari su kayıplarının azalmasını sağlarken, sayaç ölçüm hassasiyetlerinin azalması veya daha az hassas sayaçların kullanımı ticari su kayıplarının artmasına neden olur.

Ticari su kayıplarının yönetiminde önemli bir diğer bileşen ise izinsiz su tüketimleridir. Yasal olmayan kullanımların su dağıtım şebekelerindeki oranı sosyo-ekonomik ve kültürel yapı ile değişmekle birlikte neredeyse tüm su iletim ve dağıtım sistemlerinde görülebilecek bir su kaybı bileşenidir. İzinsiz kullanım, sayaçların ya da sayaçların ölçüm ekipmanının, yangın musluklarının yasadışı kullanımı, izinsiz bağlantılar gibi nedenlerle oluşur. İzinsiz kullanımlar su gelirini etkileyeceği için su idaresi bu konuda politikasını güçlü tutmalı ve izinsiz kullanımın önüne geçmelidir. Ticari su kayıplarının yönetiminde bir diğer bileşen ise veri aktarım hatalarıdır. Su sayaçlarının personel tarafından okunması sırasında hata olabileceği gibi otomatik okuma sırasında da ekipman hatasından kaynaklı veri aktarım hataları meydana gelebilmektedir. Bunun yanında okunan değerlerin faturalandırılması yapılırken de hatalar meydana gelebilmektedir.

2.5.3. Performans indikatörleri

Su kayıplarında performans indikatörleri, su kayıplarını ölçmeye ve farklı kurumlar arası karşılaştırma yapmaya olanak sağlar ve hedef koymada yardım eder. Açıkça tanımlanmış bir metodolojiye göre hesaplanan ve standart tanımlama kullanarak standartlaştırılmış performans indikatörlerinin kullanılması önemlidir. Dağıtım sistemleri içerisinde su kayıplarının değerlendirilmesi için yaygın kullanıma sahip performans indikatörleri vardır. Su dağıtım şebekelerinde performans indikatörlerinin kullanımında her performans indikatörü her şebeke için uygun olmayabilir (Pilcher vd 2008).

Fiziki su kayıplarının yıllık hacminin karşılaştırılmasında dünyada yaygın kullanıma sahip performans indikatörleri;

- sistem giriş hacminin yüzdesi (%)
- birim şebeke uzunluğu başına su kaybı (m³/km/gün)
- mülk başına su kaybı (l/mülk/gün)
- servis bağlantısı başına su kaybı (litre/servis bağlantısı/gün)
- altyapı kaçak indeksi (birimsiz) (Alegre vd 2000).

2.5.3.1. Sistem giriş hacmi yüzdesi

Geleneksel bir performans indikatörü olup en yaygın kullanıma sahiptir. Sistem giriş hacminin bir yüzdesi olarak su kayıpları kolayca hesaplanır. Bu konuda uzman olmayan kişiler tarafından kolayca anlaşılır ve ifade edilir. Ancak, bu gösterge, dağıtım sisteminin yönetim verimliliğini değerlendirmek için uygun değildir, çünkü sistem giriş hacmi yüzdeleri:

- Tüketimden (ve tüketimdeki değişikliklerden) çok etkilenir.
- Yüksek basınçtan etkilenir (ortalama basınç üzeri).
- Sisteme kesintili su sağlanması durumunda çıkarım yapmak zordur.
- Fiziki ve ticari su kayıpları ayırt edilemez (Winarni 2009).

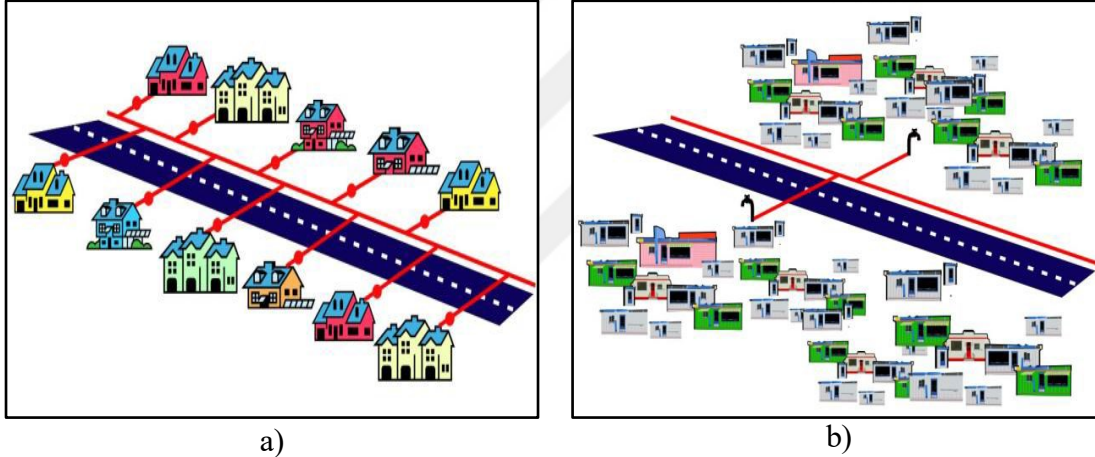
Su kayıplarının sistem giriş hacmi yüzdesi Eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$Su Kayıpları (\%) = \frac{Sistem\ giriş\ hacmi - Toplam\ Tüketim}{Sistem\ giriş\ hacmi} \times 100 \quad (2)$$

2.5.3.2. Servis bağlantısı başına veya mülk başına su kaybı

Su kayıplarının servis bağlantısı başına ya da mülk başına ifade edilmesidir. Çok sayıda bağlantı yeri ve bağlantı parçası mevcut olmasından dolayı uzmanlar, borularda sızıntı ve patlamaların şebekedeki ana borulardan ziyade servis bağlantılarında daha çok meydana geldiğini belirtmektedir (Hamilton vd 2006).

Çoğu su idaresi servis bağlantılarını ve üzerlerinde kaç adet mülk bağlantısının olduğunu bilemeyebilir. Bunun yerine faturalı mülk sayısı ve abone sayaçlarının yerleri bilinir. Servis bağlantı sayısı olarak mülk sayısından faydalanılması yanlış sonuçlar doğurabilir. Gelir ortalaması yüksek bölgelerde, servis bağlantılarının sayısını belirlemek için genellikle mülklerin sayısı kullanılabilir ancak düşük gelirli bölgelerde ve gayri resmi yerleşimlerde, çoğu zaman bir takım kullanıcıların suyunu tek bir musluk bağlantısından temin ettiği halka açık borular yoluyla sağlanan yerlerde, mülklerin sayısı bağlantı sayısını büyük ölçüde aşar. Bu nedenle servis bağlantılarının sayısının tahmini için umumi musluk sayısına bakmak gerekir. İki farklı durum Şekil 2.19’da gösterilmektedir (Seago vd 2005).



Şekil 2.19. Servis bağlantılarının a) yüksek gelir düzeyli yerleşim yerleri ile b) düşük gelir düzeyli yerleşim bölgeleri için gösterimi (Seago vd 2005)

2.5.3.3. Altyapı kaçak indeksi (ILI)

Altyapı kaçak indeksi (ILI), dağıtım şebekesinin mevcut işletme basıncında yönetiminin ne kadar iyi sağlandığının etkin bir göstergesidir. Mevcut yıllık gerçek kayıpların (CARL), kaçınılmaz yıllık gerçek kayıplar (UARL) oranıdır (Eşitlik 3) (Alegre vd 2000).

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} \quad (3)$$

Kaçınılmaz yıllık fiziki kayıplar arkaplan kayıpları ile birlikte tespit edilmiş ve tespit edilmemiş sızıntıları da içermektedir (Çizelge 2.3). Arkaplan kayıpları hesaplamasında ana borular için 9,6 litre/km/gün/basınç(metre), servis bağlantıları için 0,6 litre/servis bağlantısı/gün/ basınç(metre), servis borularının toplam uzunluğu için ise 16 litre/km servis bağlantısı/gün/basınç(metre) değerleri kullanılarak hesaplanır (Lambert vd 2000). UARL hesabı Eşitlik 4’de verilmiştir.

Çizelge 2.3. UARL Bileşenleri ve altyapı birimlerine göre katsayıları (Hamilton vd 2006)

Altyapı Bileşeni	Arkaplan Kayıpları	Tespit edilmiş sızıntılar	Tespit edilmemiş sızıntılar	UARL Toplamı	Birim
Ana borular	9,6	5,8	2,6	18	litre/km/gün/metre basınç
Servis bağlantıları	0,6	0,04	0,16	0,8	litre/bağlantı/gün/metre basınç
Servis boruları	16	1,9	7,1	25	litre/km/gün/metre basınç

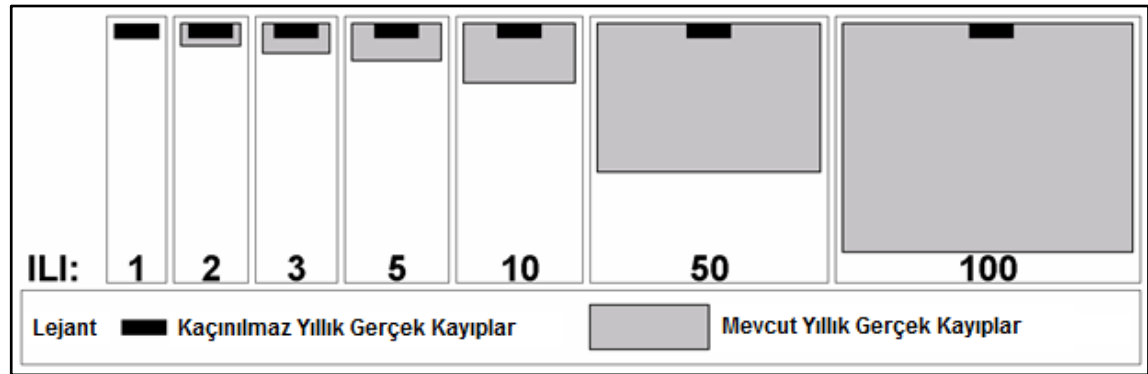
$$UARL = (18 \times L_m + 0,80 \times N_c + 25 \times L_p) \times P \quad (4)$$

L_m , km cinsinden ana boru uzunluğu, N_c , servis bağlantısı sayısı, L_p km cinsinden servis borularının uzunlukları toplamı, P ise metre cinsinden ortalama işletme basıncı olup, UARL litre/gün olarak bulunur.

Altyapı kaçak indeksinin, gerçek kayıplar için performans indikatörü olarak tek başına değil diğer performans indikatörleri ile birlikte kullanılması tavsiye edilmektedir. Yüzde olarak ifade edilen gerçek kayıplar, en az güvenilen performans indikatörü olmasına rağmen su kayıplarının ifade edilmesinde şu üç indikatör birlikte önerilmektedir (Seago vd 2005):

1. Litre/servis bağlantısı/gün ya da litre/km/gün
2. Sistem giriş hacmi yüzdesi olarak su kayıpları
3. Altyapı kaçak indeksi

Altyapı kaçak indeksinin grafiksel olarak gösterimi Şekil 2.20’de verilmiştir.



Şekil 2.20. 1’den 100’e kadar altyapı kaçak indeksinin (ILI) grafiksel gösterimi (Liemberger 2002)

Çizelge 2.4’de ILI grupları gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Altyapı kaçak indeksi grupları ve fiziksel kayıpların hedef matrisi (Farley vd 2008)

Teknik Performans Kategorisi	ILI	Fiziki Kayıplar(l/bağlantı/gün)					
		Ortalama İşletme Basıncı					
		10 m	20m	30m	40m	50m	
Gelişmiş Ülkeler	A	1-2	<50	<75	<100	<125	
	B	2-4	50-100	75-150	100-200	125-250	
	C	4-8	100-200	150-300	200-400	250-500	
	D	>8	>200	>300	>400	>500	
Gelişmekte Olan Ülkeler	A	1-4	<50	<100	150	200	250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	600	800	1000

Çizelge 2.4'deki A'dan D'ye kadar olan grupların yorumu şu şekildedir.

A→Herhangi bir kısıtlılık olmadıkça kayıpların daha fazla kayıp azaltılması ekonomik olmayabilir.

B→İyileştirme mümkün olabilir.

C→Zayıf su kayıpları yönetimi, kaynakların bol ve ucuz olması halinde tolere edilebilir.

D→Kaynakların çok verimsiz kullanımı, sistem durumunun kötü olduğunun göstergesi

2.5.4. Su kayıplarını azaltmanın faydaları

Su kayıplarının azaltılması sonucu sistem giriş hacmindeki azalmadan dolayı arıtma tesislerinde daha az hacimde su arıtımı yapılacaktır. Dolayısı ile suyun kaynaktan çekilmesi ve iletimi için harcanan enerji ile arıtmada kullanılan kimyasallardan tasarruf edilecektir. Ticari kayıpların azaltılması, su idarelerinin gelir akışını doğrudan etkilemekte ve artış sağlamaktadır. Su kayıplarını azaltmanın sağlık risklerinin önüne geçmek gibi bir faydası da bulunur. Normal şartlarda basınçlı altyapıda, su borudan dışarı çıkar. Ancak herhangi bir su kesintisi olması durumunda boruyu çevreleyen zemin yapısından vakum etkisiyle borunun içine su, kirlenmiş olarak girip sağlık riskleri ortaya çıkarabilir. Dolayısı ile su kayıplarını azaltmak suyun dışardan kirlenme riskini azaltacağı için su kalitesinin korunmasına yardımcı olur. Su kayıplarının azalmasıyla yeni su kaynaklarına olan ihtiyaç ertelenmiş olur. Kayıpların azalmasıyla yakın gelecek için daha fazla nüfusa hizmet verilebilir. Su fiyatlarında indirimle gidilebilir ve bu da halk üzerinde olumlu etki bırakır.

2.6. Su Kayıplarının Ekonomik Seviyesi

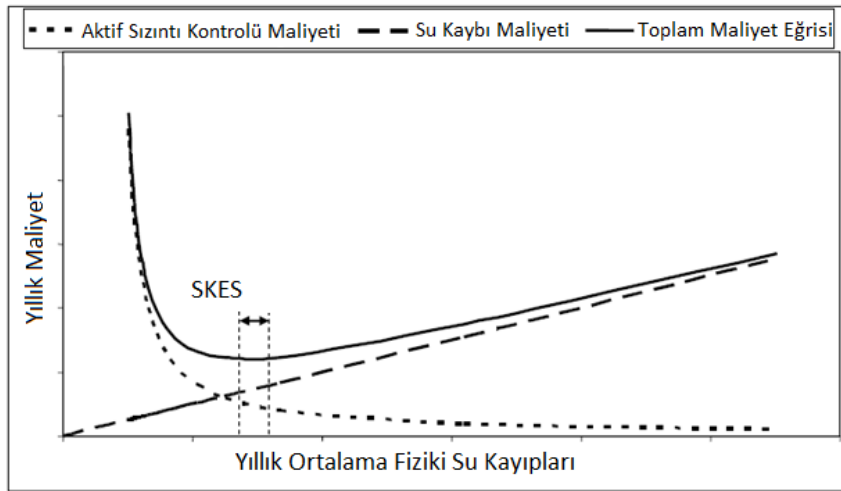
Su dağıtım sistemlerindeki su kayıpları, sistemden sızan suyun arıtılması ve taşınması için kullanılan enerji ve kimyasal yani kaynakların boşa harcanmasıdır (Bouchart vd 2001). Dağıtım sisteminde fiziki kayıpların azaltılması için uygulanan bütün yöntemlerin bir maliyeti bulunmaktadır. Su kayıpları seviyesini azalttıkça, azaltma çalışmaları için daha büyük bütçeye ihtiyaç duyulacaktır. Mevcut yıllık su kayıpları ile

kaçınılmaz yıllık fiziki kayıplar arasındaki fark potansiyel olarak azaltılabilir su kayıplarını vermektedir. İkisi arasında ekonomik açıdan anlamlı gelen seviye su kayıplarının ekonomik seviyesini (SKES) ifade etmektedir. Diğer bir deyişle ekonomik su kayıpları seviyesi 1 m³ suyun maliyetinin 1 m³ su kaybının önüne geçilmesi için gereken bütçe ile aynı seviyede olmasıdır (EPA 2009).

SKES hesaplanırken uzun dönem ve kısa dönem ekonomik su kayıpları seviyesi olmak üzere iki farklı zaman dilimi için hesaplanabilir. Kısa zamanlı dönem, en az bir girdi miktarının sabitlendiği ve diğer girdi miktarlarının değiştirilebileceği bir zaman periyodudur. Uzun zamanlı dönem ise, tüm girdilerin miktarlarının değiştirilebileceği ve diğer yeni girdilerin tanıtılabileceği bir zaman periyodudur (Pearson ve Trow 2005). Tez çalışması kapsamında kısa dönem fiziki su kayıpları ekonomik seviyesi incelenmiştir.

2.6.1. Kısa dönem fiziki su kayıpları ekonomik seviyesi

Aktif sızıntı kontrolü maliyetine bağlı olarak yıllık kayıp su hacminin değeri kıyaslanır. Kayıp seviyesi azaldıkça, sızıntı arama çalışmalarının maliyeti artar. Sızıntı arama çalışmaları gerçekleştirilmediğinde ise su kayıp oranı her geçen gün artar. Kayıp seviyesine bağlı değişen toplam maliyet eğrisinin minimum olduğu kısım, kısa dönem ekonomik su kayıpları seviyesini temsil etmektedir (Pearson ve Trow 2005). Tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı su kayıplarının ekonomik seviyesi belirlenirken iki farklı tahmin metodu kullanılır. Bunlardan birincisi ekonomik müdahale aralığının tahminine yönelik BABE (Breaks and Background Estimation: Çatlak ve arka plan sızıntı tahmini) metodudur. Bu metodun temelinde, aktif sızıntı kontrolünün yıllık maliyeti ile çatlak ve sızıntılardan kaybolan suyun yıllık maliyet hesabı vardır. Bu metod, sistemde bir önceki sızıntı arama ve kontrol çalışmalarından sonra tekrar tespit edilmeyen bir sızıntı olmayacağı kabulü ile sistemin kararlı olduğunu varsayımına dayanır. Sistemde su kayıpları arttıkça kayıpları belirlemek daha kolay hale geleceğinden aktif sızıntı kontrolünün maliyeti azalır. Ancak daha çok su kaybolduğu için su kayıpları maliyeti artmaktadır. Şekil 2.21’de görüldüğü üzere bu iki maliyetin toplam eğrisinin minimum olduğu nokta su kayıplarının ekonomik seviyesini ifade etmektedir (Kanakoudis ve Gonelas 2015).



Şekil 2.21. Toplam maliyet eğrisinin (Fanner vd 2007b)

İkinci metot ise artış oranı yöntemidir. Bu yöntemin avantajı sistem kararlı durumda olmadığında kullanılabilmesidir, çünkü artış oranını değerlendiren kullanışlı yöntemler bulunur ve herhangi bir şebekeye uygulanabilir. Bu metot, aktif sızıntı kontrolünün maliyetinin kayıp suyun değişken maliyetine eşit olduğu müdahale sıklığında, ekonomik müdahaleyi sağlar (Lambert ve Fantozzi 2005, Lambert ve Lalonde 2005). Bu yöntem ile kısa dönem SKES hesaplanabilmesi için şebekeye özgü bazı bilgilerin bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgiler suyun marjinal maliyeti, sızıntıların artış oranı ve müdahale maliyetidir (Lambert ve Lalonde 2005).

2.6.2. Uzun dönem fiziki su kayıpları ekonomik seviyesi

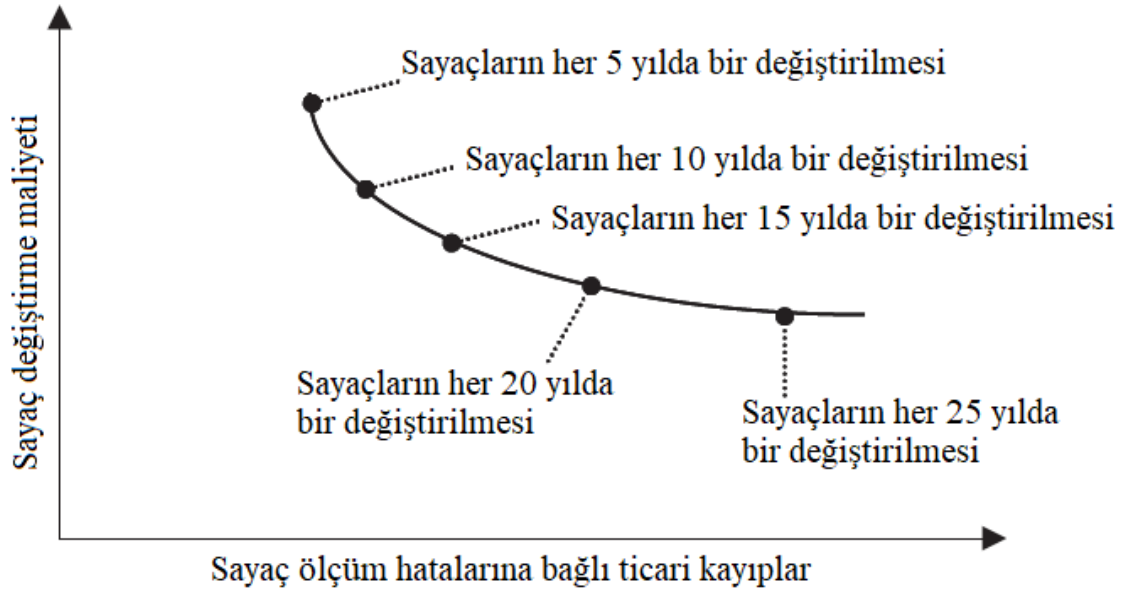
Bazı kayıp kontrol faaliyetleri, yatırım gerektirir ve dolayısıyla kısa vadede daha uzun bir zamanı içerir. Yatırım boyunca tasarruf edilecek suyun maliyeti yapılan çalışmaların, maliyetini karşılamadığı durumlarda basınç yönetimi ve şebeke rehabilitasyonu, boruların yenilenmesi, alt bölgelerin oluşturulması daha uzun dönemli daha ekonomik olacaktır (Pearson ve Trow 2005).

Uzun vadede zaman dilimi düşünülen yatırımın geri ödeme süresine bağlıdır. Örneğin etkili bir basınç yönetimi yapmak birkaç ay olabilir ancak büyük su kaynakları projeleri 25-30 yılı bulabilir. Bu tanım, gerçek kayıp düşüşüyle bağlantılı olarak değerlendirilirse, uzun vadede, şebekede basınç yönetimi, DMA oluşturulması, yatırım ve altyapı yenileme projeleri, gelişmiş tamir hizmeti gibi olanakların hepsinin kısa dönem SKES üzerinde bir etkisi olacaktır. Uzun dönem SKES şu faktörlerden etkilenir (Fanner vd 2007b):

- Fiziki kayıpların mevcuttaki seviyesi
- Mevcut SKES
- Yatırımlara bağlı SKES değişimi
- Yatırımlara bağlı su kayıplarından tasarruf ve aktif sızıntı kontrolü için ayrılan kaynaklardaki değişim
- Yatırım maliyeti
- Geri ödeme süresi

2.6.3. Ticari su kayıplarının ekonomik seviyesi

İçme suyu dağıtım şebekelerinde ticari kayıplarla mücadelenin de bir maliyeti bulunmaktadır. Sayaçların çok sık aralıklarla değiştirilmesi sudan elde edilecek geliri arttırmasına fayda sağlarken, su idarelerinin sayaç değişimi için daha fazla masraf yapmasına neden olmaktadır. Sayaçların çok uzun süreli değiştirilmemesi ise, sayaç değişim masrafını azaltacak ancak hatalı okuma yapmasından dolayı sudan elde edilecek geliri azaltacaktır (Şekil 2.22). Literatürde fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesinin hesaplanması için bazı eşitlikler bulunmasına rağmen ticari su kayıplarının ekonomik seviyesinin hesaplanmasına ilişkin pratik bir yöntem bulunmamaktadır. Bu konuda IWA su kayıpları araştırma ekibi çalışmalarını sürdürmektedir (Thornton vd 2008).



Şekil 2.22. Sayaç değişiminde maliyet eğrisi (Fanner vd 2007b)

2.7. Türkiye’de ve Dünyada Su Kayıpları

2.7.1. Dünyada su kayıpları/GGS

Dünyanın farklı ülkelerindeki şebekelerdeki su kayıpları ülkeler ve hatta aynı ülkelerin farklı şehirleri arasında da farklılıklar göstermektedir. Almanya, Hollanda gibi gelişmiş ülkelerde su kayıpları % 6 civarındadır (Anonim – 8, Anonim – 9). Su kayıpları genellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde daha fazladır. Dünyada su kayıpları ve gelir getirmeyen su oranları Çizelge 2.5’de verilmiştir. Gelir getirmeyen su, su kayıpları ile faturalandırılmamış yasal tüketimin toplamıdır.

Çizelge 2.5. Dünyada su kayıpları ve gelir getirmeyen su oranları (Karadirek 2016)

Ülke	Su Kayıpları/GGS
Türkiye (2012)	GGS, % 43,6
Latin Amerika Su Kuruluşları (2007)	GGS, % 40-55
Brezilya (2009)	Su Kayıpları, % 39,1
İtalya (2013)	Su Kayıpları, % 36
Portekiz (2011)	Su Kayıpları, % 36
Slovenya (2012)	Su Kayıpları, % 25-30
İspanya (2015)	GGS, % 24
Kuzey Amerika (2014)	GGS, % 23,1
İngiltere (2009)	Su Kayıpları, % 20-23
Danimarka (2010)	Su Kayıpları, % 7
Hollanda (2006)	Su Kayıpları, % 3-7

2.7.2. Türkiye’de su kayıpları

1-2 Nisan 2013 tarihinde, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye Belediyeler Birliği’nin desteğiyle ilgili tarafların bir araya geldiği “Su Kayıp Kaçakları” konulu çalıştay düzenlenmiştir. Çalıştaya, Büyükşehir Belediyeleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, İller Bankası A.Ş. Genel Müdürlüğü, DSİ, SUEN, Sulama Birlikleri temsilcileri ve konusunda uzman öğretim görevlileri tarafından katılım sağlanmıştır.

Çalıştayda, oluşturulan çalışma gruplarınca ülkedeki su kayıp ve kaçaklarının takibi, kontrolü ve önlenmesi amacıyla hazırlanan Su Kayıp ve Kaçakları Yönetmelik Taslağı değerlendirilmiştir. Görüşler doğrultusunda revize edilen yönetmelik taslağı onaylanmış ve 08.05.2014 tarih, 28994 sayılı resmi gazetede **İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği** yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Yönetmelik su kayıpları ile mücadelede su idarelerine belli başlı yükümlülükler getirmiştir. Bunlardan bir tanesi de yıllık su bütçelerinin oluşturulmasıdır. Yönetmeliğin 9. maddesinde “İdareler su kayıp oranlarını, bu 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 belediyelerde 9 yıl içerisinde en fazla %30, takip eden 5 yıl içerisinde ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler”, “Bu kapsamda, bu Yönetmelik uyarınca çıkarılacak Teknik Usuller Tebliğinde verilen yöntemler çerçevesinde gerekli faaliyetler yürütülür.” şeklinde belirtilmektedir.

Yönetmeliğe bağlı teknik usuller tebliğinde su kayıplarının kontrolü için alınması gereken tedbirlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yönetmelik ve tebliğde belirtilen hususlardan bazıları

- Sisteme verilen su hacminin ve debisinin ölçülmesi
- Coğrafi bilgi sistemi (CBS) veri tabanının kurulması
- İzleme sistemlerinin kurulması (SCADA)
- Şebekenin hidrolik modellemesinin ve kalibrasyonunun yapılması
- Şebekenin alt bölgelere ayrılması
- Yazılımlar ve verilerin, ana veri tabanı ile entegre hale getirilmesi
- İçme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerinin entegre yönetimi
- Aktif sızıntı kontrolü ile fiziki kayıpların tespiti ve azaltılması

Orman ve Su İşleri Bakanlığı’ndan elde edilen bilgiler doğrultusunda Çizelge 2.6’da 2015 yılı raporlarına göre belediyelerin sisteme verilen su hacmi, izinli tüketim, su kaybı ve gelir getirmeyen su miktar ve oranları verilmiştir.

Çizelge 2.6. 2015 yılı raporlarına göre belediyelerin su kayıp oranları (Gökdereli 2016)

Belediye / Su idaresi	Sisteme Giren Su ³ (m ³ /yıl)	İzinli Tüketim		Su Kaybı		Gelir Getirmeyen Su Miktarı	
		³ m ³ /yıl	%	³ m ³ /yıl	%	³ m ³ /yıl	%
Adana	140.891.780	8.456.944	60,03	56.322.136	39,97	64.186.348	45,56
Bursa - BUSKİ	107.017.250	82.752.490	77,3	24.264.760	22,7	28.098.760	26,3
Eskişehir	39.832.961	28.860.293	72	10.972.668	28	15.150.738	38
Gaziantep	152.394.742	80.113.725	52,6	72.281.017	47,4	73.033.985	48
İSKİ - İstanbul	965.155.404	732.635.874	75,91	232.519.530	24,09	242.041.505	25,08
İzmir - İZSU	196.306.981	134.768.979	68,65	61.538.002	31,35	63.554.874	32,38
Kahramanmaraş	93.031.200	37.894.074	41	55.137.126	59	57.031.200	61,3
Kayseri	73.664.840	59.817.809	81,2	13.847.031	18,8	26.359.646	35,78
Kocaeli - İSU	151.720.339	96.584.539	63,66	55.135.800	36,34	57.167.503	37,68
Konya	83.851.173	59.240.183	71	24.610.990	29	25.325.133	30
Malatya	113.569.776	35.676.531	31	77.893.245	69	78.214.334	68,86
Mardin	62.904.244	16.762.295	27	46.141.949	73	46.141.949	73
Sakarya	113.764.770	46.997.451	41	66.767.319	59	69.611.437	61
Samsun - SASKİ	56.133.200	34.514.349	61,49	21.618.851	38,51	22.432.827	39,96
Tekirdağ	64.350.000	39.196.659	60,91	25.154.000	39,09	25.159.341	39,11
Van	85.000.000	20.140.815	23,6	64.859.185	76,4	69.859.185	-

Türkiye’de gelir getirmeyen su oranı TÜİK 2012 verilerine göre %43,6’dır. TÜİK 2014 verilerine göre Türkiye genelinde, kaynağından içme ve kullanma suyu olarak çekilen 5,2 milyar m³ suyun yaklaşık %35’i gelir getirmeyen su olarak kayda geçmiş olup iki yıl içerisinde gelir getirmeyen su oranında azalma gözlenmiştir.

2.8. Konu ile İlgili Geçmişte Yapılan Çalışmalar

İçme suyu dağıtım şebekelerindeki su kayıpları ve/veya su kayıplarının ekonomik seviyesinin tespitine yönelik çalışmalar literatürde yer almaktadır.

2.8.1. Su kayıpları ile ilgili yapılan çalışmalar

Amerikan Su İşleri Derneği, su temini uygulamalarının el kitabı su bütçesi ve sızıntı tespiti isimli yayında, sistem genelinde kapsamlı bir su bütçesi oluşturmak için

adımlar içermektedir. Sistemdeki problemleri düzeltmeye yönelik öneriler bulunmaktadır. Ekonomik su kayıpları seviyesinin hesaplanmasına dair çok kapsamlı olmayan basit yöntem sunar (AWWA 1999).

Thornton (1999), su dağıtım sistemlerinde sızıntıların kontrolünde, basınç yönetiminin yararlarını savunmaktadır. Sistem basıncını kontrol etmek için çeşitli yöntemler incelenmiştir. Yazar, bir basınç yönetim programının gerekliliğini ve uygulanabilirliğini belirlemek için karar verme adımlarını önermektedir.

Lambert (2000), su kayıpları ile basınç ilişkileri alanında araştırmacılar ve uygulayıcıların kaydettiği ilerlemeyi gözden geçirmekte ve İngiltere, Japonya, Brezilya ve diğer ülkelerde gerçekleştirilen çeşitli test ve araştırmaları tartışmaktadır. Makalede, basınçtaki değişim ile sızıntıdaki değişim ilişkilerini hesaplamak için en yeni metodoloji tanımlanmaktadır.

Beecher (2002), yapmış olduğu araştırmada Amerika Birleşik Devletleri'ndeki birçok su idaresinden toplamış olduğu veriler ışığında bir rapor hazırlamıştır. Bu raporda, su idarelerinin, su kayıpları politikası, su kayıplarının tanımı, muhasebe ve raporlama, standartlar, karşılaştırmalar, hedefler, planlama gereksinimleri, derleme ve yayın, teknik destek, performans teşvikleri, denetim ve uygulama gibi konularda cevaplar aramaktadır.

