



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İÇME SUYU ŞEBEKELRİNDE OLUŞAN SU
KAYIPLARININ BELİRLENMESİ VE KONTROLÜ:
İSTANBUL İLİ ÖRNEĞİ**

Nuri CAN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Nilgün BALKAYA

Haziran 2014

İSTANBUL

Bu çalışma 19/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

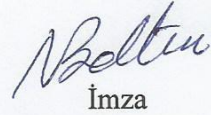
Tez Jürisi:



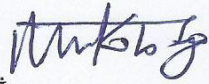
Prof.Dr. Nilgün BALKAYA(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



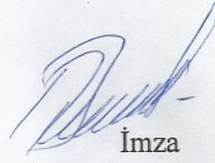
Prof.Dr. Hüseyin SELÇUK
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç.Dr. Nihal BEKTAŞ
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Mühendislik Fakültesi



Doç.Dr. Mehmet KOBYA
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Mühendislik Fakültesi



Yrd.Doç.Dr. Ayla BİLGİN
Artvin Çoruh Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmam boyunca öncelikle yoğun mesaisine rağmen her türlü destek ve katkılarından dolayı değerli danışman hocam Prof.Dr. Nilgün BALKAYA'ya içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın uygulama aşamasında kurumsal desteğini esirgemeyen İSKİ Su İsale ve Dağıtım Daire Başkanı Sencer TUNALI'ya, Abone İşleri Avrupa 2. Bölge Daire Başkanı M.Oktay ARSLAN'a ve Su Dağıtım Kumanda Şube Müdürlüğü'nün değerli çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca desteğini benden esirgemeyen sevgili aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Haziran, 2014

Nuri CAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	ix
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. ÇALIŞMANIN ANLAM VE ÖNEMİ	1
1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI.....	3
2. GENEL KISIMLAR	5
2.1. SU KAYNAKLARI VE SINIFLANDIRILMASI	5
2.2. SU İLETİMİ VE İSALE HATLARI	7
2.3. İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİ	9
2.4. İÇMESUYU ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN BORU ÇEŞİTLERİ	11
2.4.1. Font Borular	11
2.4.2. Çelik Borular.....	12
2.4.3. Asbestli Çimento Borular.....	12
2.5. İSTANBUL İLİ SU TEMİNİ	13
2.5.1. Hamsu İletim Sistemleri.....	16
2.5.2. Mevcut Su Arıtma Tesisleri	18
2.5.3. Mevcut İletim Sistemleri.....	19
2.5.3.1. Avrupa Yakası	21
2.5.3.2. Asya Yakası	22
2.6. KAYIP SUYUN TANIMI VE ÇEŞİTLERİ.....	25
2.6.1. Fiziksel Kayıplar	26
2.6.2. Fiziksel Olmayan Kayıplar(Ticari Kayıplar)	27
2.7. SU BİLANÇO YÖNETİMİ.....	27
2.7.1. Mevcut Su Dağıtım Sisteminin Değerlendirilmesi	28

2.8. ŞEBEKE HATLARINDA OLUŞAN SIZINTILAR.....	28
2.8.1. Sızıntının Nedenleri	28
2.8.2. Sızıntının Etkileri	31
2.9. SU DAĞITIMINA YARDIMCI SİSTEMLER.....	32
2.9.1. SCADA Sisteminin Kullanılması	32
2.9.2. İSKİ SCADA Sistemi ve Teknik Özellikleri	34
2.9.3. Coğrafi Bilgi Sistemi(GIS)	40
2.9.4. İSKİ'nin Altyapı Bilgi Sistemi ve Uygulamaları.....	41
2.10. SU KAYIPLARI KONUSUNDA ÜLKEMİZDEKİ ÇALIŞMALAR.....	44
2.11. DÜNYADAKİ SU KAYIPLARININ DURUMU	51
3. MALZEME VE YÖNTEM	54
3.1. FİZİKSEL SU KAYIPLARININ TESPİTİ YÖNTEMLERİ.....	54
3.2. SU KAYIPLARININ BİLEŞENLERİ	55
3.2.1. Toplam Su Kaybının Hesaplanması.....	58
3.2.2. Şebeke Hatlarında Meydana Gelen Sızıntının Hesaplanması.....	60
3.3. SAHAYA UYGUN OLABİLECEK KAÇAK TESPİT YÖNTEMLERİ.....	61
3.3.1. Bölgesel Sayaçları Ölçümleme Yöntemi	61
3.3.2. Su Kaçağı Ölçüm Yöntemi	62
3.3.3. Basınç Kontrolü Yöntemi	62
3.3.4. Düzenli Dinleme Yöntemi	63
3.3.5. Dinleme Cihazları	64
3.4. KAÇAK SU MİKTARI BULMA YÖNTEMLERİ	69
3.4.1. Toplam Miktar Yöntemi	69
3.4.2. Toplam Gece Akımları Yöntemi.....	70
3.4.3. "Bypass" tan Ölçüm Yapılması.....	71
3.4.4. Boru Hattının Her İki Ucuna Sayaç Takılması	71
3.4.5. Basınç Ölçümleri.....	71
3.5. SCADA İLE TEMİZ SU VE KAÇAKLARIN TAKİBİ.....	72
4. BULGULAR	80
4.1. İSTANBULDAKİ SU KAÇAKLARININ DURUMU	80
4.2. BAKIRKÖY İLÇESİ SU TEMİNİ VE KAYIP-KAÇAK TESPİTİ	82
4.2.1. Şebekeden Beslenen Faturalandırılmayan Su Miktarı	84
4.2.2. İlegal Bağlantılarla Sözleşmesiz Kullanılan Kaçak Su Miktarı.....	84
4.2.3. Su Sayaçlarına Bağlı Hatalı Ölçümlerden Kaynaklanan Su Miktarı	85

4.2.4. Şebeke Arızalardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	85
4.2.5. Su Kalitesini Koruma Amaçlı Deşarjlardan Kaynaklanan Su Miktarı	86
4.3. ŞEBEKEYE VERİLEN VE TÜKETİLEN SU MİKTARLARI	86
4.3.1. Bakırköy İlçesine Verilen Su Miktarları	86
4.3.2. Şebeke Tarafından Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları	89
4.3.3. Şebekeye Verilen Su İle Kullanılan Suyun Kıyaslanması	92
4.3.4. Şebekeye Verilen Su İle Tahakkuk Ettirilen Suyun Kıyaslanması	92
4.4. TAHAKKUK ETMEYİP TÜKETİMİ BELLİ OLAN SU MİKTARI	93
4.4.1. Şebekeden Beslenen İbadethanelerde Kullanılan Su Miktarı	93
4.4.2. Bedelsiz Olarak İSKİ Tarafından Kullanılan Su Miktarı.....	94
4.4.3. Şebekeden Beslenen Sokak Çeşmelerinde Kullanılan Su Miktarı.....	95
4.4.4. Şebekeden Beslenen Mezarlıklarda Kullanılan Su Miktarı	95
4.4.5. Belediyelere Bağlı İtfaiyelerde Kullanılan Su Miktarı	96
4.4.6. İlegal Bağlantılarla Sözleşmesiz Kullanılan Kaçak Su Miktarı.....	97
4.4.7. Su Sayaçlarına Bağlı Hatalı Ölçümlerden Kaynaklanan Su Miktarı	98
4.4.8. Şebeke Arızalarından Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	101
4.4.9. Şebekedeki Su Kalitesini Koruma Amaçlı Yapılan Deşarjlar	103
4.5. SU KAYBININ ANALİZİ VE ÖNLEME POLİTİKASI	104
4.5.1. Kayıp Suyun Maliyeti	104
4.5.2. Su Kayıplarının Sebepleri	107
4.5.3. Su Kayıplarını Önlemek İçin Gerekli Tedbirler	108
4.5.3.1. Fiziksel Su Kayıplarını Önlemek İçin Gerekli Tedbirler	110
4.5.3.2. Fiziksel Olmayan Su Kayıplarını Önlemek İçin Gerekli Tedbirler.....	115
4.5.4. Su İhtiyacı Tahminlerinde Talep Kontrolü	116
4.5.4.1. Talep Yöntemi Önlemleri	117
4.5.5. Su Kayıp Kontrolünün Su İdarelerine Kazandırdıkları.....	119
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	120
KAYNAKLAR	122
EKLER.....	125
EK 1. BAKIRKÖY İLÇESİ YERLEŞİM PLANI.....	126
EK 2. BAKIRKÖY İLÇESİ SU İLETİM HATLARI	127
ÖZGEÇMİŞ.....	128

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Su Döngüsü	5
Şekil 2.2: Su Kaynaklarının Şematik Gösterimi.....	7
Şekil 2.3: Cazibeli İsale Hattı	8
Şekil 2.4: Terfili İsale Hattı Şematik Gösterimi	9
Şekil 2.5: a) Dal Şebeke Sistemi b) Ana Besleme Borusundan Su Alan Ağ Şebeke Sistemi c) Besleme Halkası Teşkil Edilmiş Ağ Şebeke Sistemi	11
Şekil 2.6: Hamsu Arıtma Tesislerinin Su Verdikleri Alan	19
Şekil 2.7: İstanbul İli Ana İsale Hatları	20
Şekil 2.8: İstanbul İli Su Kaynakları.....	24
Şekil 2.9: SCADA Haberleşme Yöntemleri	34
Şekil 2.10: İSKİ SCADA Merkezinin Dış İstasyonlarla Haberleşme Cihazı.....	34
Şekil 2.11: İstanbul İli Anlık Su Tüketim Takip Ekranı.....	36
Şekil 2.12: SCADA Sisteminde İzlenen ve Yönetilen Bilgiler	37
Şekil 2.13: İSKİ SCADA Uydu Uygulaması	38
Şekil 2.14: SCADA Uydu Haberleşme Sisteminin Kapsama Alanı.....	38
Şekil 2.15: SCADA Sisteminde Kullanılan Ekipmanlar	40
Şekil 2.16: İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi Uygulamaları	42
Şekil 2.17: İSKABİS Su Kayıp-Kaçak Uygulaması	43
Şekil 2.18: İSKABİS Bölgesel Su Kayıp-Kaçak Takibi Uygulaması	43
Şekil 2.19: Büyükşehir Belediyelerinin Şebeke Sistemindeki Su Kaybı	48
Şekil 2.20: Büyükşehir Belediyelerinin Şebeke Sistemindeki Su Kaybı	49
Şekil 2.21: 100-500 Bin Nüfuslu İllerdeki Şebeke Sisteminde Kayıp-Kaçak Oranı.....	50

Şekil 2.22: Nüfusu 100 Binden Küçük Şebeke Sistemindeki Kaçak Kayıp Oranı	50
Şekil 2.23: Avrupa Ülkelerindeki Ortalama Su Kayıpları.....	52
Şekil 2.24: Asya'daki Bazı Şehirlerin Su Kaybı Yüzdeleri.....	53
Şekil 3.1: Su Kaçağı Miktarı ile Hattaki Su Basıncı Arasındaki İlişki.....	63
Şekil 3.2: Dinleme Çubuğu ve Zemin Mikrofonu Elemanları	65
Şekil 3.3: Kaçak Tespitinde Dinleme Çubuğu Uygulanması	67
Şekil 3.4: Kaçağı Gösteren Yer, Grafiğin Zirve Noktası.....	67
Şekil 3.5: Büyükçekmece Arıtma Tesisi SCADA Ekranı ile Su Takibi	73
Şekil 3.6: SCADA İle Alternatifli Besleme.....	74
Şekil 3.7: Debi, Basınç Kıyası ile Arıza Takip.....	75
Şekil 3.8: SCADA Erken Uyarı, Alarm Uygulaması	76
Şekil 3.9: Basınç-Debi Değişim Mukayesesi ile Su Kaçağı Tayini	77
Şekil 3.10: Ana İsale Hattındaki Kayıp-Kaçak Su Takibi	78
Şekil 3.11: Aylık Boğaz Giriş-Çıkış Takip Uygulaması	79
Şekil 4.1: Bakırköy İlçesi Su İletim Branşmanları	83
Şekil 4.2: İllegal Bağlantılar	84
Şekil 4.3: İletim Hatları Arızaları	86
Şekil 4.4: Şebeke Arıza Giderimleri.....	101
Şekil 4.5: Kaçak Yönetimi Planı	110

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: Su Bütçesi	6
Tablo 2.2: Su Hattı Uzunlukları(km)	14
Tablo 2.3: İstanbul İli Şebeke Hattı Bilgileri	15
Tablo 2.4: İstanbul'un Mevcut Su Kaynakları	16
Tablo 2.5: İstanbul İli Arıtma Tesisleri ve Kapasiteleri.....	19
Tablo 2.6: Arıtma Tesislerini Besleyen Su Kaynakları ve Beslediği İlçeler	21
Tablo 3.1: IWA/AWWA Yöntemine Göre Su Bütçesinin Bileşeni.....	56
Tablo 3.2: IWA/AWWA Yöntemine Göre Su Bütçesi(m ³ /yıl).....	57
Tablo 3.3: Gelir Getirmeyen Su ve Su Kayıpları için Performans Göstergeleri.....	60
Tablo 4.1: İstanbul'un Aylara Göre Su Kayıp Durumu	81
Tablo 4.2: Debimetreler ve Beslediği Bölgeler.....	87
Tablo 4.3: Şebekeye(Aboneye) Verilen-Ölçülen Aylık Su Miktarı.....	88
Tablo 4.4: Pilot Bölgedeki Nüfus ve Abone Bilgileri	89
Tablo 4.5: Bakırköy Bölgesi Aylık Tahakkuk Ettirilen Su Miktarı.....	91
Tablo 4.6: Verilen Su Miktarı ile Tahakkuk Ettirilen Su Miktarının Kıyaslanması	92
Tablo 4.7: İbadethanelerin Yıllık Su Tüketimi	94
Tablo 4.8: Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisleri Tarafından Kullanılan Bedelsiz Su	94
Tablo 4.9: Sokak Çeşmelerinin Yıllık Su Tüketimi.....	95
Tablo 4.10: Mezarlıklarda Kullanılan Yıllık Su Tüketimi.....	96
Tablo 4.11: Yangın Hidrantları ve İtfaiyelerin Kullandığı Yıllık Su Miktarı.....	96
Tablo 4.12: İllegal Bağlantılardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarları	97
Tablo 4.13: Sayaç Ölçüm Testlerinin Sonuçları	99

Tablo 4.14: Sayaç Yaş Gruplarına Göre Eksik Su Ölçüm Miktarları	100
Tablo 4.15: İçme Suyu Şebeke İmalat ve Onarım Bilgileri	102
Tablo 4.16: Şebeke Arızalarının Miktarı.....	103
Tablo 4.17: Bedelsiz Su Kullanımından Kaynaklanan Su Miktarları	105
Tablo 4.18: Kayıtdışı Harcanan Su Oranları	106

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Lm	: İsale Hattı Uzunluğu(km)
Nc	: Şube Yolu Bağlantılarının Sayısı
Lp	: Şebeke Hattı İle Abone Sayacı Arasındaki Toplam Uzunluk(km)
P	: Ortalama Basınç(m)
L	: Su Kaçağının Bulunduğu Nokta
V	: Boru Üzerindeki Titreşimin Hızı
Td	: Su Kaçağının Mesafesine Göre Gecikme Zamanı
U	: Faturalanamayan Su Miktarı
M	: Toplam Faturalanan Miktarı
S	: Sisteme Verilen Toplam Su Miktarı
a	: Tüm Nüfus İçerisindeki Tek Bir Bireyin Ortalama Su Tüketimi
p	: Nüfus
u'	: Fiziksel Kaçağın Gece Akışı Olarak Değeri
s'	: Sisteme Verilen Tüm Akış Debilerinin Toplamı
m'	: Tüm Ticari Kullanıcıların Toplam Gece Tüketimleri
a '	: Bir Hane İçin Ortalama Eysel Gece Tüketimi
n'	: Toplam Hane Sayısı

Kısaltmalar	Açıklama
AWWA	: American Water Works Association
AWWS	: Al Alamiyah Water Works Services
CARL	: Current Annual Reel Losses
DSİ	: Devlet Su İşleri

EMIS	: Afet Yönetimi Bilgi Sistemi
MIS	: Yönetim Bilgi Sistemi
GIS	: Geographic Information System
ILI	: Infrastructure Leakage Index
IWA	: International Water Association
IWSA	: International Water Supply Association
İSKABİS	: İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
NRW	: Non-Revenue Water
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition
TRKE	: Teknik Reel Kayıp Endeksi
UARL	: Unavoidable Annual Real Losses
UFW	: Unaccounted for Water

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İÇME SUYU ŞEBEKELERİNDE OLUŞAN SU KAYIPLARININ BELİRLENMESİ VE KONTROLÜ: İSTANBUL İLİ ÖRNEĞİ

Nuri CAN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Nilgün BALKAYA

Dünya nüfusunun artışı, kentleşme ve sanayileşmenin hızla artması su tüketimini arttırmakta ve su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Su üreticileri artan su talebi ve azalan kaynaklar nedeniyle yeni kaynak arayışına girmişlerdir. Yeni su kaynaklarından su elde etmenin mali yükü su üreticilerini kayıp su oranını azaltmaya yönlendirmiştir.

Bu çalışmada, su dağıtım sistemlerindeki kayıplar ele alınmıştır. Önce, ülkemizin su kaynakları potansiyeli incelenmiş, daha sonra su kayıplarının bileşenleri verilmiştir. Su dağıtım sistemlerini kayıplar yönünden değerlendirmek için literatürde tanımlanmış olan su kaybı göstergelerinden bahsedilmiştir. Su kayıplarını tespit ve önleme yöntemleri anlatılmış, ülkemizde ve dünyada bu konuda yapılan çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Şebekedeki kayıp ve kaçakların tespiti için sayaçsız kullanım yerlerine belli sürelerde sayaçlar takılarak okumalar yapılmış, bu sonuçlar yıllık tüketime dönüştürülerek, tüketimin olduğu ancak ne kadar olduğu bilinmeyen kullanım yerlerindeki su miktarları belirlenmiştir. Sonuç olarak üretilen su miktarından tahakkuk ettirilen su miktarı ve miktarını tespit ettiğimiz yerlerdeki kullanılan su miktarı çıkarılarak şebekedeki bilinmeyen kaçaklardan ve illegal bağlantılardan kaynaklanan kayıp su miktarı tespit edilmiştir. Kayıp suyun en asgari seviyeye düşürülmesi için önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca SCADA ve GIS'in nasıl uygulanabileceği anlatılmıştır.

Bu alışmada, İstanbul kent merkezinde yer alan Bakırköy ilçesi pilot bölge çalışma alanı olarak seçilmiş ve çalışma alanında bulunan içme suyu şebekesindeki kayıp-kaçak oranları belirlenmiştir. Bakırköy bölgesinin seçilmesindeki amaç kayıp-kaçakla mücadelede birçok çalışmanın yapılmış olmasıdır. Bakırköy bölgesinde yapılan çalışmalar sonucu ne kadar başarılı olunduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucu Bakırköy bölgesi kayıp su oranı 20.13% bulunmuştur. Ancak gerçek kayıp yani fiziksel kayıp oranı yaklaşık 10% olarak tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda pilot bölgede yapılan çalışmaların İstanbul geneline yayılması halinde oranın daha aşağılara düşeceği düşünülmektedir.

Haziran 2014, 142 Sayfa.

Anahtar kelimeler: Fiziksel ve ticari kayıplar, kayıp su, debi, isale hattı, şebeke hattı, SCADA, GIS.

SUMMARY

M.SC THESIS

DETERMINATION AND CONTROL OF WATER LOSSES IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS: A CASE STUDY FOR İSTANBUL CITY

Nuri CAN

İstanbul University

Graduate School of Science and Engineering

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Nilgün BALKAYA

Due to raise in population, rapid growth of urbanization and industrialization water consumption increases and causes decrease in water resources. As a result of expanding water demand and diminishing existing water resources, water utilities has started to look for new resources. The financial burden of producing water from new water resources has obliged water utilities to find ways to decrease non revenue water.

This study focuses on non-revenue water problem. First, the water resources potential of Turkey is presented and then the components of non-revenue water are described. Performance indicators of non-revenue water and water losses are investigated. Some methods for determining and reducing the water losses are given. The existing studies for some municipalities in Turkey and the world about water losses are provided.

At some using points without any measuring device in the network, measuring devices installed for sometime and flows were measured from this measuruments anual usage at these palaces were calculated. The billed quantity of water and other amounts of water determined by calculation substructed from the produced amount of water the difference then, is considered as due to the water losses or illegal usage of water from the network.

Bakırköy district located at the city center of İstanbul have been selected as pilot area within the scope of this study and water loss-leakage ratios of the existent potable water network in this pilot work area have been determined. Studies on Bakırköy district has given succesful results. In this study the persentage of loss water in Bakırköy district

was found as 20.13. However the actual loss percentage. the physical loss percentage, was determined as about 10%.

If the study on pilot region was applied to whole Istanbul, this percentage is expected to decrease.

June 2014, 142 Pages.

Keywords: Real and apparent losses, water leakage, flow rate, water transmission, network, SCADA, GIS.

1. GİRİŞ

1.1. ÇALIŞMANIN ANLAM VE ÖNEMİ

Yerkürede yaklaşık 1.36 milyon km³ su bulunmaktadır. Yeryüzündeki suyun büyük bir kısmı kullanımı zor olan tuzlu su(%95.5) ve bir kısmı da buzullardır(%2.2). Dolayısıyla dünyadaki kullanılabilir tatlı su miktarı ancak %2.3 civarındadır. Bu tatlı suyun ise %99'u yeraltında %1'i ise göl ve rezervuarlar ile akarsulardadır.

Türkiye'de yıllık ortalama yağış 643 mm ve toplam su kapasitesi 501 milyar m³'tür. Bu suyun 274 milyar m³'ü buharlaşmayla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'ü yeraltına sızmakta ve 158 milyar m³'lük kısmı akışa geçmektedir. Yeraltı suyunun 28 milyar m³'ü pınarlar ile tekrar akışa katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden gelen 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt su potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır. Ancak günümüzün teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde bu potansiyelin 112 milyar m³'ü kullanılabilir durumdadır (AWWA, 2007). Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir su yıllık 1735 m³ olup, su potansiyelimiz de 3690 m³'dür. Kişi başına düşen kullanılabilir su varlığı bakımından dünya ile karşılaştırıldığında dünya ortalamasının altında kalmaktadır. Dolayısı ile “su zengini” olarak bilinen ama aslında “su fakiri” olmaya doğru giden Türkiye’de, ciddi maliyetlerle temin edilip arıtılarak insanların kullanımına sunulan içme suyu, kullanıcıların yeterince bilgilendirilmemesi ve/veya bilinçsiz tüketim anlayışı ile gittikçe azalmaktadır.

İçme suyu kaynaklarının önemi her geçen gün artarak devam etmektedir. Dünya’da ve ülkemizde son yıllarda küresel iklim değişikliğinin etkileri belirgin bir şekilde hissedilmektedir. Küresel ısınmanın etkisi ile yağış rejimindeki anormalliklerin su kaynaklarının su tutma kapasitelerini düşürdüğü, iklim değişikliği ile su kaynaklarının kapasiteleri azaldığı düşünülmektedir. Suyun az bulunan bir değer olarak önem kazandığı her yerde, suya olan ihtiyaç gün geçtikçe artmakta ve bu talebi karşılayabilmek için de büyük maliyetlerle, uzaklardan su getirilmesi(havzadan havzaya aktarımı) çalışmaları maliyetlerin artmasına dolayısıyla da suyun fiyatının artmasına yol açmaktadır.

Dünya nüfus artış hızının çok yüksek oluşu yıllar boyunca kullanılabilir su miktarının azalmasına neden olmaktadır. 2000’li yıllarda 6.2 milyar olan dünya nüfusunun 2025’te 8.5 milyar, 2050’de de 10.5 milyar olması beklenmektedir. Dolayısıyla, gittikçe artan nüfus nedeniyle tarımda, endüstride ve evsel su kullanımında bir miktar daha artış görülecektir. Su ihtiyacının artması ve mevcut su kaynaklarının yetersizliği su üreticilerini yeni kaynaklar bulmaya yöneltmiştir. Hızla çoğalan kentsel yerleşim birimlerinde sınırlı su kaynakları ile artan su ihtiyacının karşılanmasında içmesuyu şebekelerinde oluşan kayıplar, hem zayi olan su bakımından, hem de artan ihtiyacı karşılamak amacı ile yeni kaynaklara yönelme gereksiniminden dolayı ortaya çıkan yük ülke ekonomisi bakımından önemlidir.

İçme suyu şebekelerinde kayıp su, üretilen su ile faturalanan su arasındaki fark yani gelir getirmeyen su olarak tanımlanır. Kayıp suyun nedenleri fiziksel ve ticari kayıplar olarak ikiye ayrılır. Fiziksel kayıplar borulardaki kırılma ve sızıntılardan kaynaklanmaktadır. Ticari kayıplar kaçak kullanım, sayaç hassasiyeti ve fatura kayıtlarındaki hatalardan kaynaklanmaktadır. Su dağıtım boruları genel olarak toprağın altında gömülü olduğundan çatlaklardaki su sızıntıları gözle kolayca görülememekte ve dolayısıyla su sızıntıların tespit edilmesi de çok zor olmaktadır.

Su kayıpları ile ilgili yapılan çalışmalar 1930’lu yıllarda başlamıştır. Ancak birim su maliyetinin önemli değerlere ulaşmasından sonra yani, 1970’li yıllardan sonra bu konu daha fazla önem kazanmıştır. Günümüzde tatlı su kaynakları gerek evsel, gerekse endüstriyel atıksularla kirletilirken, diğer taraftan büyük maliyetlerle temin edilen ve arıtılan içme suları kullanıcıya ulaşmaya kadar kayıplara uğramaktadır.

Su kaçağı genellikle isale hatlarından, su toplama depolarından ve depo-abone sayacı arasındaki her çaptaki boru şebekesinden meydana gelmektedir. Su kayıpları ve şebekedeki sızıntıların bugünkü teknoloji ile tamamen önlenmesi imkânsızdır. Bir şehirde yaklaşık %10 oranında su kaybı normal sayılabilmektedir. Çeşitli tarihlerde yapılan araştırma sonuçlarına göre; ABD’nin Boston şehrinde %33, İngiltere’de ülke genelinde %24, Hindistan’da ülke genelinde %51, Tayland’ın başkenti Bangkok’ ta %49, Almanya’nın Münih şehrinde %12 oranında su kaçakları bulunmuştur. Türkiye’de ülke genelinde %45 oranında su kaçağı olduğu tahmin edilmektedir. Son yıllarda suyun birim maliyetinin yüksek olması, su rezervlerinin azalması ve bazı Büyükşehirlerde su

sıkıntısının baş göstermesinden dolayı, üretilen suyun maksimum seviyede kullanıcıya ulaştırılması hedeflenmektedir. Bu yüzden bazı firmalar bu tür çalışmalara katkıda bulunmuş, su sızıntılarını önleme ve tespitine yönelik bazı cihazlar üretmeye başlamışlardır (Şendil, 1999a).

Üretilen su ile nihai kullanıcıların tükettiği su arasındaki fark büyüdükçe üretim maliyeti ve bakım maliyeti artmaktadır. Dünya genelinde su sıkıntısı yaşanmaya başlayınca, su kaçakları kontrollerinin yapılması daha da önem kazanmıştır. Bu sebepten şebeke sistemlerinde kullanılan malzemeden, su işletim sistemlerine kadar yeni gelişmeler kaydedilmiştir. Hem rezervlerin korunması ve hem halkın ucuz ve kesintisiz su kullanabilmesi açısından bu çalışma İstanbul için önem arz etmektedir.

1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Bu çalışmanın amacı, İstanbul ili içmesuyu şebekesini temsil edebilecek pilot bölge seçerek bu bölgedeki faturalanamayan su kayıplarına neden olabilecek unsurların istatistiksel olarak değerlendirilmesi ve bu kayıpların kontrolüne yönelik önerilerde bulunulmasıdır. Ayrıca bu çalışmada pilot bölge olarak seçilen Bakırköy bölgesinin en az kayıp kaçak oranına sahip bölgelerden olmasında etken olan durumların irdelenmesi amaçlanmıştır.

İstanbul'un su ihtiyacının tamamına yakını yüzeysel su kaynaklarından karşılanmaktadır. Su kaynakları Batı'da Kırklareli'ye Doğu'da ise Düzce'ye kadar uzanmaktadır. İstanbul'un Asya ve Avrupa yakasında yıllık verimleri toplamı 1.353 milyon metreküp olan 14 ayrı kaynaktan, çoğu yenilenen ve geliştirilen isale hatları ile şehirdeki yaşayanların su ihtiyacı karşılanmaktadır. Su kaynaklarının %60'ı Asya yakasında, %40'ı Avrupa yakasında bulunmaktadır. Nüfusun ise %35'i Asya, %65'i ise Avrupa yakasında yaşamaktadır. Su kaynaklarının çoğunlukta olduğu tarafla nüfusun çoğunlukta olduğu yerleşim yeri ters orantılı olduğu görülmektedir. Bu durumda suyun kullanıcıya iletimi için daha uzaklardan su getirilmesi çalışmaları maliyetlerin artmasına dolayısıyla da suyun fiyatının artmasına ve kayıp oranı riskinin artmasına yol açmaktadır.

İSKİ 2001-2011 yılları arasında 5.258 km, 1994-2001 yılları arasında 6.138 km içmesuyu şebeke borusu döşemiştir. 1974-1994 yılları arasında ise 20 yıllık periyotta

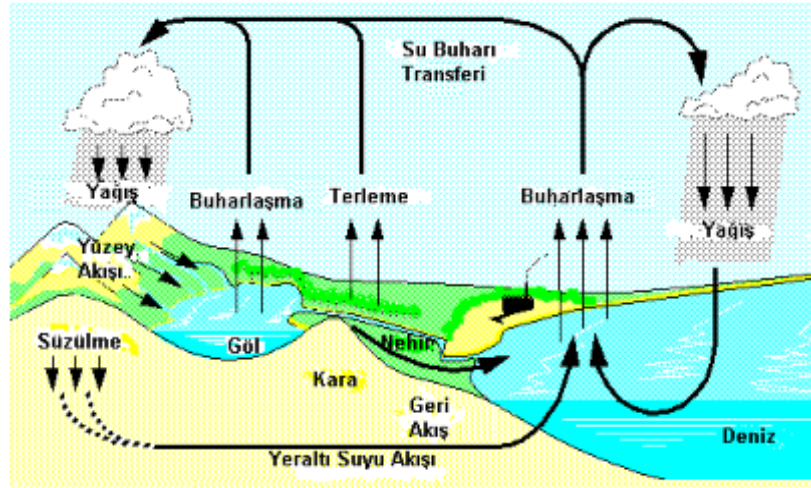
5.957 km boru döşenmiştir (İSKİ, 2011). Sürekli yenilenen ve yeni döşenen bu boru sistemi ile mevcut ihtiyacı karşılamak ve aksaklıkları gidermek bakımından önemli adımlar atılmıştır. Ancak sadece mevcut ihtiyacı karşılamak düşünüldüğünden, günümüzde İstanbul şehrinin su şebekesi ve bölgelerin beslenme yapıları, temelden düzenli ve kolay izlenebilir olmadığından özellikle eski yerleşim birimlerinde içinden çıkılmaz bir şekilde karmaşık yapıdadır. Bu da işletme zorluğu oluşturmakta ve ayrıca şebekedeki kaçakların tespit edilmesi, bunun için gerekli verilerin elde edilmesi ve anlamlı sonuçlara ulaşılması bakımından engel teşkil etmektedir.