Thornton, Sturm ve Kunkel (2008), su kayıplarının kontrolü kitabında, su kaybının her alanını incenmiş, basit, etkili, test edilmiş çözümler sunulmuştur. Görsel bir referans olup su dağıtım sistemlerinde oluşan su kayıplarının niteliği ve kapsamı, herhangi bir sistemdeki kayıp koşullarını, kayıpları belirlemek için denetimi ve bilgisayar modelleri kullanarak nasıl değerlendirildiğinden bahsedilmektedir. Sızıntı tespiti, onarımı ve tamir süresi, basınç ve basınca bağlı sorunların yönetimi, boru rehabilitasyonu ve değiştirilmesi, sayaç testi, onarımı ve değiştirilmesi, izinsiz kullanımın azaltılması gibi konulara değinilmiştir.

Hardeman (2008), "New Mexico Su Sistemleri için Kaçak Tespitinin Maliyet Fayda Analizi ve Gerçek Su Tasarruf Potansiyeli" başlıklı doktora tezinde Amerika'nın New Mexico eyaletindeki 30 içme suyu dağıtım sistemi için altyapı kaçak indeksini değerlendirerek ve şebekelerin verimliliğini ölçmüştür. Farklı şehirlerdeki bu şebekeler için ekonomik su kayıpları seviyesini hesaplanmıştır.

Demir (2001), "Konya içme suyu şebekesinde su kayıplarının belirlenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinde Konya içme suyu dağıtım şebekesinde meydana gelen su kayıp ve kaçaklarının belirlenmesine yönelik, üretilen ve tüketilen su miktarlarını tespit etmiş ve bu miktarların doğruluğunu elektronik debimetrelerden kontrol etmiş, tüketilen suyu da tahakkuk verilerinden elde etmiştir. Şebekedeki su kayıplarının tespiti için sayaçsız kullanım yerlerine geçici olarak sayaç takılarak okumalar yapılmış, bu sonuçlar yıllık tüketime dönüştürülerek, tüketimin miktarının bilinmediği kullanım yerlerindeki su tüketim miktarlarını belirlemiştir. Sonuç olarak üretilen su miktarından tahakkuk ettirilen su miktarı ve diğer kullanım yerlerinde kullanılan su miktarını çıkarıp şebekedeki bilinmeyen kayıplardan ve yasadışı bağlantılardan kaynaklanan kayıp su miktarını tespit etmiştir. Tespit edilen bu miktarın toplam üretim içerisindeki oranının %22.78 olduğu göstermiştir.

Pala (2002), “İçmesuyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıplarının Belirlenmesi Ve Kontrolü: Kayseri İli Örneği” başlıklı yüksek lisans tezinde Kayseri İli içme suyu şebekesindeki pilot bölgelerde su kayıplarının nedenleri etki seviyelerini istatistiksel yöntemlerle araştırmıştır. Su kayıplarının oluşumunu doğrudan ve dolaylı olarak etkileyebilecek değişkenler belirlenmiş sonuç olarak, sayaç kayıt hatalarından ve tamirlerden kaynaklanan su kayıplarının, abone sayısı, sistem boyu, ortalama günlük akış miktarları ile yüksek korelasyon katsayısına sahip ilişkiler ötüştürdüğünü göstermiştir. Bunun yanı sıra, sistem yaşı, basınçlar ve gece debisi ile de yüksek korelasyon katsayısına sahip ilişkiler oluşturmıştır.

Dikmen (2005), “İstanbul İçme Suyu Dağıtım Sisteminde Su Kayıpları Kontrolü” başlıklı yüksek lisans tezinde su kayıplarını incelemek amacıyla Avcılar-Büyükçekmece sistemi incelenmiştir. Şebekenin farklı noktalarındaki debimetreler ile sisteme verilen su miktarı tespit edilmiş, sayaç hassasiyetinden kaynaklı kayıplar da deneysel olarak tespit edilerek tahakkuk verileri ile kıyaslanarak sistemdeki su kayıpları ve izinsiz tüketimler tespit edilmiştir.

PROWAT projesi 2007 Şubat ayında Türkiye, Yunanistan, İtalya, İspanya, Finlandiya, Hollanda ve Belçika’dan 10 üye ile başlamıştır. Proje süresi 2 yıl olup su kayıplarını azaltma konusunda su idarelerine teknik anlamda yardımcı olmak hedeflenmiştir. Bu projede mevcut su kayıpları, nedenleri ve dikkat edilmesi gereken hususlar sunulmuştur. 2009 yılında “Su Kayıpları Nasıl Önlenir” isimli kitap basılmış olup, birinci bölümde esas olarak üst yöneticiler ve politikacılar için su kaybı konusunda temel bilgiler anlatılmıştır. İkinci bölüm teknik bir el kitabı niteliğinde olup, amacı su kaybı azaltma planlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olmaktır (Pilcher vd 2009).

Palancı (2011), “Alt Bölgeler Oluşturularak ve SCADA Sistemi Kullanılarak Su Kayıplarının Yönetimi: Antalya-Konyaaltı Bölgesi Örneği” başlıklı yüksek lisans tezi yapmıştır. Tezde Konyaaltı merkez ilçesi 18 alt bölgeye ayrılmıştır. Abone sayaçları daha hassas sayaçlarla değiştirilerek tahakkukta %20 artış gözlenmiştir. Alt bölge girişinde su basınçları 5,5 bar’dan 3,0 bar’a düşürülerek fiziki su kayıplarında da azalma gözlenmiştir.

Kara (2011), “İçmesuyu Dağıtım Şebekelerinde Basınç Yönetimi ve Hidrolik Modellemenin Entegre Edilerek Su Kayıplarının İncelenmesi” başlıklı tez çalışmasında Antalya ili Konyaaltı ilçesi içmesuyu dağıtım şebekesinde oluşturulan 18 farklı alt bölgede hidrolik model kurularak hem alana, hem de zamana göre basınç seviyeleri değişimi belirlenmiştir. Buna göre 10 alt bölgede basıncın yüksek olduğu tespit edilmiş ve basınç yönetimi uygulanması önerilmiştir. Basınç yönetimi önerilen alt bölgelerden minimum gece debisi yüksek olan 8 alt bölgede su kaybı modeli oluşturularak yaklaşık 45 m³/sa su tasarrufu elde edileceği tahmin edilmiştir.

Yılmaz (2011), “Antalya-Konyaaltı Su Dağıtım Şebekesi Alt Bölgelerinde Toplam Su Kayıplarının Bileşenlerinin Değerlendirilmesi” başlıklı yüksek lisans tezinde 18 alt bölgeye ayrılmış olan Antalya-Konyaaltı bölgesinde gelir getiren su hacimleri faturalandırılan su kayıtları yardımıyla belirlemiştir. Yapılan uygulamanın sonunda IWA su bütçesi oluşturulmuş, su kayıpları performans indikatörlerinden biri olan Altyapı Kaçak Endeksi (ILI) 18 Alt Bölge için hesaplanmıştır. Ortalama basınçların belirlenmesi için 18 alt bölgede EPANET hidrolik modeli kullanılmıştır.

Karadirek vd. (2012) Antalya kenti, Konyaaltı merkez ilçesinin içme suyu dağıtım şebekesinde gerçekleştirdikleri çalışmada su kayıplarının daha iyi yönetimi için bölgeyi 18 altbölgeye ayırmışlardır. SCADA sisteminin bulunduğu şebekede hidrolik model de oluşturularak, birçok DMA'da 3,5 bardan yüksek olmak üzere fazla basınç ve minimum gece debisinin yüksek olduğunu gözlemişlerdir. ILI değerinin de 20'den fazla olması nedeniyle su kayıplarını azaltmak amacıyla PRV kullanmışlardır. Böylelikle su kayıplarında azalma meydana gelmiştir. Model ile tahmin edilen su tasarrufu ve gözlenen su tasarrufu birbiriyle örtüşen değerler gösterdiği için su kayıplarını azaltma amaçlı basınç yönetimi uygulamasında, hidrolik modelin önemi vurgulanmıştır.

Kanakoudis ve Muhammetoglu (2013), Şebekelerdeki gelir getirmeyen suyun gelir ve enerji kaybı olduğunu belirterek dünya çapında %50'yi aşan su kayıpları olduğunu söylemişlerdir. Özellikle Akdeniz çevresinde kuraklık yaşayan yerler için artan su ihtiyacını karşılanmasında zorlandığını, standart su dengesinin ve performans indikatörlerinin iyi bir başlangıç olabileceğini belirtmişlerdir. Basınç yönetiminin ve hidrolik modellemenin önemini vurgulayarak, bu uygulamaların yapıldığı, birisi Yunanistan'ın Kos Şehri, diğeri de Antalya olmak üzere, 2 adet örnek çalışma sunmuşlardır.

Can (2014), "İçme Suyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıplarının Belirlenmesi Ve Kontrolü: İstanbul İli Örneği" başlıklı yüksek lisans tezinde şebekedeki kayıp ve kaçakların tespiti için sayaçsız yerlere geçici olarak sayaçlar takılarak okumalar yapılmış, tüketimin ne kadar olduğu bilinmeyen kullanım yerlerindeki su miktarları belirlenmiştir. Sisteme verilen su miktarından tahakkuk ettirilen su miktarı ve tespit edilen yerlerdeki kullanılan su miktarı çıkarılarak şebekedeki bilinmeyen kaçaklardan ve izinsiz bağlantılardan kaynaklanan kayıp su miktarı tespit edilmiştir. İstanbul kent merkezinde yer alan Bakırköy ilçesi pilot bölge çalışma alanı olarak seçilmiş ve kayıp su oranı 20.13% bulunmuştur. Fiziksel kayıp oranı yaklaşık 10% olarak tespit edilmiştir.

Kara vd. (2016) "Real time monitoring and control in water distribution systems for improving operational efficiency" isimli yayınlarında entegre RTM-SCADA sisteminin, şebekede, su kalitesi ve hidrolik değerleri izleyerek işletim verimliliğini arttırmanın yanında, su kayıplarını tespit etmekte de oldukça faydalı olduğunu belirtmişlerdir.

Karadirek vd. (2016) yüksek bölgelerden alçak bölgelere su aktarımı sırasında borulardaki fazla su basıncının, maslak, hazne veya PRV gibi klasik yöntemler yerine, türbin kullanılarak fazla basınçtan enerji kazanımının küçük ölçeklerde de olsa mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Basınç azaldığı için su kayıpları azaltılırken diğer yandan temiz enerji üretildiği için karbondioksit emisyonlarında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Türkiye'de içmesuyu dağıtım şebekelerinde genellikle yüksek basınç değerleri gözlemlendiğini söylemişlerdir. Yayında fazla basınçtan enerji üretim potansiyeli için mevcut uygulamalar irdelenmiş olup, Antalya'da türbin pompa kullanılarak fazla basınçtan enerji üretimi için pilot bir uygulama anlatılmıştır.

2.8.2. Su kayıplarının ekonomik seviyesine yönelik çalışmalar

Lambert ve Lalonde (2005) tarafından Avustralya’da yapılan bir çalışmada, 603 km ana boru uzunluğu bulunan 16000 servis bağlantılı bir şebeke incelenmiştir. Artış oranı yöntemi kullanılarak tespit edilmemiş sızıntıların ekonomik seviyesi, tespit edilmiş sızıntıların ve arkaplan sızıntıları ile birlikte 150,9 litre/servis bağlantısı/gün, 4 km ana boru/gün olarak kısa dönem ekonomik su kayıpları seviyesi hesaplanmıştır.

Lambert ve Fantozzi (2005) tarafından İtalya’nın kuzeyinde yapılan bir çalışmada 16 km ana boru uzunluğu 900 servis bağlantılı bir içme suyu dağıtım şebekesi incelenmiştir. Aktif sızıntı kontrol maliyetinin 4000€, suyun marjinal maliyetinin 0,11 €/m³ olduğu sistemde sızıntıların artış oranı 80,4 m³/gün/yıl olarak hesaplanmıştır. Ekonomik müdahale sıklığı 18.9 ay, sistemin ekonomik yüzdesi %63, müdahale için yıllık bütçe 2540€ tespit edilmemiş sızıntıların yıllık ekonomik hacmi 22909 m³/yıl olarak bulunmuştur.

Fanner ve Lambert (2009), basınç yönetimi seçenekleriyle, kısa dönem ekonomik su kayıpları seviyesinin özel olarak tasarlanmış bir yazılım olan ELLCalcs V2a, kullanılarak nasıl hesaplanabileceği anlatmaktadır.

İspanya’nın Zaragoza şehri için Munoz Trochez (2011) tarafından BABE yöntemi ve literatürdeki ampirik eşitlikler kullanılarak ekonomik su kayıpları seviyesi tahmini yapılmıştır. Çalışmada, su idarelerinin ellerinde kısıtlı veri bulunması durumunda nasıl hesaplama yapılacağı gösterilmiştir.

Islam ve Babel (2012), Tayland’ın Bangkok şehrinde bir DMA’da çalışma yapılmıştır. 820 abonenin bulunduğu 17,5 km ana boru uzunluğuna sahip 2,5 km²’lik alanda bulunan şebekede su kayıplarının ekonomik seviyesi hesaplanmış olup 110 m³/abone/yıl olduğu bulunmuştur.

Euijeong Lim vd. (2015), Güney Kore’de gelir getirmeyen suyun ekonomik seviyesinin hesabını yapmıştır. Gelir getirmeyen suyun optimum seviyesi 132 m³/bağlantı/yıl olarak bulunmuş 2013 yılı itibari ile de belirlenmiş olan gelir getirmeyen su oranının 127 m³/bağlantı/yıl olduğu söylenmiştir.

Kanakoudis ve Gonelas (2015), Yunanistan’ın Kozani şehri içme suyu dağıtım sistemi için ekonomik su kayıpları seviyesini hesaplamışlardır. 5995 adet servis bağlantısı 193,699 km ana boru uzunluğu bulunan şehir şebekesinde aktif sızıntı kontrolü maliyeti 55,000 €, suyun marjinal maliyeti 0,162 €/m³, başlangıç ve bitiş minimum günlük debiler sırasıyla 321,37 m³/sa, 395,67 m³/sa, iki zaman dilimi arasındaki süre 730 gündür. Ortalama artış oranı 37,15 m³/sa/yıl, gece gündüz faktörü 24 sa/gün olarak kabul edilmiş olup bulunan sonuçlar şu şekildedir. Sızıntıların artış oranı (RR) 891,60 m³/gün/yıl, ekonomik müdahale sıklığı 17,3 ay, sistemin ekonomik yüzdesi yıllık %69,23, yıllık müdahale bütçesi 38077 € /yıl, tespit edilmemiş sızıntıların yıllık ekonomik hacmi 235045 m³/yıl, tespit edilmemiş sızıntıların yıllık mevcuttaki hacmi 325434 m³/yıl olarak bulunmuştur.

Taramalarda da görüldüğü üzere dünyada ekonomik su kayıpları seviyesine dair çalışmalar bulunmaktadır. Ülkemizde su kayıpları üzerine çalışmalar yapılmış ancak su kayıplarının ekonomik seviyesinin belirlenmesine dair bir çalışma yapılmamıştır.



beslenmektedir. Boğaçay Pompa İstasyonu; Konyaaltı İlçesi, Gürsu Mahallesi'nde bulunan Boğaçay Su Üretim Tesisinden Konyaaltı İlçesi'nin % 90 su ihtiyacı karşılanmaktadır. Su temini keson (3 adet) ve derin kuyulardan (5 adet) sağlanmakta olup, içme suyu şebeke sistemine verilen su yaklaşık 1500 m³/sa'dır. Termassos Pompa İstasyonu; 13 adet derin kuyu, 1 adet 2500 m³ toplama deposu ve bir adet 7500 m³ toplama deposunda su üretimi yapılmaktadır. Bu tesis içme ve kullanma suyu ihtiyacının %26'sını karşılamaktadır. Tesisten yaklaşık olarak 4130 m³/sa su içmesuyu şebeke sistemine verilmektedir. Termessos Kuyu Sahası'ndan Döşemealtı İlçe Merkezi, Yeşilbayır, Çıglık, Düzlerçamı, Başköy, Odabaşı, Kirişçiler, Duacı Köyleri beslenip, Varsak, 200 m. ve 148m. kotundaki depolara su alınmaktadır. Su temin edilen 2. büyük tesis durumundadır. Gürkavak kaynağı; Antalya'nın ilk içme suyu kaynağıdır. Toros dağları eteğinde Güver Uçurumu mevkiinde 280 m kotundan cazibe ile şehre gelen doğal içme suyu kaynağıdır. Ortalama debisi 120 l/s'dir. Bu kaynaktan cezaevi yakınlarındaki 5000 m³ lük depoya dökülerek buradan da Gülveren, Ünsal, şafak, Yeni sanayii'nin bir bölümü, Ahatlı, Yeni Doğan ve zaman zaman da Meltem mahallesi civarı bu kaynaktan beslenmektedir. Düzlerçamı Güver uçurumu mevkiinde (260 m. kotunda) bulunan Gürkavak Kaynağı'ndan (kaynak suyu) yaklaşık 380 m³/sa su Cezaevi Depo'ya alınmakta ve şebekeye verilmektedir. Yemişpınarı Kaynağı; Antalya Hacısekiler köyü mevkiinde Elmalı Hisarçandır köyü yolu üzerinde ortalama debisi 60 l/s olan doğal bir kaynaktır. Bu kaynaktan cazibe ile Hacısekiler köyü ve Çakırlar mahallesi beslenir. Diğer Su Üretim Tesisleri; Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde bulunan Aksu İlçe Merkezi ve Boztepe Mahallesi su ihtiyacı Tigem sahasında bulunan derin kuyulardan karşılanmaktadır. Aksu İlçesi'ndeki diğer mahallelerin su ihtiyacı kendi bölgelerindeki derin kuyulardan karşılanmaktadır. Konyaaltı İlçesi'nde bulunan yaylalar bölgesindeki diğer mahallelerin su ihtiyaçları lokal kaynak sularının klorlanarak şebekeye verilmesiyle karşılanmaktadır (Anonim – 10).

3.1.2. Antalya SCADA sistemi

ASAT SCADA sisteminde derin kuyu, pompa (terfi) istasyonu, su deposu ve ölçüm noktası gibi yapılar merkezi olarak izlenmektedir. Sistemde; 9 adet pompa istasyonu, 24 adet su deposu ve 74 adet derin kuyunun izlemesi yapılmaktadır. Ayrıca 110 adet elektromanyetik debimetre bulunmaktadır (Şekil 3.2 ve Şekil 3.4) (Kara vd 2016).

Mevcut SCADA sistemi sayesinde (Şekil 3.3); seviye, basınç, debi, su kalitesi, elektriksel parametreler, alarm ve olayların izlenmesi, işletme planlaması ve programlanması, işletme ve bakım yönetimi, pompaların uzaktan kumanda edilmesi, verilen ve tüketilen suyun izlenerek kayıpların tespiti, şebekeden toplanan verilerden rapor ve grafik üretilmesi, elde edilen verilerin uzun dönem ve kısa dönemli olarak arşivlenmesi işlevlerini yerine getirmekte ve depolardaki su seviyeleri, pompa istasyonlarında çalışan pompalar, pompa istasyonları ile ölçüm noktalarında basınç ve anlık debi değerleri, SCADA kontrolündeki vanaların durumları (açık, kapalı, pozisyon) ve şehre verilen anlık su, toplam su ile bir önceki gün verilen toplam su miktarları görülebilmektedir (Anonim – 11).



a) Dıştan görünüm



b) İç panel ön



c) İç panel arka

Şekil 3.2. SCADA ölçüm ve veri iletim noktası (Kara vd 2016)



Şekil 3.3. ASAT SCADA merkezi

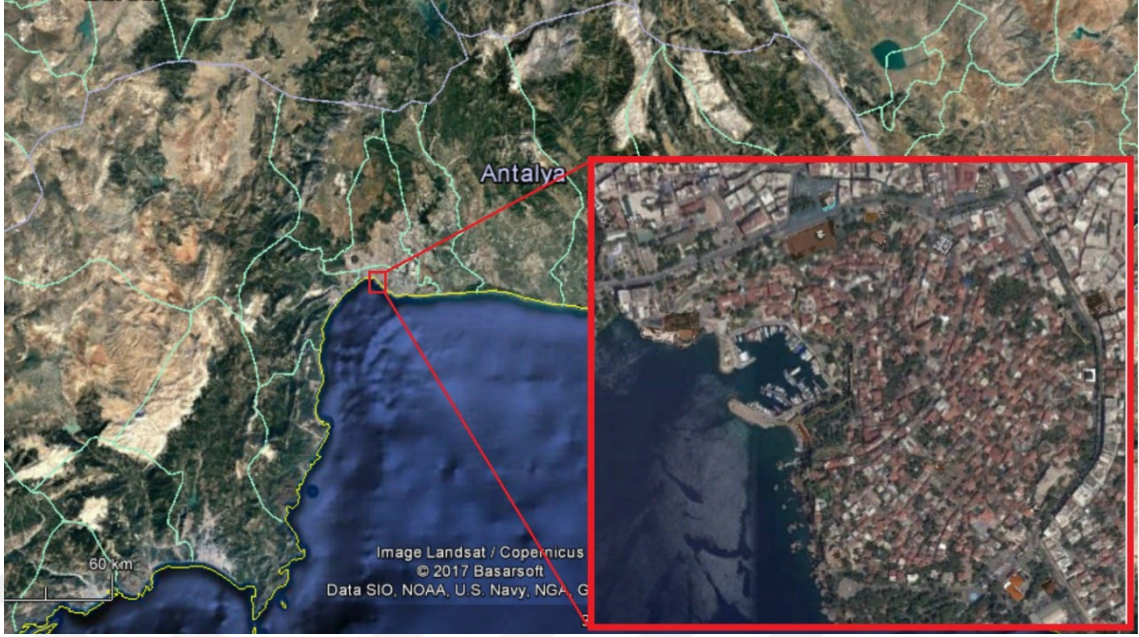


Şekil 3.4. SCADA ölçüm noktasının altyapısı (Kara vd 2016)

3.1.3. Çalışma sahası tanımı

Bu çalışma Antalya Kaleiçi'nde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Kaleiçi, tarihi ve turistik bir yerleşim yeri olup günümüzde Kaleiçi otelleri, pansiyonları, restoranları ve barları ile eğlence merkezi haline gelmiştir. Kaleiçi oldukça değişken bir topoğrafyaya sahip olup deniz seviyesi ile deniz seviyesinden 40 metre yüksekliğe kadar değişkenlik gösterir. Çalışma bölgesine ait su dağıtım şebekesi ASAT tarafından işletilmekte olup, bir alt bölge olarak şehrin diğer kısımlarından izole bir şekilde işletilmektedir. Çalışma bölgesine verilen su Duraliler su kaynağından sağlanmakta, miktarı ve basıncı, bölge girişinde yer alan debimetre ve basınçmetre vasıtası ile sürekli olarak ölçülmekte, SCADA ile ASAT merkeze gönderilmekte ve kayıt altına alınmaktadır.

Kaleiçi'nde yeşil alanları bulunan geniş parklar bulunmaktadır. Bu parkların sulanması içme suyu şebekesinden yapılmaktadır. Bölgede belediyeye ait kurumlar bulunmakta olup bu tür kullanıcılar, camiler ve parklardaki su tüketimi sayaçlar ile ölçülmekte ancak faturalandırılmamaktadır.



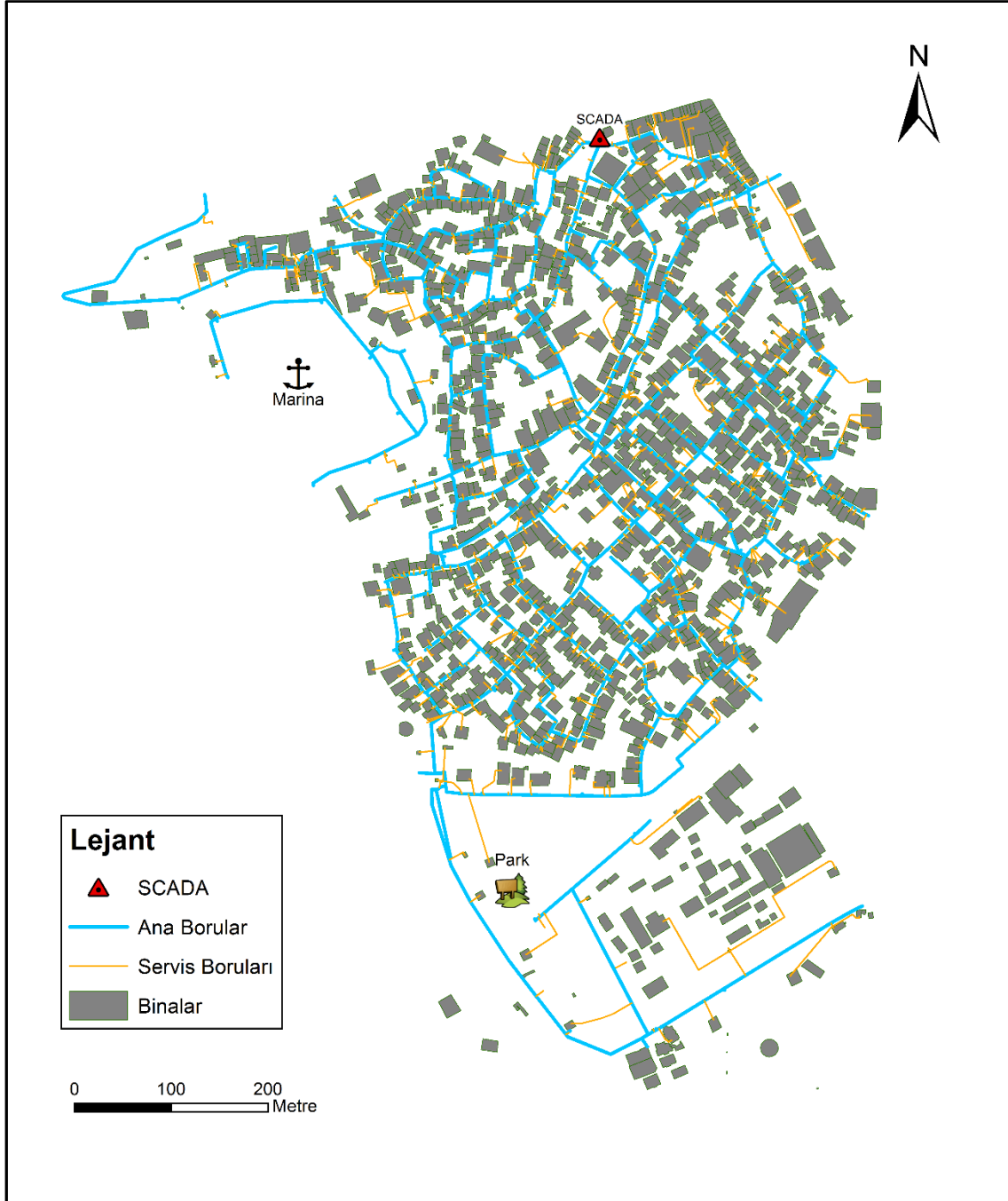
Şekil 3.5. Antalya, Kaleiçi çalışma bölgesi (Google Earth Pro)

Çalışma bölgesindeki sayaçların büyük çoğunluğu otomatik okuma sayaçlarıdır (AMR). AMR sayaçlar, sayacın yanına gitmeden bir el ünitesi ile uzaktan okunabilmektedir (Şekil 3.6). Sayaçlar aylık olarak okunmaktadır. Binalar arasındaki yolların dar olmasından dolayı herhangi bir yangın olması durumu için halkın kolayca erişebileceği birçok yangın hidrandı ve yangın dolabı bulunmaktadır.



Şekil 3.6. AMR el kumandası

Çalışma bölgesine ait su dağıtım şebekesi 12 km toplam ana boru uzunluğu ile 766 adet servis bağlantısı ve 2,5 km²'lik alanda 1394 adet aboneye hizmet vermektedir. ASAT CBS biriminden temin edilen, çalışma bölgesine ait CBS görseli Şekil 3.7'de su dağıtım şebekesine ait genel bilgiler de Çizelge 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.7. Kaleiçi içmesuyu dağıtım şebekesinin CBS görseli

Çizelge 3.1. 2016 yılına ait şebekedeki toplam boru uzunluğu, servis bağlantısı ve abone sayısı bilgileri

Parametre	Miktar	Birim
Ana Boruların Toplam Uzunluğu	12	km
Servis Bağlantısı Sayısı	766	adet
Abone Sayısı	1394	abone

CBS verilerine göre şebekedeki boruların büyük çoğunluğu 8 yıllık olup, bir kısmı da 12 yıllıktır. Borulara ait uzunluk, cins, çap ve yaş bilgileri Çizelge 3.2’de özetlenmektedir.

Çizelge 3.2. Şebekedeki ana boruların tip, çap, uzunluk ve yaşları hakkında bilgiler

Adet	Toplam Uzunluk (m)	Boru Tipi	Yaşı (yıl)
1	20,66	63mm PE	12,22
2	6,09	90mm HDPE	8
328	9970,28	110mm HDPE	8
23	730,82	110mm PVC	12,22
13	442,83	150mm HDPE	8
8	335,02	180mm HDPE	8
5	148,04	250mm HDPE	8
9	325,62	Çeşitli (63,80,90,110 - PVC, PIK)	Bilinmiyor

Boru yaşlarının uzunluklara göre ağırlıklı ortalaması:

$$\begin{aligned}
 \text{Boru yaşlarının ağırlıklı ortalaması (yıl)} &= \frac{\sum_{i=1}^n \text{Uzunluk}_i * \text{Yaşı}_i}{\sum_{i=1}^n \text{Uzunluk}_i} \\
 &= \frac{(20,66 + 730,82) * 12,22 + (6,09 + 9970,28 + 442,83 + 335,02 + 148,04) * 8}{20,66 + 6,09 + 9970,28 + 730,82 + 442,83 + 335,02 + 148,04} = 8,27 \text{ yıl}
 \end{aligned}$$

3.2. Fiziki Su Kayıplarının Belirlenmesi

İçme suyu dağıtım şebekelerinde fiziki kayıplar genellikle iletim/dağıtım hatları ve servis bağlantılarında meydana gelmektedir. Borulardaki delik ve çatlaklardan fiziki kayıplar gün boyu sürekli olarak devam etmektedir. Ancak, abonelerin su tüketimi gün içinde değişiklik gösterir. Gündüz saatlerinde çok, gece saatlerinde ise az su tüketimi görülür. Borulardaki sızıntılarının sürekli, en düşük su tüketiminin ise gece geç saatlerde gerçekleştiği dikkate alındığında, kayıpların değerlendirilmesi için gece geç saatlerde alt bölge girişinde ölçülen debilerin incelenmesi gereklidir (Muhammetoğlu 2017). Bu nedenle fiziki su kayıplarını belirlemek için, genellikle gece geç saatlerde (02:00 ile 05:00 arası) meydana gelen minimum gece debisinden (MNF) yararlanılır. Genellikle MNF’nin büyük bir kısmını yerleşim bölgelerinde gözlenen fiziki su kayıpları oluşturmaktadır. Ancak Kaleiçi gibi turistik bölgelerde gece geç saatlerde ve özellikle yaz mevsiminde pek çok restoran, kafe, bar ve otelde aktif olarak su tüketimi gerçekleşmekte olduğundan MNF tam olarak fiziki su kayıplarını temsil etmemektedir.