Bu çalışma kapsamında, şebeke kayıpları yaklaşık %25 olan İstanbul şehrinin alt yapısı incelenmiş, su kayıplarının sebepleri hakkında bilgi edinilmeye çalışılmış ve edinilen bilgilerin bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla toplam su kaybı şebeke sistemine verilen su ile faturalandırılan su miktarı arasındaki farktan tespit edilmiştir. Bedelsiz kullanıcılar (ibadethane, park vb.) gibi izinli bedelsiz tüketim miktarı da faturalandırılmayan su miktarının içinde olduğu için kayıp su kapsamında değerlendirilmiştir. Ayrıca illegal bağlantılar ve sayaç okuma hata paylarının da kayıp suya etkisini hesaplanarak tespitlerde bulunulmuştur. Nihai kayıp-kaçak bu tespitler sonucu tam olarak hesaplanmıştır. İstanbul'un bölgelere ayrılıp incelenmesi, yeterli verilerin elde edilmesi yukarıda açıklanan durumlardan dolayı çok zor olacağından, İstanbul için yerleşim şekli, bina yapısı, şebeke modellemesi gibi kayıp-kaçakta örnek olabilecek bir pilot bölge seçilmiştir. Hesaplamalar sonucu bölgenin kayıp-kaçakla mücadeledeki başarı durumu nedir ve ne kadar etkili olmuştur gözlemlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda kayıp-kaçakla mücadele çalışmalarının çoğunun tamamlandığı bölge olarak düşünülen Bakırköy ilçesinin şebeke sistemi çalışmada pilot bölge olarak seçilmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. SU KAYNAKLARI VE SINIFLANDIRILMASI

Dünyada yaklaşık 1.36 milyon km³su bulunmaktadır. Bunun yaklaşık %97'si okyanuslarda, %3'ü de göller, nehirler ve yer altı su yataklarında bulunmaktadır. Yer küresinde bulunan suların en önemli kaynağı yağmur ve kar yağışlarıdır. Su temini açısından en değerli sular atmosferde oluşan yağışlar, yer üstü ve yer altında bulunan tatlı sulardır. Başlangıçta yeterli gelen kaynak suları ihtiyaçların günden güne artması sonucu yeterli gelmemeye başlamış ve toplumlar daha elverişsiz kaynaklara yönelmek zorunda kalmışlardır. Bugünkü durumda deniz suları dâhil olmak üzere bütün su kaynakları toplumların içme ve kullanma ihtiyacı için düşünülmektedir(Kuveyt, Suudi Arabistan ve Libya'da deniz suyundan tatlı su elde edilmektedir). Yeryüzünden temin edilebilecek suyun miktarı Tablo 2.1'de ve su bütçesi Şekil 2.1'de verilmiştir

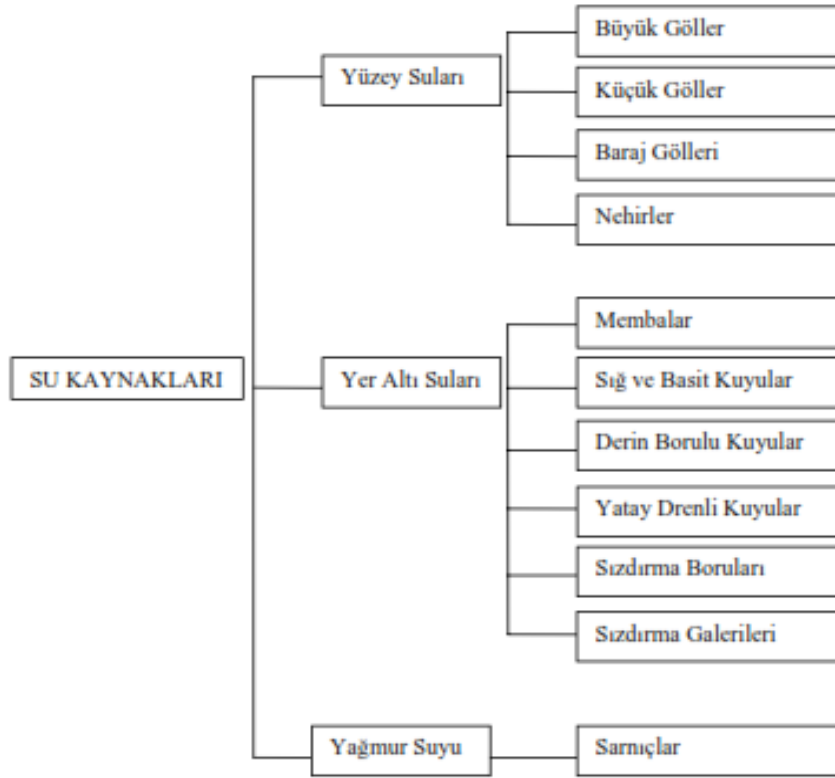


Şekil 2.1: Su Döngüsü.

Tablo 2.1: Su Bütçesi (Karpuzcu, 2005).

<i>Su Kaynağı</i>	<i>Hacim km³</i>	<i>Toplam Su %' si</i>
Tatlı su gölleri	125.000	0.009
Tatlı su gölleri ve içdenizler	104.000	0.008
Nehirler	1.250	0.0001
Zemin ve yer altı su tabakası üzerinde bulunan sular	67.000	0.005
Yer altı suyu (4000 m derinliğe kadar)	8.350.000	0.61
Buz ve buzullar	29.200.000	2.14
Atmosfer	13.000	0.001
Büyük denizler (okyanuslar)	1.320.000.000	97.3
Toplam	1.360.000.000	100
Senelik buharlaşma	420.000	
Senelik yağış	420.000	
Denizlere senelik akış		
a) Nehirlerden	38.000	
b) Yer altı sularında	1.600	
Toplam	39.600	

Bu gruplar da kendi aralarında kısımlara ayrılabilir. Yerleşim yerlerinin su ihtiyacını temin edebilecek su grupları Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Su Kaynaklarının Şematik Gösterimi.

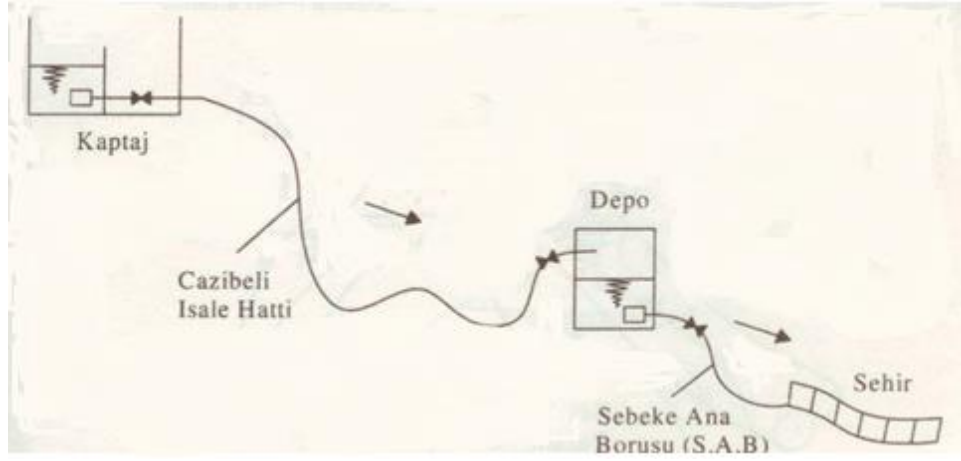
Kalite bakımından en uygun su kaynağı memba ve yer altı sularıdır.

2.2. SU İLETİMİ VE İSALE HATLARI

Su temin için su kaynakları seçildikten sonra kaynaktan derlenen suların ihtiyaç bölgesine taşınmasına planlanır. Kaynaktan alınan suyu depo ya da hazneye taşıyan boru hattına isale(iletim) hattı denir. Bir isale hattında, hattın işletilmesine göre; geri tepme klapesi, tevkif vanası(kapama veya kesme), tahliye vanası, vantuz, maslak ve hava kazanı gibi işletme elemanları bulunmaktadır.

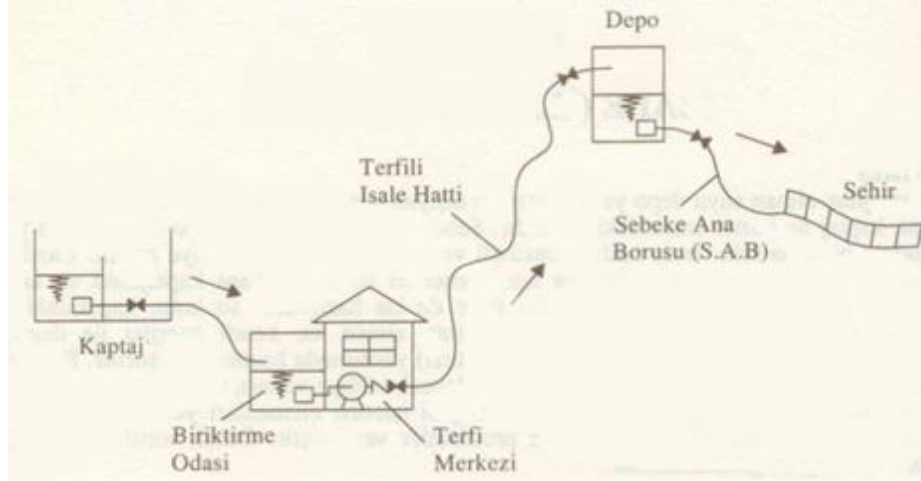
İsale hatları akımın şekline göre basınçlı isale hatları ve serbest yüzeyli isale hatları olmak üzere iki grupta incelenir.

Basınçlı boru ve pompaların bulunmadığı yıllarda sular mecburi olarak serbest yüzeyli olarak iletilirdi. Akadükler bu sebeple inşa edilmişlerdir. Bugün için bu tip uygulama mecburiyet yoktur.



Şekil 2.3: Cazibeli İsale Hattı.

Basınçlı isale hatları, cazibeli ve terfili olmak üzere ikiye ayrılır. Cazibeli isalede su, kaynaktaki su kotu, haznedeki su kotundan büyükse su alma yerinden depoya kendi enerjisi ile akar. Şekil 2.3’de cazibeli isale hatları için örnek profil görünmektedir. Terfili isalede ise haznedeki su kotu, kaynaktaki su kotundan daha fazladır. Bu nedenle, kaynaktan alınan su, kendi enerjisi ile depoya iletilemeyeceğinden bir pompa tesisi(terfi merkezi) yardımıyla hazneye ulaştırılır. Terfili isale hatlarının şematik gösterimi Şekil 2.4’de görülmektedir (Karpuzcu, 2005; Türkdoğan ve Yetilmezsoy, 2004).



Şekil 2.4: Terfili İsale Hattı Şematik Gösterimi.

2.3. İÇME SUYU DAĞITIM SİSTEMLERİ

Bölgeye su, bir boru ağı ile dağıtılır. İsale hattı ile haznelere getirilen suyu sarfiyat yerlerine dağıtan boru sistemine içmesuyu şebekesi adı veriler. Su şebekesi, su tesislerinin haznedan sonra gelen parçasını oluşturur. İçme suyu şebekesi her binada yeteri kadar basınçlı suyu bulunduracak şekilde planlanır. Şebeke boruları devamlı su ile dolu ve basınç altında bulunmalıdır. Aksi takdirde kirlenme ihtimali artar. Kirlenmeleri önlemek için ani basınç değişimlerinden kaçınılmalıdır. Şebeke ile hazne arasında su dağıtmayan ve ana boru ismini alan bir boru bulunur. İskân durumuna göre boruların teşkil ettiği sistem birbirinden farklı olur. Buna göre iki ayrı su dağıtma sistemi ortaya çıkar: Aşağıda dal sistemi ve ağ sisteminin fayda ve mahzurlarına göre karşılaştırılması görülmektedir (Karpuzcu, 2005; Peavy and Rowe,1985).

Dal Sistemi

Dal sisteminde borular ağaç dalları gibi birbiriyle birleşmeden meskûn bölge içinde dağılmıştır. Şehirlerin sahil kesimlerinde, yamaç ile deniz arasında sıkışıp kalmış alanlarda veya kenar semtlerde, ana cadde ve sokakları takip eden şeritvari iskân bölgelerinde kullanılan sistemdir. Buralarda sokaklar birbiri ile kesişmediğinden, boruların birleşerek ağ teşkil etmesi mümkün olmamıştır.

Bu sistemin faydalarını özetlersek;

- Bir boru kırılması veya tamiri halinde bu borulardan su alan bütün bölgeler susuz kalır.
- Boru çapları ve uzunlukları küçük olduğundan sistem daha ekonomiktir.

Sistemin mahzurları ise şu şekilde sıralanabilir;

- Sistemde tek yönlü akım mevcuttur. Yeni bölgelerin ilavesi halinde basınçta düşüklükler yaşanabilir.
- Boruların uç noktaları hem fiziki bakımdan hem de hesap bakımından ölü noktalardır. Yani buralara kadar su tamamen dağılmış olduğundan debi sıfır değerine düşmüştür. Bu sebeple akış hızları çok küçük olup yabancı maddeler sudan ayrılarak çökelir. Bu sebepten dolayı da suyun özelliği bozulabilir.
- Hidrolik durum açıktır ve sistemin hesabı kolaydır.

Ağ Sistemi

Bu sistemde bütün borular birbirleriyle birleşmiş olup hiçbir fiziki ölü nokta mevcut değildir(Şekil 2.5 a, b ve c). Suyu herhangi bir noktaya iletmek için birden fazla yön kullanılabilir.

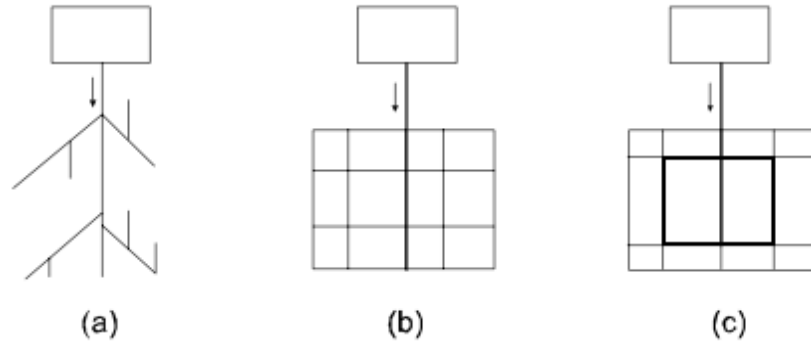
Üstünlükleri;

- Su sarfiyatında büyük değişimler olmasının dal sistemine göre daha az tesiri olur. Yani bu sistemin daha fazla işletme esnekliği mevcuttur.
- Su çeşitli yönlerden akma imkânına sahip olup ölü bölgeler ve yavaş akımlar teşkil etmez.
- Boru kırılmaları veya tamiri halinde bu borunun beslediği bölge başka bir taraftan su alabilir.

Mahzurları;

- Daha fazla boru ve boru ek parçasına ihtiyaç vardır.
- Hidrolik hesabı daha karışıktır.

Ağ sisteminde bir şebeke, bir ana besleme borusundan su alacak şekilde düzenlenebileceği gibi, bu maksatla bir halka da teşkil edilebilir(Şekil 2.5 a,b ve c). Bir ana şebeke besleme halkasından çıkan bir ağ sistemi şehir gelişirken basınçların fazla değişmesini önler. Bu boru sistemi şehrin iş ve endüstri bölgesinde yer alır. Ağ sistemli bir şebekede fiziki ölü nokta yoksa da, suyun tamamen dağılması sebebiyle, debinin sıfır olduğu fiktif(zahiri) ölü noktalar mevcuttur (Muslu, 2005).



Şekil 2.5: a) Dal Şebeke Sistemi b) Ana Besleme Borusundan Su Alan Ağ Şebeke Sistemi
c) Besleme Halkası Teşkil Edilmiş Ağ Şebeke Sistemi(Muslu, 2005).

2.4. İÇMESUYU ŞEBEKELERİNDE KULLANILAN BORU ÇEŞİTLERİ

Her geçen gün gelişen teknolojiye paralel olarak içmesuyu şebeke boruları da teknolojik açıdan değişmektedir. Ancak en iyi boruyu kullanmak, gerek ekonomik bakımdan, gerekse ortam şartlarından dolayı her zaman kullanılamamaktadır. Ayrıca her yeni boruyu mevcut şebekede kullanmak demek her zaman bitmeyen yüksek bir işletme maliyeti demektir. Hali hazırda içmesuyu dağıtım sistemlerinde kullanılan boru çeşitleri aşağıda anlatılmıştır.

2.4.1. Font Borular

Font borular, şehirlerin su şebekelerinde en çok kullanılmış olan borulardır. Bu borular düşey vaziyette kum kalıplarında düşey dökümle ve su ile soğutulan ve yatay bir eksen etrafında döndürülen kalıplarda savurma usulü ile(merkezkaç) imal edilir. Savurma borular, imalat metodunun tabiatı ve çabuk sertleşmeler sebebi ile düşey dökümle hazırlanan borulara nazaran, daha üniform ve kesif bir yapıya sahiptir. Kalitesinin iyi

olması sebebi ile savurma borular daha ince cidar kalınlığında imal edilebilirler. Korozyona daha iyi dayanırlar.

2.4.2. Çelik Borular

İsale terfi hatlarının yüksek basınca maruz büyük çaplı kısımlarında kullanılmaktadır. Boru boyları 6-12 metre uzunluğunda, baş kısımları muflu olarak imal edilmektedir. Boyların uzun olması hattın kısa zamanda döşenmesine imkân verir. Çelik borular heyelan bölgeleri için çok elverişlidir. Metropoliten şehirlerde istisnalar olmakla beraber, eklerinin yapılmasındaki güçlük sebebi ile su şebekelerinde nadiren kullanılmaktadır. Çelik boruların hafif olmaları nakliye masraflarını azaltmaktadır. Netice itibari ile yüksek iç basınca, oturmaya ve darbelere karşı mukavemet, aranan bir şart olmasa bile, nakliye ile ilgili bu ekonomik faktör, çelik boruların tercihi için bir sebep olabilir. Bu boruların font borulara göre imal edilmeleri daha kolaydır.

Buna karşılık çelik boruların önemli mahsurları da vardır. Dış basınçlara karşı dayanıksızdırlar. Mesela boruların boşaltılması sırasında ortaya çıkabilen bir vakum borunun göçmesine sebep olabilir. Cidarların ince ve korozyona karşı dayanıksız olması bakım masraflarını arttırır ve ömürlerini kısaltır. 250 mm'den daha büyük çaplı borular spiral kaynaklı olarak imal edilirler. Çelik boruları korozyona karşı korumak çok önemlidir. Font borularda olduğu gibi, daldırma ve santrifüj usulü ile bitüm kaplama yapılır. Ayrıca boru dışına, çok katlı sargılar halinde tecrit bantları tatbik edilmektedir. Üst üste istif edilmiş borularda, tecrit bantlarının birbirlerine yapışmaması için, sargıların üstüne kireç sürülmektedir. Son zamanlarda çok değişik sentetik koruyucu kaplamalarda kullanılmaktadır. Bütün bu tedbirlere rağmen kusursuz bir izolasyon gerçekleştirmek zor olduğundan çelik boruları agresif su ve zeminlerde kullanmak doğru değildir. Bu hallerde katodik korunma gibi özel tedbirler gerekir.