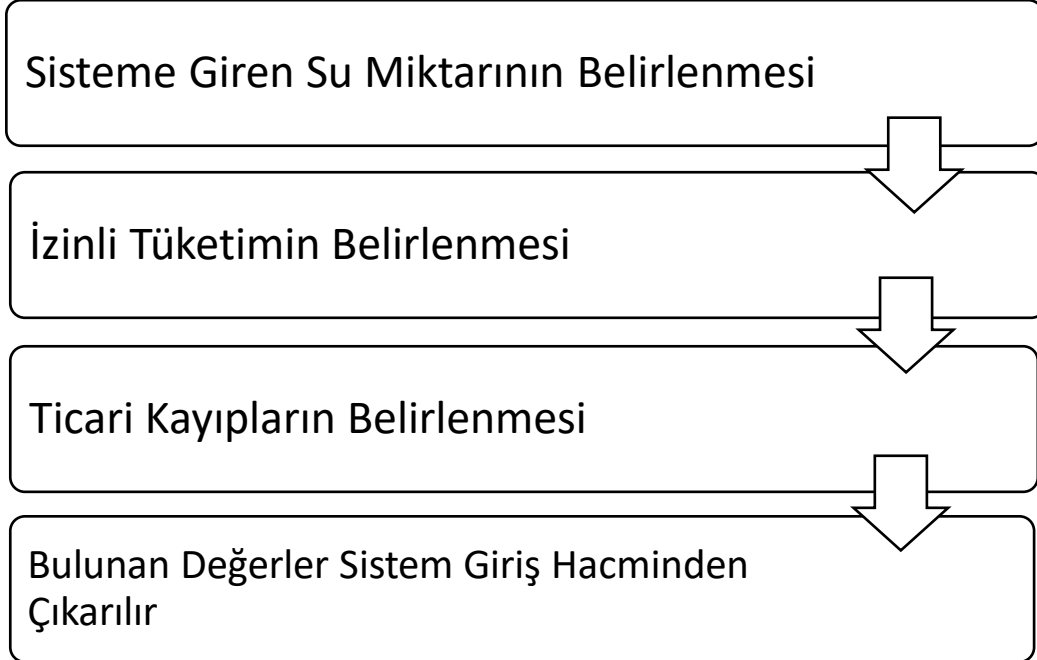
Diğer bir yöntem otomatik okuma sayaçları (AMR) kullanarak abone tüketimleri ile sistem giriş hacmi arasındaki fark alınarak su kayıpları tayin edilebilir. Bunun için bölgedeki tüm abonelerde, park ve bahçeler dahil olmak üzere su tüketilen bütün noktalarda aktif çalışır halde AMR sayaç kurulu ve iletişim fonksiyonu çalışır halde olmalıdır. Eğer sayaçlar SCADA merkezi ile sürekli iletişim halinde olursa abone tüketimleri dolayısı ile su kayıpları daha hassas belirlenebilir. Böylece istenilen zamanda

bütün abonelerin tüketimleri aynı anda okunarak alt bölge girişindeki debi verileri ile kıyaslama yapılarak toplam su kayıpları (fiziki + ticari) bulunabilir. Eğer sayaçlar SCADA merkezi ile iletişimde değilse bölgede kumanda ile okumalar yapıldıktan sonra debimetre ile sisteme verilen hacim kıyaslanarak su kayıpları tayin edilebilir.

Çalışma bölgesindeki abonelerin birçoğunda AMR sayaç kuruludur. Ancak SCADA merkezi ile iletişim fonksiyonu bulunmadığından veriler kumanda ile bölgeden alınmıştır. 2-3 Haziran 2016 tarihleri arası 32 saatlik AMR verileri bölgeden toplanarak su kayıplarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu ölçümler kısa süreli olup yıllık su kayıplarını temsil etmemektedir. Bu nedenle yıllık su kayıplarını tayin etmek için su dengesi tablosundan yararlanılmıştır.

Su dengesi oluşturmak ve fiziki su kayıplarını hesaplamak için gerekli olan dört temel aşama vardır (Şekil 3.8). Öncelikle, sisteme giren su miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra izinli tüketimin belirlenmesi gerekmektedir. Bu faturalandırılmış ve faturalandırılmamış tüketimlerin toplamıdır. Üçüncü adımda ticari kayıpların belirlenmesi gerekmektedir. İzinsiz tüketim (yasal olmayan su kullanımı) ve sayaçlardaki ölçüm hatalarının belirlenmesi yapılmıştır. Son aşamada da bulunan bütün değerler sistem giriş hacminden çıkarılarak Eşitlik 5’de görüldüğü şekilde fiziki kayıpların hesaplanması yapılmıştır.

$$\text{fiziki kayıplar} = \text{sistem giriş hacmi} - (\text{izinli tüketim} + \text{idari kayıplar}) \quad (5)$$



Şekil 3.8. Fiziki kayıpların belirlenmesindeki aşamalar

3.3. Su Kayıplarının Ekonomik Seviyesinin Hesaplanması

Kuramsal bilgiler ve kaynak taramaları bölümünde açıklandığı üzere su kayıpları fiziki ve ticari olarak ikiye ayrılmaktadır. Su kayıplarının ekonomik seviyesi ile ilgili çalışmalar genellikle fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesinin belirlenmesine yönelik olup ticari kayıpların ekonomik seviyesine ilişkin pratik bir yöntem bulunmamaktadır. Bu nedenle tez kapsamında fiziki su kayıplarının kısa dönemli ekonomik seviyesinin belirlenmesine yönelik çalışma yapılmıştır.

İçme suyu dağıtım şebekesinde sızıntılar üç farklı şekilde bulunabilir (Bkz. Şekil 2.2). Bunlar tespit edilmiş sızıntı, tespit edilmemiş sızıntı ve arkaplan sızıntısıdır. Kısa dönemli ekonomik su kayıpları seviyesi, tespit edilmiş sızıntılar, tespit edilmemiş sızıntıların ekonomik seviyesi ve arkaplan sızıntılarının toplamıdır (Lambert ve Fantozzi 2005).

3.3.1. Tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesi

Artış oranı yöntemi ile kısa dönem SKES hesaplanabilmesi için şebekeye özgü bazı bilgilerin bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgiler suyun marjinal maliyeti, sızıntıların artış oranı ve müdahale maliyetidir (Lambert ve Lalonde 2005). Suyun marjinal maliyeti; ilave bir birim suyun üretim maliyetidir. Kısa dönem su kayıplarının ekonomik seviyesi hesabında suyun marjinal maliyeti, suyun değişken maliyetine eşittir (McNeill ve Tate 1991). Dolayısıyla çalışma kapsamında suyun değişken maliyeti kullanılmıştır.

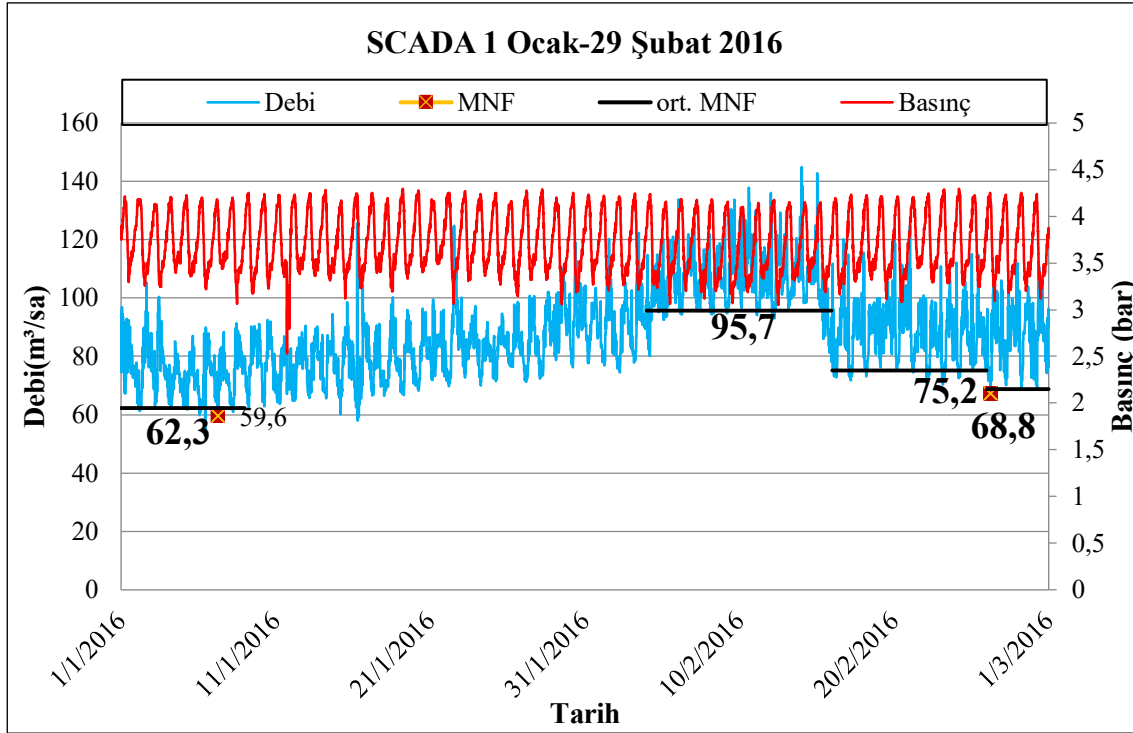
3.3.1.1. Suyun değişken maliyeti (CV)

Suyun değişken maliyeti, sisteme verilen birim miktar suyun arıtımı için kullanılan kimyasallar ile enerji maliyetinin toplamıdır. Arıtma için kullanılan toplam kimyasal maliyeti ile pompa vb. ekipmanların enerji maliyetlerinin toplamının, sisteme verilen toplam su hacmine bölünmesiyle bulunabilir (Nechamen 1989). Eşitlik 6 kullanılarak suyun değişken maliyeti hesaplanabilmektedir.

$$CV = \frac{\text{Kimyasal Maliyeti (TL)} + \text{Enerji Maliyeti (TL)}}{\text{Sisteme verilen toplam su hacmi (m}^3\text{)}} \quad (6)$$

3.3.1.2. Müdahale maliyeti (CI)

Su dağıtım şebekesinde su kayıplarını azaltmak ve kontrol altında tutmak amacıyla çeşitli yöntemlerle aktif sızıntı kontrolü yapmanın maliyetidir. Tamir masrafları bu maliyete dahil değildir (Lambert ve Lalonde 2005). Son yıllarda çalışma bölgesinde ve/veya yakın çevresinde aktif sızıntı kontrolü çalışması gerçekleştirilmemiş olup, dolayısıyla bu maliyet ile ilgili kesin bir bilgi yoktur. Çalışma bölgesinde sızıntılar artarak tespit edilme seviyesine geldikleri zaman onarımı yapılmaktadır. Şekil 3.9'da görüldüğü üzere minimum gece debisi her geçen gün yükselmekte ve belli bir seviyeye geldiğinde ise fark edilerek tamiri gerçekleştirilmiştir.

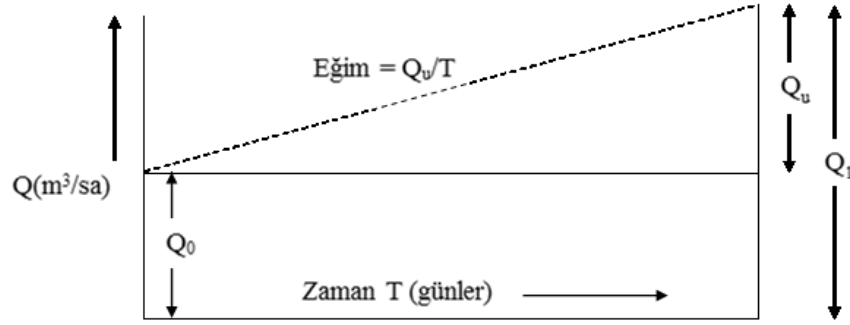


Şekil 3.9. SCADA ölçümlerine göre 1 Ocak 2016 ile 29 Şubat 2016 arası debi ve basınç değerleri

Bu kapsamda literatürde benzer çalışma sahaları için yapılan çalışmalara ait maliyetler incelenmiştir (Kanakoudis ve Gonelas 2015, Lambert ve Fantozzi 2005). Bu kapsamda Kaleiçi su dağıtım şebekesi ana boru uzunluğu dikkate alınmak suretiyle literatürdeki diğer çalışmalar ile kıyaslamalar yaparak Kaleiçi alt bölgesinde aktif sızıntı kontrol çalışmaları için gerekli maliyetin 20.000 TL(bütün şebeke için bir seferlik çalışma) olacağı kabul edilmiştir. Bu değer için çalışmanın sonunda farklı değerler de denenerek sonuçları gösterilmiştir.

3.3.1.3. Sızıntıların artış oranı (RR)

Artış oranı yönteminde, su tüketiminin en az olduğu günlük debilerdeki yıl boyu oluşan artış oranı kullanılır. Minimum günlük debiler üzerinden başlangıçtaki en düşük debi (Q_0) ile gözlem sonundaki en düşük debi (Q_1) değeri arasındaki fark, Q_u , aradaki zamana bölünerek artış oranı bulunur (Şekil 3.10 ve Eşitlik 7).



Şekil 3.10. Zamana karşı sızıntıların artış oranı (Lambert ve Fantozzi 2005)

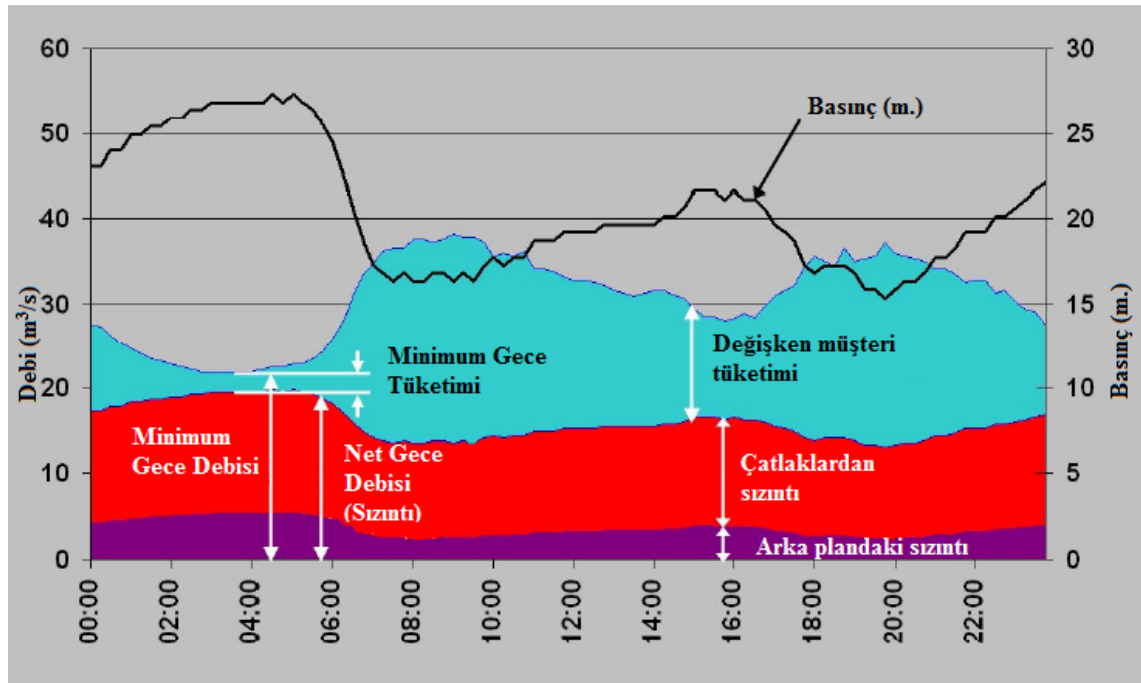
Bu yaklaşımda, eğer başta ve sonda basınç farkı var ise bu durumda Q_u için basınç düzeltilmesi yapılır (Lambert ve Fantozzi 2005).

$$\text{Artış Oranı (RR)} = \frac{Q_u}{T} \times \text{Gece Gündüz Faktörü (NDF)} \quad (7)$$

Q_u m³/sa, T gün, NDF de sa/gün olarak alındığında RR m³/gün/gün olarak bulunur. NDF bir sonraki bölümde anlatılmıştır.

3.3.1.4. Gece gündüz faktörü (NDF)

Bir içmesuyu dağıtım sistemindeki basınç, gün boyunca su talebine göre değişir. Genellikle gece saatlerinde tüketim en düşük seviyede iken, basınç en yüksek seviyededir. Şekil 3.11'de debi basınç ve sızıntıların gün içindeki değişimi görülmektedir.



Şekil 3.11. Şebekede debi, basınç ve sızıntıların değişimi (Morrison vd 2007)

Fiziksel su kayıpları basınç ile ilişkilidir. Basınç arttıkça şebekedeki kayıpların değişimi Eşitlik 8’de gösterilmiştir (Thornton ve Lambert 2005). Bu nedenle gece saatlerinde gündüz saatlerine nispeten kayıp oranının daha yüksek olması beklenir.

$$L_1 = L_0 \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} \quad (8)$$

P_0 : İlk basınç, L_0 : İlk sızıntı, P_1 : Son basınç, L_1 : Son sızıntı

$N1$: Sızıntı türüne ve boru cinsine göre 0,5 ile 1,5 arasında değişen katsayı olup $N1$ değerini etkileyen faktörler şunlardır (Fallis vd 2011):

1. Suyun sızdığı deliğinin boyutu ve şekli, boru malzemesine ve arıza türü (uzunlamasına veya dairesel çatlaklar, yuvarlak delikler, vb.)
2. Sızıntının boruya bağlı artan basınçla genleşme kabiliyeti (yuvarlak delikler dikey çatlaklara göre basıncın artmasıyla daha az genişler)
3. Borunun içinde bulunduğu zemin/toprak yapısı
4. Akış koşulları (laminer veya türbülanslı akım)

$N1$ değeri bağımsız DMA’larda genellikle 0,5-1,5 arasında değişir. Çünkü metal olmayan borulardaki sızıntılar basınçtaki değişimlerden çok etkilenir ve bu değer 1,5’e kadar bulunabilir. Metal borular basınç değişiminden daha az etkilenmesinden dolayı bu değer 0,5’e yakındır. Farklı boru tiplerinin karışık bulunduğu büyük sistemlerde $N1$ değeri 1,0’e oldukça yakındır (Fanner vd 2007a).

Dolayısıyla 24 saat boyunca sızıntı oranı aynı değildir. Gece meydana gelen sızıntıyı gündüz meydana gelen sızıntı oranıyla ilişkilendirmeye yarayan parametre gece gündüz faktörü (Night-Day Factor, NDF) kullanılır. NDF, cazibeli dağıtımın sağlandığı şebekelerde 24 sa/gün ya da daha az seçilebilir. Sürtünme kayıplarının yüksek olduğu düşük basınçlı cazibeli sistemlerde 12 sa/gün kadar düşük alınabilir. Cazibeli iletim olmayıp basınç düzenleyici ekipmanlarla dağıtım sağlanan sistemlerde genellikle 24 sa/gün’den yüksek olup 36 sa/gün’e kadar çıkabilir (Morrison vd 2007).

Gece gündüz faktörü Eşitlik 9’daki gibi hesaplanır (Fanner vd 2007a):

$$NDF = \left(\frac{P_1}{24 * P_{MNF}} \right)^{N1} + \left(\frac{P_2}{24 * P_{MNF}} \right)^{N1} + \dots + \left(\frac{P_{24}}{24 * P_{MNF}} \right)^{N1} \quad (9)$$

$P_1, P_2, \dots, P_{24}$: Sırası ile 00:00 - 01:00, 01:00 - 02:00, ..., 23:00 - 00:00 saatleri arasındaki saatlik ortalama basınçlar

P_{MNF} : Minimum debi esnasındaki basınç

$N1$ üssünün 1,0 seçilmesi durumunda sadeleştirilmiş ifade Eşitlik 10’da gösterildiği gibidir.

$$NDF = \frac{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{24})}{24 * P_{MNF}} \quad (10)$$

3.3.1.5. Hesaplama için kullanılan eşitlikler

Tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesini hesaplamak için artış metodu yönteminden faydalanılmıştır (Lambert ve Lalonde 2005, Lambert ve Fantozzi 2005). Artış oranı yönteminde sistemde artan fiziki kayıpların azaltılması için müdahale maliyetine ve suyun değişken maliyetine bağlı olarak ne kadar süre aralıklarla müdahale edileceği hesaplanır. Bunun için ekonomik müdahale sıklığı hesaplanır (Eşitlik 11).

$$CI = CV * 0,5 * RR * T_e^2 \quad (11)$$

T_e : Gün cinsinden ekonomik müdahale süresi olup diğer parametreler T_e 'nin ay cinsinden ifade edildiği Eşitlik 12'yi müteakip açıklanmıştır.

Literatürdeki diğer çalışmalarda T_e ay cinsinden ifade edilirken EIF kısaltması kullanılmaktadır. Ekonomik müdahale sıklığı anlamına gelmekte olup Eşitlik 12'de gösterilmiştir. Eşitlik 11'den Eşitlik 12'ye nasıl dönüşüm yapıldığı ve terimlerin İngilizce kısaltmalarının açıklamaları **EK-1**'de bulunmaktadır.

Öncelikle ekonomik müdahale sıklığı (EIF) bulunmuştur.

$$EIF = \sqrt{0,789 * \frac{CI}{CV * RR}} \quad (12)$$

CI: Müdahale maliyeti (TL)

CV: Suyun değişken maliyeti (TL/m³)

RR: Tespit edilmemiş sızıntıların artış oranı (m³/gün/yıl)

Ekonomik müdahale sıklığı hesaplandıktan sonra, sistemin ekonomik yüzdesi (EP) bulunmuştur. Bu değer, ekonomik açıdan dağıtım şebekesinin yıllık ne kadarlık kısmına müdahale edileceğini ifade eder (Eşitlik 13).

Sistemin Ekonomik Yüzdesi (EP);

$$EP(\%) = 100 * \frac{12}{EIF} \quad (13)$$

Daha sonra, yıllık müdahale için gerekli bütçe (ABI), hesaplanmıştır (Eşitlik 14). Bu değer tamir masrafları hariç yıllık müdahale için gerekli bütçeyi ifade eder.

$$ABI = EP(\%) * CI \quad (14)$$

Son olarak yıllık ayrılması gereken bütçenin suyun değişken maliyetine bölünmesiyle tespit edilmemiş fiziki kayıpların yıllık ekonomik miktarı (m^3 cinsinden hacmi) (EURL), bulunmuştur (Eşitlik 15).

$$EURL = \frac{ABI}{CV} \quad (15)$$

3.3.2. Tespit edilmiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıpları

Tespit edilmiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıplarının hesabı için servis borularından ve ana borulardan kaynaklı suyun kayıp hacminin bilgisine ve optimum tamir süresi gibi bilgilere ihtiyaç vardır. Bu veriler ilgili ASAT birimlerinden ve faaliyet raporlarından temin edilmiştir. Bu verilere dayanarak tespit edilmiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıpları hesaplanmıştır.

3.3.3. Arkaplan sızıntılarından kaynaklı fiziki su kayıpları

Arkaplan sızıntıları boruların bağlantı ve ek noktalarında meydana gelen çok küçük debideki sızıntılardır. Şebekede kaçınılmaz fiziki kayıplardır ve şebeke yeni dahi olsa meydana gelmektedir. Arka plan kayıpları literatürde yer alan Çizelge 3.3’de verilen değerler kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Arkaplan kayıpları için hesap değerleri (Lambert vd 2000)

Ana borular	9,6 litre/km/gün/metre basınç
Servis bağlantısı	0,6 litre/servis bağlantısı/gün/metre basınç
Mülk sınırından sayaca olan uzaklık	16 litre/km servis bağlantısı/gün/metre basınç

4. BULGULAR

4.1. Su Dengesi Tablosu ile Su Kayıplarının Belirlenmesi

Çalışma bölgesinde su kayıplarının su dengesi tablosu üzerinden hesaplanması için IWA tarafından geliştirilen ve ülkemizde yürürlükte olan “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği” ekinde yer aldığı şekilde, Çizelge 4.1’de gösterilen modifiye edilmiş su dengesi tablosu kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Su Dengesi Tablosu (İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği, 08.05.2014 tarih, 28994 sayılı resmi gazete)

Sisteme Giren Su Miktarı	İzinli Tüketim	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren Su Miktarı
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen Su Miktarı
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	
	Su Kayıpları	Ticari Kayıplar	İzinsiz Tüketim	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	
		Fiziki Kayıplar	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	

Su dengesi tablosu **21 Mayıs 2015 ve 21 Mayıs 2016** arası tarihlerini kapsayan 1 yıllık veri ile hazırlanmıştır.

4.1.1. Sisteme giren su miktarı

Kaleiçi alt bölgesine verilen toplam debi alt bölge girişindeki elektromanyetik debimetreden elde edilmiştir. Beşer dakikalık aralıklarla kaydedilen debi verilerinin ortalaması alınmış olup toplam bir yıllık süre göz önünde bulundurularak sisteme giren su miktarı 839288 m³ olarak belirlenmiştir.

4.1.2. Faturalandırılmış ölçülmüş kullanım

Bölgedeki su abonelerinin aylık tüketimleri ASAT tahakkuk biriminden elde edilmiştir. Tahakkuk verilerindeki evsel ve ticari kullanımlar ayrı gruplandırılmıştır. Faturalandırılmış ölçülmüş tüketim miktarı yıllık 290147 m³ olarak belirlenmiştir.

4.1.3. Faturalandırılmış ölçülmemiş kullanım

Bölgede faturalandırılmış ölçülmemiş yasal tüketim bulunmamaktadır. Faturalandırılan bütün abonelerde su sayacı mevcuttur ve aylık olarak ASAT tarafından okunmaktadır.

4.1.4. Faturalandırılmamış ölçülmüş kullanım

Tahakkuk verilerinden resmi kurumlara ait tüketimler, park-bahçe tüketimi, cami vb. tüketimler faturalandırılmamış ölçülmüş yasal tüketim olmasından dolayı ayrı olarak ele alınmış olup yıllık tüketim miktarı 348729 m³ olarak belirlenmiştir.

4.1.5. Faturalandırılmamış ölçülmemiş kullanım

Arazide yapılan incelemeler sonucu sayacı bulunmayan bir adet park olduğu tespit edilmiştir. Buradaki su tüketimini tahmin etmek için parkta bulunan süs havuzunun hacmi ölçülmüş, ne sıklıkla suyunun değiştirildiği öğrenilmiş olup park sulaması için harcanan su miktarı da görevli kişilerden temin edilmiştir. Faturalandırılmamış ve ölçülmemiş tüketimin gerçekleştiği başka nokta bulunmamakta olup bu değer yıllık 1944 m³ olarak belirlenmiştir.

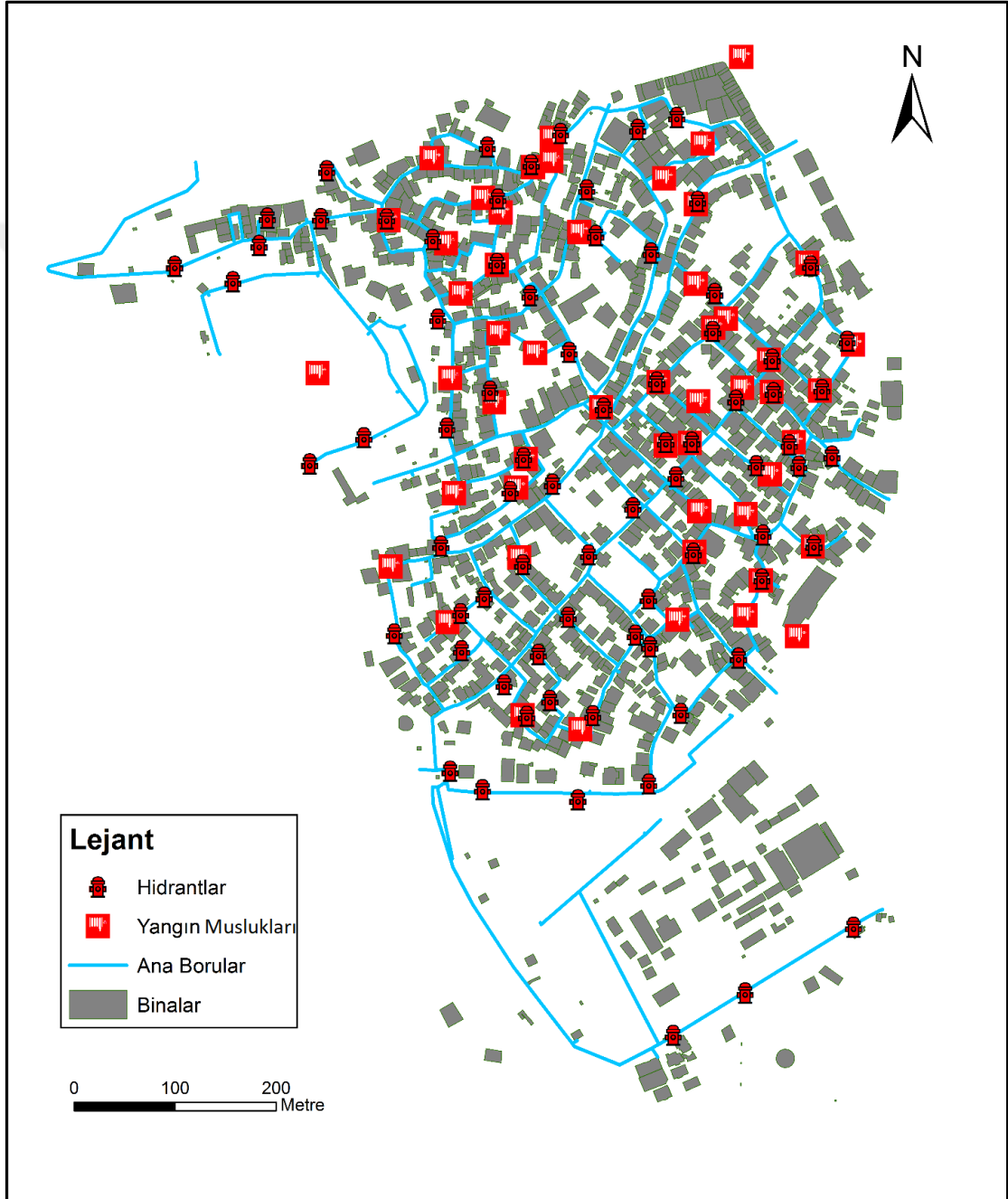
4.1.6. İzinsiz tüketim

Arazi çalışmalarında kaçak su bağlantısına rastlanmamıştır. Ancak izinsiz su tüketimi farklı şekillerde meydana gelmektedir. Kayıtlardan bölgede herhangi bir yangın olayı yaşanmadığı tespit edilmiştir. Ancak yangın musluklarından, çevredeki esnaflarca yol temizliği dükkan önü temizliği ve diğer amaçlarla su tüketimi olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Yangın musluklarının izinsiz kullanımına dair izler

Bu nedenle arazideki yangın hidrandı sayısı, vatandaşın kullanımına uygun hortumu bulunan yangın musluğu sayısı ve mevki olarak yakınında ticarethane bulunup bulunmadığı gibi durumlar incelenmiştir. Saha çalışmalarında yangın musluklarının izinsiz olarak kullanıldığına dair tespitlerde bulunulmuş ve bu durum bölgede yaşayan insanların ifadeleri ile de netlik kazanmıştır. Bölgede yangın muslukları yangın amacıyla bulunduğu için dolaplarda sayaç bulunmamaktadır. Yapılan inceleme sonucu 73 adet yangın hidrandı ve 54 adet hortumlu yangın musluğu olduğu belirlenmiştir. Harita üzerinde gösterimi Şekil 4.2’de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Kaleiçi alt bölgesindeki yangın hidrant ve muslukları

Saha incelemelerinde 13 adet yangın musluğunun kullanıldığına dair tespitler yapılmış olup, 20 kadar yangın musluğunun ise kullanılma durumu olabileceği tahmin edilmektedir. Geriye kalan 21 yangın musluğunun kullanılmadığı kabul edilmiştir. Bunun nedeni bazılarının açma kapama vanasının kırık olması birçoğunun yakınında ticarethane bulunmaması ve uzun zamandır kullanılmadığının belirtisi olarak hortumlarının üzerinin oldukça tozlu olmasıdır.

Yangın musluklarından halkın su tüketimini tahmin edebilmek için Kaleiçi'ndeki topografyanın değişken olmasından dolayı alt bölge giriş seviyesinde ve limanda deniz seviyesinde olmak üzere toplamda iki farklı yerde yangın musluğundan su açılarak yaklaşık debisi hesaplanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Yangın musluklarının debisinin belirlenmesi

Su bütçesinde yangın musluklarından tüketilen suyun miktarını tahmin etmek için sahada yapılan ölçümler sonucu yaklaşık 0,06 m³/dk'lık bir debi olduğu belirlenmiştir. 13 adet yangın musluğunun günde birer kez 10'ar dakika açıldığını (bir yangın musluğundan 0,6 m³/gün), 20 adet kullanılabilme durumunu olan yangın musluklarının ise %10'unun günde 10 dakika açıldığı kabul edilmiştir. Geriye kalan yangın musluklarından su tüketimi olmadığı kabul edilmiştir.

$$0,06 \frac{m^3}{dk} \times 10 dk \times (13 + 20 \times \%10) \text{ yangın musluğu} = 9 m^3/gün$$

Toplam 9 m³/gün hesaplanmıştır. Bu durumda yıllık ortalama 3294 m³ izinsiz tüketim miktarı belirlenmiştir.

4.1.7. Sayaçlardaki ölçüm hataları

Ticari kayıplardan olan sayaç ölçüm hatası, sayaçların yaşı, cinsi ve bu konuda su idarelerinin tecrübeleri dikkate alınarak, toplam ölçülmüş izinli tüketimin %8'i olarak

kabul edilmiştir. Buna göre toplam ölçülmüş izinli tüketimin %8'i 51110 m³ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4).

$$\boxed{\text{Sayaçlardaki Ölçüm Hataları}} = \%8 \times \left[\boxed{\text{Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım}} + \boxed{\text{Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım}} \right]$$

Şekil 4.4. Sayaçlardaki ölçüm hatalarının hesaplanması

$$\%8 \times (290147m^3 + 348729m^3) = 51110m^3$$

4.1.8. Fiziki kayıplar

Bölgede su haznesi yoktur ve fiziksel kayıplar ana borular ile ev bağlantılarındaki sızıntılardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle fiziki kayıplar, su dengesi tablosunda belirlenen diğer bütün değerler toplamının, sisteme giren su miktarından çıkarılmasıyla yıllık 144064 m³ olarak hesaplanmıştır. Su dengesinin bütün bileşenleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Ancak bu değer birtakım kabullerin sonucunda elde edilmiştir. Bu nedenle bu değerler AMR ile kısa süreli fiziki kayıpları belirleyerek ve minimum gece debisini analizi ile kontrol edilmelidir. Bir sonraki bölümde AMR kullanılarak fiziki su kayıpları tayin edilmiştir.