2.4.3. Asbestli Çimento Borular

Asbest lifleri, çimento ve su karışımının yüksek basınç altında çelik bir çekirdek üzerine tabakalar halinde sarılması sureti ile imal edilirler. Çapları 50 ile 400 mm, işletme basınçları 2.5 ile 12.5 atü arasında değişir. 2.5 atü'ye dayanan borular ancak memba kaptajlarında, drenaj ve kanalizasyon işlerinde kullanılabilir.

Asbest borular büyük bir kimyasal mukavemete sahiptir. Kolaylıkla işlenebilir, delinebilir, şantiyede borular el testereleri ile lüzumlu uzunluğa getirilirler.

Üstünlükleri: ağırlıklarının nispeten az, dona karşı dayanıklı ve yük kayıplarının küçük olmasıdır. Boru iç cidarında yumrulanma ve kabuk teşekkülü olmayacağından Williams-Hazel formülünde $c=140$ alınabilir. Isı iletkenliği iyi olmadığından su ısınmaz, manşonlarla bağlandığından ek yerleri elastik olup üç derece ile 6 derecelik doğrultu değişimleri dirsek kullanmadan gerçekleştirilebilir.

Mahsurları: font gibi çarpma ve darbelere karşı hassas ve eğilme mukavemetlerinin zayıf olmasıdır. Heyelan bölgelerinde ve dolma zeminlerinde kullanılmaz. Ayrıca asbest çimento boruların özel parçaları, yalnız dirseklerden ibarettir. Bunların dışında kalan ayırım noktaları, vanalar, çap değişim noktaları ve benzer yerler fonttan yapılmış özel parçalarla teşkil edilir. Bu sebeple böyle yerleri az olan boru hatlarında kullanılabilir (Dikmen, 2005).

2.5. İSTANBUL İLİ SU TEMİNİ

Hamsu kaynaklarından alınan su, isale hatları ile içmesuyu arıtma tesislerine iletilmekte ve su arıtma tesislerinde üretilen temiz su, isale hatları ve su hazneleri vasıtasıyla şebeke hatlarına dağıtılmaktadır.

İstanbul'un su kaynaklarının %98'i yüzeysel su kaynağı niteliğindedir. Yağışlarla gelen sular, baraj ve doğal göl dediğimiz alanlarda biriktirilmekte, regülâtörlerle toplanarak içmesuyu arıtma tesislerine ulaştırılmaktadır. İstanbul Asya ve Avrupa yakasında yıllık verimleri toplamı 1.353 milyon metreküp olan 14 ayrı kaynaktan beslenmektedir(Tablo 2.4).

İçme suyu kaynaklarının su toplama havzaları; Melen ile birlikte 6.157 kilometrekareye ulaşmaktadır.

Su kaynaklarının %60'ı Anadolu Yakası'nda, %40'ı Avrupa Yakası'ndadır. Buna karşılık nüfusun %60'ı Avrupa Yakası'nda, %40'ı Anadolu Yakası'nda ikamet etmektedir.

Su kaynaklarında biriktirilen sular, çapı 3 metreyi bulan isale hatlarıyla içmesuyu arıtma tesislerine ulaştırılmaktadır. Toplam 1.948 km uzunluğundaki isale hatlarının 823 km'si çelik, 598 km'si düktilfont, 20 km'si polietilen ve kalanı diğer(tünel, kanal ve galerilerden) iletim hatlarından oluşmaktadır. İsale hatları maksimum 40 atü basınca dayanıklıdır (İSKİ, 2011).

Tablo 2.2: Su Hattı Uzunlukları(km) (İSKİ, 2011).

<i>Yıllar</i>	<i>Avrupa Yakası</i>	<i>Asya Yakası</i>	<i>Toplam</i>
2007	900.918	697.097	1.598.015
2008	900.918	697.097	1.598.015
2009	1.112.342	712.496	1.824.838
2010	1.112.342	712.496	1.824.838
2011	1.133.829	814.398	1.948.227

İstanbul'un engebeli coğrafyası ve suyun çok uzak mesafelerden şehre ulaştırılması büyük enerji ihtiyacı doğurmaktadır. Suyun kaynağından itibaren musluklara ulaşmasına kadar her evrede içmesuyu hatlarında basınçlı su olabilmesi için terfi sistemleri kurulmuştur. Toplam 115 adet terfi istasyonunda bulunan muhtelif kapasitelerdeki pompalarla suyun şehrin her noktasına ulaşması temin edilmektedir. İçme suyu terfi sistemlerinin toplam kurulu gücü 308.805 kVA ve yıllık tüketilen enerji miktarı ortalama 757 milyon 805 bin 995 kWh'dır.

İçme suyu kaynaklarındaki hamsular, gerekli arıtma işlemleri için isale hatları vasıtasıyla içmesuyu arıtma tesislerine ulaşmaktadır. İstanbul'a hizmet veren 6 ana su arıtma ve 6 adet paket arıtma tesisi olmak üzere 12 adet arıtma tesisi bulunmaktadır. Günlük 3 milyon 675 bin 600 metreküp arıtma kapasitesine sahip bu tesislerde içilebilir standartlara getirilen içmesuyu arıtmada ozonlama sistemi kullanılmaktadır.

İstanbul'un muhtelif bölgelerinde farklı büyüklükte 114 adet içmesuyu deposu mevcuttur. Su tüketim dengesinin sağlanması, enerji tasarrufu, arızalar ve enerji kesintileri sebebiyle oluşan su kesintilerinin minimuma indirilmesi için inşa edilen depoların toplam kapasitesi 1 milyon 435 bin 580 metreküptür.

Arıtma işlemine müteakip su, isale hatları ve içmesuyu şebekesi ile su dağıtım sisteminde yol alarak İstanbul'a ulaşır. İstanbul'da içmesuyu şebekesi olarak düktifont borular kullanılmıştır. Dayanıklılık, sızdırmazlık, uzun ömür gibi özellikleri göz önünde tutularak tercih edilen içmesuyu şebekesinin uzunluğu toplam 17 milyon 349 kilometredir(Tablo 2.3).

Tablo 2.3: İstanbul İli Şebeke Hattı Bilgileri (İSKİ, 2011).

S.N	Müdürlüğü	İçme Suyu Şebeke Uzunluğu				İhtiyaç		
		Düktifont	Çelik	Diğer	Toplam	İslah	Yeni Şebeke	Toplam
1	Avcılar	789.486	0	39.263	828.749	21.555	37.800	59.355
2	Bağcılar	478.450	0	140	478.590	0	0	0
3	Bahçelievler	352.733	0	202	352.935	100	0	100
4	Bakırköy	230.043	0	989	231.032	0	0	0
5	Bayrampaşa	222.211	2.416	2.024	226.651	0	441	441
6	Beşiktaş	638.360	400	14.364	653.124	3.250	2.500	5.750
7	Beyoğlu	505.941	27.452	4.470	537.863	877	1.025	1.902
8	B.Çekmece	1.005.887	16.357	25.716	1.047.960	40.857	119.419	160.276
9	Çatalca	410.266	0	147.126	557.392	146.876	72.187	219.063
10	Esenler	266.600	0	347	266.947	0	580	580
11	Eyüp	398.456	0	5.000	403.456	2.992	20.392	23.384
12	Fatih	599.817	0	1.952	601.769	2.842	0	2.842
13	G.Ösmanpaşa	1.333.083	0	126.929	1.460.012	125.000	298.882	423.882
14	Güngören	175.402	0	0	175.402	4.100	100	4.200
15	Kadıköy	1.122.420	0	2.800	1.125.220	0	3.905	3.905
16	Kağıthane	355.360	0	0	355.360	0	1.645	1.645
17	Kartal	886.580	0	136	886.716	0	3.618	3.618
18	K.Çekmece	787.237	0	42.835	830.072	5.174	16.000	21.174
19	Pendik	823.152	0	0	823.152	0	17.155	17.155
20	Silivri	597.487	104.163	339.908	1.041.558	167.813	429.394	597.207
21	Sultanbeyli	1.373.118	27.000	77.722	1.477.840	77.722	36.211	113.933
22	Şile	474.819	7.525	183.358	665.702	144.246	202.177	346.423
23	Tuzla	589.015	0	0	589.015	1.535	19.619	21.154
24	Ümraniye	746.234	0	10.023	756.257	9.458	5.000	14.458
25	Üsküdar	911.013	0	64.959	975.972	63.500	297.769	361.269
Toplam		16.073.170	185.313	1.090.263	17.348.746	817.897	1.585.819	2.403.716

İSKİ ayrıca bu tesisleri ile müşterilerine sunduğu suyun kaliteli olmasını sağlamayı ve su kalitesini düzenli olarak kontrol altında tutmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, her arıtma tesisinde su kalitesi ile ilgili çeşitli ölçüm cihazları bulunmakta ve bu cihazlar ölçüm değerlerini anında bilgisayar sistemlerine aktararak su kalitesinin anlık izlenmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, tesislerden çıkan ve musluklardan akan sulardan günlük olarak numune alınmakta ve tahlil edilmektedir. Su kalitesinin belirlenmesinde, Türk Standartları Enstitüsü tarafından AB 98/83 EC direktifine uyumlu

olarak belirlenmiş TS 266 içme suyu standardı ve insani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik izlenmektedir. Ayrıca elde edilen değerler, ABD Çevre Koruma Ajansı ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenmiş standartlarla kıyaslanmaktadır.

Tablo 2.4: İstanbul'un Mevcut Su Kaynakları (İSKİ, 2011).

Mevcut İçmesuyu Kaynakları		
Kaynağın Adı	Hizmete giriş Yılı	Verim(milyon m³/yıl)
Elmalı I ve II Barajları	1893-1950	15
Terkos Barajı	1883	42
Alibeyköy Barajı	1972	36
Ömerli Barajı	1972	220
Darlık Barajı	1989	97
Büyükçekmece Barajı	1989	100
Yeşilvadi Regülatörü	1992	10
Istrancalar(Düzdere, Kuzuludere, Büyükdere, Elmalıdere, Sultanbahçedere,)	1995-1997	75
Şile Keson Kuyuları	1996	30
Kazandere Barajı	1997	100
Sazlıdere Barajı	1998	55
Pabuçdere Barajı	2000	60
Yeşilçay Regülatörü	2003	145
Melen	2007	268
Genel Toplam		1.353

Halen İstanbul'a hizmet veren rezervuarlar arasında Elmalı'nın verimi, civardaki su toplama havzalarındaki kirlilik yüzünden geçici olarak düşürülmüştür. Fakat bu kaynağın gelecekte hizmet vermek üzere tamamen ıslah çalışmaları devam etmektedir.

2.5.1. Hamsu İletim Sistemleri

İstanbul'daki arıtma tesislerinden Büyükçekmece, Ömerli ve Elmalı'daki arıtma tesisleri hamsu kaynakları olan barajla bitişik olup kısa iletim hatları üzerinden bu tesislere hamsu çekmektedirler. Diğer hamsu kaynaklarından ise uzak mesafelerden iletim hattı ile arıtma tesislerine hamsu alınmaktadır. Kâğıthane Arıtma Tesisi'ne, halen İstanbul'a hizmet veren en büyük hamsu iletim sistemi ile İstıranca, Terkos ve Alibeyköy barajları'ndan su alınmaktadır. İkitelli SAT ise Terkos ve Sazlıdere

Rezervuarı'ndan beslenmektedir. Ayrıca Melen Projesi kapsamında tasarlanan Cumhuriyet Arıtma Tesisi'ne Melen'den alınan hamsu verilecektir. Bu ve diğer daha küçük sistemlerin detayları aşağıda özetlenmektedir (İSKİ, 2011).

Terkos Sistemi: Yılda yaklaşık 45 milyon m³ hamsu 2200 mm'lik çaptaki isale hattı ile Terkos Gölü'nden Kâğıthane tesislerine iletilmektedir. Buna ilaveten her yıl yaklaşık 120 milyon m³ su doğal dere ile Alibeyköy Rezervuarı'na akacak şekilde, Terkos'dan Alibeyköy su toplama havzasına iletilir. Alibeyköy rezervuarı'ndan Kâğıthane Su Arıtma Tesisleri'ne 2200 mm'lik boru hattı ile hamsu taşımaktadır.

Sazlıdere-İkitelli Sistemi: Hamsu iletim sisteminin yapımı 1999 yılında tamamlanmıştır. Sazlıdere Rezervuarı'ndan İkitelli su arıtma tesislerine 1400 mm'lik isale hattı ile hamsu pompalanmaktadır ve proje iletim kapasitesi 200.000 m³/gün'dür.

Darlık-Ömerli Sistemi: Su 1600 mm çaplı çelik terfi hattı ile Darlık Rezervuarı'ndan Ömerli havzasına terfi edilmekte, buradan da doğal bir su yolu üzerinden, cazibe ile Ömerli Rezervuarı'na akmaktadır. Yeşilçay projesinin işletmeye alınması ile Darlık'ın suyu Yeşilçay isale sistemine deşarj edilerek, buradan da, doğrudan Ömerli'deki yüksek seviyeli arıtma tesisinin girişine akmaktadır. Bu değişiklik Rezervuara deşarj yapılması ile ortaya çıkan statik basınç kaybını engelleyecektir. Melen-1 proje bitimi ile birlikte şu an Melen'den alınan hamsu 2500 mm'lik iletim hattı ile Yeşilçay regülâtörüne alınmaktadır. Fakat Beykoz'daki Cumhuriyet Arıtma Tesisi'nin işletmeye alınması ile birlikte Melen'den alınan hamsu doğrudan Cumhuriyet SAT'a arıtmaya alınacaktır.

Büyükçekmece Sistemi: Bu sistem, Büyükçekmece Göl'ünden 1600 mm'lik boru hattı ile alınan hamsu Büyükçekmece SAT'a iletilmektedir. Arıtılan su 1800 mm'lik isale hattı ile Sefaköy hattına ve 1000 mm'lik isale hattı ile de Silivri hattına terfi edilerek iletilmektedir.

Küçük Sistemler: Darlık Rezervuarı birçok küçük isale sistemleri ile beslenmektedir. 1000 mm çaplı ana hat, Şile Keson kuyularından hamsu almakta, 600 mm'lik terfi hattı da Yeşilvadi Regülâtörü'nden hamsu çekmektedir. 800 mm çaplı kısa bir terfi hattı, hamsuyu Kılıçlı Regülâtörü'nden Alibeyköy havzasının üst kısmına taşımaktadır.

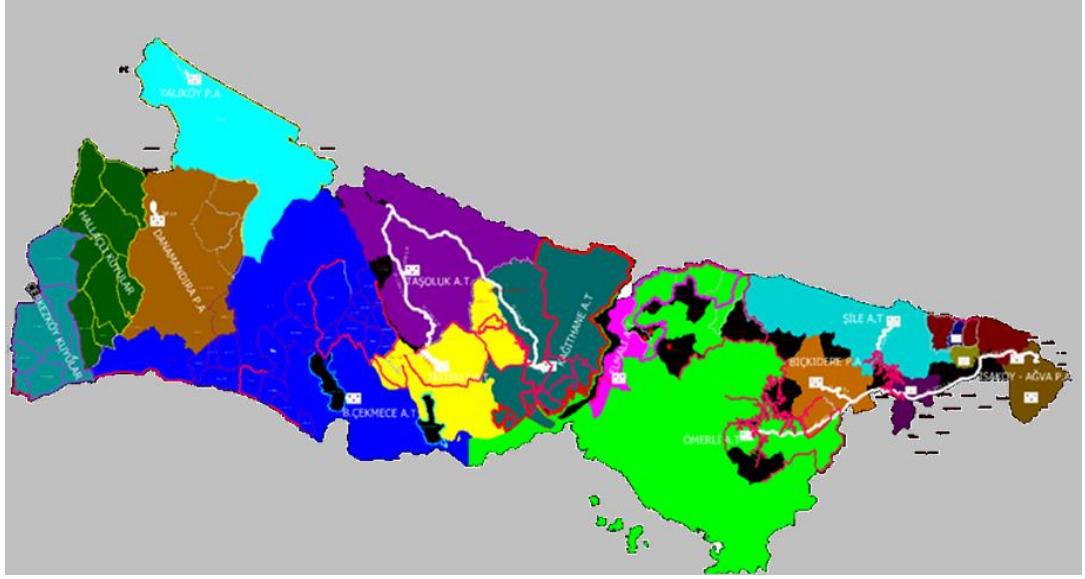
2.5.2. Mevcut Su Arıtma Tesisleri

Avrupa yakasının büyük kısmına Kâğıthane, İkitelli ve Büyükçekmece, Asya yakasına ise Ömerli ve Elmalı su arıtma tesislerinden su dağıtılmaktadır. Asya yakasındaki tesislerden boğaz geçişiyle Avrupa yakasının bir bölümüne su verilmektedir. Yapılan düzenleme ile Avrupa yakasından Asya yakasının bir bölümüne su vermek mümkündür, ancak böyle bir ihtiyaç henüz ortaya çıkmamıştır.