Çizelge 4.2. 21 Mayıs 2015 ve 21 Mayıs 2016 arası Kaleiçi yıllık su dengesi tablosu

Sisteme Giren Su Miktarı 839288 m ³ % 100	İzinli Tüketim 640820 m ³ % 76,4	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 290147 m ³ % 34,6	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 290147 m ³ % 34,6	Gelir Getiren Su Miktarı 290147 m ³ % 34,6
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 350673 m ³ % 41,8	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 348729 m ³ % 41,6	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 549141 m ³ % 65,4
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 1944 m ³ % 0,2	
	Su Kayıpları* 198468 m ³ % 23,6	Ticari Kayıplar 54404 m ³ % 6,5	İzinsiz Tüketim 3294 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 51110 m ³ % 6,1	
		Fiziki Kayıplar 144064 m ³ % 17,2	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 144064 m ³ % 17,2	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

4.2. AMR Verileri Kullanılarak Su Kayıplarının Belirlenmesi

Bu bölümde abone tüketimleri, diğer sayaçsız tüketimler, tahmini ticari kayıplar toplamı ile SCADA verileri kıyaslanarak fiziksel su kayıplarının tahmini gerçekleştirilmiştir. Bunun gerçekleştirilmesinde abone sayaçlarının AMR olması belirlenen değerlerin hassasiyetini arttırmaktadır.

* Su kayıpları ticari ve fiziki kayıpların toplamıdır. %0,1'lik fark yuvarlamalardan dolayı oluşmaktadır.

Çalışmada gerekli olan, bölgeye verilen su hacmi Kaleiçi alt bölgesi girişinde bulunan ve ASAT SCADA merkezi ile iletişimde olan elektromanyetik debimetreden elde edilmiştir. SCADA istasyonunda debi ve basınç değerleri 5'er dakikalık aralıklarla ölçülmektedir.

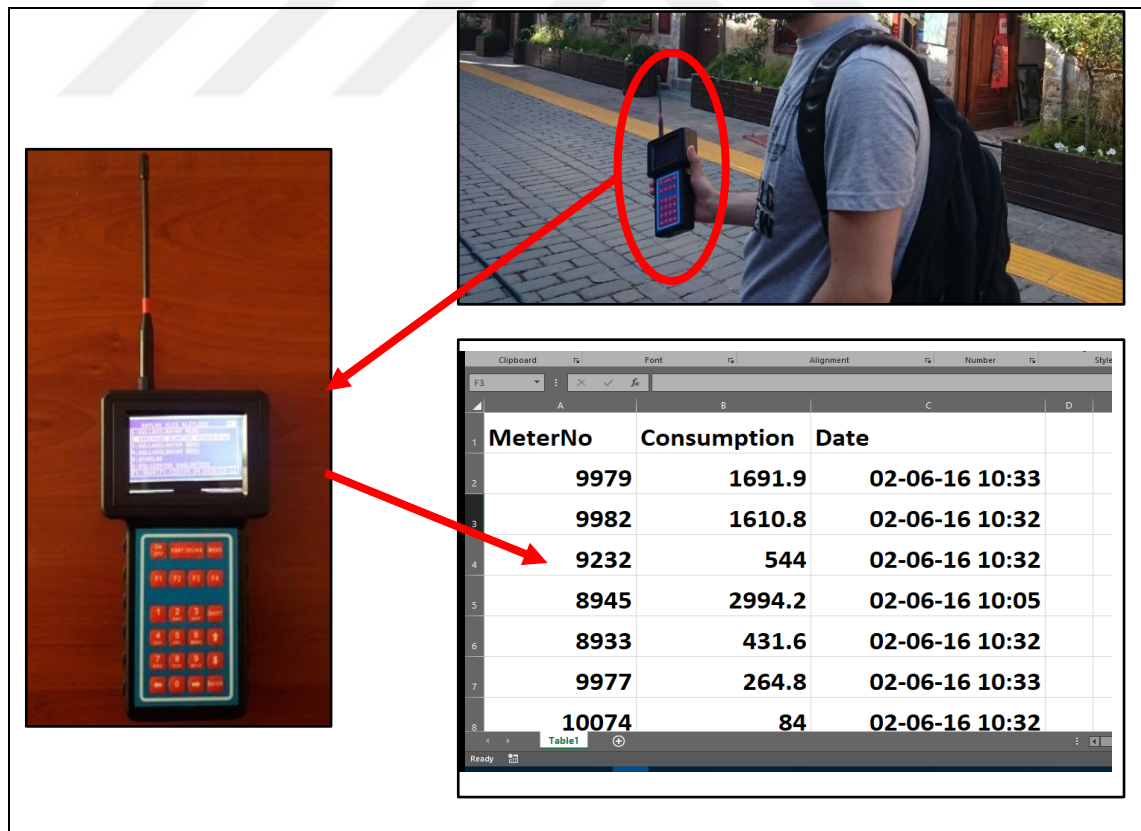
4.2.1. Abone tüketimleri

Alt bölgede birçok abonede AMR sayaç kurulu olmasına rağmen bazı abonelerde bulunmamaktadır. Bazı AMR sayaçların da iletişim modülünün arızalı olması vb. nedenlerle AMR olarak okunamayan sayaçların verileri yerinde okunmuştur.

4.2.1.1. AMR okumaları

Su kayıplarının yüksek hassasiyetle belirlenebilmesi için AMR sayaçlardan faydalanılmıştır. Kaleiçi alt bölgesinde uzaktan kumanda ile otomatik okunabilen sayaçlar 2 Haziran 2016 saat 10.00'da başlanarak 3 Haziran 18.00'e kadar 4'er saatlik periyotlarla okunmuştur (Şekil 4.5). Okunan emsalsiz AMR sayaç sayısı 855 adettir.

Bu süre zarfında tüketimi yüksek olan ancak AMR olmayan Karaalioglu park sayacının tüketimleri de saatlik izlenmiştir. Elde edilen AMR kayıtları birleştirilerek çift tekrarlı veriler elenmiştir. Okumalar arasındaki zaman farkı ve sayaç endeksleri arasındaki farklar bulunarak m³/sa birimi cinsinden hesaplanmıştır. Park sayacının ve itfaiye sayacının verileri de eklenerek 32 saatlik tüketim hesaplanmıştır.



Şekil 4.5. AMR El ünitesi ile sayaçların uzaktan okunması ve bilgisayar ortamına verilerin aktarılması

4.2.1.2. Yerinde okunmalar

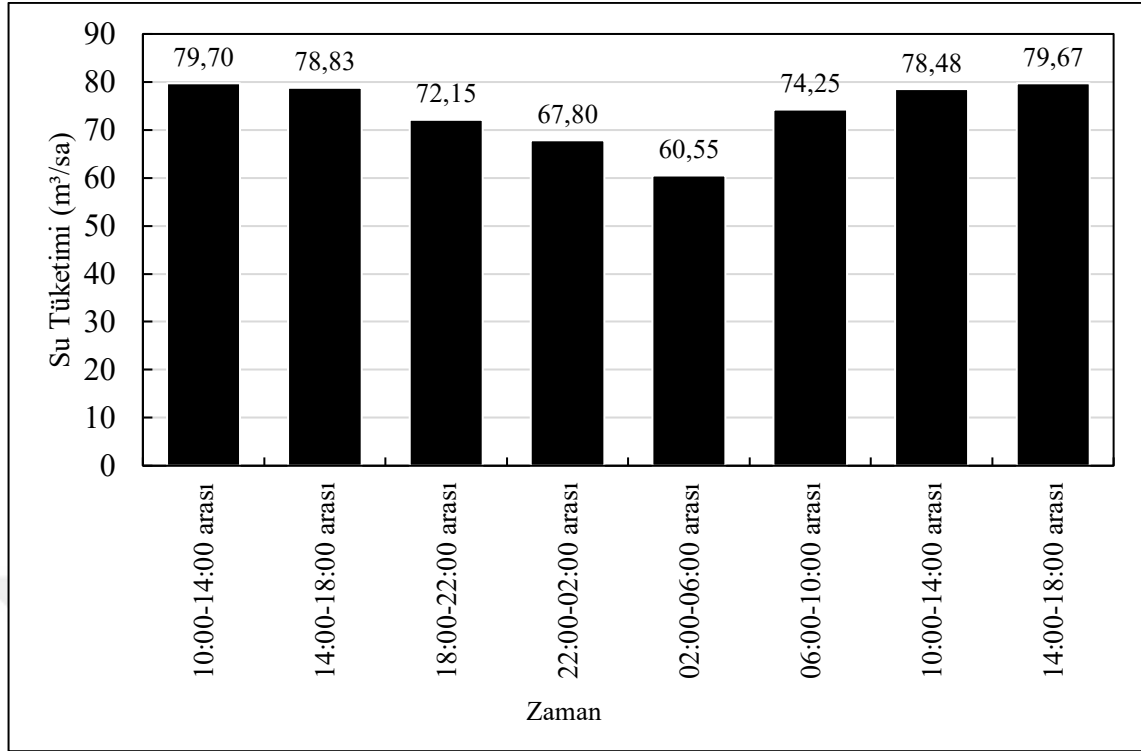
Otomatik okunamayan ancak tüketimi büyük olan pansiyon, otel, kafe, bar, restoran, gibi ticarethaneler ile cami, okul, park gibi kamu tarafından kullanılan türdeki tüketimlerden oluşan 48 adet noktada 72 saat arayla tek tek sayaç okuması yapılmıştır (Şekil 4.6) Aradaki zaman ve endeks farklarına göre hesaplandığında tek tek okunan sayaçların ortalama debisi $5,89 \text{ m}^3/\text{sa}$ olarak hesaplanmıştır. Yerinde okunan noktalar dörder saatlik aralıklarla okunmadığı için ortalama saatlik tüketim değeri $5,89 \text{ m}^3/\text{sa}$ SCADA verilerine göre uygun çarpan ile çarpılarak dörder saatlik ortalamaları, AMR ile okunan sayaçların tüketim profiline eklenmiştir.



Şekil 4.6. AMR olmayan ancak tüketimi yüksek olan bir sayaç

4.2.1.3. Diğer aboneler

Otomatik okunan ve yerinde okunan sayaçların dışında kalan 192 abonenin tüketimleri Antalya Su ve Atıksu İdaresi'nden elde edilen tahakkuk verilerinden tamamlanmıştır. AMR çalışmasında 300'e yakın abone pasif durumda ya da tüketimi olmadığı için hesaba dahil edilmemiştir. Tahakkuk verilerinden elde edilen 192 abonenin $19,48 \text{ m}^3/\text{sa}$ debi değeri SCADA verilerine göre uygun çarpan ile çarpılarak dörder saatlik ortalamaları AMR ve yerinde okunan sayaçların toplamına eklenmiştir. Bulunan değerler Şekil 4.7'de sunulmuştur.



Şekil 4.7. 2 - 3 Haziran Kaleiçi 32 saatlik su tüketim profili

4.2.2. Ölçülmemiş tüketimler

4.2.2.1. Faturalandırılmış Ölçülmemiş Tüketim

Çalışma bölgesinde faturalandırılmış ölçülmemiş tüketim bulunmamaktadır. Faturalandırılan bütün abonelerin su sayacı bulunmakta ve aylık düzenli olarak ASAT tarafından okunmaktadır.

4.2.2.2. Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Tüketim

Alt bölgede yasal su tüketiminin olduğu her noktada sayaç olmasına rağmen sayaç bulunmayan 1 adet park bulunmaktadır. Parkın su tüketimine dair edinilen bilgiler doğrultusunda AMR okuma döneminde 10:00 -18:00 saatleri arası günlük 5 m³ sulama için kullanılmıştır. 10:00 -18:00 saatleri arası için 0,625 m³/saat değeri AMR tüketimine ve dolayısı ile toplam tüketime dahil edilmiştir.

4.2.3. Ticari Kayıplar

4.2.3.1. Sayaç Ölçüm Hataları

Bölgedeki sayaçların yaşı ve cinsi ve bu konuda ASAT'ın tecrübesine dayanarak abone sayaçlarının ölçüm hatası %8 kabul edilmiştir. Sayaç ölçüm hatasından kaynaklı ticari kayıplar için toplam ölçülmüş tüketim değerinin (AMR okumaları , yerinde okumalar ve tahakkuk olmak üzere tümü) %8'i sayaç ölçüm hatası olarak değerlendirmeye alınmıştır.

4.2.3.2. İzinsiz Tüketim

Yangın musluklarından halkın su tüketimini tahmin edebilmek için detayları daha önce bölümlerde anlatılmış olan arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Yangın muslukları sabah erken saatte kullanıldığı ve gün içinde diğer saatlerde kullanılmadığı için günlük tahmini 9 m³ 'lük değer, sabah 6:00-10:00 arası izinsiz kullanım olarak değerlendirmeye alınmıştır.

4.2.4. Sonuçlar

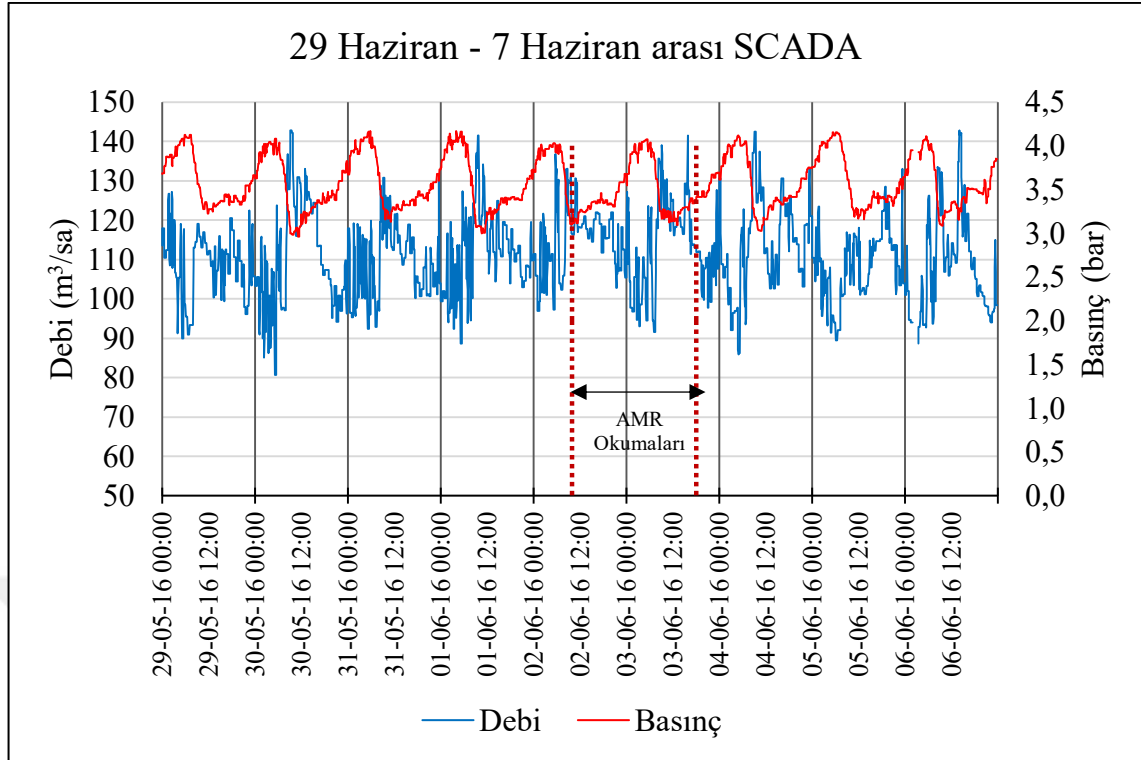
Toplanan verilerin 2-3 Haziran SCADA debi verileri ile kıyaslanarak 4'er saatlik zaman dilimlerine göre su kayıpları ile birlikte gösterimi Çizelge 4.3'de verilmektedir.

Çizelge 4.3. Tüketim ve SCADA verileri ile su kayıpları

Zaman Dilimi	Sistem Giriş Hacmi (m ³)	AMR Okumaları (m ³)	Diğer Tüketimler (m ³)	Toplam tüketim (m ³)	Ticari Su Kayıpları (m ³)	Fiziki Su Kayıpları (m ³)	Ticari Su Kayıpları %	Fiziki Su Kayıpları %
2 Haziran 10.00-14.00	479,87	213,45	105,34	318,79	25,30	135,77	% 5,27	% 28,29
2 Haziran 14.00-18.00	471,25	211,86	103,45	315,31	25,03	130,91	% 5,31	% 27,78
2 Haziran 18.00-22.00	460,06	187,59	100,99	288,58	23,09	148,39	% 5,02	% 32,25
2 Haziran 22.00-02.00	432,52	176,24	94,95	271,18	21,69	139,64	% 5,02	% 32,29
3 Haziran 02.00-06.00	418,36	150,37	91,84	242,21	19,38	156,77	% 4,63	% 37,47
3 Haziran 06.00-10.00	472,30	193,32	103,68	297,00	32,76	142,54	% 6,94	% 30,18
3 Haziran 10.00-14.00	485,83	207,25	106,65	313,90	24,91	147,02	% 5,13	% 30,26
3 Haziran 14.00-18.00	477,70	213,80	104,87	318,67	25,29	133,74	% 5,29	% 28,00
Toplam	3697,88	1553,89	811,76	2365,65	197,45	1134,78	% 5,34	% 30,69

Abonelerin su tüketimi ve buna bağlı sistemde değişen basınç ile su kayıpları ilişkilidir. Tüketimin az olduğu zamanlarda sistemdeki basınç daha yüksek olacağından boruların patlak ve delik noktalarından sızan suyun debisi daha fazla dolayısıyla su kayıpları daha fazla olacaktır. Bu nedenle su kayıpları anlık olarak değiştiğinden Çizelge 4.3'de su kayıpları, zaman dilimi olarak 02:00-06:00 saatleri arasında tüketim minimum olmasından dolayı en yüksek çıkmıştır.

2-3 Haziran 2016 ölçümlerinde fiziki su kayıpları ortalama yaklaşık %31 çıkmıştır. Şekil 4.8'de verilen SCADA debi basınç grafiği incelendiğinde okuma tarihleri arasında minimum gece debisinin diğer günlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.8. AMR okumaları zamanında SCADA debi-basınç grafiği

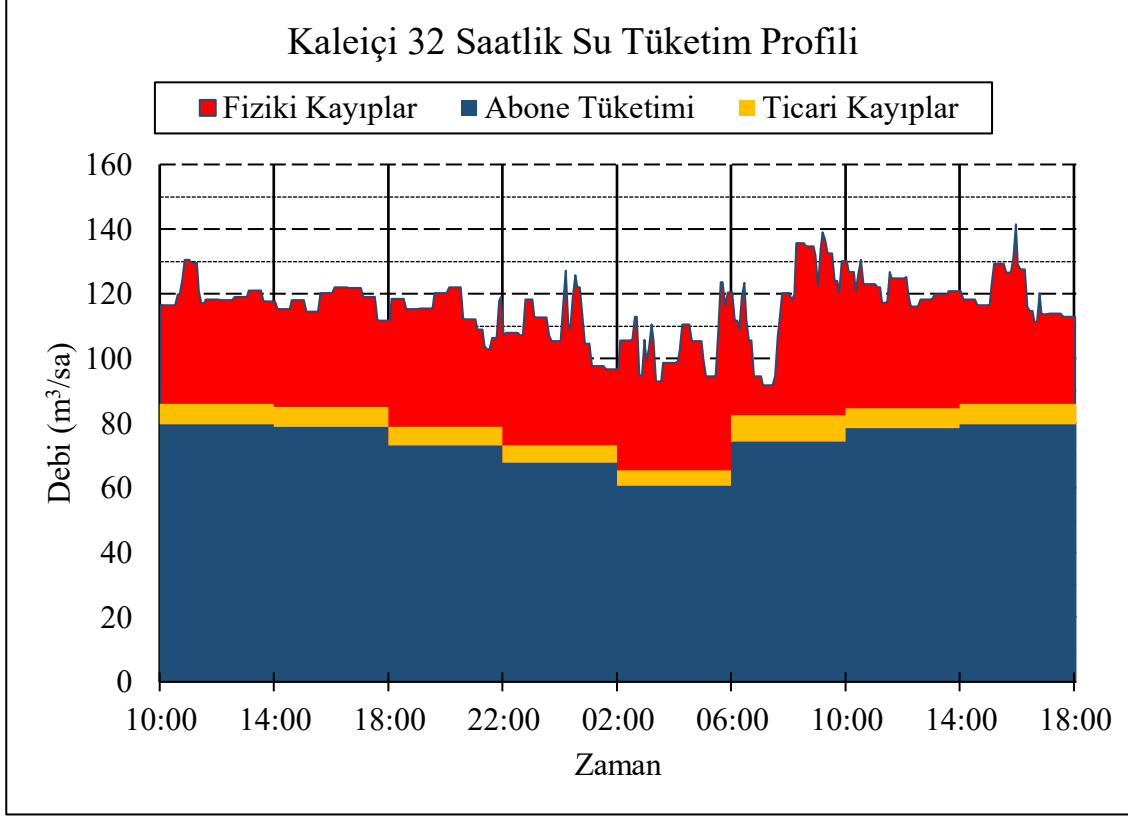
Gece debisi diğer günlere nazaran daha yüksek olduğu için ASAT'ın arıza kayıtları ile ilgili biriminden elde edilen arıza kayıtlarında inceleme yapılmıştır. 2-3 Haziran tarihlerinde şebekede abone bağlantı borularında arızalar olduğu görülmüştür. Su kayıplarının bu arızalar nedeniyle aylık ortalama değerden daha yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Haziran 2016 ayı genel ortalamasında su kayıpları %28,3'dir. İlgili tarihlerdeki arıza kayıtları Çizelge 4.4'de verilmektedir.

Çizelge 4.4. AMR okumaları zamanındaki arıza kayıtları

Başvuru Türü	Geldiği Tarih	Tahmini Cevap Tarihi	Başvuru Cevabı
Yolda sızıntı var	01-06-16	08-06-16	32 mm abone borusu
Abone borusunda sızıntı	03-06-16	10-06-16	Arızayı vatandaş yapmış
Boru patlak	04-06-16	13-06-16	25 mm abone borusu
Abone borusunda sızıntı	05-06-16	13-06-16	50 mm abone borusu
Kaldırımında sızıntı var	05-06-16	13-06-16	32 mm abone borusu

AMR ölçümü dışında tahakkuk verilerinden ve yerinde okumalardan elde edilen veriler dörder saatlik zaman aralıklarında olmayıp ortalama sabit bir değer olduğundan

bu ortalama değer SCADA verilerine göre uygun bir çarpan ile düzeltilerek değişken profil sağlanmış ve bu şekilde AMR verilerine eklenmiştir. 5'er dakikalık aralıklarla değişen SCADA verileri ile 4'er saatlik aralıklarla değişen abone tüketimleri birlikte Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Kaleiçi 2-3 Haziran tarihlerinde toplam su tüketimi, fiziki ve ticari su kayıpları

Eğer alt bölgedeki bütün abonelerin AMR sayaçları alıcı bir istasyon aracılığıyla aynı anda okunabilseydi su kayıpları çok daha hassas belirlenebilirdi. Ancak bölgedeki AMR sayaçların hepsini aynı anda okuyabilmek mümkün olmasa da uzaktan kumanda ile sokaklarda dolaşarak yakın zamanlı olarak veriler elde edilmiştir. 32 saatlik okuma dönemini kapsayan su dengesi tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.5).

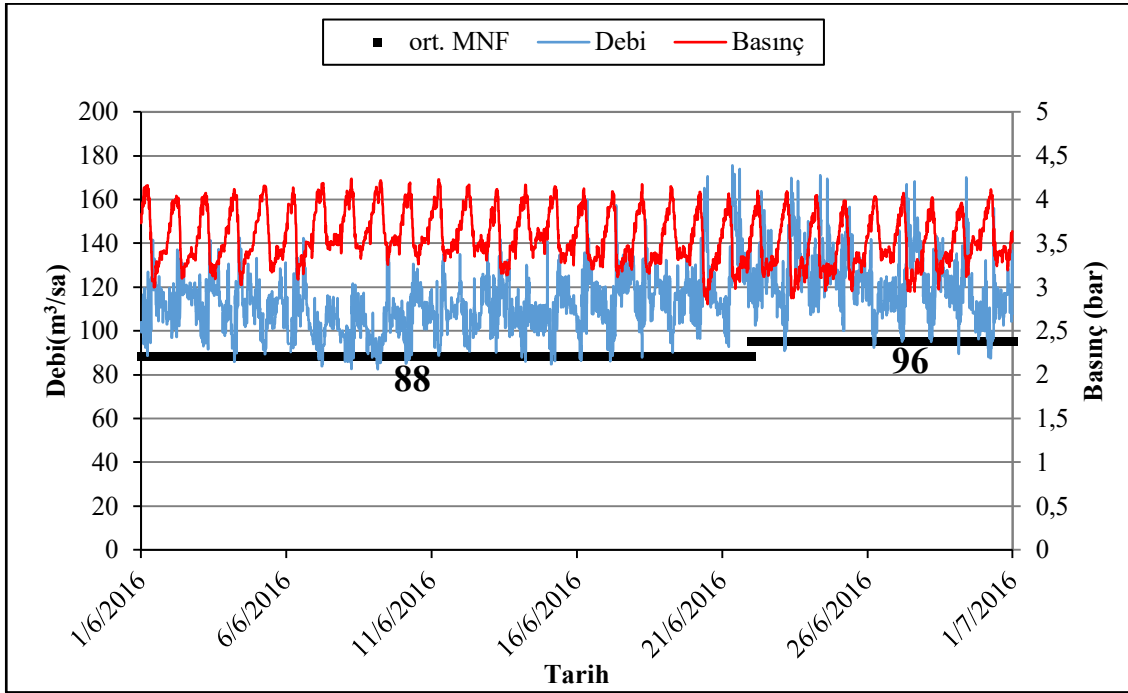
Çizelge 4.5. Kaleiçi 32 saatlik AMR okuma dönemine ait su dengesi tablosu

Sisteme Giren Su Miktarı 3697,88 m ³ % 100	İzinli Tüketim 2374,65 m ³ % 63,97	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 1069,82 m ³ % 28,93	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 1069,82 m ³ % 28,93	Gelir Getiren Su Miktarı 1069,82 m ³ % 28,93
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
	Su Kayıpları 1332,23 m ³ % 36,03	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 1295,83 m ³ % 35,04	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 1285,83 m ³ % 34,77	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 2628,06 m ³ % 71,07
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 10 m ³ % 0,27	
		Ticari Kayıplar 197,45m ³ % 5,34	İzinsiz Tüketim 9 m ³ % 0,24	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 188,45 m ³ % 5,10	
		Fiziki Kayıplar 1134,78 m ³ % 30,69	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 1134,78 m ³ % 30,69	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

4.2.5. Su kayıplarının MNF ile kıyaslanması

AMR okumaları zamanında belirlenen su kayıplarının doğruluğunu kontrol etmek için bölge girişindeki SCADA debi verileri incelenmiştir. Minimum gece debisi içinde hem abone tüketimi hem de su kayıpları dahildir. Bu nedenle minimum gece debisinin su kayıplarından daha yüksek çıkması beklenir. Şekil 4.10'da görüleceği üzere Haziran ayının ilk üçte ikilik döneminde ortalama MNF 88,4 m³/sa kalan dönemde ise 95,6

m^3/sa 'dır. Ayrıca okumaların yapıldığı 2 – 3 Haziran zamanında minimum gece debisinin $90 \text{ m}^3/\text{sa}$ üzerine çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.10. 2016 yılı Haziran ayı SCADA debi basınç ve minimum gece debisi

Dörder saatlik okumalarda en az SCADA giriş debisi saat 02:00-06:00 saatleri arasında 418 m^3 olduğu gözlenmiştir (Bkz. Çizelge 4.3). Bu durumda aynı zaman dilimi için fiziki su kayıpları 158 m^3 olarak belirlenmiştir. Saatlik olarak $39,5 \text{ m}^3/\text{sa}$ fiziki su kayıpları bulunmaktadır. Su kayıplarının minimum gece debisine oranla bu derece düşük çıkmasındaki en önemli etken Kaleiçi'nin turistik bir yer olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle gece geç saatlere kadar yüksek su tüketimi olabilmektedir.

4.3. Su Kayıplarının Ekonomik Seviyesinin Tahmini

4.3.1. Tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesi

4.3.1.1. Suyun değişken maliyetinin bulunması

Bu çalışmada suyun değişken maliyetinin hesaplanması için ASAT 2015 faaliyet raporlarından faydalanılmıştır. ASAT tarafından 2015 yılı için elektrik gideri $83.769.936,14 \text{ TL/yıl}$ olarak bildirilmiştir. ASAT tarafından Antalya merkezinde yer alan iki atıksu arıtma tesisinin giderleri ise; Hurma Atıksu Arıtma Tesisi için $26.545.355 \text{ kW/yıl}$, Lara Atıksu Arıtma Tesisi $7.998.975 \text{ kW/yıl}$ olarak bildirilmiştir. Hesaplanan dönemdeki elektrik kW birim fiyatı $0,40 \text{ TL}$ 'dir. Toplam elektrik giderinden atıksu arıtma tesislerinin elektrik giderleri çıkarılarak elde edilen elektrik tüketim miktarının içme suyu için harcandığı kabul edilmiştir. ASAT tarafından içme suyu arıtımında klor dışında

kimyasal kullanılmamakta olup faaliyet raporunda klor gideri 288.000 TL/yıl olarak belirtilmiştir. Toplam sisteme verilen su hacmi 154.327.390 m³/yıl'dır (ASAT 2015).

Buna göre suyun değişken maliyeti;

$$83.769.936 \text{ TL/yıl} - (7.998.975 \text{ kW/yıl} + 26.545.355 \text{ kW/yıl}) * 0,40 \text{ TL/kW}$$

$$= 69.952.204 \text{ TL/yıl içme suyu için harcanan yıllık gider.}$$

$$CV = \frac{(288.000 \text{ TL/yıl} + 69.952.204 \text{ TL/yıl})}{154.327.390 \text{ m}^3/\text{yıl}} = 0,46 \text{ TL/m}^3$$

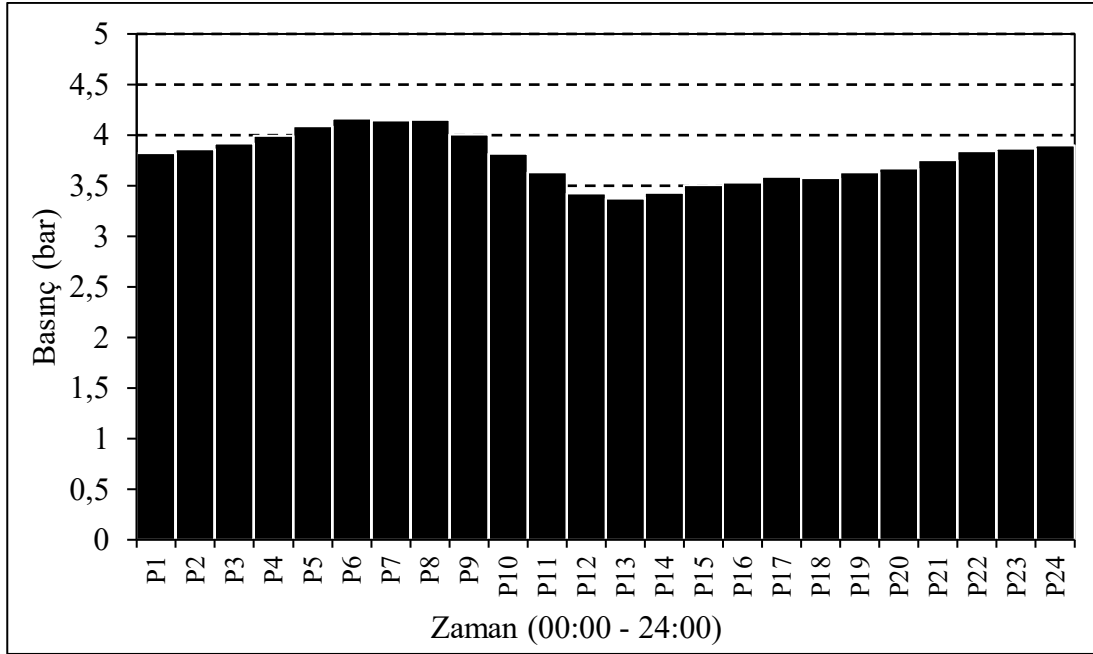
olarak hesaplanmıştır.