İstanbul'a hizmet veren 6 ana içmesuyu arıtma ve 6 adet paket arıtma tesisi bulunmaktadır.

- Büyükçekmece
- Kâğıthane
- İkitelli
- Taşoluk
- Ömerli
- Elmalı
- 6 adet paket arıtma

Ayrıca İstanbul'un muhtelif yerlerinde bulunan su haznelerinin sayısı 114 adet ve toplam kapasitesi 1.435.580 m³ seviyesindedir. Arıtma projesi tüm belli başlı tesisler için esas olarak aynı olup, kimyasal arıtma(ön klorlama, yumaklaştırma, pıhtılaştırma, pH ayarlama ve son klorlama) ve çöken katı maddelerin durultucu ile giderilmesi ve daha sonra da filtrasyonu içermektedir. Her bir tesisteki arıtma tesislerinin kapasiteleri Tablo 2.5'de ve Şekil 2.6'da arıtma tesislerinin su verdikleri alanı göstermektedir.



Şekil 2.6: Hamsu Arıtma Tesislerinin Su Verdikleri Alan.

Tablo 2.5: İstanbul İli Arıtma Tesisleri ve Kapasiteleri (İSKİ, 2011).

Mevcut İçmesuyu Arıtma Tesisleri				
Tesisin Adı		Hizmete Giriş yılı	Açıklama	Kapasite(m ³ /gün)
Ömerli	Orhaniye	1972	Mevcut	300.000
	Orhaniye	1995	Kapasite Artırımı	200.000
	Muradiye	1995	Yeni Tesis	320.000
	Osmaniye	1997	Yenileme	220.000
	Emirli	2001	Yeni Tesis	500.000
Kağıthane	Çelebi Mehmet	1972	Mevcut	378.000
	Yıldırım Bayezid	1996	Yenileme	280.000
	Yıldırım Bayezid	1996	Kapasite Artırımı	70.000
Büyükçekmece	Büyükçekmece	1989	Mevcut	400.000
Elmalı	Elmalı	1994	Yenileme	50.000
İkitelli	Fatih Sultan Mehmet	1998	Yeni Tesis	420.000
	II.Bayazid	2004	Yeni Tesis	420.000
Taşoluk	Taşoluk	2006	Yeni Tesis	50.000
Paket Arıtmalar(6 Adet)				67.000
TOPLAM				3.675.600

2.5.3. Mevcut İletim Sistemleri

Bu bölüm de, Avrupa ve Asya yakası üzerindeki mevcut su depolama ve iletim sistemlerini kısaca tanımlamaktadır. Her iki yakaya ait su kaynakları ve ana iletim

hatları Şekil 2.7’de gösterilmiştir. Tablo 2.6’da görüldüğü gibi arıtma tesislerinin hangi kaynaktan beslendiği ve hangi ilçeleri beslediği kısaca görülmektedir.



Şekil 2.7: İstanbul İli Ana İsale Hatları.

Tablo 2.6: Arıtma Tesislerini Besleyen Su Kaynakları ve Beslediği İlçeler (İSKİ, 2012).

<i>Su Kaynakları</i>	<i>Arıtma Tesis</i>	<i>Beslediği Bölgeler</i>
Büyükçekmece Barajı	Büyükçekmece Arıtma Tesis	Büyükçekmece, Beylikdüzü, Esenyurt, Avcılar, Silivri, Küçükçekmece
Istrancalar (Düzdere, Kuzuludere, Büyükdere, Elmalıdere, Sultanbahçedere, Kazandere, Pabuçdere Barajları, Terkos Barajı, Sazlıdere Barajı	İkitelli Arıtma Tesis	Başakşehir, Gaziosmanpaşa, Arnavutköy, Sultangazi, Güngören, Küçükçekmece, Bağcılar, Avcılar, Esenyurt
Istrancalar (Düzdere, Kuzuludere, Büyükdere, Elmalıdere, Sultanbahçedere, Kazandere, Pabuçdere Barajları, Terkos Barajı, Sazlıdere Barajı	Kağıthane Arıtma Tesis	Kağıthane, Şişli, Sarıyer, Gaziosmanpaşa, Esenler, Eyüp, Beyoğlu, Beşiktaş, Fatih, Bayrampaşa
Elmalı Barajı	Elmalı Arıtma Tesis	Beykoz
Ömerli Barajı, Darlık Barajı, Yeşilçay, Melen Çayı	Ömerli Arıtma Tesis	Bakırköy, Zeytinburnu, Bahçelievler, Bağcılar, Fatih, Sultanbeyli, Pendik, Kartal, Tuzla, Maltepe, Ataşehir, Üsküdar, Çekmeköy, Sancaktepe, Ümraniye, Beşiktaş, Sarıyer

2.5.3.1. Avrupa Yakası

Avrupa yakasının büyük kısmına Büyükçekmece, Kâğıthane ve İkitelli su arıtma tesislerinden su dağıtılmaktadır.

Kâğıthane'den Temin Edilen Suyun Dağıtımı:

Haliç'in kuzey kısımlarına, Kâğıthane SAT ile Levent'te bulunan ana depolar vasıtasıyla hizmet verilmektedir. Feriköy ve Taksim depoları şu an kullanılmamaktadır. Kâğıthane, Çeliktepe, Levent terfi merkezleri yüksek servis bölgelerine su temin etmektedir. Boğaz'ın kuzeyinden Sarıyer'e kadar olan alçak servis bölgesi, Çeliktepe ve Baltalimanı'ndaki hat üzerinden; Ayazağa, Bahçeköy, Büyükdere, Maden depo ve terfi merkezleri vasıtasıyla su verilmektedir. Eminönü ve Fatih de dâhil olmak üzere Haliç'in güneyinde kalan bölgenin suları, Ömerli-Dudullu sisteminden Boğaz geçişi ile gelen ikiz boru hattı üzerindeki basınç düşürücü vanalar vasıtasıyla alınmaktadır. Bu bölge ayrıca, Kâğıthane'den cazibe ile beslenen Münzevi'deki depodan terfi edilerek de beslenmektedir. Yüksek kotta kalan Küçükköy ve GOP'a su, Kâğıthane depolarından cazibe ile su alan Silahtar Terfi Merkezi ile iletilmektedir.

Melen sistemi ile Asya yakası Cumhuriyet tesislerinde arıtılan su Kâğıthane depolarına alınmakta ve yeni kurulan terfi merkeziyle Avrupa yakasına suyun dağıtımı yapılmaktadır. Dağıtım Kâğıthane yeni terfi ile Küçükköy depolarından yapılmaktadır.

Haciosman alanına su, Belgrat ormanındaki küçük göllerden tarihi bir akedük sistemi(bentler) vasıtasıyla iletilmektedir. Karadeniz sahilinde yer alan sahada ise su, kaynaklardan ve artezyen kuyularından sağlanmaktadır.

Büyükçekmece SAT'tan alınan su 2800 mm'lik tünel vasıtası ile Sefaköy deposuna kadar verilmektedir. Bu depodan alınan su, Bahçelievler yönüne doğru giden ana iletim hattı ile taşınmaktadır. Ayrıca, Boğaz geçişi ile Ömerli SAT'tan 1000 mm'lik ikiz boru hattı ve 1200 mm çelik hat ile Bahçelievler deposuna besleme yapılabilir. Bunun yanı sıra, Bahçelievler deposunun Kâğıthane SAT suyundan gerektiğinde faydalanabilmesi için Münzevi deposu ile ana bir hat bağlantısı vardır. Alçak servis bölgeleri, bu ana iletim hattı üzerinden depolar ve branşmanlar vasıtasıyla beslenmektedir.

İkitelli'den Temin Edilen Suyun Dağıtımı:

İkitelli SAT'de, İkitelli Arıtma tesislerinden gelen terfi hattı İkitelli Deposu'nu beslemektedir. İkitelli Deposu'da cazibe ile Sefaköy, Şahintepe-Esenyurt ve Bayramtepe depolarına su vermektedir. Ayrı bir sistem ile Halkalı, Mahmutbey-Cevatpaşa ve Başakşehir-Malkoçoğlu Depolarına pompa ile terfi yapılmaktadır.

2.5.3.2. Asya Yakası

Asya yakasında arıtılmış suyun iki ana kaynağı vardır, bunlar; Elmalı ve çok daha büyük olan Ömerli arıtma tesisleridir. Ömerli Arıtma Tesisi Ömerli, Darlık ve Melen rezervuarlarından alınan su ile beslenmektedir.

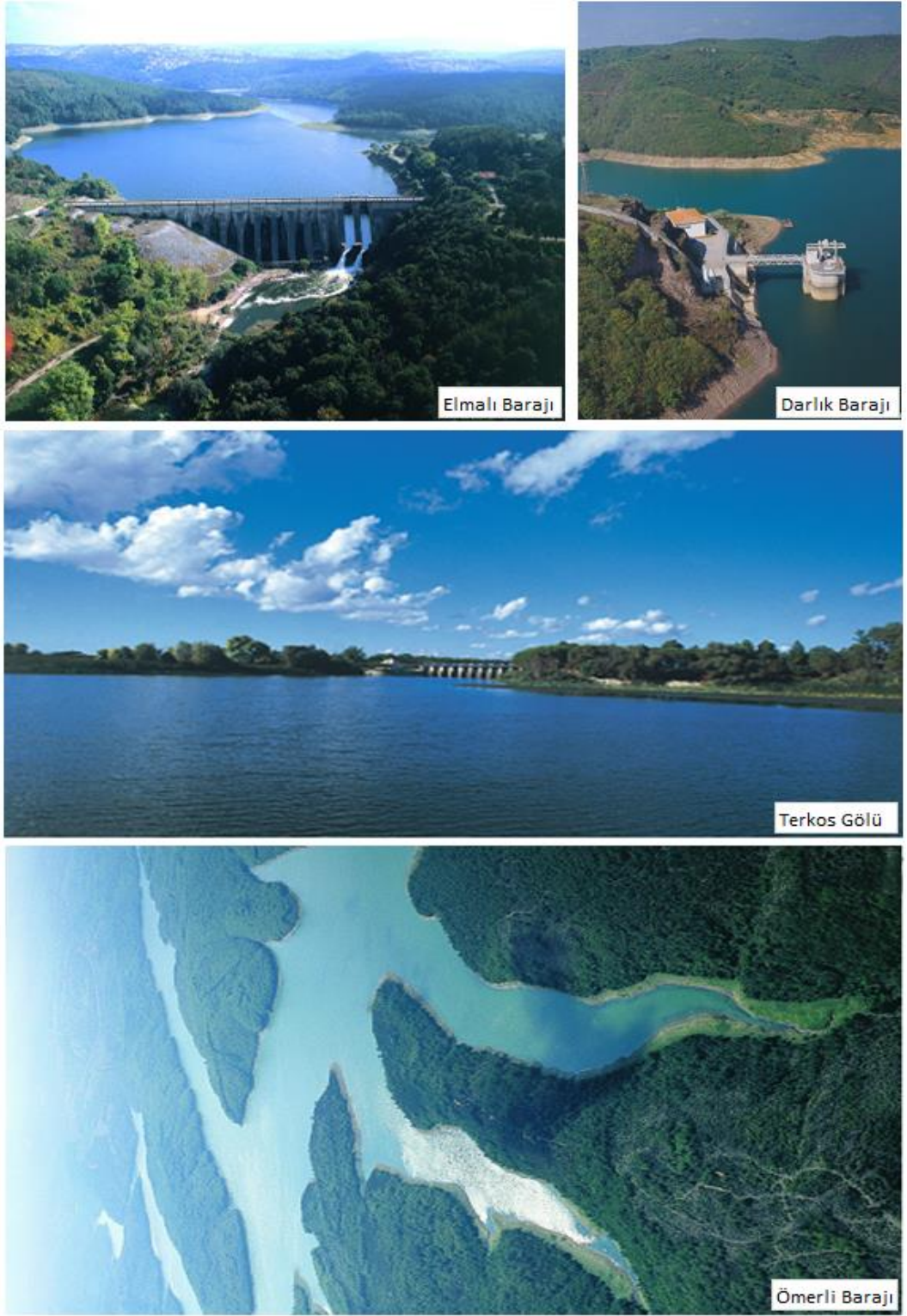
Elmalı'dan Temin Edilen Suyun Dağıtımı:

Elmalı'dan gelen boru hatları ile Kavacık Deposu üzerinden Beykoz ve Boğaz'ın kuzey sahil kesimlerine su verilmektedir. Üsküdar ile Beykoz arasındaki mevcut boru hattı ile Elmalı SAT'ı işletilemediğinde, Ömerli-Dudullu sisteminden alınacak suyun bu alanlara verilmesi mümkün olabilecektir. Elmalı Tesisi son dönemlerde yerleşim yerleri ile iç içe bir konum aldığı için şu anda ıslah çalışmaları nedeniyle su verememektedir.

Ömerli'den Temin Edilen Suyun Dağıtımı:

Ömerli Arıtma Tesisi'nden cazibeli bir iletim hattı, güneyde Şıhlı Hizmet Deposu'nu, buradan doğuda Tuzla ve batıda Pendik, Kartal, Maltepe, Küçükyalı ve Kadıköy'ü beslemektedir. Bu sistem boyunca, yüksek kotlarda bulunan yerler terfi ile beslenmekte olup, batıda kalan Pendik ile Küçükyalı arasındaki yüksek servis bölgelerini kapsamaktadır. Pendik, Kartal ve Maltepe'deki ana hizmet depoları bölgedeki alçak servis bölgesinde bulunan alanlara hizmet ederken, aynı zamanda da su ihtiyacını karşılayan terfi merkezleri ve hizmet depoları arasında dengeleme deposu vazifesini de görmektedir. Kartal Deposu'ndaki terfi merkezi, Soğanlık, Maden ve Yüzkonutlar'a kadar uzanan bir iletim sistemi üzerinden besleme yapmaktadır. Kartal'daki cazibeli sistemin batıya uzanan kısmı üzerinden alınan branşmanla, döşenen denizaltı boru hattı üzerinden Adalar'a su verilmektedir.

Diğer bir terfililetim sistemi ile Ömerli'nin batısında bulunan Dudullu Deposu'na su taşınmakta olup, buradan Ümraniye üzerinden Kadıköy tarafına ve mevcut Boğaz geçişi ile de Avrupa yakasına su dağıtılmaktadır. İstanbul için büyük stratejik öneme sahip olan bu sistem son olarak(1996 yılında) 2200 mm'lik bir paralel boru hattı ilavesiyle takviye edilmiştir. Dudullu Deposu'ndan alınan su Ümraniye, Bakırdağ ve Kayışdağ'a terfi edilerek; Dudullu, Kozyatağı, Kadıköy ve Bostancı'ya cazibe ile, suyun kalan kısmı da Dudullu'ya gelen iletim sisteminin uç kısmında bulunan büyük bir dağıtma merkezi konumundaki Küçükçamlıca Deposu'na verilmektedir. Su, bu depodan Bulgurlu Deposu'na ve Ümraniye, Kısıklı, Çamlıca ve Bağlarbaşı servis bölgelerine terfi edilmektedir. Emek ve Fikirtepe bölgeleri cazibe ile beslenmektedir. Küçükçamlıca'dan sonra cazibe ile çalışan iletim sistemleri Salacak tarafına yönelerek, güzergâhı üzerindeki, Koşuyolu, Kadıköy, Acıbadem ve Üsküdar taraflarına branşman bağlantıları ile su iletmektedir. Salacak'ta ikiz boru hattı Boğaz' ı geçerek, Avrupa yakasındaki Fatih, Eminönü, Samatya, Zeytinburnu, Merter, Bakırköy, Karaköy, Sarıyer bölgelerini beslemektedir (İSKİ, 2011).



Şekil 2.8: İstanbul İli Su Kaynakları.