4.3.1.2. Gece gündüz faktörünün bulunması

1 Ocak 2015 tarihinde sistemde kurulu basınçmetre bulunmamasından dolayı 1 Ocak 2016 tarihinin SCADA basınç verileri (Çizelge 4.6 ve Şekil 4.11) kullanılarak NDF hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. 1 Ocak 2016 Kaleiçi SCADA saatlik ortalama basınç değerleri (bar)

P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
3,83	3,86	3,91	4,00	4,09	4,16	4,14	4,15
P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆
4,01	3,82	3,63	3,42	3,37	3,43	3,50	3,53
P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄
3,59	3,57	3,63	3,67	3,75	3,84	3,87	3,90

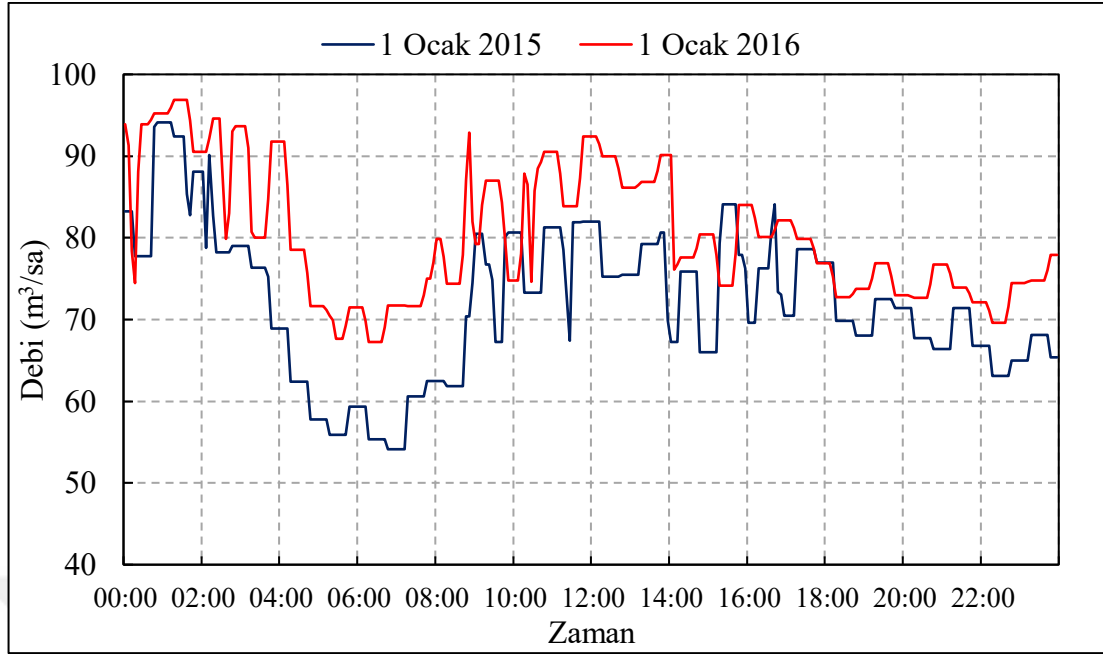


Şekil 4.11. Kaleiçi SCADA 1 Ocak 2016 saatlik ortalama basınç değerleri

Minimum debi $67,25 \text{ m}^3/\text{sa}$, minimum debi esnasındaki basınç değeri (P_{MNF}) ise SCADA noktasındaki basınçmetre tarafından 4,1 bar olarak ölçülmüştür. Bu durumda P_1 'den P_{24} 'e kadar olan bütün değerlerin toplamının P_{MNF} 'ye bölünmesiyle NDF 22,11 sa/gün olarak belirlenmiş olup hesaplarda kullanılmak üzere 22 sa/gün olarak kabul edilmiştir.

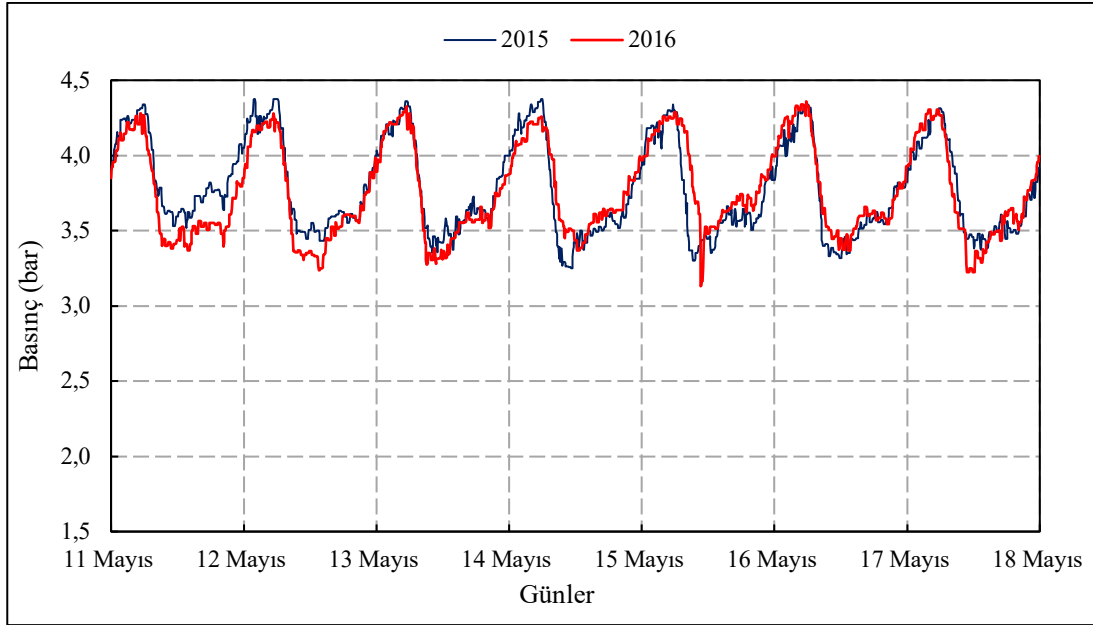
4.3.1.3. Sızıntıların artış oranının bulunması

Çalışma bölgesindeki su tüketimi sadece evsel tüketim olmayıp, turistik bölge olmasından dolayı 24 saat ya da sabahın erken saatlerine kadar faaliyet gösteren otel, kafe, restoran, eğlence mekanları ve diğer ticarethaneler bulunmaktadır. Bu nedenle en düşük su tüketimi sabah 5:00 ile 7:00 saatleri arasında meydana gelmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Bölgede 1 Ocak 2015 ve 2016 günlerine ait 24 saatlik su tüketim profili

Çalışma bölgesinde başlangıçta ve sonda basınç değişikliği olması durumunda basınç düzeltmesi yapılması gerekmektedir. Alt bölge girişindeki SCADA istasyonunda debi verileri 2014 yılından beri kaydedilmektedir. Ancak basınçmetre 2015 yılı nisan ayında takılmıştır. Bu nedenle 1 Ocak 2015 ve 1 Ocak 2016'nın basınç değerleri karşılaştırılamamıştır. Basınçmetre takıldıktan sonraki ay olan 2015 Mayıs ayı ile 2016 Mayıs ayındaki basınç verileri incelenmiş olup basınç değişikliğinin çok az olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle basınç düzeltmesine ihtiyaç duyulmamıştır. 11-18 Mayıs 2015 ve 11-18 Mayıs 2016 arası bir haftalık basınç verileri Şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Çalışma bölgesinde 11-18 Mayıs 2015 ve 11-18 Mayıs 2016 yıllarında bir haftalık SCADA basınç verileri

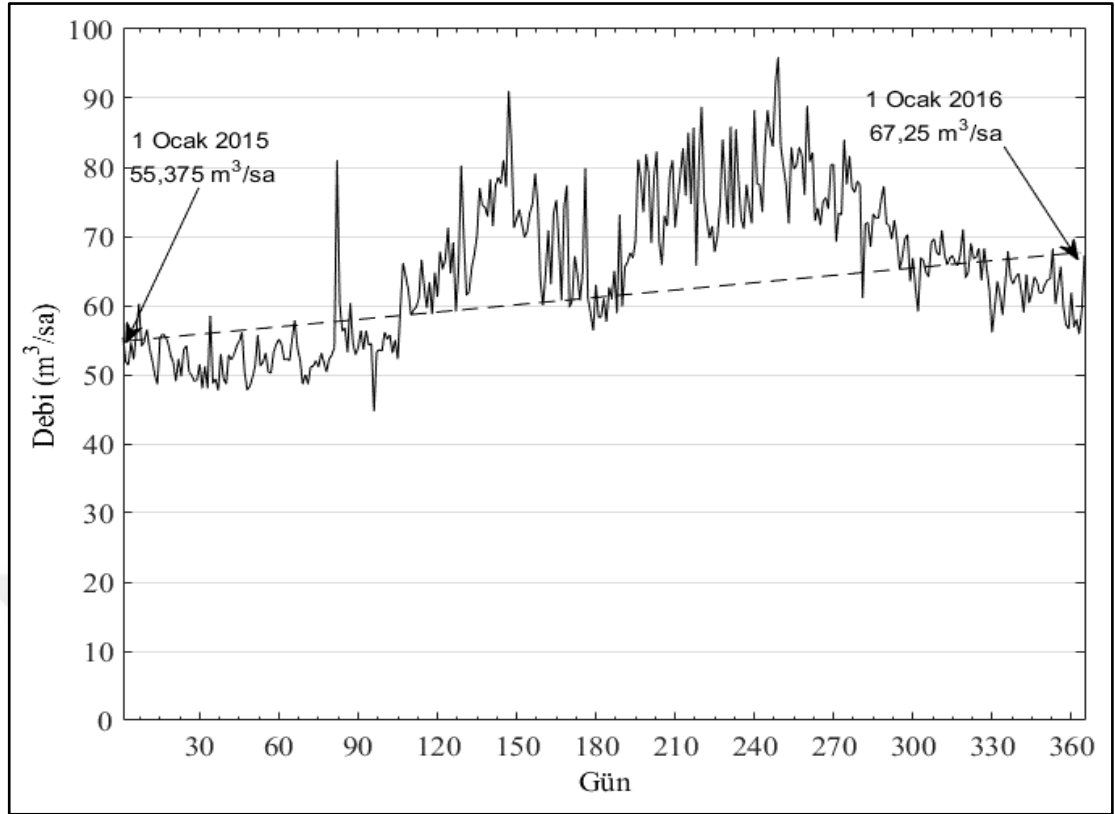
Artış oranı yönteminde gözlenen minimum debi verilerinin arasındaki fark üzerinden artış miktarı (Q_u), buna bağlı olarak da artış oranı bulunmuştur. Artış miktarı bulunurken yıl boyunca izlenen minimum debi verilerinde ilk ve son gün gözlenen en düşük günlük debiler arasındaki fark artış miktarı olarak kabul edilmiştir. Artış oranı bulunurken veri setinin ilk ve son günlerindeki minimum debiler arasındaki farkın Q_u olduğu kabul edilerek hesaplama yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan veriler 1 Ocak 2015 – 1 Ocak 2016 tarihleri arasını kapsamaktadır. 1 Ocak 2015’de minimum debi $55,375 \text{ m}^3/\text{sa}$, 1 Ocak 2016’da $67,25 \text{ m}^3/\text{sa}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 4.14). Bu iki günün minimum debileri üzerinden kıyaslama yaparak;

Bu durumda artış oranı;

$$RR = \frac{(67,25 - 55,375) \text{ m}^3/\text{sa}}{365 \text{ gün}} \times 22 \frac{\text{saat}}{\text{gün}} = 0,716 \text{ m}^3/\text{gün/gün} = 261,25 \text{ m}^3/\text{gün/yıl}$$

olarak bulunmuştur.



Şekil 4.14. 2015 yılı minimum günlük debiler

Çalışma bölgesi su dağıtım şebekesine ait genel bilgiler Çizelge 4.7’de sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Çalışma bölgesi su dağıtım şebekesine ait genel bilgiler

Suyun değişken maliyeti	0,46	TL/m ³
Müdahale Maliyeti	20.000	TL
Alan	2,5	km ²
Gün Sayısı	365	gün
Başlangıçtaki Minimum Günlük Debi	55,375	m ³ /sa
Bitişteki Minimum Günlük Debi	67,25	m ³ /sa
Gece Gündüz Faktörü	22	sa/gün

4.3.1.4. Ekonomik seviyenin hesaplanması

Materyal metot bölümünde bahsedilmiş olan eşitlikler ile ekonomik seviye tespitine yönelik hesaplamalar yapılmıştır. Öncelikle ekonomik müdahale sıklığı hesaplanmıştır (Bkz. Eşitlik 12).

$$EIF = \sqrt{0,789 * \frac{20000 \text{ TL}}{0,46 \text{ TL/m}^3 * 261,25 \text{ m}^3/\text{gün/yıl}}} = 11,46 \text{ ay}$$

Ekonomik müdahale sıklığı değerinden yararlanarak sistemin ekonomik müdahale yüzdesi belirlenmiştir (Bkz. Eşitlik 13).

$$EP(\%) = 100 \times \frac{12}{11,46} = \%104,7$$

Bu durumda yıllık müdahale için gerekli bütçe hesaplanmıştır (Bkz. Eşitlik 14).

$$ABI = \%104,7 \times 20000 \text{ TL} = 20940 \text{ TL/yıl}$$

Son olarak tespit edilmemiş fiziki kayıpların yıllık ekonomik miktarı (hacmi) belirlenmiştir (Bkz. Eşitlik 15).

$$EURL = \frac{20940 \text{ TL/yıl}}{0,46 \text{ TL/m}^3} = 45522 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

4.3.2. Tespit edilmiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıpları

Çalışma bölgesinde, ASAT tarafından 2015 yılı faaliyet raporunda arıza başına ortalama debi 0,349 m³/sa olarak belirtilmiştir (ASAT 2015). Arıza kayıtları ASAT'ın ilgili birimlerinden elde edilmiş ve ortalama bir yıl boyunca tespit edilmiş arıza sayısının 60 olduğu görülmüştür. Elde edilen arıza kayıt verileri doğrultusunda arızaların tespit tarihi ile tamir zamanları arasındaki ortalama sürenin 6,85 gün olduğu belirlenmiştir. Arıza başına ortalama debi, ortalama tamir süresi ve arıza sayısı verileri kullanılarak arıza başına ortalama kayıp hacim ve yıllık toplam kayıp hacim bulunur.

Arıza başına ortalama kayıp hacim;

$$\begin{aligned} \text{Arıza başına kayıp hacim} &= 0,349 \text{ m}^3/\text{sa}/\text{arıza} \times 6,85 \text{ gün} \times 24 \text{ sa/gün} \\ &= 57,38 \text{ m}^3/\text{arıza} \end{aligned}$$

Yıllık toplam kayıp hacim;

$$\text{Yıllık toplam kayıp hacim} = 57,38 \text{ m}^3/\text{arıza} \times 60 \text{ arıza/yıl} = 3442,8 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Bu değer bir önceki bölümde hesaplanan “Tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesi” değerine ve bir sonraki bölümde hesaplanmış olan “Arkaplan kayıplarından kaynaklı su kayıpları” değerlerine eklenerek su kayıplarının ekonomik seviyesi hesaplanmıştır. SKES bu üç bileşenin toplamıdır.

4.3.3. Arkaplan kayıplarından kaynaklı su kayıpları

Arkaplan kayıpları kaçınılmaz olarak her sistemde olduğu için literatürde yer alan kabuller doğrultusunda (Bkz. Çizelge 3.3) hesaplanmıştır. Sızıntılar şebekedeki basınca

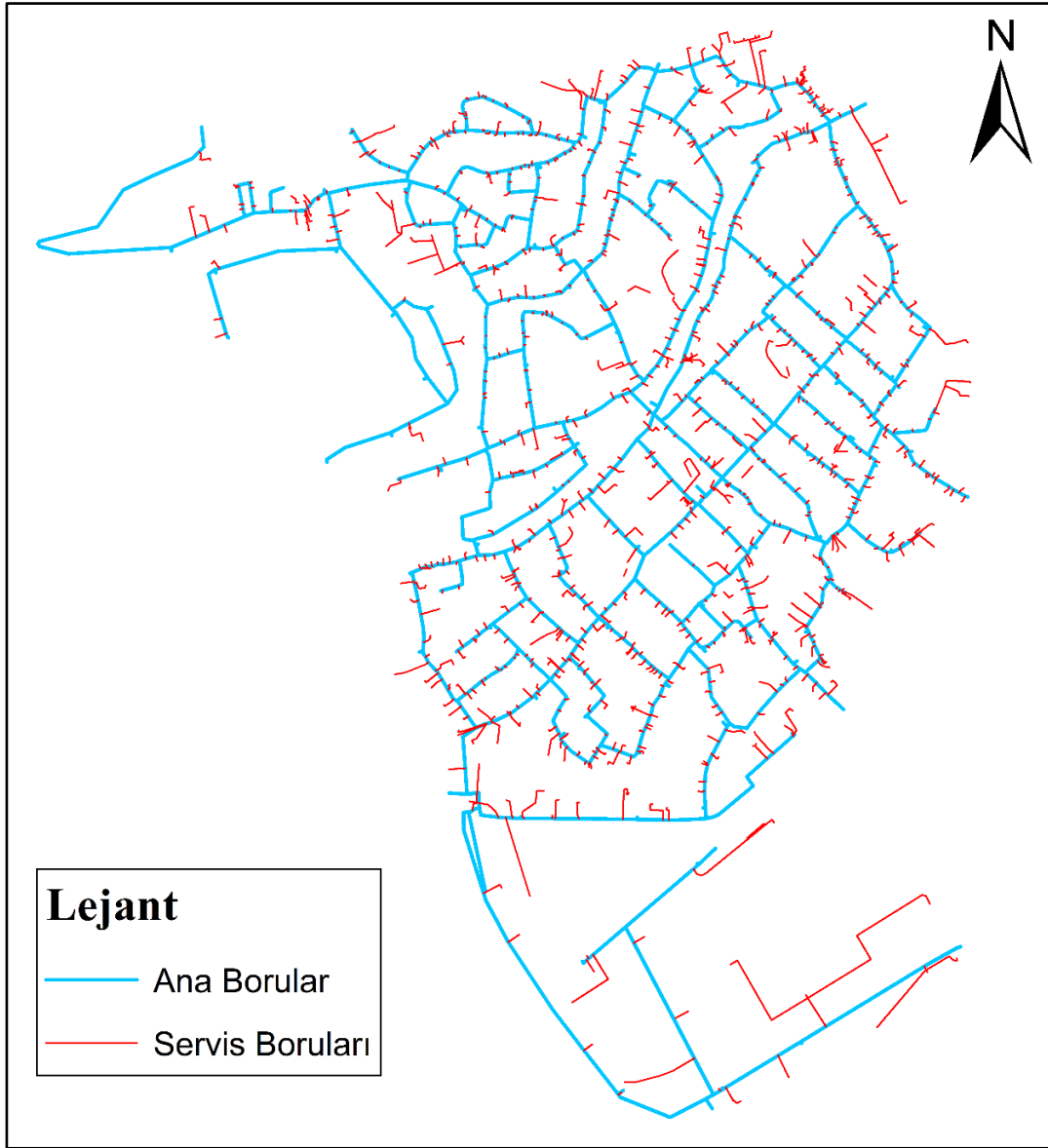
göre değişiklik gösterdiği için yıllık ortalama basınç bulunmuştur. Çalışma bölgesinin farklı noktalarına yerleştirilmiş olan portatif basınçmetreler ile veriler alınarak ortalama basınç değeri hidrolik model ile hesaplanmıştır. Ağustos 2015 – Ocak 2016 dönemi içindeki ortalama basınç değerinin lineer olarak değiştiği kabul edilmiştir. Çalışma bölgesi için elde edilen aylık ortalama işletme basınçları Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kaleiçi şebekesindeki aylık ortalama şebeke basıncı

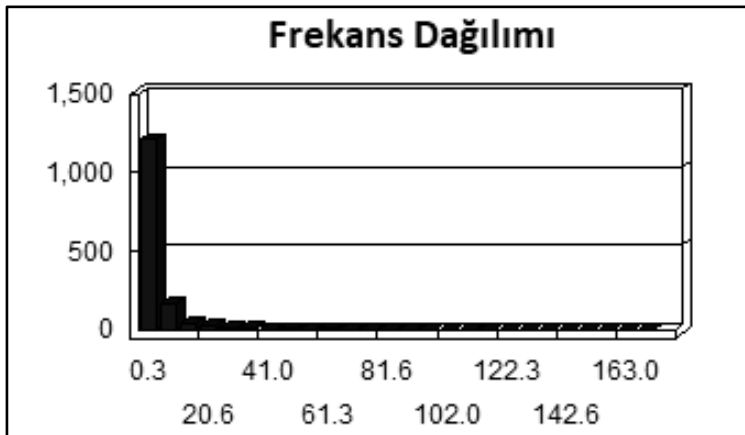
Ay	Şebekedeki Ortalama Basınç (m)
Haziran 2015	40,7
Temmuz 2015	40,9
Ağustos 2015	41,1 (model ile tahmin edilmiştir)
Eylül 2015	41,6
Ekim 2015	42,0
Kasım 2015	42,5
Aralık 2015	42,9
Ocak 2016	43,4 (model ile tahmin edilmiştir)
Şubat 2016	42,9
Mart 2016	42,3
Nisan 2016	41,8
Mayıs 2016	41,2
Yıllık ortalama	41,9

Yıllık ortalama basıncın 41,9 m olarak hesaplanmıştır. Hesaplama için toplam ana boru uzunluğu servis bağlantısı sayısı ve servis bağlantı borularının toplam uzunluğu bilgileri CBS veri tabanından hesaplanmıştır. Toplam ana boru uzunluğu 12 km servis bağlantısı sayısı 766 adet, servis borularının toplam uzunluğu ise 7919,6 m’dir. Şekil 4.15’de CBS görseli verilmiştir.

Servis borularının büyük çoğunluğu 0,3 m kadar kısalıkta olmasına rağmen şebekenin farklı noktalarında 170 metreye kadar servis boruları bulunmaktadır. Servis borularının uzunluklarının frekans dağılımı Şekil 4.16’da gösterilmiştir. Servis borularının ortalama boyu 5,38 m’dir.



Şekil 4.15. Kaleiçi alt bölgesindeki ana borular ve servis boruları



Şekil 4.16. Kaleiçi alt bölgesinde servis borularının uzunluklarının dağılımı

Elde edilen şebeke bilgileri ve katsayılar Çizelge 4.9'da sunulmuş olup devamında da arkaplan kayıpları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.9. Arkaplan kayıplarının hesabı için bilgiler

Şebeke Bileşenleri	Verisi	Katsayısı
a) Ana Boru Uzunluğu (L_M)	12 km	9,6 l/km/gün/metre basınç
b) Servis bağlantısı sayısı (N_C)	766	0,6 l/ bağlantı/gün/metre basınç
c) Servis borularının uzunluğu (L_P)	7919,6 m	16 litre/km/gün/metre basınç

$$a) 12 \text{ km} \times 9,6 \frac{\text{l}}{\text{km gün m}} * \frac{365 \text{ gün}}{1 \text{ yıl}} * 41,9 \text{ m. basınç} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 1761,81 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

$$b) 766 \text{ bağlantı} \times 0,6 \frac{\text{l}}{\text{bağlantı gün m}} * \frac{365 \text{ gün}}{1 \text{ yıl}} * 41,9 \text{ m. basınç} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 7028,89 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}}$$

$$c) 7,9196 \text{ km} \times 16 \frac{\text{l}}{\text{km gün m}} * \frac{365 \text{ gün}}{1 \text{ yıl}} * 41,9 \text{ m. basınç} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 1937,89 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Toplam arkaplan kayıpları

$$= a + b + c = 1761,81 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} + 7028,89 + \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} + 1937,89 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}}$$

=10728,59 m³/yıl olarak bulunmuştur. Bu kayıplar şebekelerde sürekli olmasından dolayı ekonomik seviyenin hesabına dahil edilmiştir.

4.3.4. Sonuç

SKES daha önceden de bahsi geçtiği üzere aşağıdaki üç değer toplamıdır.

a) “Tespit edilmemiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesi”

b) “Tespit edilmiş sızıntılardan kaynaklı fiziki su kayıpları”

c) “Arkaplan kayıpları”

$$SKES = a + b + c = 45522 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} + 3442,8 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} + 10728,59 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} = 59693,39 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}}$$

olarak hesaplanmıştır.

4.4. Performans İndikatörleri

Su kayıplarının bulunmasıyla şebeke bilgileri kullanılarak performans indikatörleri hesaplanmıştır. Performans indikatörleri sırası ile şu şekilde hesaplanmıştır.

4.4.1. Sistem giriş hacminin yüzdesi

Sistem giriş hacminden izinli tüketimin çıkarılarak toplam su kayıpları bulunur. Daha sonra sistem giriş hacmine bölünüp 100 ile çarpılmasıyla da sistem giriş hacminin %'si olarak toplam su kayıpları yüzde olarak bulunmuştur (Bkz. Eşitlik 2).

$$\text{Su Kayıpları (\%)} = \frac{839288 \text{ m}^3 - 640820 \text{ m}^3}{839288 \text{ m}^3} \times 100 = \% 23,6$$

Benzer şekilde fiziki su kayıpları yüzdesi de hesaplanmıştır.

$$\text{Fiziki Su Kayıpları (\%)} = \frac{144064 \text{ m}^3}{839288 \text{ m}^3} \times 100 = \% 17,2$$

4.4.2. Birim ana boru uzunluğu başına fiziki su kaybı

Şebekedeki ana boru uzunluğu 12 km, fiziki su kayıpları da 144064 m³/yıl'dır. Bu durumda birim ana boru uzunluğu başına fiziki su kaybı (m³/km/gün)

$$144064 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} * \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} * \frac{1}{12 \text{ km}} = 32,89 \text{ m}^3/\text{km}/\text{gün}$$

4.4.3. Abone başına fiziki su kaybı

Bölgedeki abone sayısı 1394 adettir. Bu durumda abone başına su kaybı (l/abone/gün)

$$144064 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} * \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1}{1394 \text{ abone}} = 283,1 \text{ l/abone/gün}$$

4.4.4. Servis bağlantısı başına fiziki su kaybı

Şebekenin servis bağlantı sayısı 766'dır. Bu durumda servis bağlantısı başına su kaybı (litre/servis bağlantısı/gün)

$$144064 \frac{\text{m}^3}{\text{yıl}} * \frac{1 \text{ yıl}}{365 \text{ gün}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1}{766 \text{ km}} = 515,3 \text{ l/servis bağlantısı/gün}$$

4.4.5. Altyapı kaçak indeksi

Altyapı kaçak indeksini hesaplamak için mevcut yıllık fiziki kayıplar daha önce belirlendiği üzere 144064 m³/yıl'dır. Kaçınılmaz yıllık fiziki kayıplar hesaplanmıştır (Bkz. Eşitlik 4).

$$\text{UARL(litre/gün)} = (18 \times 12 \text{ km} + 0.80 \times 766 + 25 \times 7,9196 \text{ km}) \times 41,9$$

$$\text{UARL} = 43022,5 \text{ l/gün} = 15703,2 \text{ m}^3/\text{yıl}.$$

$$ILI_{KALEİÇİ} = \frac{CARL}{UARL} = \frac{144064 \text{ m}^3/\text{yıl}}{15703 \text{ m}^3/\text{yıl}} = 9,2$$

olarak belirlenmiştir.

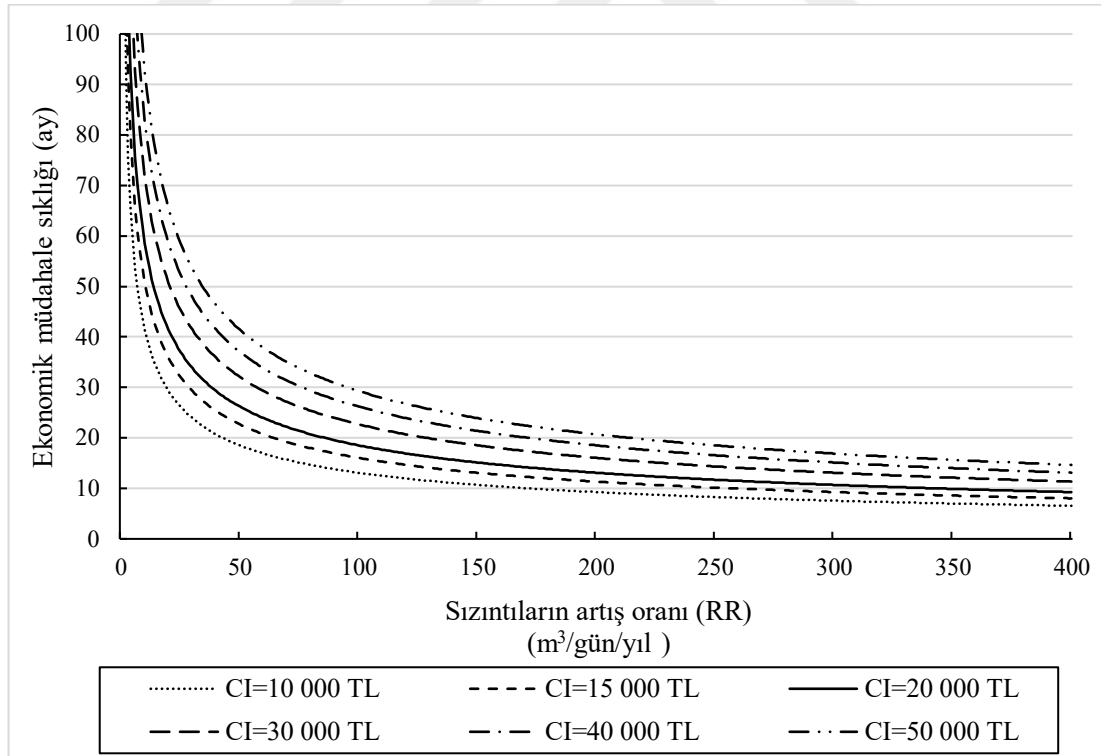
Eğer su kayıpları mevcutta ekonomik olan seviyede olsaydı CARL yerine hesaplanmış olan 59693,39 m³/yıl değeri yazılarak;

$$ILI_{Ekonomik} = \frac{CARL}{UARL} = \frac{59693,39 \text{ m}^3/\text{yıl}}{15703 \text{ m}^3/\text{yıl}} = 3,8$$

ILI değeri 3,8 olarak bulunabilirdi.

4.5. Artış Oranına Bağlı Olarak Müdahale Maliyetinin Hassasiyet Analizi

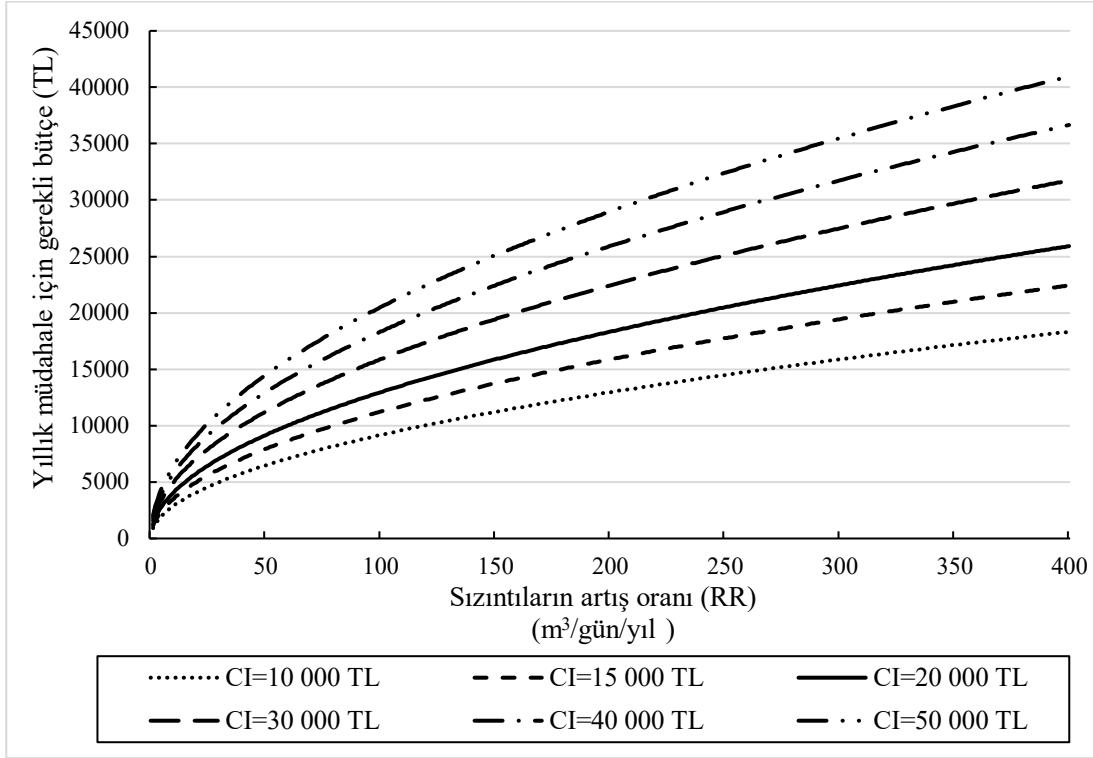
Şekil 4.17’de sızıntıların artış oranı (RR) ile ekonomik müdahale sıklığı (EIF) arasındaki ilişkinin, müdahale maliyeti ile değişimi görülmektedir. RR arttıkça EIF artmaktadır. Bunun nedeni sistemdeki su kayıplarında artışın yüksek olması kayıpların fazla olması anlamına gelir ve sık sık müdahale gerektirir. Grafikten görüleceği üzere müdahale maliyetinin artması, kısa sürelerde sık sık müdahale edilmesini ekonomik kılmayabilmekte ve bu süreyi biraz artırabilmektedir. Ancak yine de kayda değer şekilde etkilememektedir. RR’nin düşük olması durumunda sisteme müdahale sıklığı oldukça uzun bir zaman dilimi olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 4.17. Sızıntıların artış oranına bağlı olarak ekonomik müdahale sıklığının değişimi

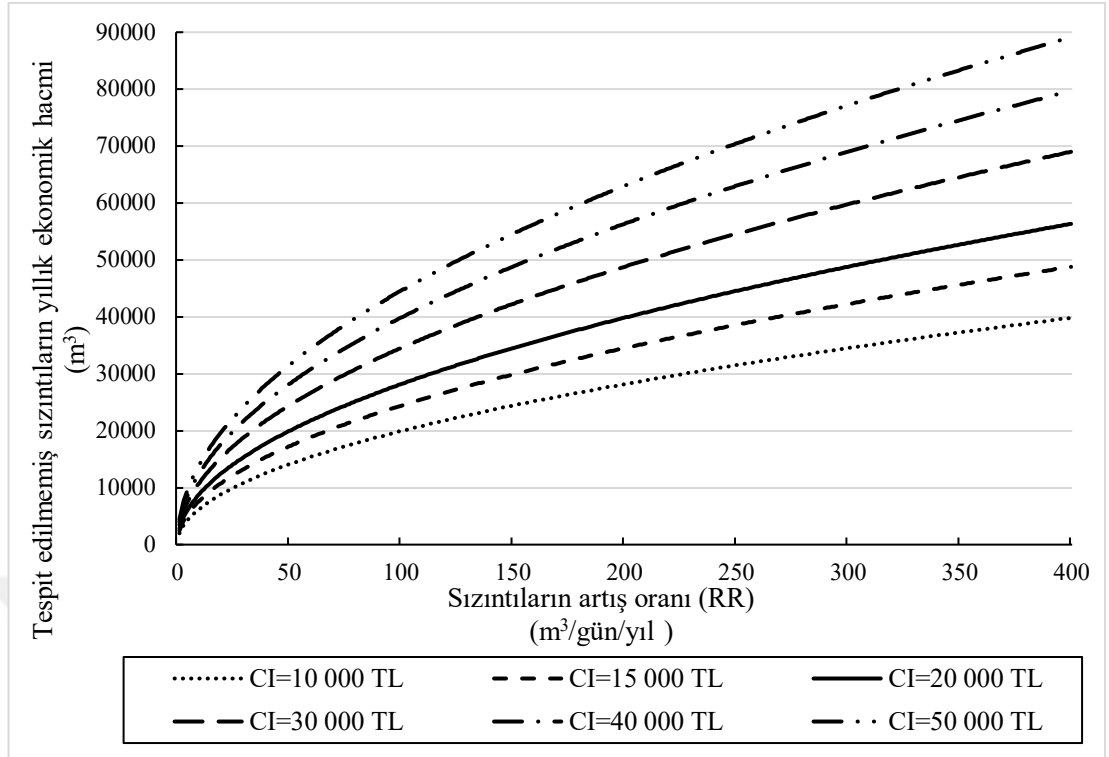
Şekil 4.18’de RR ile yıllık müdahale için gerekli bütçe arasındaki ilişkinin, müdahale maliyeti ile değişimi görülmektedir. RR’nin yüksek olması kayıpların yüksek

olması anlamına gelmekte ve dolayısıyla gerekli bütçeyi arttırmaktadır. Müdahale maliyeti yükseldikçe aynı şekilde yıllık müdahale için gerekli bütçe de artmaktadır.



Şekil 4.18. Sızıntıların artış oranına bağlı olarak yıllık müdahale için gerekli bütçenin değişimi

Şekil 4.19'da RR ile tespit edilmemiş sızıntıların ekonomik hacmi arasındaki ilişkinin, müdahale maliyeti ile değişimi görülmektedir. Hem RR hem de müdahale maliyetinin artmasıyla ekonomik hacim artış göstermiştir. Bunun nedeni müdahale maliyetinin yüksek olması, düşük miktarda suyun kayıp olmasını tolere etmektedir.



Şekil 4.19. Sızıntıların artış oranına bağlı olarak tespit edilmemiş sızıntıların yıllık ekonomik hacminin değişimi

5. TARTIŞMA

Su kayıplarında ve ekonomik seviye belirtilmesinde performans indikatörü olarak yüzde indikatörü kullanmak yanıltıcı olabilmektedir. Su tüketimine bağlı sistem giriş hacminin mevsimsel olarak değişmesi, su kayıpları % oranını değiştirmektedir. Su kayıpları azalmamış bile olsa azalmış gibi bir görüntü oluşturabilir. Eğer % performans indikatörü olarak kullanılacaksa da en az bir yıllık veri üzerinden bunu ifade etmek gerekir. Uluslararası su kuruluşu IWA da % kullanımının sadece finansal bir performans göstergesi olarak kullanılabileceğini ve şebekenin yönetiminde verimin değerlendirilmesi için uygun olmayan bir gösterge olduğunu belirtmektedir.

Şebekede aktif sızıntı kontrolü çalışmaları arttıkça şebekedeki su kayıpları seviyesi azalır. Sızıntı arama çalışmaları ne kadar sık gerçekleşirse bu çalışmaların maliyeti de o kadar artacaktır. Metodoloji gereği hesaplarda kullanılan müdahale maliyetine sadece sızıntı yerinin tespitine yönelik (akustik yöntemler vb.) masraflar dahil olmakta şebekedeki arızanın onarım/tamir masrafları dahil edilmemektedir. Bunun nedeni tamir edilecek toplam patlak sayısı, sızıntı arama sıklığının değiştirilmesiyle değişmediği için tamir masrafları dahil değildir, burada etkilenen sadece patlaklardan suyun sızmaya devam ettiği süredir. Dolayısıyla, onarımların maliyeti değişmemekle birlikte, bu maliyetlerin zamanlaması değişir. Diğer bir deyişle ertelenmiş bir masraf olarak karşımıza çıkar. Bununla birlikte şebekedeki bir patlağın onarımı, anında sızıntının azalması yani debinin azalması olarak sonuç verir. Dolayısıyla herhangi bir anda şebekedeki kayıpların miktarı eskiye göre daha az olacaktır.

Arıza onarım süresini kısaltarak kayıp suyun hacminden tasarruf etmek mümkündür. Ancak oldukça kısa sürede tamir için, daha çok personel, daha fazla yada daha yeni ekipman gerekebilir. Bu gereksinimler de onarım masrafını arttırabilir.

ILI değeri 41,9 m ortalama şebeke basıncında 9,2 olarak bulunmuş olup dünya bankasına göre (Bkz. Çizelge 2.4), C grubunda yer almaktadır. Bu durum zayıf su kayıpları yönetimi olduğunu göstermektedir, kaynakların bol ve ucuz olması halinde tolere edilebilir. Eğer şebekedeki mevcuttaki fiziki su kayıpları hesaplanan ekonomik seviyede olsaydı ILI değeri 3,8 olurdu. Bu durum bahsi geçen tabloya göre A grubunda yer almakta ve herhangi bir kıtlık olmadıkça kayıpların daha fazla kayıp azaltılmasının ekonomik olmayabileceğini belirtmektedir. Ekonomik seviyeye bağlı ILI değeri için bu yorum örtüşmektedir.

Bir su idaresinin su talebini karşılamayla ilgili herhangi bir problemi yoksa yeni su kaynaklarına yatırım planı yoksa, bu durumda belirlenmiş olan SKES nihai yanıt olacaktır. Herhangi bir sızıntı yönetimi stratejisi ile elde edilen sızıntı seviyesi ne kadar düşük olursa sızıntının azaltılması için gerekli maliyet daha da artar. Bir su idaresinin üzerinde sosyal ya da halk sağlığı gibi baskılar olmasına rağmen, su kayıplarını şebekeden tamamen kaldırması asla ekonomik değildir. Su kaynaklarının bol ve ucuz olduğu bir su idaresinin su kayıplarından zararı, su kaynakları yönünden kısıtlılığı bulunan bir su idaresine göre çok daha az olacaktır.

Suyun değişken maliyeti genellikle kimyasalların ve kaynaktan suyun çekilmesi ve iletimde kullanılan pompa vb. ekipmanların enerji maliyetlerine bağlıdır. Eğer bir su idaresinin farklı bölgeler için işletim masrafları farklı olan birden çok içme suyu arıtma

tesisi varsa ve su temini farklı bölgelere bu farklı kaynaklardan yapılıyor ise bu durumda suyun temin edildiğı her farklı bölge için ayrıca SKES hesaplamak uygun olacaktır. Suyun değışken maliyeti mevsimsel olarak da farklılıklar gösterebilmektedir. Ayrıca su dağıtım şebekesinde ara klorlama istasyonu, pompa istasyonu olması durumunda suyun değışken maliyetinin hesabına bu ara istasyonların masrafların da dahil edilmesi gerekmektedir. Bu ve benzeri farklı şartlardan dolayı SKES her su idaresine özel farklı değerlere sahiptir.



6. SONUÇ

SKES analiz çalışmasını yapmak gereklidir. Bu analiz sızıntı azaltma stratejisinin belirlenmesinde önemli bir bileşen oluşturmaktadır, çünkü sızıntı azaltma çalışması ve sızıntının ne seviyeye kadar azaltılacağı konusu son derece ekonomik kararlardır. Bir su idaresi için SKES belirlenmesi önemlidir çünkü masraflar azaltılarak operasyonel verimlilik artırılmış olur. En önemlisi de ekonomik bir analiz, bir su idaresinin sızıntıların azaltılmasında yeterli harcama yapıp yapmadığını ve en verimli işletim için hedeflenen ekonomik seviyenin ne olduğunu anlamasına olanak sağlar.

Su kayıpları yönetiminde su kayıplarının hangi seviyeye kadar azaltılacağını belirlemek, su kayıpları azaltma çalışmalarının bu seviyeye kadar gerçekleştirilmesi, su kayıpları ile mücadelede ekonomik dengeyi sağlamak açısından önemlidir.

Su kayıplarının belirlenmesi için uygulanan su dengesi tablosunda ASAT'tan elde edilen tahakkuk verileri 2015 Mayıs, 2016 Haziran ayları arasını kapsamaktadır. Ancak metodoloji gereği artış oranını görebilmek için 2015 yılı SCADA verilerinden yararlanılmıştır.

Artış oranı yöntemi ile bulunan tespit edilmemiş fiziki kayıplar, tespit edilmiş fiziki su kayıplarının hacimleri ile kaçınılmaz yıllık fiziki kayıpların toplamı ekonomik yıllık su kayıpları miktarını vermektedir ve Kaleiçi alt bölgesi 2015 yılı için bu değer **59693,39 m³/yıl**, olarak bulunmuştur. Bu değer yaygın kullanıma sahip performans indikatörleri ile ifadesi Çizelge 6.1'de fiziki su kayıpları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 6.1. Fiziki su kayıpları ve ekonomik seviyesi

Hesaplanan Fiziki Su Kayıpları		Su Kayıplarının Ekonomik Seviyesi	
144064	m ³ /yıl	59693,39	m ³ /yıl
515,3	l/servis bağlantısı/gün	213,5	l/servis bağlantısı/gün
283,1	l/abone/gün	117,3	l/abone/gün
32,89	m ³ /km/gün	13,63	m ³ /km/gün
17,2	sistem giriş hacmi %'si	7,1	sistem giriş hacmi %'si

Bölgede yıllık fiziki kayıp miktarı 144064 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer hesaplanan ekonomik kayıp seviyesi 59693,39 m³/yıl'dan büyüktür ve sisteme verilen hacim ile kıyaslandığında su kayıplarının ekonomik seviyesi % 7,1 olarak bulunmuştur.

Su kayıpları seviyesi Türkiye ortalamasına göre oldukça az çıkmış olup diğer şehirlere göre daha iyi bir şebeke yönetimi olduğu söylenebilir. Ancak ekonomik seviye daha da düşüktür. Daha ileri sızıntı arama onarma çalışmaları yapılabilir.

Bölgede halkın kolayca erişebileceği birçok noktada yangın hidrandı bulunmaktadır. Saha çalışmaları sırasında bölgedeki ticarethanelerin defalarca bu muslukları dükkan önü temizliği, yol temizliği ve diğer benzeri amaçlarla kullandıkları görülmüştür. Yangın musluklarında sayaç bulunmadığı için bu noktalardaki su tüketimi SCADA'da ölçülen debi değerinin içinde bulunmakta ancak kayıt altına alınmadığından

su kayıplarının içine dahildir. Bu değer için bazı kabuller yapılmış olsa da halkın bu tutumunu sürdürmesi su kayıpları seviyesinin yükselmesinde etkilidir.

Fiziki su kayıplarının daha hassas belirlenmesi, alt bölgedeki bütün abonelerde aktif çalışır halde AMR sayaç kurulu olması, ölçüm hassasiyetinin yüksek olması ve alıcı bir istasyon aracılığıyla hepsinin aynı anda okunarak su idaresine iletilmesiyle ve SCADA verileri karşılaştırılmasıyla sağlanabilir.

Su idareleri sızıntı tespiti ve azaltılmasına yönelik daha fazla kaynak ayırmalıdır. Bu konuda duyarlılığın artırılmasında hesaplanan değerlerin (sistem giriş hacmi, abone tüketimleri ve buna bağlı olarak bulunan su kayıpları, performans indikatörleri) doğruluğu çok önemlidir. Uzmanlar tarafından, ülkemizde halen daha bazı il/ilçelerimizde sistem giriş hacminin ölçülemediği belirtilmektedir.

Sızıntıyı azaltmanın en verimli ve etkili yollarından birisi basınç kontrolüdür. Basıncın azaltılması, arka plan sızıntısını, ana borularda ve servis bağlantılarındaki patlama oranını ve mevcuttaki çatlaklardan sızan suyun debisini azaltacaktır. Bu nedenle sızıntıların azaltılmasında basınç yönetiminin önemi de büyüktür. Dağıtım şebekesinin küçük, hidrolik olarak yönetilebilir ayrı alanlara bölünmesi ve altyapı malzeme vb. yönetimi de su kayıpları ile mücadelede önemlidir.

Su kayıpları ile mücadelede diğer bir önemli husus da bir arıza yeri belirlendikten sonra o arızanın yapılması için geçen süredir. su idaresi bu süreyi ne kadar kısa tutarsa kayıp hacim o kadar az, müşteri memnuniyeti de o kadar fazla olacaktır.

Aktif sızıntı kontrolü yapan çalışanlar bu konuda eğitilmiş olmalıdır. Ayrıca su idareleri sızıntı yönetimi için farklı departmanlardan kişilerin bulunduğu bir yönetim ekibi kurabilir.

Su kayıplarının kısa dönem ekonomik seviyesinde yatırım gerektirmeyen stratejiler (aktif sızıntı kontrolü, onarım hızı ve kalitesinin artırılması vb.) dikkate alınmalıdır. Ancak önemli yatırımları gerektiren basınç yönetimi, DMA ve altyapı geliştirilmesi, altyapı bakımı/yenilenmesi gibi stratejiler, su kayıplarının uzun dönem ekonomik seviyesi içinde değerlendirilmelidir.

Su idareleri su kayıplarını azaltma çalışmalarını fayda zarar analizi yaparak, su kayıplarının ekonomik seviyesini göz önünde bulundurarak gerçekleştirmelidir. Bu çalışmada, ülkemizdeki su kayıpları yönetimindeki gelişmeleri bir adım ileri götürmek hedeflenmiştir.

7. KAYNAKLAR

- ALEGRE, H., BAPTISTA, J., CABRERA, E., CUBILLO, F., DUARTE, F., HIRNER, W. and PARENA, R. 2000. Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Manual of Best Practices.
- ALEGRE, H., BAPTISTA, J.M., CABRERA JR, E., CUBILLO, F., DUARTE, P., HIRNER, W., MERKEL, W. and PARENA, R. 2006. Performance indicators for water supply services. IWA publishing.
- ANONİM-1. <http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html> [Son erişim tarihi: 14.11.2016]
- ANONİM-10. <https://www.asat.gov.tr/tr/tesisler/su-kaynaklari-4.html?CatID=1> [Son erişim tarihi: 31.05.2017]
- ANONİM-11. <https://www.asat.gov.tr/tr/tesisler/icme-suyu-dagitim-3.html?CatID=1> [Son erişim tarihi: 31.05.2017]
- ANONİM-2. <http://www.enid.org/departments/public-works/water-reclamation/water-distribution> [Son erişim tarihi: 23.11.2016]
- ANONİM-3. <http://www.h2otrainer.com/> [Son erişim tarihi: 23.11.2016]
- ANONİM-4. <http://www.climatetechwiki.org/content/leakage-management-piped-systems> [Son erişim tarihi: 23.11.2016]
- ANONİM-5. <https://www.247homerescue.co.uk/how-to-repair-a-leaking-pipe/> [Son erişim tarihi: 23.11.2016]
- ANONİM-6. <http://yorumgazetesihatay.com/Haber-11772--kacak-su-kullanan-50-aboneye-ceza> [Son erişim tarihi: 23.11.2016]
- ANONİM-7. <http://www.marasmedyamerkezi.com/gundem/marasta-kacak-su-kullanana-hapis-cezasi-h9881.html> [Son erişim tarihi: 23.11.2016]
- ANONİM-8. <http://www.vewin.nl/english/dutch-water-sector> [Son erişim tarihi: 23.11.2016]
- ANONİM-9. [https://www.bdew.de/internet.nsf/res/A3F0BAEECB637AC9C1257E3B0047BF17/\\$file/BDEW_VEWA_Study_English_20150423.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/res/A3F0BAEECB637AC9C1257E3B0047BF17/$file/BDEW_VEWA_Study_English_20150423.pdf) (23.11.2016)
- ARREGUI, F.J., COBACHO, R., SORIANO, J. and GARCIA-SERA, J. 2010. Calculating The Optimum Level of Apparent Losses Due To Water Meter Inaccuracies. In Proceedings of the 2010 6th IWA Water Loss Reduction Specialist Conference, 6–9 June, Sao Paulo, Brazil.

- ASAT. 2015. ANTALYA SU ve ATIKSU İDARESİ 2015 yılı Faaliyet Raporu, http://www.asat.gov.tr/images/faaliyet_raporlari/ASAT_GENEL_MUDURLUG_U_2015_FAALIYET_RAPORU.pdf [Son erişim tarihi: 02.08.2016]
- AWWA. 1999. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Manual of Water Supply Practices Water Audits and Leak Detection. "AWWA Manual M36." AWWA, Denver.
- AWWA. 2008. Water Audits and Loss Control Programs: M36 (Vol. 36:3). American Water Works Association.
- BEECHER, J. A. 2002. Survey of State Agency Water Loss Reporting Practices. Final Report to AWWA.
- BOUCHART, F., SALLEH, H.M., SAWKINS, J.W. and JOWITT, P. W. 2001. Leakage Targets and Socio-Economic Efficiency. *Water and Environment Journal*, 15(1): 21-26.
- CAN, N. 2014. İçme Suyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıplarının Belirlenmesi ve Kontrolü: İstanbul İli Örneği. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 144 s.
- DEC. 2016. Department of Environmental Conservation. <http://dec.alaska.gov/water/OPCert/Docs/Chapter6.pdf> [Son erişim tarihi: 21.11.2016]
- DEMİR, A. 2001. Konya içme suyu şebekesinde su kayıplarının belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 66 s.
- DİKMEN, F. 2005. İstanbul İçme Suyu Dağıtım Sisteminde Su Kayıpları Kontrolü. Yüksek lisans tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, 150 s.
- EPA. 2009. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Review Draft Control and Mitigation of Drinking Water Losses in Distribution Systems, Office of Water. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P1005WPU.TXT> [Son erişim tarihi: 12.08.2017]
- FALLIS, P., HÜBSCHEN, K., OERTLÉ, E., ZIEGLER, D., KLINGEL, P., KNOBLOCH, A. & LAURES, C. 2011. Guidelines for water loss reduction: A Focus on Pressure Management. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- FANNER, P. and LAMBERT, A.O. 2009. Calculating SRELL with Pressure Management, Active Leakage Control and Leak Run-Time Options, with Confidence Limits. In Proceedings of 5th IWA Water Loss Reduction Specialist Conference pp. 373-380.
- FANNER, V. P., THORNTON, J., LIEMBERGER, R. et al. 2007. Evaluating Water Loss and Planning Loss Reduction Strategies. Denver, Colorado.: AWWA Research Foundation.

- FANNER, V.P., STURM, R., THORNTON, J., LIEMBERGER, R., DAVIS, S.E. and HOOGERWERF, T. 2007. Leakage Management Technologies. Published by: Awwa Research Foundation.
- FARLEY, M. and TROW, S. 2003. Losses in Water Distribution Networks: A Practitioner's Guide To Assessment, Monitoring and Control. IWA publishing.
- FARLEY, M., WYETH, G., GHAZALI, Z. B. M., Istandar, A., SINGH, S., DIJK, N. V., RAKSAKULTHAI V. and KIRKWOOD, E. 2008. The manager's non-revenue water handbook: a guide to understanding water losses. Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International Development, Bangkok, Thailand.
- Google Earth Pro 7.1.5.1557. Antalya, ©Basarsoft Image Landsat /Copernicus Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO Imagery Date 12/14/2015, Kaleiçi, Image © 2017 DigitalGlobe Imagery Date 9/1/2016
- GÖKDERELİ, B. 2016. 1.İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği ve Tebliği” ve “Envanter Formları ile Standart Su Dengesi Formları, ORMAN ve SU İŞLERİ BAKANLIĞI, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 3-4 Ekim 2016, Ankara
- HAMILTON, S., MCKENZIE, R., and SEAGO, C. 2006. A Review of Performance Indicators For Real Loses From Water Supply Systems. UK House of Commons Report.
- HARDEMAN, S. 2008. A Cost-Benefit Analysis of Leak Detection and The Potential of Real Water Savings For New Mexico Water Systems. Doctoral dissertation. The University of New Mexico, New Mexico. p.70
- ISLAM, M. S. and BABEL, M. S. 2012. Economic Analysis of Leakage in the Bangkok Water Distribution System. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139(2), 209-216.
- İLBANK. 1985. İçmesuyu Projesine Ait Şehir ve Kasaba İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasına Dair Yönetmelik. 22.04.1985 Tarih, 18733 Sayılı T.C. Resmi Gazete
- KANAKOUDIS, V. and GONELAS, K. 2015. Estimating the Economic Leakage Level in a Water Distribution System. 9th World Congress, EWRA 2015 “Water Resources Management in a Changing World: Challenges and Opportunities”, Istanbul, Turkey
- KANAKOUDIS, V. and MUHAMMETOĞLU, H. 2014. Urban Water Pipe Networks Management Towards Non-Revenue Water Reduction: Two Case Studies from Greece and Turkey. *CLEAN–Soil, Air, Water*, 42(7), 880-892.
- KARA, S. 2011. İçmesuyu Dağıtım Şebekelerinde Basınç Yönetimi ve Hidrolik Modellemenin Entegre Edilerek Su Kayıplarının İncelenmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 150 s.

- KARA, S., KARADİREK, İ. E., MUHAMMETOĞLU, A. and MUHAMMETOĞLU, H. 2016. Real time monitoring and control in water distribution systems for improving operational efficiency. *Desalination and Water Treatment*, 57(25), 11506-11519.
- KARADİREK, İ. E., KARA, S., YILMAZ, G., MUHAMMETOĞLU, A. and MUHAMMETOĞLU, H. 2012. Implementation of hydraulic modelling for water-loss reduction through pressure management. *Water Resources Management*, 26(9), 2555-2568.
- KARADİREK, İ. E. 2016. Urban Water Losses Management In Turkey: The Legislation and Challenges. *Anadolu University Journal of Science and Technology–A Applied Sciences and Engineering*, 17(3), 572-584.
- KARADİREK, İ. E., KARA, S., ÖZEN, O., GÜLAYDIN, O., BEŞTAŞ, E., BOYACILAR, M., MUHAMMETOĞLU, A., GÜNGÖR, A., MUHAMMETOĞLU, H. 2016. Energy recovery potential from excess pressure in water supply and distribution systems. *Mugla Journal of Science and Technology*, 2(1), 70-76.
- LAMBERT, A. 2001. What Do We Know About Pressure-Leakage Relationships in Distribution Systems. In IWA Conf. n Systems Approach To Leakage Control and Water Distribution System Management.
- LAMBERT, A. and HIRNER, W. 2000. Losses from Water Supply Systems: A Standard Terminology and Recommended Performance Measures. IWA Blue Pages.
- LAMBERT, A., BROWN T. G., TAKIZAWA, M. and WEIMER, D. 1999. A Review of Performance Indicators For Real Losses From Water Supply Systems. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 48(6), 227-237.
- LAMBERT, A., HUNTINGTON, D. and BROWN., T. G. 2000. Water Loss Management in North America: Just How Good Is It? AWWA Distribution Systems Symposium, New Orleans, September 2000
- LAMBERT, A.O. and FANTOZZI, M. 2005. Recent Advances in Calculating Economic Intervention Frequency for Active Leakage Control, and Implications for Calculation of Economic Leakage Levels. *Water Economics, Statistics and Finance*, 5(6), 263-271.
- LAMBERT, A.O. and LALONDE, A. 2005. Using Practical Predictions of Economic Intervention Frequency to Calculate Short-Run Economic Leakage Level, With or Without Pressure Management. In Proceedings of IWA Specialised Conference ‘Leakage. p. 310-321.
- LAMBERT, A.O., and MCKENZIE, R. D. 2002. Practical Experience in Using The Infrastructure Leakage Index. In Proceedings Of IWA Conference–Leakage Management: A Practical Approach. Lemesos, Cyprus.

- LIEMBERGER, R. 2002. Do You Know How Misleading The Use of Wrong Performance Indicators Can Be. In IWA Specialized Conference. Leakage Management–A Practical Approach, Cyprus
- LIEMBERGER, R., BROTHERS, K., LAMBERT, A., MCKENZIE, R., RIZZO, A. and WALDRON, T. 2007 September. Water loss performance indicators. In Proceedings of IWA Specialised Conference Water Loss pp. 148-160.
- LIM, E., DRAGAN, S., KAPELAN, Z. 2015. Development of a Leakage Target Setting Approach for South Korea based on Economic Level of Leakage. *Procedia Engineering*, 119: 120-129.
- MAYS, L.W. 1999. Water Distribution System Handbook. New York, NY, USA: McGraw-Hill Professional Publishing.
- MCKENZIE, R. 2001. Development of A Pragmatic Approach To Evaluate The Potential Savings From Pressure Management in Potable was Distributions in South Africa: PRESMAC. Report TT152/01 published by the South African Water Research Commission
- MCNEILL, R. and TATE, D. 1991. Guidelines for Municipal water Pricing. Kanada Çevre Bakanlığı. http://www.obwb.ca/fileadmin/docs/water_pricing_guide.pdf [Son erişim tarihi: 09.05.2016]
- MORRISON, J., TOOMS, S., ROGERS, D. 2007. DMA Management Guidance Notes. IWA Publication.
- MUHAMMETOĞLU, H., MUHAMMETOĞLU, A. 2017. İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı
- MUNOZ-TROCHEZ, C., SMOUT, I., KAYAGA, S. 2011. Economic Level of Leakage ELL Calculation with Limited Data: An Application in Zaragoza. 35th WEDC International Conference, Loughborough University UK.
- MUSLU, Y. 2001. Su ve Atıksu Mühendisliği. Türkiye Su vakfı yayınları, İstanbul
- MUSLU, Y. 2002. Su Temini ve Çevre Sağlığı. Su vakfı yayınları, İstanbul
- NECHAMEN, W. 1989. Water Conservation Manual. In New York State Department of Environmental Conservation http://www.dec.ny.gov/docs/water_pdf/waterconsman.pdf [Son erişim tarihi: 09.05.2016]
- PALA, B. 2002. İçmesuyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıplarının Belirlenmesi ve Kontrolü: Kayseri İli Örneği. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 104 s.
- PALANCI, İ. 2011. Alt Bölgeler Oluşturularak ve SCADA Sistemi Kullanılarak Su Kayıplarının Yönetimi: Antalya-Konyaaltı Bölgesi Örneği. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 66 s.

- PEARSON, D. and TROW, S.W. 2005. Calculating Economic Levels of Leakage. In Leakage 2005 Conference Proceedings.
- PILCHER, R., DİZDAR, A., DİLSİZ, C., TOPRAK, S., DE ANGELIS, E., and DE ANGELİZ, K., KOC, A. C., DIKBAS, F., FIRAT, M., BACANLI, U. G. 2009. Su Kayıpları Nasıl Önlenir. Eflatun Yayınevi, Ankara.
- PILCHER, R., TOPRAK, S., ANGELIS, E. D., DİLSİZ, C., ANGELIS, K. D., KOC, A. C., DIKBAS, F., FIRAT, M., BACANLI, U. G., DİZDAR, A. 2008. A Guide to the Water Loss Reduction.
- RICHARDS, G.L., JOHNSON, M.C. and BARFUSS, S.L. 2010. Apparent Losses Caused by Water Meter Inaccuracies at Ultralow Flows. *Journal-American Water Works Association*, 102(5), 123-132.
- RIZZO, A. and CILIA, J. 2005. Quantifying Meter Under-Registration Caused by The Ball Valves of Roof Tanks (For Indirect Plumbing Systems). In: Proceedings of the Leakage 2005 Conference, Halifax, Canada.
- ROSSMAN, L. A. 2000. EPANET 2 User Manual <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P1007WWU.pdf> [Son erişim tarihi: 08.03.2017]
- SEAGO, C., MCKENZIE, R. and LIEMBERGER, R. 2005. International Benchmarking Of Leakage From Water Reticulation Systems. In Paper to Leakage 2005 September Conference. Halifax, Canada.
- TARDELLI, F. J. 2005. "Control of e ReduçãoPerdas". In Abastecimento de Água, 3rd ed. São Paulo: Departamento de Engenharia e HidráulicaSanitária, Polytechnic School of the University of São Paulo
- THORNTON, J. 1999. Pressure Management Helps Reduce Losses. *Opflow*, 25(10), 6-8.
- THORNTON, J. 2003. IWA Water Loss Task Force. Managing Leakage by Managing Pressure: A Practical Approach. Water 21.
- THORNTON, J. and LAMBERT, A. 2005. Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships. In Proceedings of IWA Special Conference'Leakage, 2005 September pp. 12-14.
- THORNTON, J., STURM, R., and KUNKEL, G. 2008. Water loss control. McGraw Hill Professional.
- VENKATESH, G. 2012. Cost-Benefit Analysis–Leakage Reduction by Rehabilitating Old Water Pipelines: Case Study of Oslo (Norway). *Urban Water Journal*, 9(4), 277-286.
- VIESSMAN, W., HAMMER, M.J. 1971. Water supply and pollution control 5th edition. In Water supply and pollution control.

- WALSKI, T.M., CHASE, D.V., SAVİC, D.A., GRAYMAN, W., BECKWITH, S., and KOELLE, E. 2003. Advanced Water Distribution Modeling and Management.
- WINARNI, W. 2009. Infrastructure Leakage Index (ILI) as Water Losses Indicator. *Civil Engineering Dimension*, 11(2), 126.
- YILMAZ, G. 2011. Antalya-Konyaaltı Su Dağıtım Şebekesi Alt Bölgelerinde Toplam Su Kayıplarının Bileşenlerinin Değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 179 s.