2.6. KAYIP SUYUN TANIMI VE ÇEŞİTLERİ

Su kayıpları, sayaçlı abonelerden ölçülen(gelir olarak gözükmeyen ölçülen tüketimler dâhil) sarfiyat ile üretilen(genellikler arıtma tesislerinde ölçülür) su arasındaki fark olarak tanımlanır. Su kayıpları birim zamanda kayıp olan su cinsinden ifade edilir. Fakat üretilen suyun yüzdesi cinsinden de söz edilebilir.

$$\text{Su Kaybı} = (\text{Üretim} - \text{Ölçülen Kullanım} * 100(\%) / \text{Üretim}) \quad (2.1)$$

Su kayıplarının tanımlanmasında çeşitli tanımlamalar yapılsa da hesaplamada birçok yol vardır. Her kurum kendine uygun tanımlamayı kullanarak hesaplama yapabilir. Örneğin, bazı kuruluşlar üretilen sudan tahliye ve sulama sularını çıkartabilir. Oysa bir kısım kuruluş ise bu kullanımları ölçülen tüketime dâhil etmekte veya kayıp su olarak değerlendirmektedir. Bazı su sağlayan idareler ise tamir edilemeyen arızalardan kaynaklanan kayıpları tahmini olarak bilinen kullanımlara dâhil etmektedir. Çünkü su kayıpları sistem performansının belirlenmesinde bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Genellikle kabul görmüş tanımlamalar kurumların kendi aralarında yaptıkları karşılaştırmalar kadar önemli görülmemektedir. Bu sebeple farklı tanımlamalar kullanılabilmektedir. Su kayıplarını gidermek bütün kuruluşların hedefidir, fakat kuruluşların su kayıplarını sıfıra indirmeleri imkânsızdır. Genel olarak, kabul edilebilir yaklaşık hesaplarda makul görülebilecek kayıpları %15'dir. Buna rağmen bu değer bile oldukça zor ulaşılabilecek bir değerdir. Kayıp su oranının ekonomik olarak kabul edilebilir seviyede olduğuna karar vermede gerçek kural şudur; kayıp olmaktan kurtarılan suyun ekonomik değeri en azından kurtarılmak için harcanan maliyeti dengelemelidir. Örneğin, mevcut durumda, sızıntı belirlenmesi ve arıza giderilmesinin maliyeti, en azından, sızıntının giderilmesiyle elde edilen değere ilaveten sızıntıdan kaynaklanan herhangi bir zarardan daha az olmalıdır.

Su dağıtım sistemlerindeki bu kayıplar birçok faktöre bağlıdır. Bunlar genel olarak; yanlış veya eksik tutulan kayıtlar, değerinin altında hesaplamalar, hatalı sayaç okuma ve sayaç hassasiyeti, sayaç kullanılmayan kamuya ait ortak alanlarda kullanılan sular, yasal olmayan abone bağlantıları ile depo, boru, sayaç, vana ve yangın hidrantlarındaki sızıntılar ve boru kırıklarıdır (AWWA, 1990).

Yukarıda bahsedilen nedenler ile ortaya çıkan kayıpların oranları ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre değişmektedir. Ülkelerin ekonomik durumlarına göre kayıp su miktarları aşağıda verilmiştir:

- Gelişmiş ülkelerde 8-14%
- Yeni endüstrileşmiş ülkeler 15-24%
- Gelişmekte olan ülkeler 25-45% (IWSA, 1991)

Şebeke hatlarında meydana gelen su kayıpları temelde fiziksel kayıplar ve ticari kayıplar olmak üzere ikiye ayrılır. İki kayıp çeşidi birbirinden bağımsız olup aralarında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır. Bu iki grupta meydana gelen kayıpları azaltmak için farklı stratejiler uygulanmaktadır.

2.6.1. Fiziksel Kayıplar

Suyun kaynağından abone bağlantısına kadar olan, ana iletim hatları, su depoları ile şebekeden kaçan sular fiziki kaçaklar olarak adlandırılır. Fiziksel kayıplar; şebeke yaşı, şebeke inşasındaki işçilik kalitesi, kullanılan malzemenin kalitesi, şebeke bakımı ve işletme basıncı ile doğrudan ilgilidir. Bu kayıpların tespiti ve kontrolü zor olduğundan uzun ve programlı bir çalışma gerektirmektedir.

Fiziksel kayıpları oluşturan etkenler;

1. Yenilenmiş şebekelerin eskileri ile bağlantılarının tamamen kesilmemesi,
2. Su hizmeti veren kuruluşlara ait depolarda meydana gelen sızıntı ve kayıplar,
3. Yetersiz ve kalitesiz şebeke hatları, inşaat kalitesi ve kontrolü nedeniyle sızıntılar,
4. İsale hatları ve dağıtım şebekelerinden meydana gelen arızalar, ek yerlerinde meydana gelen kaçaklar, şebeke boru kırıklarından meydana gelen su kayıpları, vana ve şube yolu bağlantılardan kaynaklanan sızıntılar.
5. Müşteri depolarında meydana gelen sızıntılar(kısmen de olsa sayaçtan önce olanlar),
6. Yaşlanmış boru ve bağlantılar(şube yolu, vana v.s),
7. Toprak özelliklerine bağlı oluşan çöküntüler.
8. Borularda oluşan yüksek su basınçları.

2.6.2. Fiziksel Olmayan Kayıplar(Ticari Kayıplar)

Tüketildiği halde kayıt dışı sulardır. Ticari kayıplar; sayaç hassasiyetleri, resmi kurum ve kuruluşların ücret ödeme zorunluluğu olmadan kullandıkları faturalandırılmayan sular, illegal veya kontrolsüz kullanım sebebiyle oluşmaktadır. Fiziksel kayıplardan farkı, harcanan su kullanılmasına rağmen gelir hanesine yazılmayan sudur. Fiziksel kayıplara göre tespit edilmesi ve kontrol altında tutulması daha kolaydır.

Ticari kayıpları oluşturan etkenler;

1. Şebekelerde yapılan deşarjlar,
2. Yangın musluklarından alınan kontrolsüz sular,
3. Okuyucu hataları,
4. Kanal açma ve temizleme hizmetleri için verilen sular,
5. Yasal olmayan bağlantılar(Kaçak kullanım),
6. Eksik Ölçümler(Sayaçların yaşı ve kalibrasyonu),
7. Faturalama programlarından kaynaklanan hatalar.

2.7. SU BİLANÇO YÖNETİMİ

Uluslararası Su Birliği(IWA) ve Amerikan Su İşleri Birliği(AWWA) su kaybını oluşturan bileşenleri tanımlamış ve farklı su dağıtım sistemlerinin karşılaştırılabilmesi için gerekli olan performans göstergelerini hesaplayan Su Bilanço Yöntem sistemini geliştirmiştir ve bileşenlerini tanımlamışlardır (AWWA, 1990; IWA, 2001).

Su bilançosu şebekedeki toplam su kaybı ve sızıntının miktarını belirler. Kullanılmış veya tüketilmiş su miktarı ile şebekeye giren su miktarı kıyaslanır, aradaki fark kayıp miktarını verir. Su dağıtım sistemlerinde meydana gelen sızıntıların bulunması ve onarılması bu hizmetin verimliliğinin artırılmasında etkili bir yoldur. Sızıntıların bulunmasında ilk adım maliyet hesabının yapılmasıdır. Bu yöntem ile su bilançosunun çıkarılmasında şebeke sistemindeki sızıntıdan kaynaklanan faturalandırılmayan su kayıp miktarı tanımlanır. Su bilançosu, mevcut su dağıtım sisteminin değerlendirilmesi ve su dengesinin hesaplanmasından oluşur.

2.7.1. Mevcut Su Dağıtım Sisteminin Değerlendirilmesi

Mevcut su dağıtım sisteminin değerlendirilmesinde şebekede oluşan hasarlar, oranları, şiddeti ve hasara uğrama potansiyelleri belirlenir. Uygulanacak rehabilitasyon sistemleri değerlendirilir. Bu aşamada uygulanan adımlar;

- a. Finansal kaynakların değerlendirilmesi ve kısıtlamaların gözden geçirilmesi, gelecekle ilgili hedeflerin belirlenmesi,
- b. Sistem değerlendirmesi için gerekli bilgilerin toplanması.
 - Ekonomik veriler(Üretim maliyeti...)
 - Uygulanacak teknikler ve ekipmanlar
 - Mevcut teknolojinin değerlendirilmesi(kullanılan sayaçların güvenilirliği)
 - Mevcut uygulamalar ve yeni metotlar değerlendirilir(personel kurulumu, sayısı ve nitelikleri)
 - Sızıntı miktarı ile diğer su kayıp bileşenlerinin değerlendirilmesi
 - Toplam su kaybının hesabı
 - Fiziksel bilgiler(nüfus, ihtiyaçlar, topografik yapı, tedarik düzenlemeleri)
 - Onarım(tamir) programı
 - Kayıtlı faturalandırma verileri

2.8. ŞEBEKE HATLARINDA OLUŞAN SIZINTILAR

2.8.1. Sızıntının Nedenleri

Şebeke hatlarındaki sızıntılar, fittings, bağlantılar ve borulardaki çatlak, hasar gibi fiziksel hasarlardan veya bağlantı noktalarındaki yetersiz, hatalı contalamadan kaynaklanır. Gelişmiş ülkelerde sızıntı su kaybının ana bileşenlerindendir, gelişmekte olan ülkelerde ise kaçak bağlantılar, sayaç hataları veya okuma hataları ana etkenlerdir.

Sızıntı iki ana bileşene bölünür; fittingslerdeki sızıntılar ve boru kırıkları. Fittingslerden kaynaklanan sızıntıların tek tek bulunması güçtür. Boru patlakları yıl boyunca şebeke borularındaki kırılma veya çatlaklardan ve şube yollarındaki patlaklardan meydana gelen kayıp sudur (Morrison, 2004).

Şebeke Hatlarındaki Yapısal Hasarlar: Ana borular tüm öngörülen yükü taşımak üzere tasarlanmış olmasına karşın ani yük değişimlerinde veya uygunsuz sistem tasarımlarında yapısal hatalar meydana gelir. Borunun dış yüzeyindeki korozyon, boru yatağındaki erozyon ve yataklanmanın bozulması, aşırı yük ve sıcaklık etkileri sebebiyle içmesuyu boruları aşırı yüklere maruz kalabilmektedir.

Şebeke Yaşı: Eski yerleşim bölgelerindeki şebeke sistemi yaşlanmış ve yıpranmış olduğundan büyük ölçüde rehabilitasyona tabi tutulmalıdır. Yapılan çalışmalar düşünüldüğü gibi borulardaki kırılmaların boru yaşıyla çok ilgili olmadığını göstermektedir. Bu araştırmalar boru yaşının hasarların göstergesi olmadığını gösterir. Bazı yeni borular yaşlı olanlara göre daha erken hasara uğrayabilir. Yaş, boru kırılmalarının tek başına nedeni değildir, boyut ve fiziki koşullar gibi diğer faktörlerle birlikte ilişkilendirilmelidir.

Boru hasar oranı(rate) ve boru yaşı arasındaki ilişki boru çapı, boru malzemesinin aynı hatta önceden yapılan bakım ve imalatı etkileyen diğer faktörlerdir.

Büyük çaplı borular küçük çaplara göre daha uzun süre bakıma ihtiyaç duymazlar. Büyük çaplı borular daha büyük akış debisini sağlar ve artan ihtiyacı karşılayarak tasarımdan kaynaklanan hatalar önlenmiş olur. Betonla güçlendirilmiş borular metallerden daha erken bakıma ihtiyaç duyarlar. Rehabilitasyon yapılan bölümlerde boru kırıklarında azalma görülür.

İç Basınç: Su borusundaki ani basınç değişiklikleri sebebiyle(koç darbesi) boru içi hasarlar meydana gelir. Yangın musluklarının test esnasında veya yangın anında kullanıldıktan sonra ani kapatılması su kabarmasına neden olur. Pompaların kapatılması veya açılması durumunda da meydana gelebilir. Koç darbesi etkilerini minimuma indirmek için uygun vanaların kurulumu, güvenli işletme prosedürleri ile basınç kontrolü sağlanmalıdır.

Aşırı Yük: Aşırı dış yükler boru kırıklarının oluşmasını tek başına en büyük nedenidir. Dış yüklerin olduğu durumlar;

- a. Yanlış kurulum uygulamaları veya malzeme kalitesinin yetersizliği,
- b. Yüzeydeki yatağın veya yük koşullarının değişmesi,

c. Kazı çalışmalarının etkisi.

Hatalı imalat ve kalitesiz malzeme kullanılması kabul edilemez uygulamalardır. İmalattan hemen sonra kırık, sızıntı oranı yüksek ise;

- Üretimin hatalı olduğunu,
- Borular nakliye esnasında zarar görmüş olabileceğini,
- Boruların uygunsuz döşenmiş olabileceğini gösterir.

Üreticiler ürünlerin gereksinimlerini belirtmektedirler. Gerekli koşullara uyulmazsa kırıklar çok çabuk oluşur. Borular uygun şekilde döşendikten sonra destek yatağındaki değişikliklere ve ilave beklenmeyen yüklere karşı korunmuş olmalı.

Yetersiz Contalama: Genel olarak sızıntılar vana, fittings boru bileşim bölgelerinde malzeme hasarlarından kaynaklanmaktadır. Bir vanada meydana gelen sızıntı genellikle büyük su kayıplarına neden olmaz bu durum uzun süre tespit edilmeden devam ederse kayıp önemli ölçüde büyük değerlere ulaşır. Vanalarda meydana gelen sızıntılar genellikle sesli olur dinleme yöntemiyle tespit edilebilmektedir.

Bağlantılarda meydana gelen hatalar birçok nedenden oluşabilir. Bunlar; zayıf tasarıma, uygunsuz kuruluma, malzeme kalitesine bağlıdır. Dönüşlerdeki bağlantı yerleri ile boru uygun şekilde tutturulamadıysa ayrılmalar oluşabilir. İşçilik hataları nedeni ile de ayrılmalar meydana gelebilir.

Korozyon: Birçok metalik borunun hasara uğrama sebebi korozyondur. Metaller oksitlenerek cevher haline dönmek isterler. Korozyon çelik borunun demir kısmının oksitlenip karbonu terk ettiği doğal bir olaydır. Bu prosese grafitizasyon adı da verilir (AWWA, Report-1987). Korozyon nedeni metalik borular dayanıklılığını kaybeder. Korozyonun şiddeti toprak tipine ve diğer çevre şartlarına bağlıdır. Boru çevresini saran toprak kuru ve öz direnci yüksek ise korozyon yavaş ilerlemektedir. Nemli toprakta düşük direnç sebebiyle korozyon hızlanacaktır. Ayrıca galvanik etki yaratması sebebiyle farklı metallerle temas sonucu korozyon hızlanmaktadır.

Meydana gelen korozyon ürünleri ayrıca boru iç duvarlarında birirmektedir, akış kapasitesini, basıncı ve su kalitesini düşürmektedir (AWWS, 2002).

Erozyon: Boru yatağında küçük bir sızıntı oluşması yataklanmayı bozar ve boru etrafında boşluk oluşmasına neden olur. Sonuç olarak boru desteği kaybolur ve tasarım sırasında kabul edilen borudaki yük dağılımı gerçekleşmez. Borudaki desteklenme kaybolduğundan herhangi bir dış yükü kırılmak için çok uygundur. Başka bir şekilde de kentlerde diğer elektrik, doğalgaz, ulaşım vb. çalışmalar sebebiyle su borusu yatağında erozyonlar gerçekleşebilir.

Sıcaklık Etkisi: Sıcaklık şehir şebekesini iki şekilde etkilemektedir (Moser, 2001):

1. Buzlanma sırasında topraktaki nemin genişlererek dış kuvvet olarak baskı yaratması.
2. Büzülme ve genişleme noktalarında gerilim yaratması.

Bu yüzden kurulum sırasında su şebekelerinde genellikle çan-tıkaç bağlantılar kullanılmaktadır. Bu bağlantılar büzülme, genişleme ve toprak hareketlerinden kaynaklanan problemleri azaltmaktadır. Ayrıca şebeke buzlanma nedeniyle yüzey aşınmalarına ve elverişsiz hava koşullarının yol açtığı gerilimlere dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. Yine de korozyon etkisiyle ve/veya çok soğuk havaların yol açtığı aşırı yükler yüzünden şebeke boruları kırılabilir.

2.8.2. Sızıntının Etkileri

İyi yönetilen şebeke sistemi farklı tiplerde fonksiyonlar içerir. Bu fonksiyonlar genel olarak kapasite, finans, bakım, işletme, su kalitesi ve alt yapıyı içermektedir. İşletme ve dağıtım fonksiyonları büyük bir ekonomik yatırım sonucu oluşur. Su dağıtım sistemi birimleri sadece bütçe için değil halk sağlığı için de önemli bir rol oynar. Bu sebeple önemli su dağıtım birimleri için boru kırıkları ve sızıntılardan şebeke sistemini korumak çok önemlidir.

Hattan sızan su zeminin durumuna göre yer altına süzülür veya mevcut bir atıksu kanalına süzülerek girer. Hattan sızan su bazı durumlarda binaların zemin katlarına nüfuz ederek abonelerin şikâyetlerine neden olur. Kaçak su(kullanıcılar için) musluğa ulaşmadığı için faturalanamaz ve eğer atıksu şebekesine sızıyorsa ek arıtma masrafına neden olarak maliyeti artırır.

Sızıntı birçok servis bozulmalarına neden olur. Boru kırıkları aynı şekilde binalara ve yol kaplamalarına hasar verir, su kaybının yanında tamir masrafları ek maliyet oluşturmaktadır.