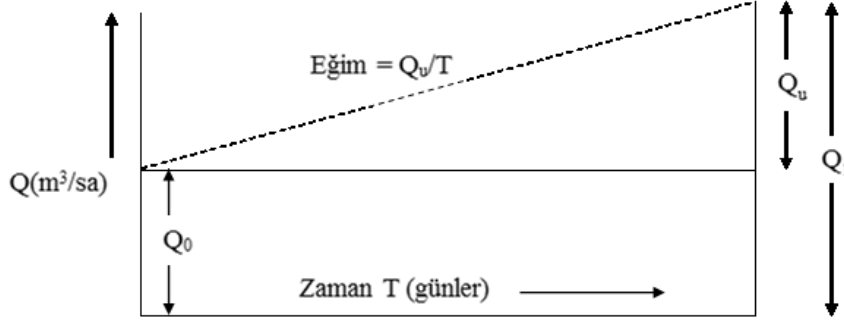


8. EKLER

EK – 1 Terminoloji ile İlgili Açıklamalar

8.1. Ekonomik Müdahale Sıklığı (EIF)

Şekil 8.1’de görüldüğü üzere başlangıçtaki en düşük debi ile T süre sonra en düşük debi değeri arasındaki fark, Q_u olmak üzere



Şekil 8.1. Zamana karşı sızıntıların artış oranı (Lambert ve Fantozzi 2005)

$$RR(m^3/gün/gün) = Q_u(m^3/saat) * \frac{NDF(saat/gün)}{T(gün)} \quad (16)$$

T süre sonunda üçgenin alanı kayıp su hacmini vereceğinden;

$$V(m^3) = 0,5 * T(gün) * RR(m^3/gün/gün) * T(gün) \quad (17)$$

Suyun değişken maliyeti CV ise, T süre sonunda kayıp suyun değeri

$$CV(TL/m^3) * V(m^3) = CV(TL/m^3) * 0.5 * RR(m^3/gün/gün) * T^2 \quad (18)$$

Bu durumda ekonomik müdahale sıklığı gün cinsinden;

$$CI(TL) = CV\left(\frac{TL}{m^3}\right) * V(m^3) = CV\left(\frac{TL}{m^3}\right) * 0,5 * RR(m^3/gün/gün) * T_e(gün)^2 \quad (19)$$

ya da;

$$T_e(\text{gün}) = \sqrt{\frac{CI(TL)}{CV(TL/m^3) * 0,5 * RR(m^3/gün/gün)}} \quad (20)$$

Eğer RR $m^3/gün/gün$ yerine, $m^3/gün/yıl$ olarak ifade edilirse

$$T_e = \sqrt{\frac{CI(TL)}{CV(TL/m^3) * 0,5 * RR(m^3/gün/gün) * \frac{365\text{gün}}{yıl}}} \quad (21)$$

ya da ay olarak;

$$T_e * \frac{yıl}{12ay} = \sqrt{\frac{CI(TL)}{CV(TL/m^3) * 0,5 * RR(m^3/gün/yıl) * 365}} \quad (22)$$

$$T_e(ay) = 12 \sqrt{\frac{CI(TL)}{CV(TL/m^3) * 0,5 * RR(m^3/gün/yıl) * 365}} \quad (23)$$

$$T_e(ay) = \sqrt{\frac{12^2 * CI(TL)}{CV(TL/m^3) * 0,5 * RR(m^3/gün/yıl) * 365}} \quad (24)$$

$$T_e(ay) = \sqrt{0,789 * \frac{CI(TL)}{CV(TL/m^3) * RR(m^3/gün/yıl)}} \quad (25)$$

Burada bulunan T_e değeri EIF yani ay cinsinden ekonomik müdahale sıklığını ifade etmektedir.

8.2. SKES Hesaplanmasında Kullanılan Kısaltmalar

SKES hesaplamasında kullanılan kısaltmaların açıklamaları İngilizce karşılıkları ile birlikte Çizelge 8.1’de verilmiştir.

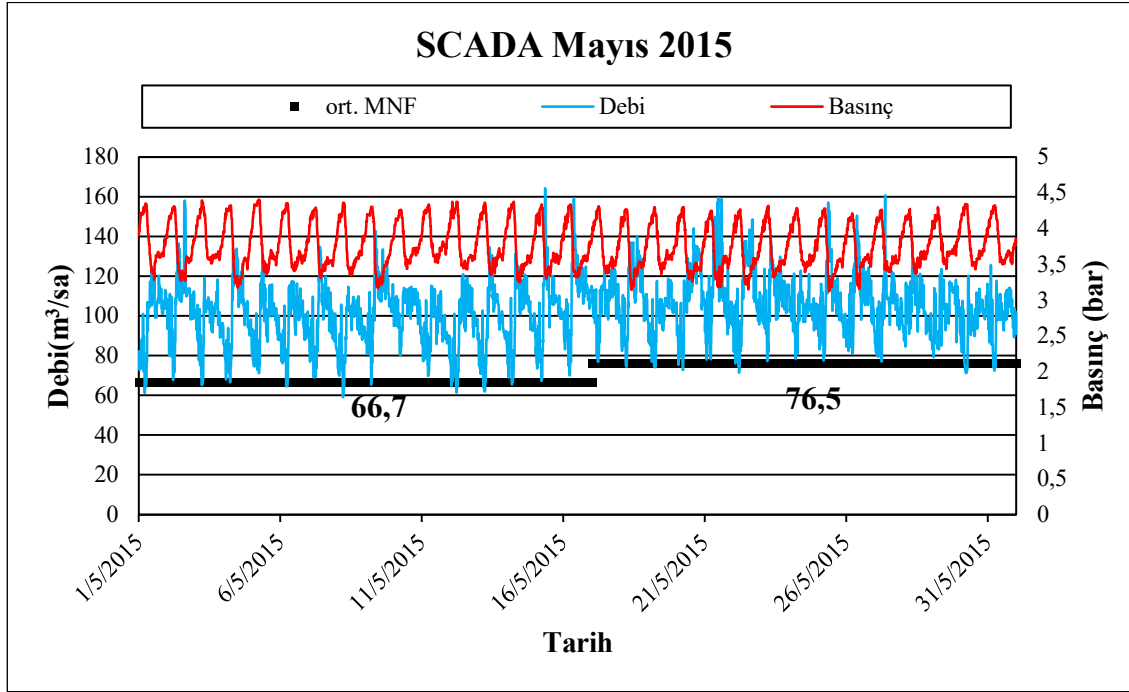
Çizelge 8.1. Fiziki su kayıplarının ekonomik seviyesinin hesaplanmasında kullanılan kısaltmaların İngilizce karşılıkları ve anlamları

Kısaltma	Türkçe Karşılığı	İngilizce Karşılığı
CI	Müdahale maliyeti	Cost of Intervention
CV	Suyun değişken maliyeti	Variable Cost of Water
RR	Sızıntıların artış oranı	Rate of Rise
NDF	Gece Gündüz Faktörü	Night Day Factor
EIF	Ekonomik Müdahale Sıklığı	Economic Intervention Frequency
EP	Sistemin Ekonomik Yüzdesi	Economic Percentage
ABI	Yıllık Müdahale İçin Gerekli Bütçe	Annual Budget for Intervention
EURL	Tespit Edilmemiş Fiziki Kayıpların Yıllık Ekonomik Miktarı	Economic Unreported Real Losses

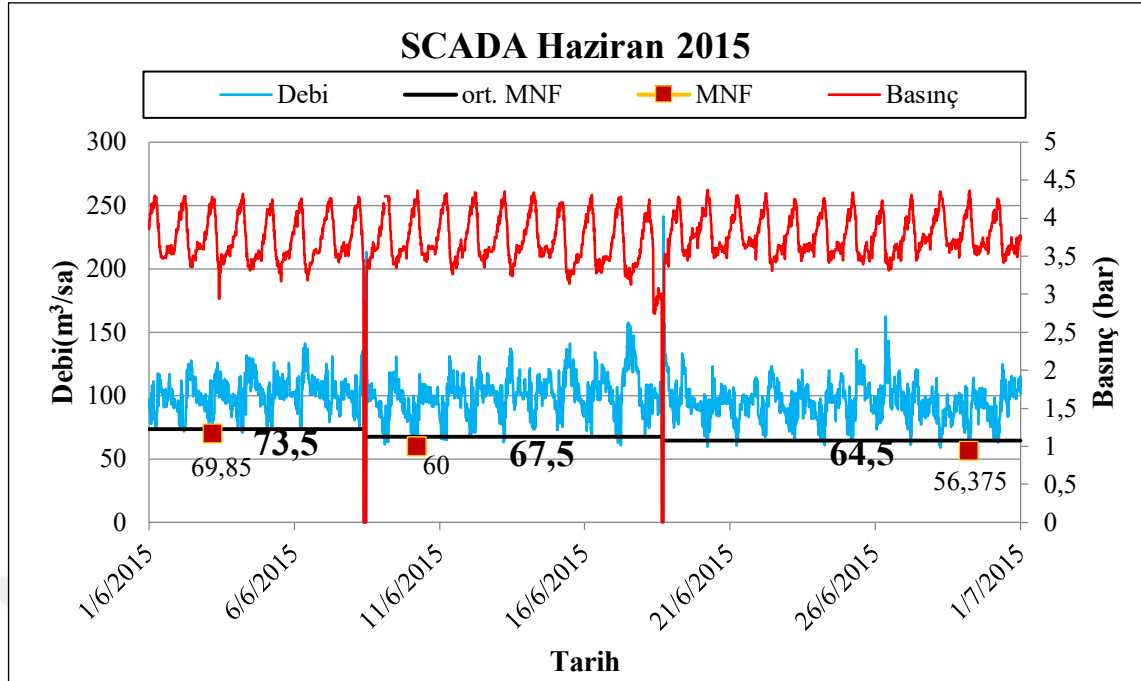
EK – 2 Minimum Gece Debi Analizi

8.3. Kaleiçi Alt Bölgesi Minimum Debi Grafikleri

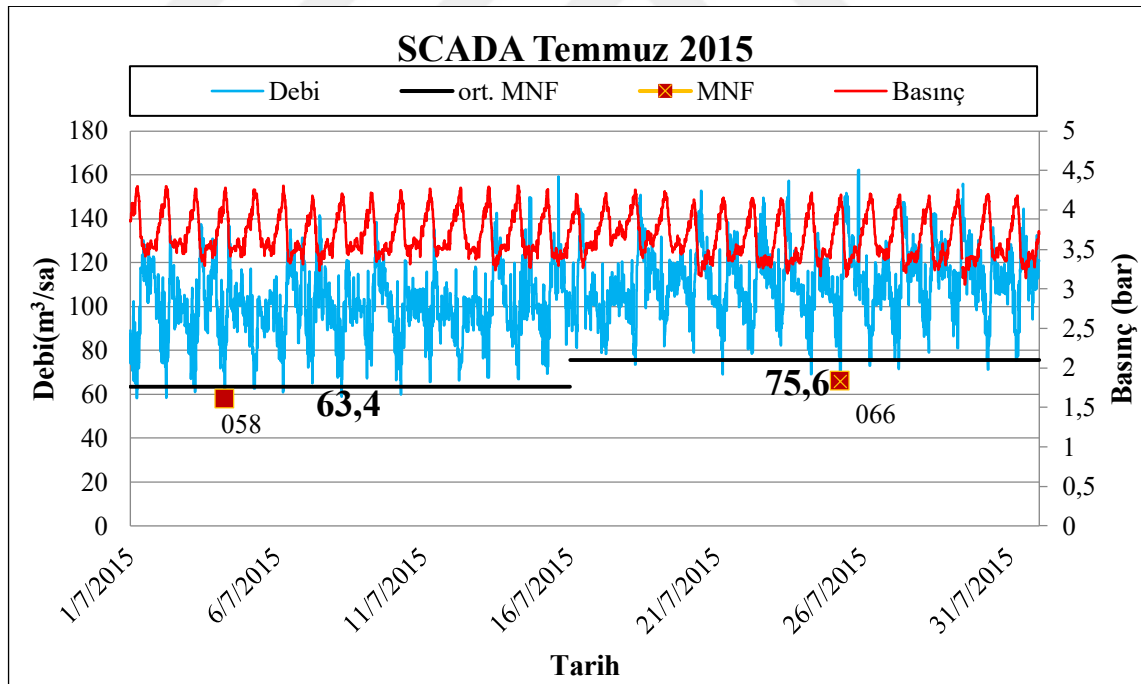
Kaleiçi alt bölgesi girişinden elde edilmiş olan debi ve basın grafikleri ortalama minimum gece debisi ile birlikte Mayıs 2015’den başlayarak Aralık 2016’ya kadar her ay için Şekil 8.2’den başlayarak Şekil 8.20’ye kadar gösterilmiştir.



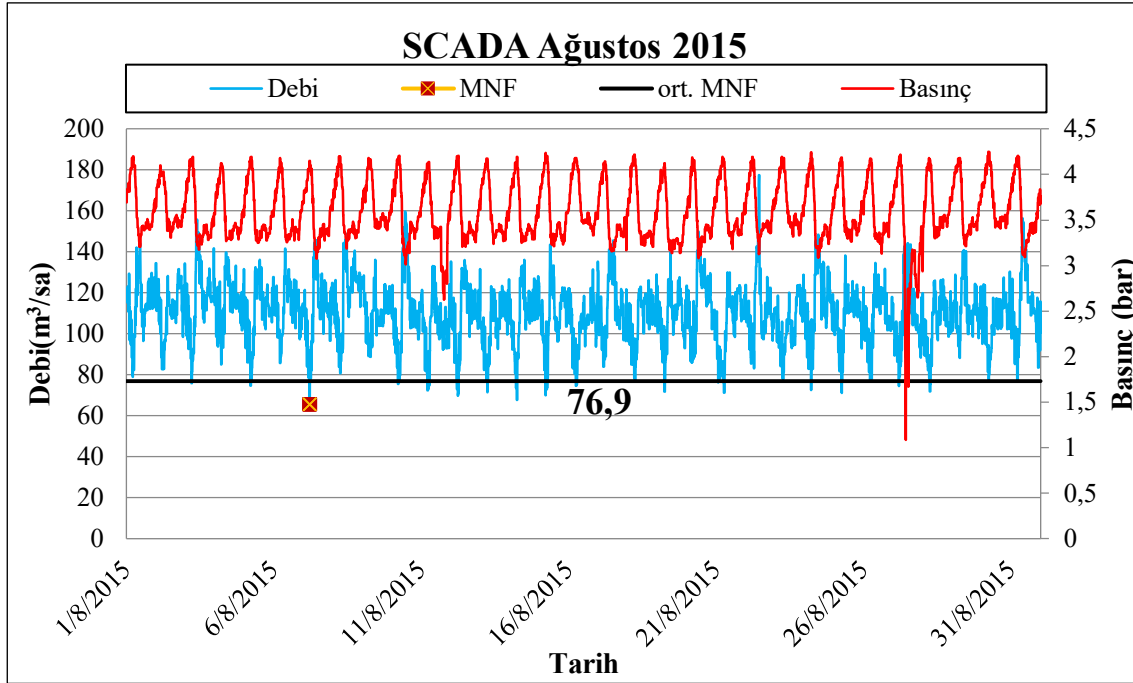
Şekil 8.2. Kaleiçi SCADA Mayıs 2015 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



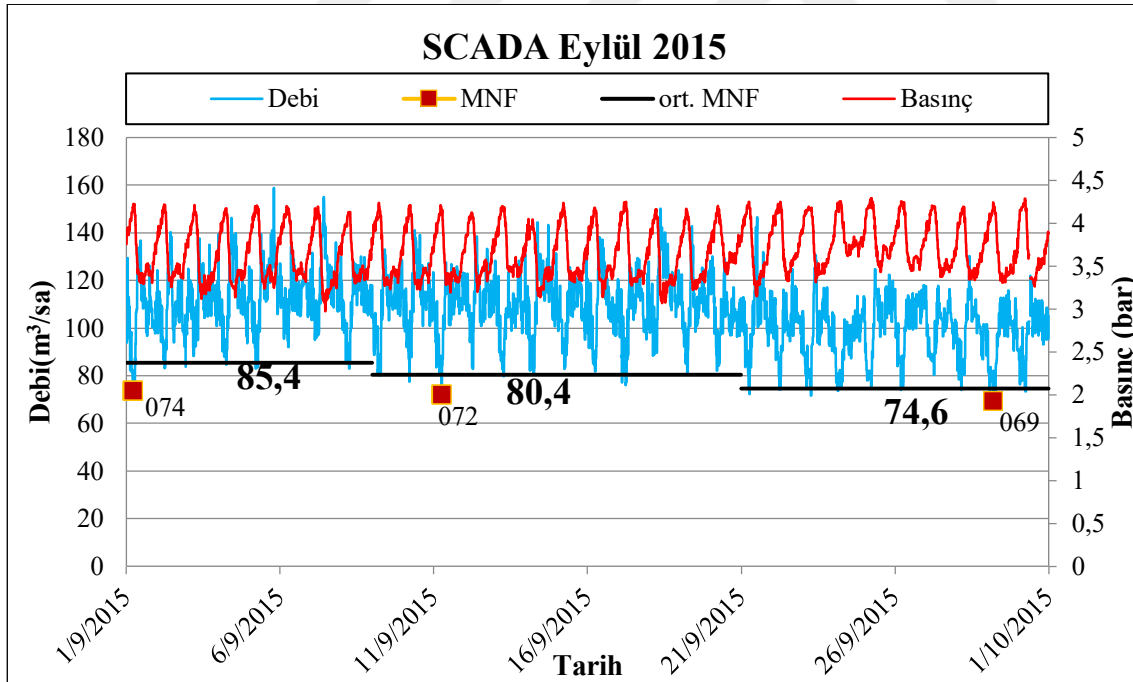
Şekil 8.3. Kaleiçi SCADA Haziran 2015 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



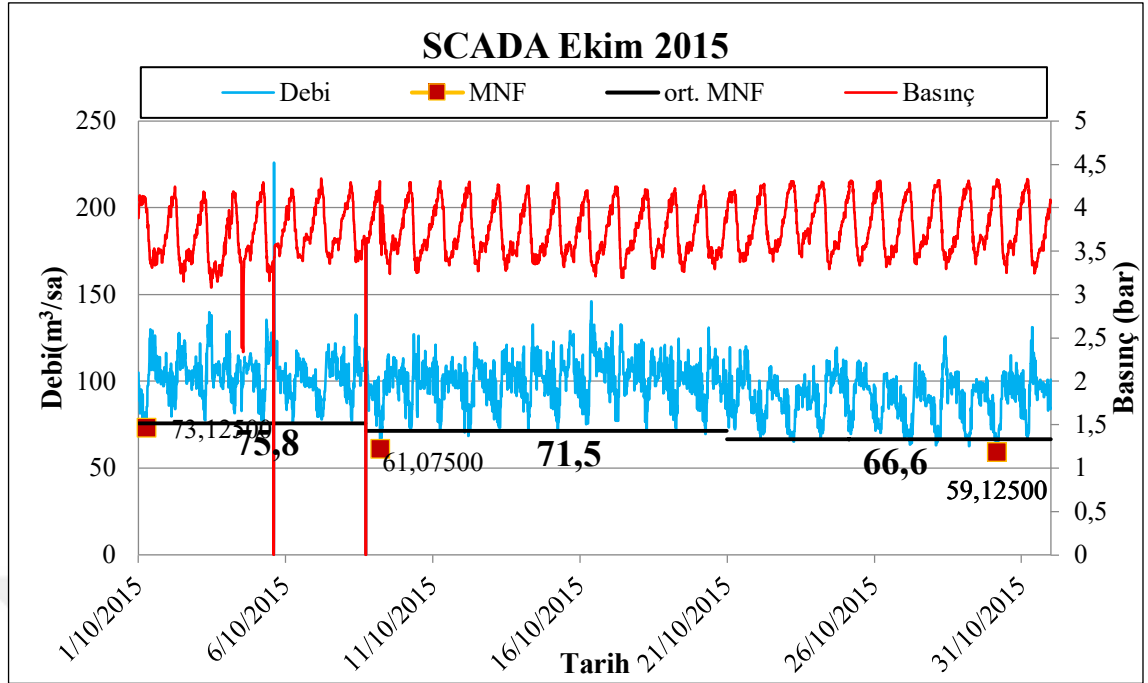
Şekil 8.4. Kaleiçi SCADA Temmuz 2015 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



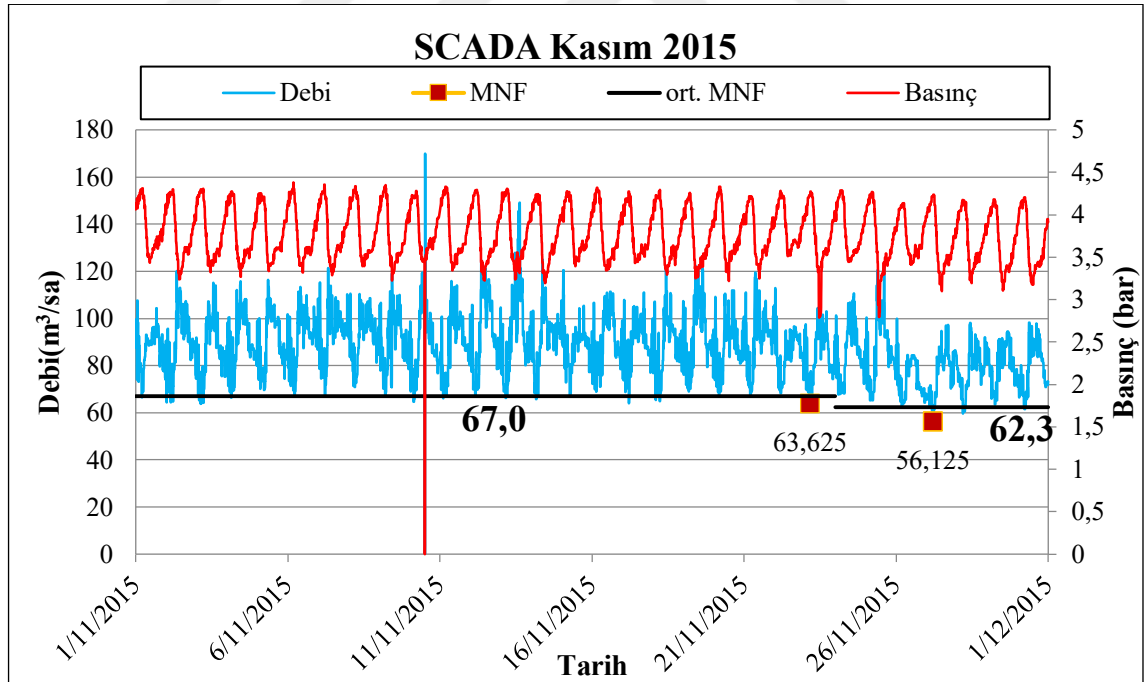
Şekil 8.5. Kaleiçi SCADA Ağustos 2015 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



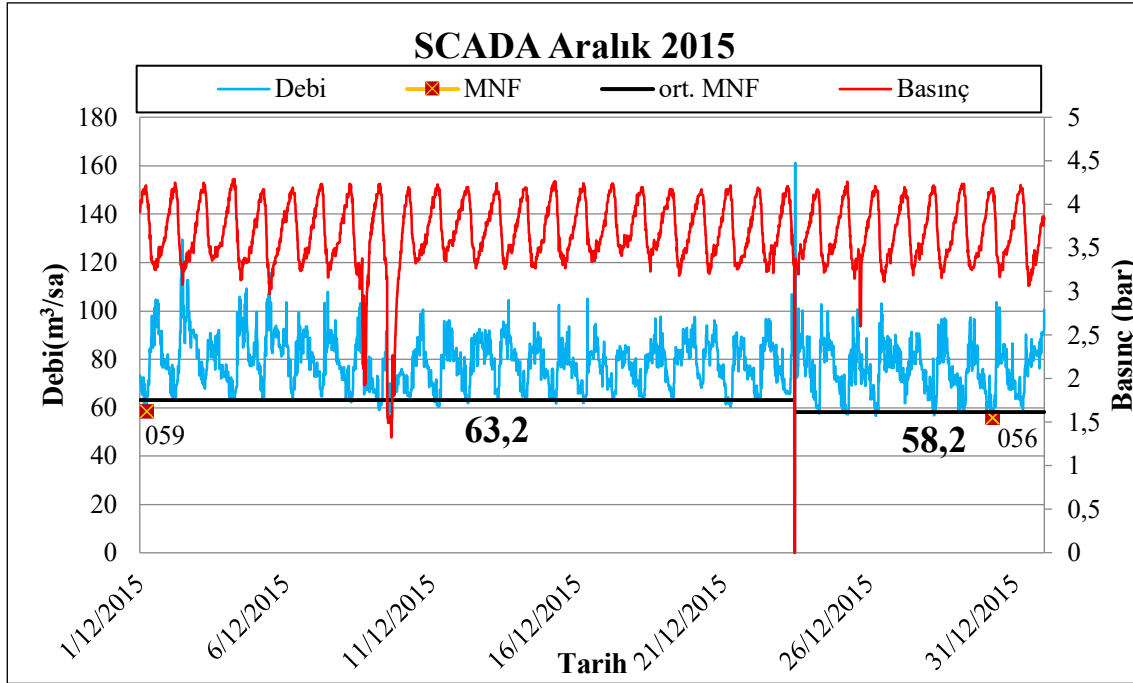
Şekil 8.6. Kaleiçi SCADA Eylül 2015 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



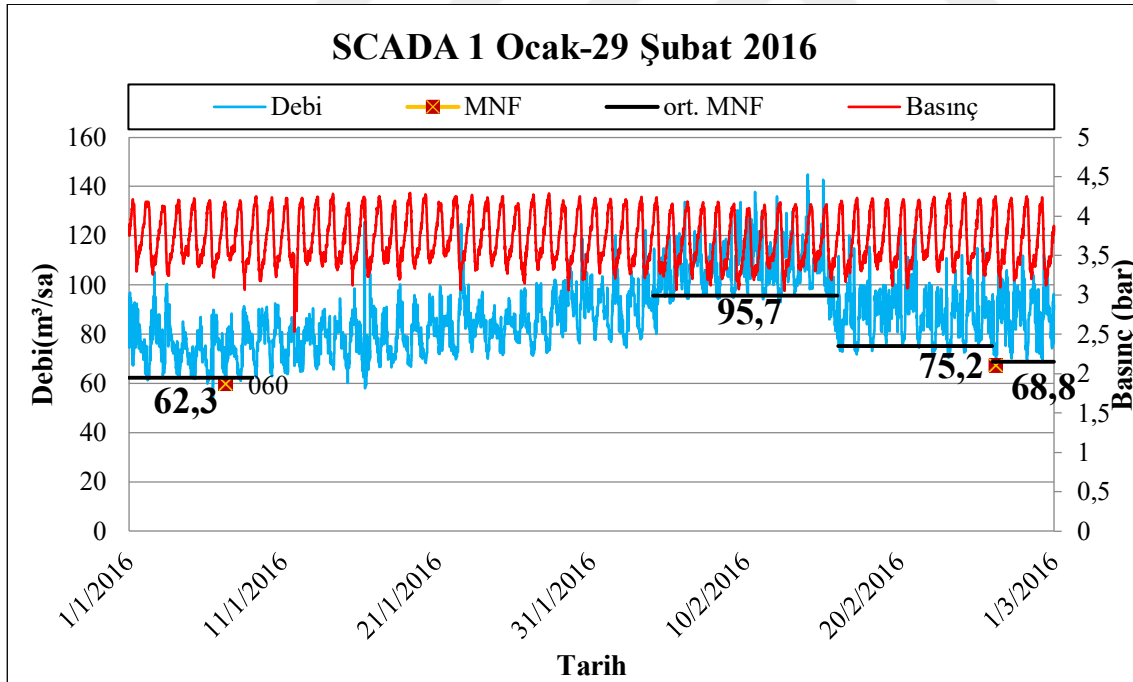
Şekil 8.7. Kaleiçi SCADA Ekim 2015 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



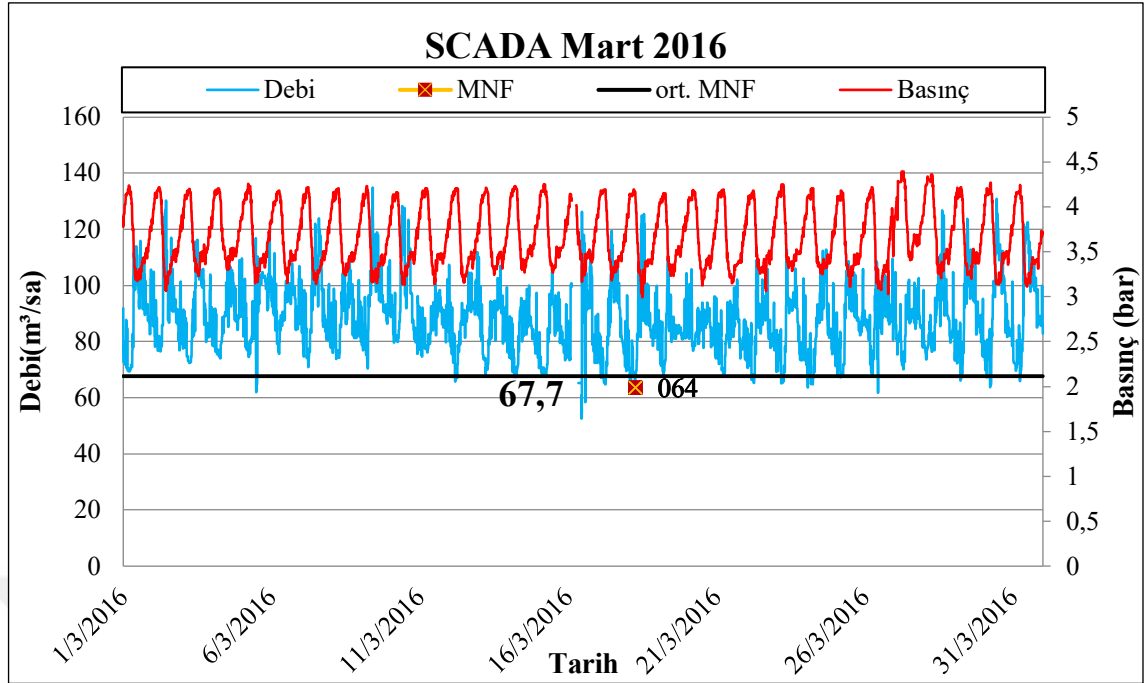
Şekil 8.8. Kaleiçi SCADA Kasım 2015 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



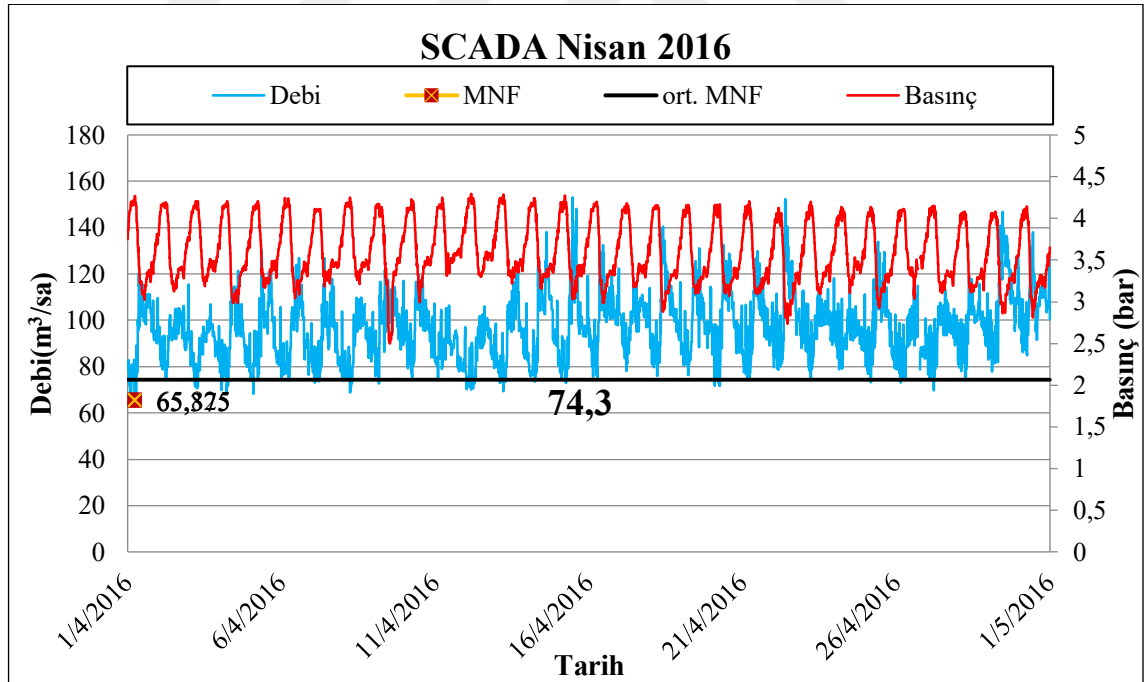
Şekil 8.9. Kaleiçi SCADA Aralık 2015 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



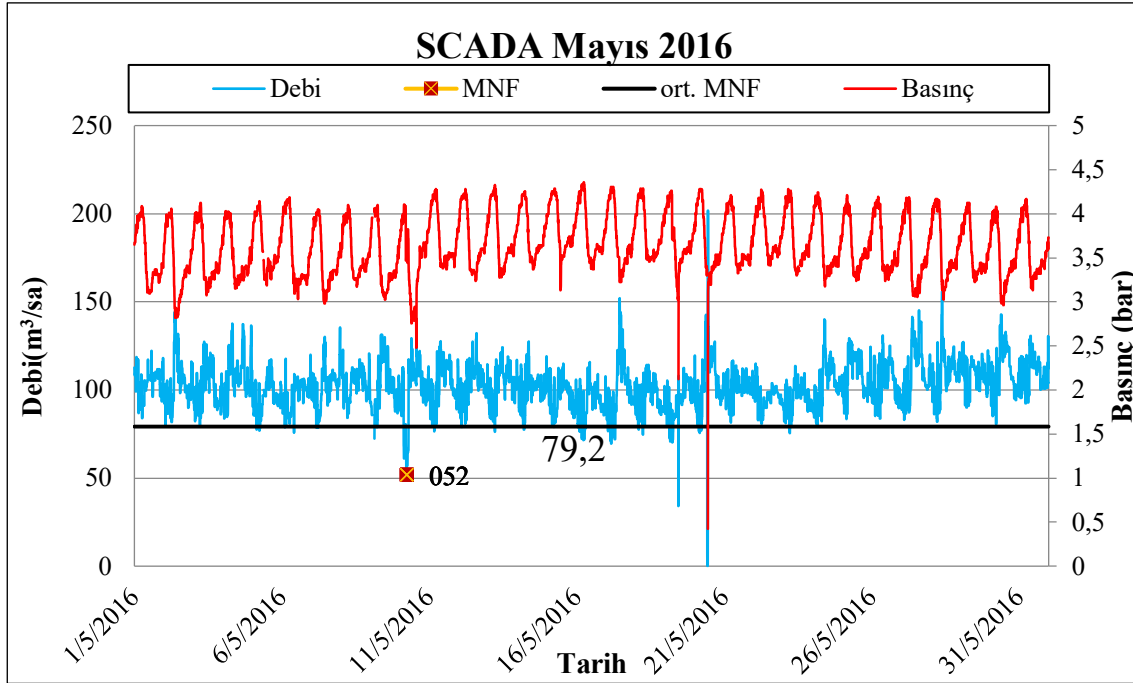
Şekil 8.10. Kaleiçi SCADA 1 Ocak 2016 – 29 Şubat 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



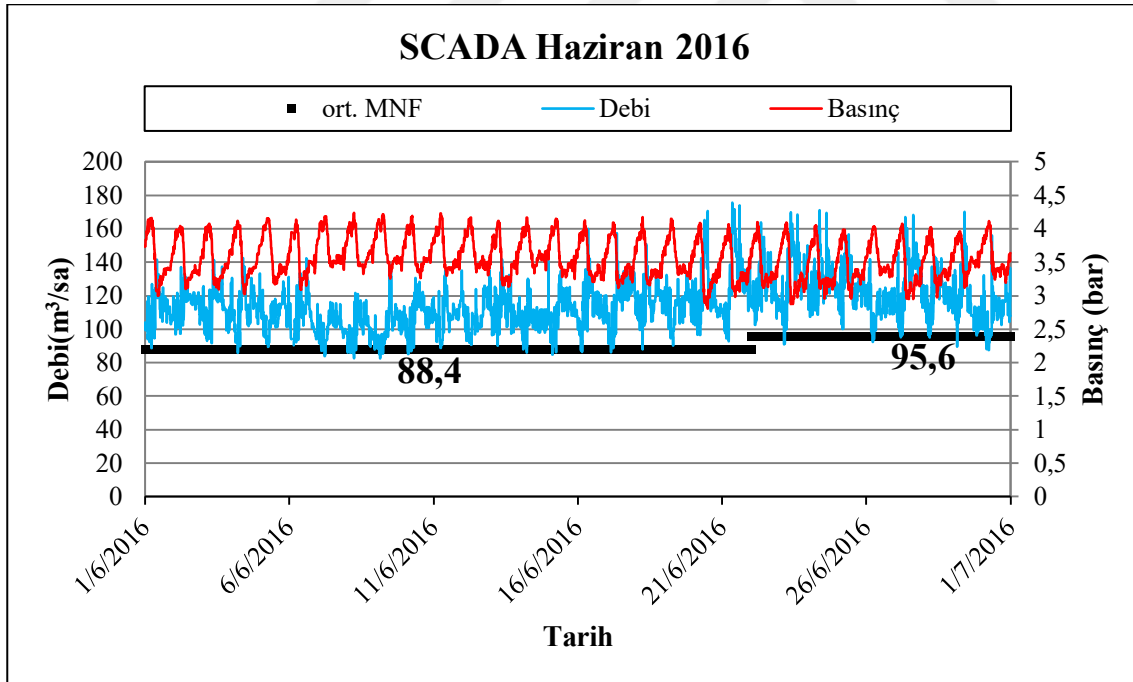
Şekil 8.11. Kaleiçi SCADA Mart 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



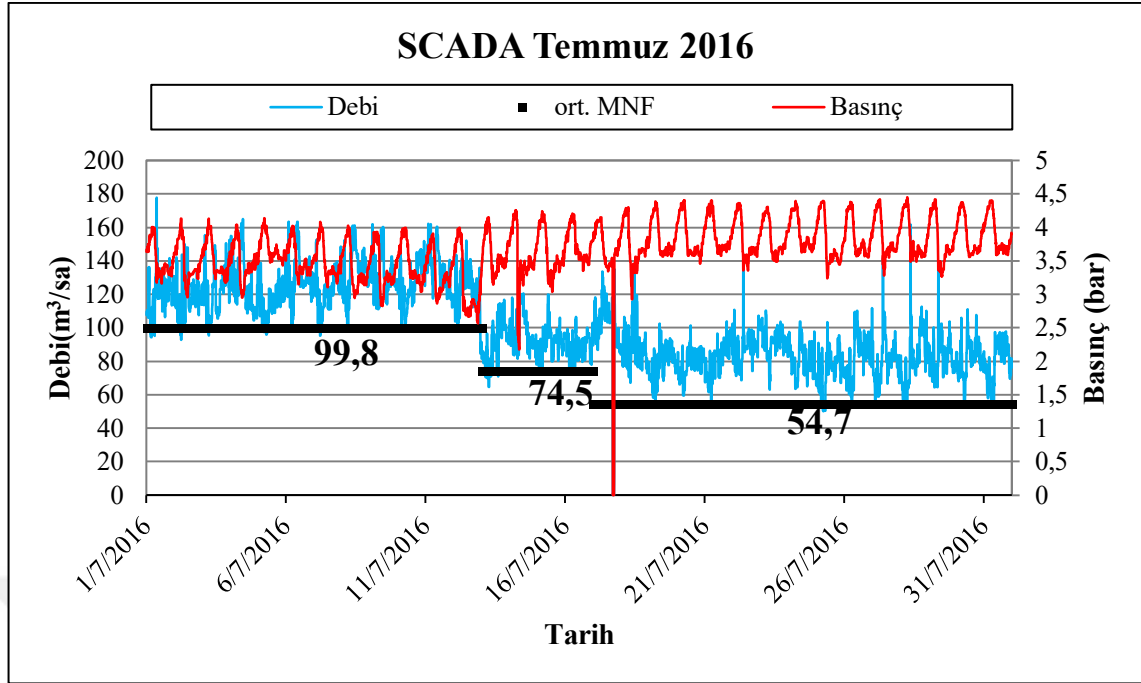
Şekil 8.12. Kaleiçi SCADA Nisan 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



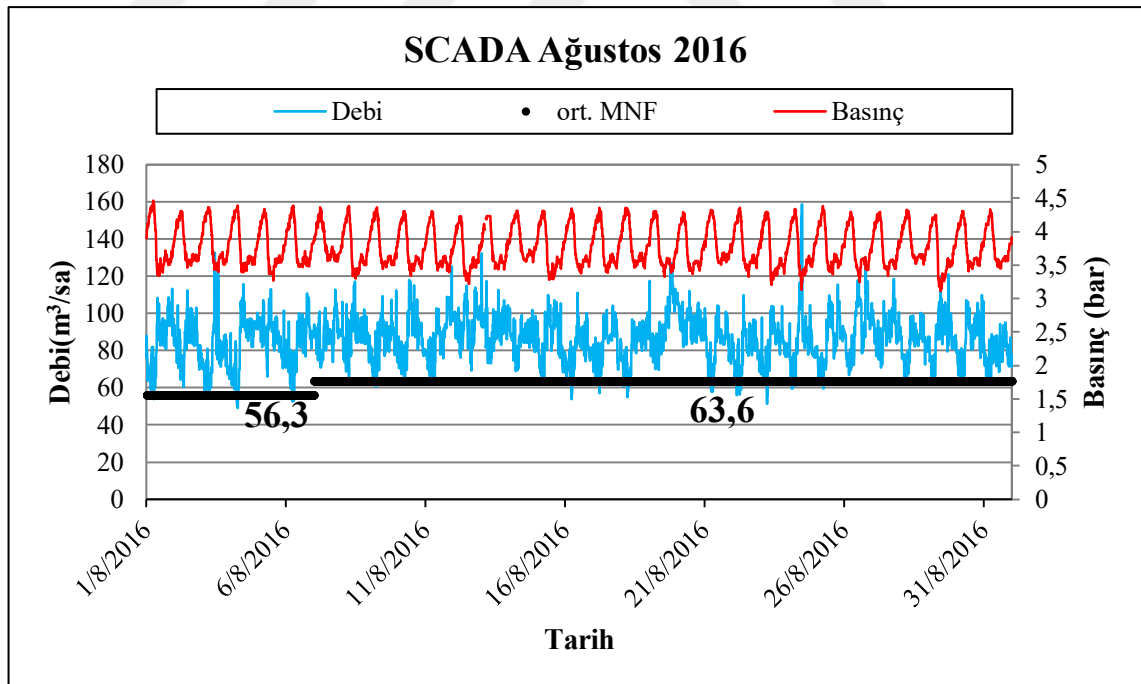
Şekil 8.13. Kaleiçi SCADA Mayıs 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



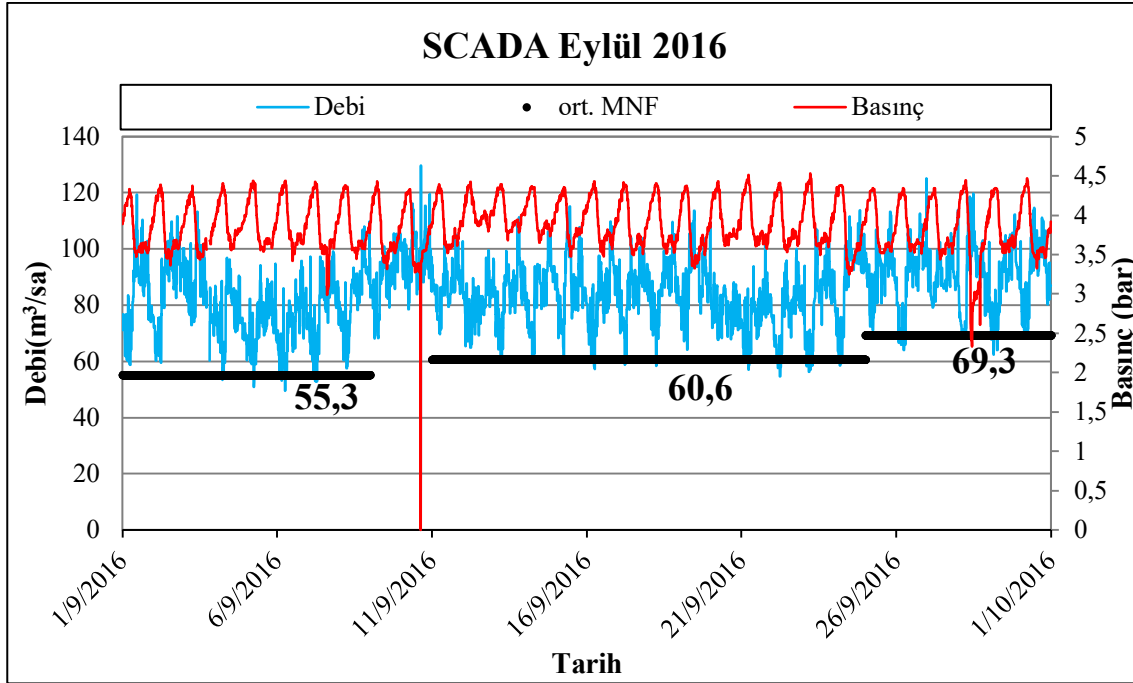
Şekil 8.14. Kaleiçi SCADA Haziran 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



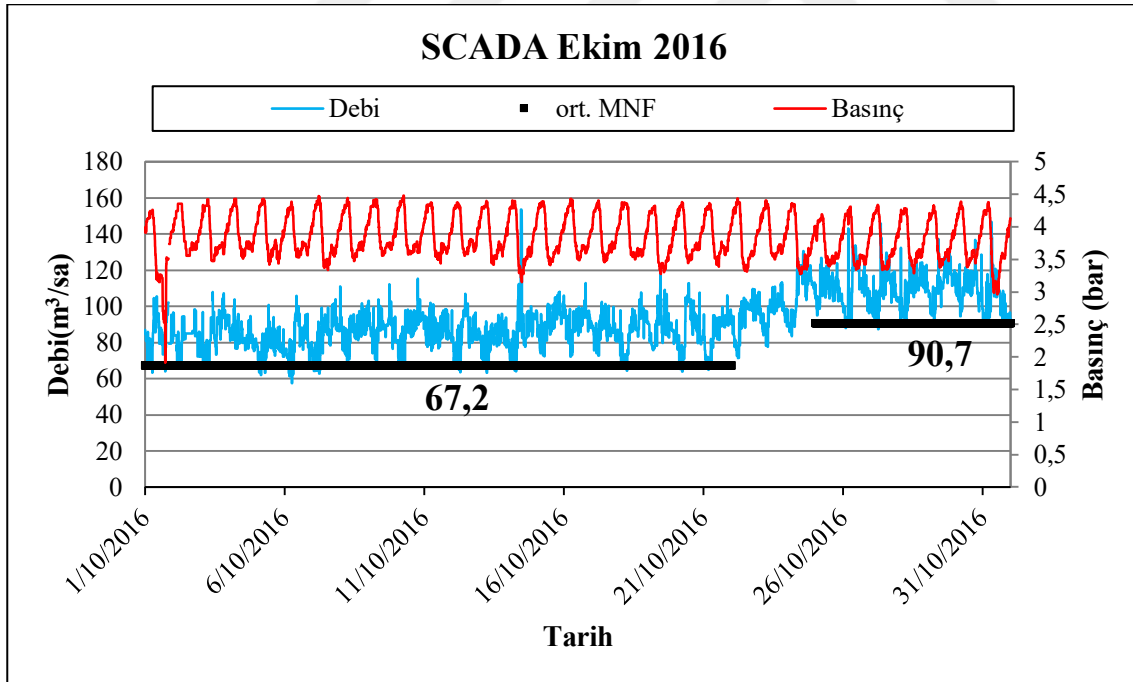
Şekil 8.15. Kaleiçi SCADA Temmuz 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



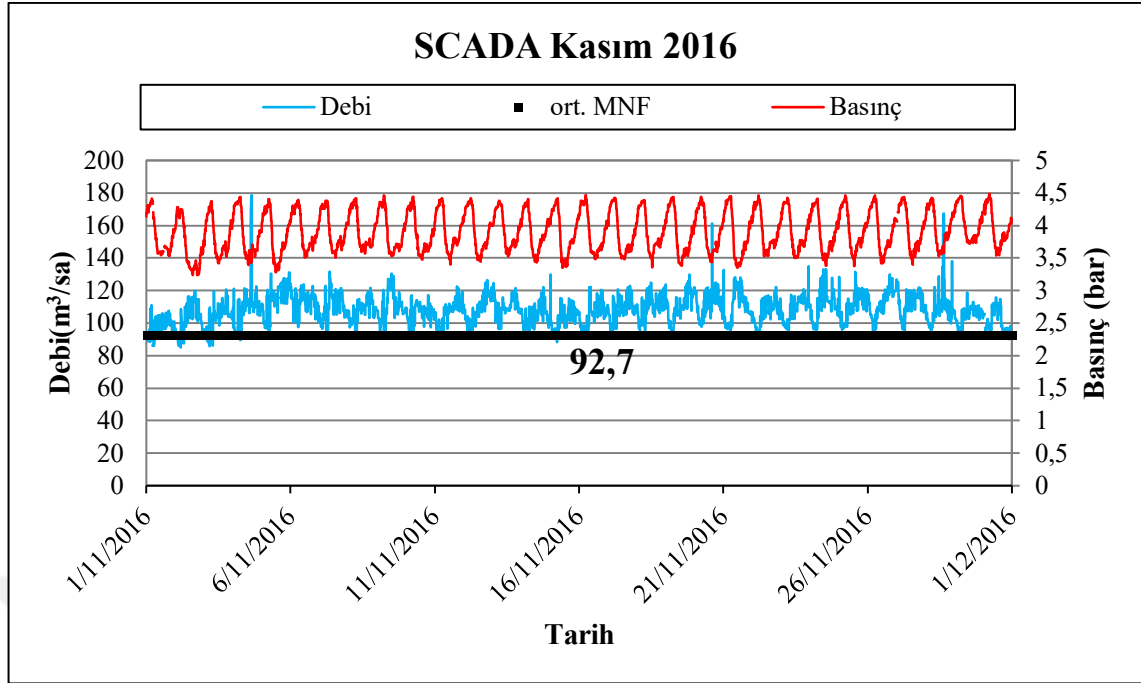
Şekil 8.16. Kaleiçi SCADA Ağustos 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



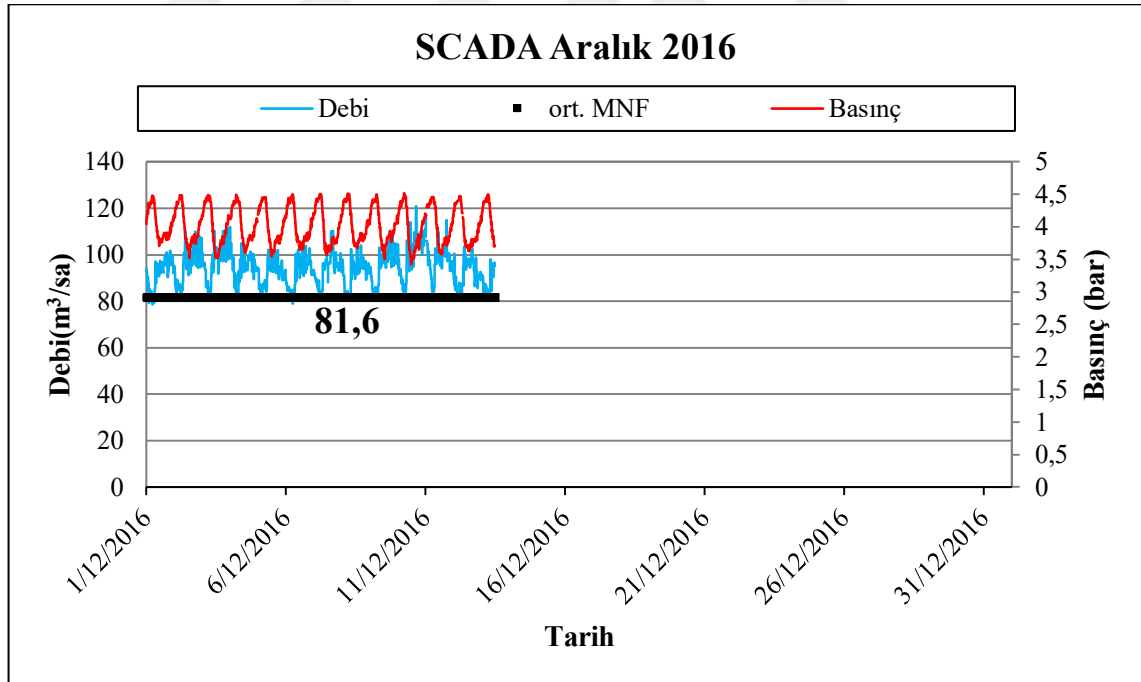
Şekil 8.17. Kaleiçi SCADA Eylül 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



Şekil 8.18. Kaleiçi SCADA Ekim 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



Şekil 8.19. Kaleiçi SCADA Kasım 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi



Şekil 8.20. Kaleiçi SCADA Aralık 2016 debi, basınç ve ortalama minimum gece debisi

EK – 3 Çalışma Bölgesi Aylık Su Dengesi Tabloları

Tezin daha önceki bölümlerinde su dengesi tablosu yıllık miktar üzerinden verilmiştir. 21 Nisan 2015’den 21 Haziran 2016’ya kadar olan aylık su dengesi tabloları Çizelge 8.2’den 8.16’ya kadar sıralanmıştır.

Çizelge 8.2. Kaleiçi 2015 yılı Nisan ayı su dengesi (21.03.2015 - 21.04.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 59460 m ³ % 100	İzinli Tüketim 49238 m ³ % 82,8	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 23818 m ³ % 40,1	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 23818 m ³ % 40,1	Gelir Getiren Su Miktarı 23818 m ³ % 40,1
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 25420 m ³ % 42,8	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 25328 m ³ % 42,6	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 35641 m ³ % 59,9
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 92 m ³ % 0,2	
	Su Kayıpları 10222 m ³ % 17,2	Ticari Kayıplar 4211 m ³ % 7,1	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,5	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 3932 m ³ % 6,6	
		Fiziki Kayıplar 6011 m ³ % 10,1	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 6011 m ³ % 10,1	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.3. Kaleiçi 2015 yılı Mayıs ayı su dengesi (21.04.2015 - 21.05.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 70855 m ³ % 100	İzinli Tüketim 60509 m ³ % 85,4	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 27162 m ³ % 38,3	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 27162 m ³ % 38,3	Gelir Getiren Su Miktarı 27162 m ³ % 38,3
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 33347 m ³ % 47,1	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 33137 m ³ % 46,8	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 43693 m ³ % 61,7
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 210 m ³ % 0,3	
	Su Kayıpları 10346 m ³ % 14,6	Ticari Kayıplar 5094 m ³ % 7,2	İzinsiz Tüketim 270 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 4824 m ³ % 6,8	
		Fiziki Kayıplar 5252 m ³ % 7,4	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 5252 m ³ % 7,4	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.4. Kaleiçi 2015 yılı Haziran ayı su dengesi (21.05.2015 - 21.06.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 75558 m ³ % 100	İzinli Tüketim 61513 m ³ % 81,4	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 33193 m ³ % 43,9	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 33193 m ³ % 43,9	Gelir Getiren Su Miktarı 33193 m ³ % 43,9
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 28320 m ³ % 37,5	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 28105 m ³ % 37,2	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 42365 m ³ % 56,1
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 215 m ³ % 0,3	
	Su Kayıpları 14045 m ³ % 18,6	Ticari Kayıplar 5183 m ³ % 6,9	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 4904 m ³ % 6,5	
		Fiziki Kayıplar 8862 m ³ % 11,7	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 8862 m ³ % 11,7	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.5. Kaleiçi 2015 yılı Temmuz ayı su dengesi (21.06.2015 - 21.07.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 71967 m ³ % 100	İzinli Tüketim 56581 m ³ % 78,6	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 30501 m ³ % 42,4	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 30501 m ³ % 42,4	Gelir Getiren Su Miktarı 30501 m ³ % 42,4
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
	Su Kayıpları 15386 m ³ % 21,4	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 26080 m ³ % 36,2	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 25870 m ³ % 35,9	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 41465 m ³ % 57,6
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 210 m ³ % 0,3	
		Ticari Kayıplar 4780 m ³ % 6,6	İzinsiz Tüketim 270 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 4510 m ³ % 6,3	
		Fiziki Kayıplar 10606 m ³ % 14,7	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 10606 m ³ % 14,7	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.6. Kaleiçi 2015 yılı Ağustos ayı su dengesi (21.07.2015 - 21.08.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 82517 m ³ % 100	İzinli Tüketim 67045 m ³ % 81,2	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 33372 m ³ % 40,4	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 33372 m ³ % 40,4	Gelir Getiren Su Miktarı 33372 m ³ % 40,4
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 33673 m ³ % 40,8	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 33458 m ³ % 40,5	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 49145 m ³ % 59,6
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 215 m ³ % 0,3	
	Su Kayıpları 15472 m ³ % 18,8	Ticari Kayıplar 5625 m ³ % 6,8	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,3	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 5346 m ³ % 6,5	
		Fiziki Kayıplar 9847 m ³ % 11,9	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 9847 m ³ % 11,9	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.7. Kaleiçi 2015 yılı Eylül ayı su dengesi (21.08.2015 - 21.09.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 81855 m ³ % 100	İzinli Tüketim 58890 m ³ % 71,9	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 32093 m ³ % 39,2	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 32093 m ³ % 39,2	Gelir Getiren Su Miktarı 32093 m ³ % 39,2
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
	Su Kayıpları 22965 m ³ % 28,1	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 26797 m ³ % 32,7	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 26582 m ³ % 32,5	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 49762 m ³ % 60,8
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 215 m ³ % 0,3	
		Ticari Kayıplar 4973 m ³ % 6,1	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,3	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 4694 m ³ % 5,7	
		Fiziki Kayıplar 17992 m ³ % 22	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 17992 m ³ % 22	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.8. Kaleiçi 2015 yılı Ekim ayı su dengesi (21.09.2015 - 21.10.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 72454 m ³ % 100	İzinli Tüketim 64402 m ³ % 88,9	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 26589 m ³ % 36,7	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 26589 m ³ % 36,7	Gelir Getiren Su Miktarı 26589 m ³ % 36,7
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
	Su Kayıpları 8052 m ³ % 11,1	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 37813 m ³ % 52,2	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 37603 m ³ % 51,9	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 45865 m ³ % 63,3
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 210 m ³ % 0,3	
		Ticari Kayıplar 5405 m ³ % 7,5	İzinsiz Tüketim 270 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 5135 m ³ % 7,1	
		Fiziki Kayıplar 2647 m ³ % 3,7	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 2647 m ³ % 3,7	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.9. Kaleiçi 2015 yılı Kasım ayı su dengesi (21.10.2015 - 21.11.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 67440 m ³ % 100	İzinli Tüketim 51168 m ³ % 75,9	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 23504 m ³ % 34,9	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 23504 m ³ % 34,9	Gelir Getiren Su Miktarı 23504 m ³ % 34,9
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
	Su Kayıpları 16272 m ³ % 24,1	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 27664 m ³ % 41	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 27572 m ³ % 40,9	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 43936 m ³ % 75,9
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 92 m ³ % 0,1	
		Ticari Kayıplar 4365 m ³ % 6,5	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 4086 m ³ % 6,1	
		Fiziki Kayıplar 11907 m ³ % 17,7	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 11907 m ³ % 17,7	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.10. Kaleiçi 2015 yılı Aralık ayı su dengesi (21.11.2015 - 21.12.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 57599 m ³ % 100	İzinli Tüketim 43076 m ³ % 74,8	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 16628 m ³ % 28,9	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 16628 m ³ % 28,9	Gelir Getiren Su Miktarı 16628 m ³ % 28,9
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 26448 m ³ % 45,9	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 26358 m ³ % 45,8	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 40971 m ³ % 71,1
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 90 m ³ % 0,2	
	Su Kayıpları 14523 m ³ % 25,2	Ticari Kayıplar 3709 m ³ % 6,4	İzinsiz Tüketim 270 m ³ % 0,5	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 3439 m ³ % 6	
		Fiziki Kayıplar 10814 m ³ % 18,8	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 10814 m ³ % 18,8	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.11. Kaleiçi 2016 yılı Ocak ayı su dengesi (21.12.2015 - 21.01.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 57113 m ³ % 100	İzinli Tüketim 41331 m ³ % 72,4	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 16081 m ³ % 28,2	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 16081 m ³ % 28,2	Gelir Getiren Su Miktarı 16081 m ³ % 28,2
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
	Su Kayıpları 15782 m ³ % 27,6	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 25251 m ³ % 44,2	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 25159 m ³ % 44,1	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 41033 m ³ % 71,8
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 92 m ³ % 0,2	
		Ticari Kayıplar 3578 m ³ % 6,3	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,5	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 3299 m ³ % 5,8	
		Fiziki Kayıplar 12204 m ³ % 21,4	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 12204 m ³ % 21,4	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.12. Kaleiçi 2016 yılı Şubat ayı su dengesi (21.01.2015 - 21.02.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 70723 m ³ % 100	İzinli Tüketim 46639 m ³ % 65,9	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 15806 m ³ % 22,3	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 15806 m ³ % 22,3	Gelir Getiren Su Miktarı 15806 m ³ % 22,3
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 30834 m ³ % 43,6	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 30742 m ³ % 43,5	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 54918 m ³ % 77,7
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 92 m ³ % 0,1	
	Su Kayıpları 24084 m ³ % 34,1	Ticari Kayıplar 4003 m ³ % 5,7	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 3724 m ³ % 5,3	
		Fiziki Kayıplar 20081 m ³ % 28,4	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 20081 m ³ % 28,4	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.13. Kaleiçi 2016 yılı Mart ayı su dengesi (21.02.2015 - 21.03.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 61067 m ³ % 100	İzinli Tüketim 51258 m ³ % 83,9	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 19998 m ³ % 32,7	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 19998 m ³ % 32,7	Gelir Getiren Su Miktarı 19998 m ³ % 32,7
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 31260 m ³ % 51,2	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 31172 m ³ % 51	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 41069 m ³ % 67,3
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 88 m ³ % 0,1	
	Su Kayıpları 9810 m ³ % 16,1	Ticari Kayıplar 4355 m ³ % 7,1	İzinsiz Tüketim 261 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 4094 m ³ % 6,7	
		Fiziki Kayıplar 5455 m ³ % 8,9	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 5455 m ³ % 8,9	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.14. Kaleiçi 2016 yılı Nisan ayı su dengesi (21.03.2015 - 21.04.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 68870 m ³ % 100	İzinli Tüketim 47601 m ³ % 69,1	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 19046 m ³ % 27,7	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 19046 m ³ % 27,7	Gelir Getiren Su Miktarı 19046 m ³ % 27,7
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
	Su Kayıpları 21269 m ³ % 30,9	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 28556 m ³ % 41,5	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 28341 m ³ % 41,2	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 49825 m ³ % 72,3
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 215 m ³ % 0,3	
		Ticari Kayıplar 4070 m ³ % 5,9	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 3791 m ³ % 5,5	
		Fiziki Kayıplar 17199 m ³ % 25	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 17199 m ³ % 25	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.15. Kaleiçi 2016 yılı Mayıs ayı su dengesi (21.04.2015 - 21.05.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 72124 m ³ % 100	İzinli Tüketim 51316 m ³ % 71,2	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 23337 m ³ % 32,4	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 23337 m ³ % 32,4	Gelir Getiren Su Miktarı 23337 m ³ % 32,4
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
	Su Kayıpları 20808 m ³ % 28,8	Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 27979 m ³ % 38,8	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 27769 m ³ % 38,5	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 48787 m ³ % 67,6
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 210 m ³ % 0,3	
		Ticari Kayıplar 4359 m ³ % 6	İzinsiz Tüketim 270 m ³ % 0,4	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 4089 m ³ % 5,7	
		Fiziki Kayıplar 16449 m ³ % 22,8	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 16449 m ³ % 22,8	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

Çizelge 8.16. Kaleiçi 2016 yılı Haziran ayı su dengesi (21.05.2015 - 21.06.2015)

Sisteme Giren Su Miktarı 81165 m ³ % 100	İzinli Tüketim 58218 m ³ % 71,7	Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 24658 m ³ % 30,4	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 24658 m ³ % 30,4	Gelir Getiren Su Miktarı 24658 m ³ % 30,4
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım 0 m ³ % 0	
		Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 33560 m ³ % 41,3	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 33345 m ³ % 41,1	Gelir Getirmeyen Su Miktarı 56507 m ³ % 69,6
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım 215 m ³ % 0,3	
	Su Kayıpları 22947 m ³ % 28,3	Ticari Kayıplar 4919 m ³ % 6,1	İzinsiz Tüketim 279 m ³ % 0,3	
			Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 4640 m ³ % 5,7	
		Fiziki Kayıplar 18028 m ³ % 22,2	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 18028 m ³ % 22,2	
			Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 0 m ³ % 0	

ÖZGEÇMİŞ



Oğuzhan GÜLAYDIN, 1989 yılında Antalya’da doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Antalya’da tamamladı. 2007 yılında girdiği Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünden 2013 yılında Çevre Mühendisliği lisans öğrenimini tamamlayarak mezun oldu. 2014 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.