Bu etkiler yanında; sızıntılar insan sağlığını da tehdit edebilmektedir. Birçok durumda ana borulardan kaynaklanan sızıntı etrafındaki bölgelerde kirli su birikintileri oluşturur. Su basıncı korunduğu sürece kirlenmiş su borunun içine sızamaz. Eğer su basıncı belirgin bir şekilde düşerse kirlenmiş su boruya geri sızabilir.

2.9. SU DAĞITIMINA YARDIMCI SİSTEMLER

2.9.1. SCADA Sisteminin Kullanılması

SCADA "Supevisory Control And Data Aquisition" sözcüklerinin baş harflerinden oluşmakta ve Merkezi kontrol ve veri edinme anlamına gelmektedir. SCADA Sistemi; Su, Gaz, Petrol, Elektrik, Proses ve Ulaşım endüstrisinde geniş bir uygulama alanına sahiptir.

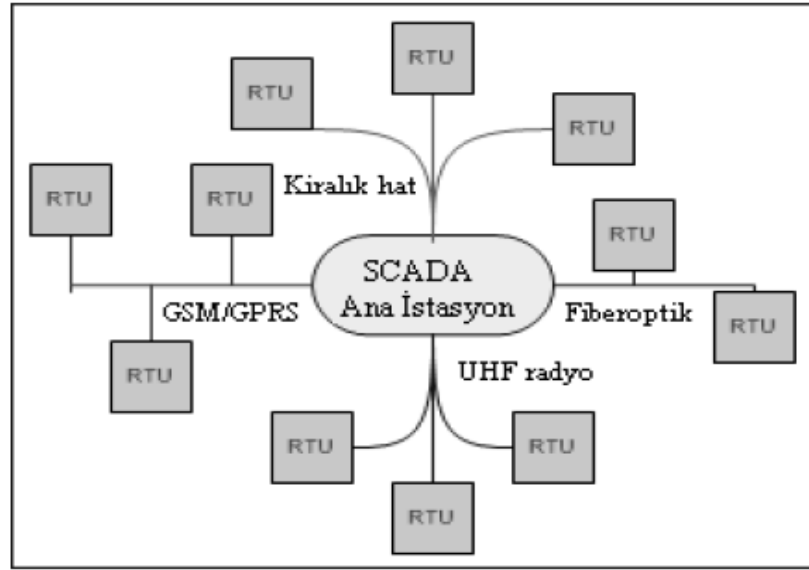
Bir su dağıtım sisteminde, suyun kaynaktan çekilip tüketicilere kadar ulaşması sırasında suyu taşımak, suyun basınç ve debisinin ayarlamak için şebeke boruları, vanalar, pompalar ve depolama tankları kullanılmaktadır. Sistem, suyu tüketen abonelere düzenli bir şekilde su akışını sağlamak zorundadır. Su dağıtımını genellikle geniş coğrafik alanları kapsamaktadır. SCADA ile çok büyük ve coğrafi olarak birbirlerinden çok uzak noktalardaki sistemleri bir merkezden çok kolay bir şekilde yönetebilir, gerçek zamanlı verileri anında görebilir ve bunlara anında müdahale edebilirsiniz.

Su dağıtım sistem endüstrisinde, SCADA sistemleri dağıtımda kullanılan şebeke hatları, vanalar, depolar ve pompa istasyonlarında kurulu olan sensörlerden bilgi toplama ve operatörler tarafından istenen kumanda işlemlerini uzak terminaller aracılığıyla gerçekleştirmek için kullanılır. Bu endüstri uygulamaları için SCADA merkezinde bulunan ana kontrol bilgisayarı, sahada bulunan sensörlere(debimetre, basınç, sıcaklık, kimyasal sensörler vb.), ve dağıtım elemanlarına(pompalar, vanalar, kontrol birimleri vb.) haberleşme vasıtasıyla bağlanır. Bu haberleşme bağlantısı kiralık telefon hatları, GPRS, uydu ve radyo gibi yöntemlerle yapılır.

Teknolojini hızla gelişmesi ile SCADA sistem kurmanın maliyetleri de azalmış olup, su dağıtım sistem SCADA'sı kurulmasında çok büyük faydalar getirmiştir. Hatta teknolojik ilerlemeler SCADA fonksiyonelliğini çok büyük oranda geliştirmiştir. SCADA geliştiricilerin birçok analitik araç eklemeleriyle, şebeke boruları daha iyi izlenebilmektedir.

Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemleri(SCADA), genelde bir ana(master) istasyon ve coğrafi olarak dağıtılan birçok RTU'dan oluşur. RTU'lar SCADA merkezinde bulunan ana istasyonlara radyo linkleri, kablolar, kiralık hatlar ve mikrodalga gibi birçok haberleşme birimleri kullanılarak bağlanırlar (Gaushell ve Block, 1993). SCADA genelde dağıtım yapılan yerlerde kullanılan bir kontrol sistemi teriminin adıdır. RTU'lar marka ve modeline bağlı olarak farklı boyut ve işlevleri olan Uzak Terminal Birimleridir. RTU'larda toplanan veriler örneksel girişler, sayısal girişler, akümülator girişler ve kontrol çıkışları içerir. Ayrıca mikroişlemci yapı içeren akıllı RTU'lar hesap yapabilme özelliğine sahiptir.

SCADA sistemleri için seçilmiş olan haberleşme yapısı ve yöntemleri, bazı parametrelere bağlıdır. Bu yüzden SCADA sistem donanımları farklı haberleşme yöntemleri ile uyumlu çalışmalıdır. SCADA sistemlerinde kullanılabilecek birçok iletişim ortamı vardır(Şekil 2.9).



Şekil 2.9: SCADA Haberleşme Yöntemleri.

2.9.2. İSKİ SCADA Sistemi ve Teknik Özellikleri

SCADA sistemi ilk olarak 1998 yılında İSKİ Aksaray da kurulmuş daha sonra 2008 yılında günümüz teknolojisine uygun olarak yenilenerek Kâğıthane İSKİ Genel Müdürlüğü'ne taşınmıştır. İSKİ SCADA sistemi yenilenmesi, iyileştirilmesi, genişletilmesi, günümüz teknolojisine uygun hale getirilmesi ile ilgili çalışmalar tamamlanmıştır. 2012 tarihi itibarıyla 148 sabit istasyon işletmede olup, veri aktarımı VSAT uydu haberleşme sistemi ile yapılmaktadır.

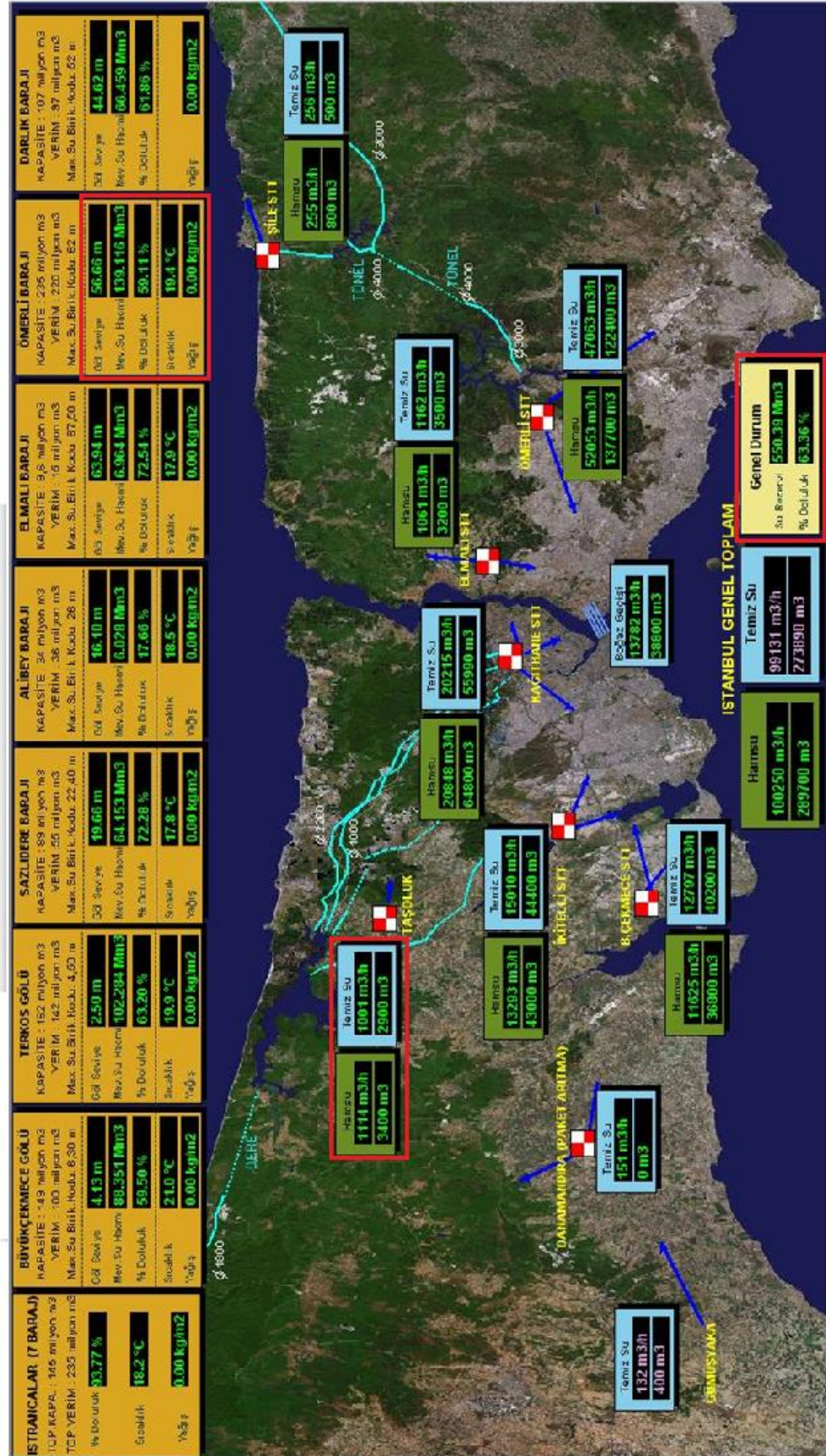


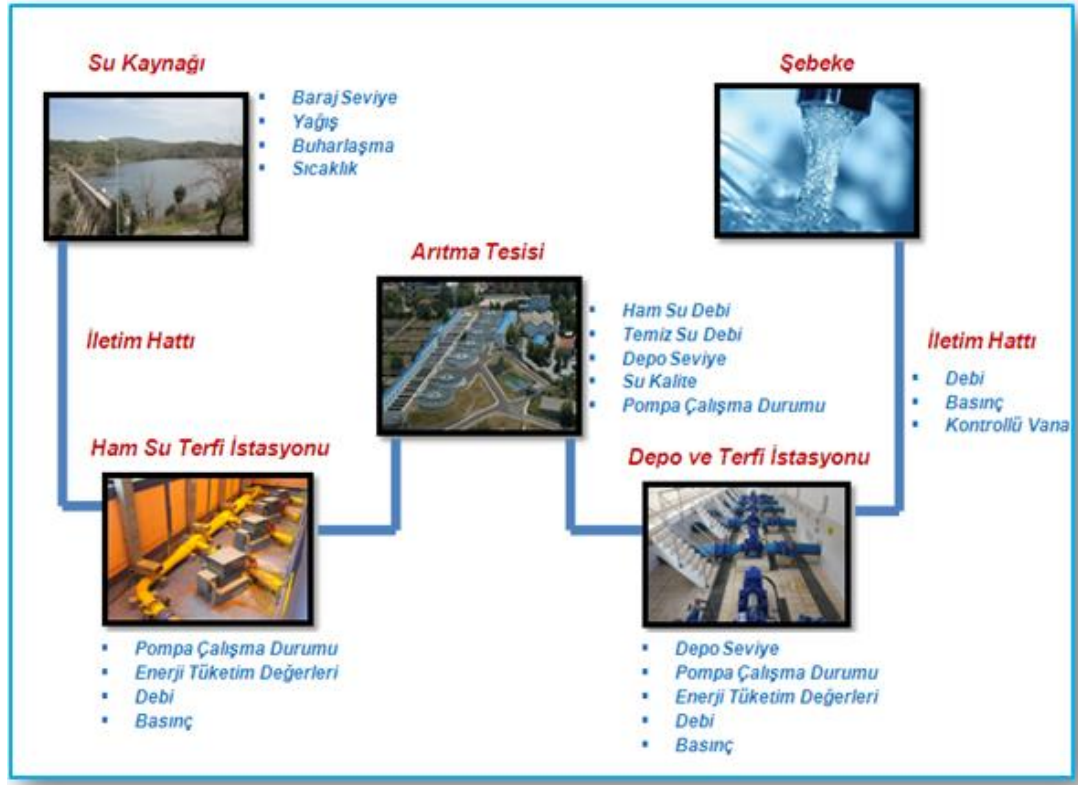
Şekil 2.10: İSKİ SCADA Merkezinin Dış İstasyonlarla Haberleşme Cihazı.

Merkezi Su Dağıtım(SCADA) Sistemi ile İSKİ aşağıdaki imkânlara kavuşmuştur:

1. İstanbul'a verilen suyun tam ve hassas bir şekilde ölçülmesi ile su dağıtımının bölgesel özelliklere ve talebe göre ayarlanması ve zorunlu kesintilerin en az sıkıntı yaratacak şekilde planlanması yapılabilmektedir. İstanbul'un su kaynaklarının durumu, arıtma tesislerinden şehre verilen su miktarları anlık olarak izlenebilmektedir(Şekil 2.11).
2. Terkos, Ömerli, Büyükçekmece, Elmalı, Alibey, Sazlıdere, Darlık Barajları arasında bir barajın beslediği bölgenin diğer bir baraj tarafından beslenmesi daha kolay bir şekilde yürütülmekte, bu işlem başarılı bir şekilde yapılabilmektedir.
3. Şehre verilen suyun kalitesi(Bulanıklık, pH, Klor) merkezi olarak izlenmekte ve kontrol altında tutulmaktadır.
4. Arızalar ve bilhassa boru patlamalarının kontrol merkezinde anında tespit edilmesi ile en kısa zamanda arızaya müdahale edilmekte ve böylece su kayıpları asgariye indirilmektedir.
5. Debi ve basınçların hassas bir şekilde ölçülmesi ile su kaçak ve kayıplarının olduğu isale hatları tespit edilebilmektedir.
6. İstatistiki amaçlar için, bilgisayar vasıtasıyla debi, basınç, vana kontrolü, pompaların durumu, su seviyesi, su kalitesi ve meteorolojik bilgilerin tarihi kayıtları yapılmaktadır.
7. SCADA ile birlikte çalışacak matematik model(Hidrolik şebeke analizi) vasıtasıyla Su İletim ve Dağıtım Şebekesinde daha dinamik bir işletmecilik yapılarak yeni düzenleme ve projelendirmeye kolayca geçilebilecektir(Şekil 2.12).

Şekil 2.11: İstanbul İli Anlık Su Tüketim Takip Ekranı





Şekil 2.12: SCADA Sisteminde İzlenen ve Yönetilen Bilgiler.

İSKİ SCADA sistemi şu alt sistemlerden oluşmaktadır:

1. 13 Radyo Ünitesi, 144 Uydu Ünitesi ve 74 GPRS Ünitesi'nden oluşan haberleşme sistemi yerleştirilmiştir(Şekil 2.13, Şekil 2.14).
2. Su sistemindeki parametrelerin(günlük ve anlık debi, basınç, meteorolojik bilgiler, pompa çalışma bilgileri vs.) yerel istasyondan ve Kontrol merkezinden izlenmesini sağlayan arazi ekipmanları(vanalar, depo seviyeler vs).
3. 148 istasyonda ve 4 radyo röle istasyonunda bulunan kesintisiz güç kaynakları.
4. Kontrol Merkezinde bulunan kesintisiz güç kaynağı ve klimalar'dan oluşmaktadır.

SCADA sisteminde kullanılan ekipmanlar:

Seviye ölçme cihazları: 181 adet depo ve 14 adet göl seviye ölçeri su deposu ve göl/barajlara yerleştirilmiştir.

Aktüatörlü vanalar: Muhtelif çaplardaki ana isale hatlarımıza yerleştirilen toplam 177 vana ile bölgelere istenilen debi ve basınçta su verilebilmektedir.

Akış ölçme cihazları: Borulardan geçen su miktarının anlık değerini ve toplam günlük akışı ölçen debimetreler 308 adettir.

Su kalite cihazları: pH, bulanıklık, artık klor değerlerini ölçmek için 52 adet ölçme cihazı kullanılmıştır.

Basınç ölçme cihazları: Hatlardaki basıncın izlenebilmesi için 179 adet basınç ölçer gerekli yerlere monte edilmiştir.

Meteoroloji cihazları: 17 adet hava sıcaklık, 17 adet buharlaşma, 23 adet yağış miktarı ölçüm cihazları göl/baraj ve muhtelif yerlere yerleştirilmiştir(Şekil 2.15).



Şekil 2.15: SCADA Sisteminde Kullanılan Ekipmanlar.

2.9.3. Coğrafi Bilgi Sistemi(GIS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri(GIS), İngilizce Geographical Information Systems(GIS) ifadesinin Türkçeye çevrilmiş, şekli olup şu şekilde tariflenebilir; "konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik-olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanılmaya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2000). GIS, Yönetim, Sistem ve Teknoloji, kavramlarını kapsayan entegre bir yapıdır.

Coğrafi Bilgi Sistemi aynı zamanda bir üst kavram olup diğer tüm konumsal bilgi sistemlerini kendi çatısı altında toplamaktadır(Kent BS, Altyapı BS, Trafik BS, Çevre BS, Arazi BS, Sanayi BS vb.) (Aydın, 2001).

Bir GIS uygulaması olan Altyapı Bilgi Sistemi ise; içmesuyu, atıksu, yağmursuyu, doğalgaz, telekomünikasyon, elektrik vb. altyapı bilgileri ile bunlara ait üstyapı tesisleri arasındaki ilişkileri irdeleyen konumsal bir bilgi sistemi olarak tarif edilmektedir.

2.9.4. İSKİ'nin Altyapı Bilgi Sistemi ve Uygulamaları

İstanbul ili içmesuyu, atıksu-yağmursuyu altyapı ve üstyapı tesislerinin konumsal olarak sorgulanabildiği(Şekil 2.16), muhtelif network analizleri ile modelleme çalışmalarının yapılabildiği bir bilgi sistemidir.

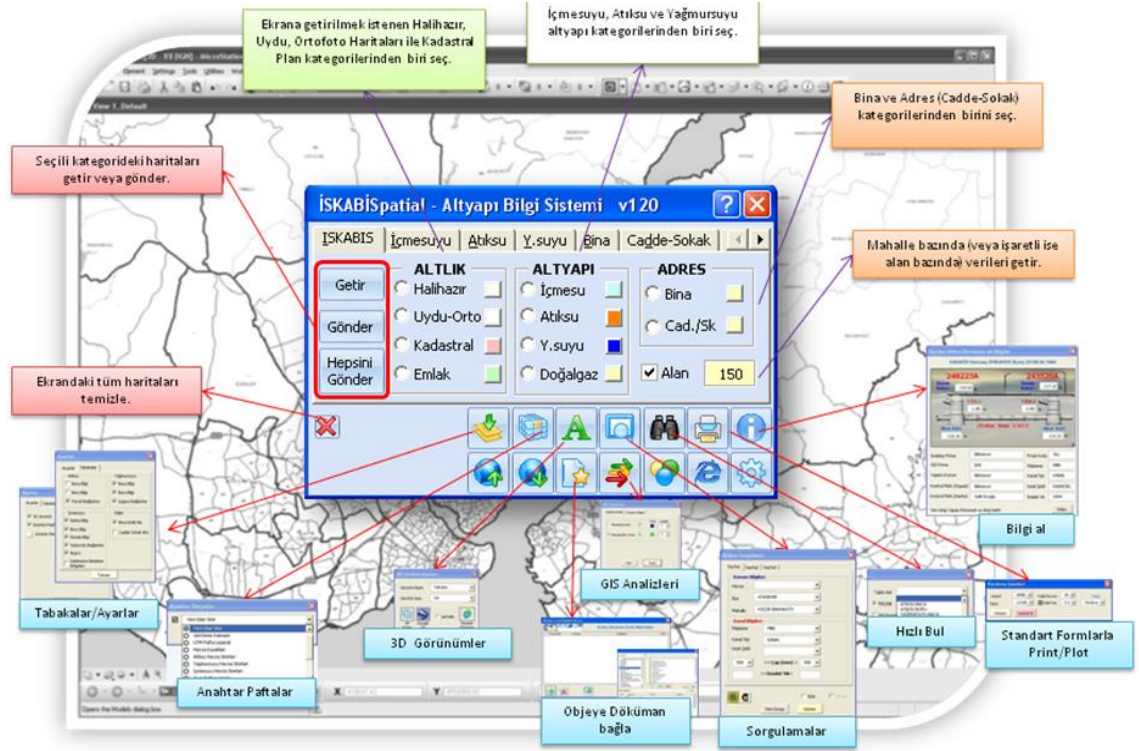
İSKİ Altyapı Bilgi Sistemleri(İSKABİS) Teknik Şefliği bünyesinde gerçekleştirilen İSKABİS projesi, beş temel adımda yürütülmektedir:

- İçme suyu Temini ve Dağıtım Sistemi,
- Tüm İSKİ Üstyapı Tesisleri,
- İçme suyu Havza Konumu Tespitleri,
- Atıksu-Yağmursuyu Şebekesi, Toplayıcıları ve Uzaklaştırma Sistemi,
- Kent Bilgi Sitemi, Afet Yönetimi Bilgi Sistemi(EMIS) ve Yönetim Bilgi Sistemi(MIS) ile entegrasyon.

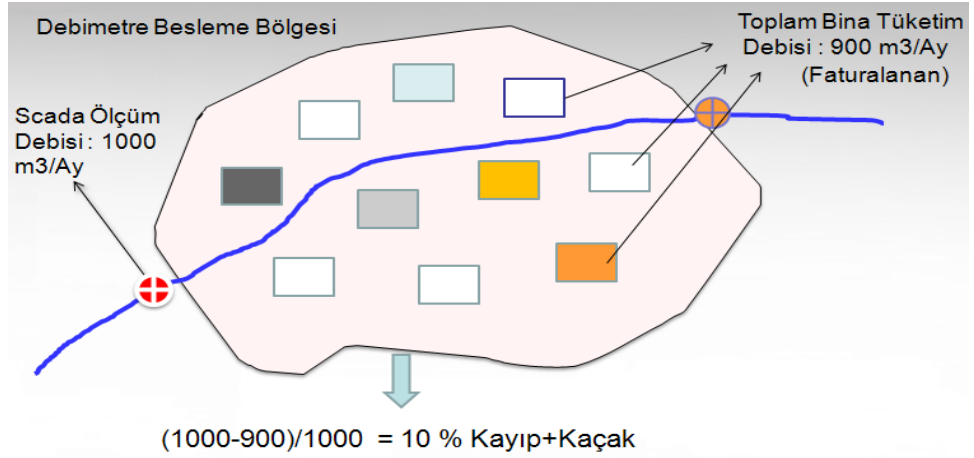
Bu çalışmaların tamamında,

- Konumsal Sorgulama Haritadan Bilgi Alma-Sözel Bilgiden Haritaya Ulaşma,
- Network(Şebeke) Analizleri,
- Modelleme ve Senaryo Yönetimi,
- Tematik(Konulu-Görsel) Harita Üretimi araçlarını kullanabilecek fonksiyonel bir sistem oluşturulmuştur.

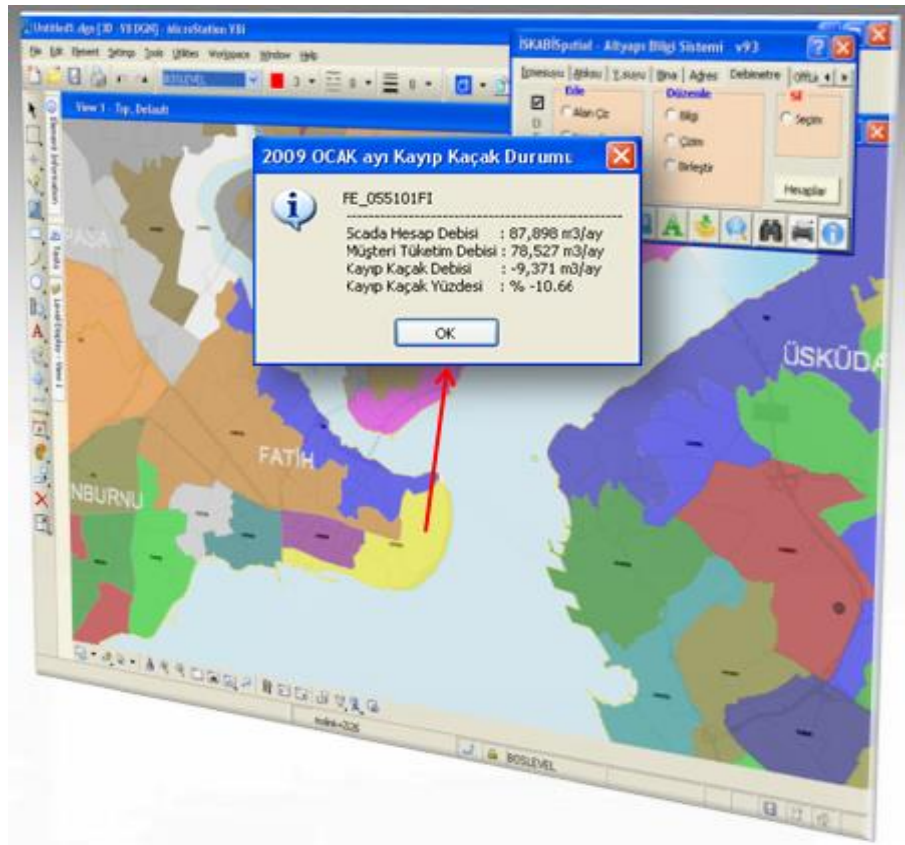
İSKABİS ile İSKİ'nin mevcut içmesuyu şebeke sistemi bilgisayar ortamında konumsal olarak belirlenmesini sağlanmakta ve sürekli genişleyen bu şebekenin en güncel bilgilerine her zaman ulaşılabilmektedir. Bu da olası arızalara en kısa zamanda müdahale imkânı sağlamakta ve su zayıyatını aza indirmektedir. Ayrıca İSKİ tarafından uygulaması devam eden bölgesel su tüketimi ve kayıp kaçakları gösterecek çalışma devam etmektedir(Şekil 2.17 ve Şekil 2.18). İSKABİS'in önemli uygulamaları aşağıda şekillerle gösterilmiştir.



Şekil 2.16: İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi Uygulamaları.



Şekil 2.17: İSKABİS Su Kayıp-Kaçak Uygulaması.



Şekil 2.18: İSKABİS Bölgesel Su Kayıp-Kaçak Takibi Uygulaması

2.10. SU KAYIPLARI KONUSUNDA ÜLKEMİZDEKİ ÇALIŞMALAR

Faturasız olarak kullanılan su miktarı ülkemizde önemli bir miktarda suyu oluşturmaktadır. Sürdürülebilir su yönetimi için önemli bir gelir kaynağı olduğu halde kayıt dışı kullanımlar ve su kayıpları belediye su yönetimi için ekonomik açıdan bir kayıptır. Günümüzde arıtma ve dağıtım maliyetinin yüksek olması belediye su yönetimlerinin bu kayıp miktarlarını minimize etme yolunu seçmelerine neden olmaktadır. Bu şekilde su yönetiminin birçok yararlı kazanımlar elde etmesi söz konusu olmaktadır. Bu kazanımları;

- Su arıtım ve iletim maliyetinin düşürülmesi,
- Fiziki olan ve fiziki olmayan kayıpların azaltılması,
- Su satışından elde edilen gelirin sadece su alanında kullanılması,
- Dağıtım sisteminin büyütülmesi ve yatırım projeleri maliyetlerinin ertelenmesi
- Su yönetimi giderlerinin azaltılarak müşteriye en iyi hizmetin sunulması

Ülkemizde içmesuyu dağıtım sistemlerindeki kayıplar konusundaki çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Mevcut çalışmaların da büyük bir kısmı belediyeler tarafından şebekelerindeki su kaybı yüzdesinin belirlenmesine yöneliktir. Ülkemizde su kayıpları konusunda yapılmış bazı çalışmalar ve elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığının 2013'te hazırladığı taslakla ülke genelinde yüzde 46'ya varan su kayıp ve kaçaklarını azaltmak için seferberlik başlatılmıştır. Kayıp ve kaçaklarla mücadele için yol haritasını belirleyen bakanlık, belediyelerin şebekedeki kayıp ve kaçak oranlarını 2 yıl içinde yüzde 40, takip eden 2 yıl içinde yüzde 30 düzeyine indirme zorunluluğu getirmiştir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Su Kayıp ve Kaçakları Yönetmelik Taslağı tamamlanarak görüşe açılmıştır. Belediyelerin(su şirketleri) yükümlü tutulduğu taslağa göre, su hacminin sürekli ölçülmesi ve şebeke için coğrafi bilgi sistemleri veri tabanını oluşturulması sağlanacaktır. Veri tabanlı kontrol ve gözetleme sisteminin(SCADA) kurulması ve dağıtım sisteminin hidrolik modellemesinin yapılması da öncelikli çalışmalar arasında yer alacaktır.

Su kayıp ve kaçaklarının azaltılması için su bütçesi belirlenecektir. Yasal tüketim miktarının tespit edileceği çalışma kapsamında; sayaç hatası, yasa dışı bağlantı ve hırsızlık gibi sebeplerle meydana gelen ticari kayıplar belirlenecektir. Ayrıca sızıntı miktarı tespit edilecektir.

Su kayıp ve kaçaklarının önlenmesi için izinsiz tüketimin engellenmesi, basınç yönetiminin yapılması, sızıntı tespiti sonrası doğru onarım, altyapının bakımı ve yenilenmesi esas olacaktır.

Taslağa göre, belediyelerden hâlihazırda veri tabanlı kontrol ve izleme sistemi(SCADA) bulunanlar su kayıp oranlarını yönetmeliğin yayımlandığı tarihten itibaren 2 yıl içerisinde yüzde 40, takip eden 2 yıl içerisinde ise yüzde 30 düzeyine indirmekle yükümlü tutulacaktır. Henüz veri tabanlı kontrol ve izleme sistemi bulunmayanlar ise su kayıp oranlarını yönetmeliğin yayımlandığı tarihten itibaren 3 yıl içerisinde yüzde 40, takip eden 2 yıl içerisinde ise yüzde 30 düzeyine indirecektir.

Şebekede basınç yönetimi uygulaması ile en yüksek statik basıncın 80 mss'den 60 mss seviyesine indirilmesi, gerekli yerlerde basınç düşürme vanalarının monte edilmesi sağlanacaktır. Sürekli takip ve bakım-onarım çalışmaları ile aktif su kayıpları ile mücadele edilecektir. Bütün tüketim noktalarının abonelik işlemlerinin yapılması ve faturalandırılmayan aboneler dâhil bütün abone noktalarına mutlaka sayaç takılması sağlanacak. Bütün sayaçlar düzenli olarak okunacaktır.

Bütün sayaçların düzenli olarak bakımı yapılacak. 10 yıldan daha eski sayaçlar yenilenecektir. B sınıfı ve daha düşük tipteki sayaçlar C sınıfı sayaçlar ile değiştirilecektir.

Belediyeler su tüketimi ile ilgili olarak her yıl Kasım ayının sonunda Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na rapor verecektir. Yönetmelikte belirtilen yükümlülüklerle uymayan belediyelere idari yaptırım uygulanacaktır.

Yapılan bazı çalışmalara örnek olarak İstanbul'da 1994 yılında İSKİ, su ve atıksu sistemleri üzerinde kapsamlı bir yenileme çalışması başlatmış, bu amaçla arıtma tesisleri, pompa istasyonları, iletim ve dağıtım hatları ve su depoları uluslararası standartlara getirilmiştir. İstanbul Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmada ekonomik ömrünü tamamlamış boruların %99'u düktil

font borularla değiştirilmiş ve şebekelerdeki kayıp oranı düşürülmüştür. Böylece %60 dolayındaki su kayıpları %27'ye inmiştir (Yüksel ve diğ., 2004). Antalya'da 2002 yılında kentin içmesuyu sorununu değerlendirmek için Su ve Atıksu İdaresi(ASAT) ile DSİ tarafından hazırlanan, altyapı çalışma grubu raporuna göre su kayıpları %58 civarındadır. Raporda kayıpların inşaat ve işletme hatalarından kaynaklandığı belirtilmektedir (Tarımcı diğ., 2002). Bursa için yapılan bir çalışmada su dağıtım şebekesinde oluşan kayıpların 2005 yılı için %37.5 olduğu belirtilmiştir (Yalılı ve Solmaz, 2004).

Su kayıpları sadece büyük şehirlerin değil küçük ve orta büyüklükteki yerleşim birimlerinin de sorunudur. Kayıp oranı Kars il merkezinde %80'e kadar çıkmaktadır ki bu değer ülkemizin en yüksek oranıdır. Genel olarak Türkiye'deki su kaybı oranı %28 ile %80 arasında değişmektedir (Öztürk ve diğ., 2007).

Ülkemizde su kayıplarının azaltılmasına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Su dağıtım sistemlerinde ayrık bölgeleme (Kabakçı ve Karadoğan, 2003) ve basınç azaltması (Kavurmacıoğlu ve Karadoğan, 1999) yapılarak kayıpların azaltılabileceği bildirilmiştir. Diyarbakır il merkezi için yapılan bir çalışmada, kaçak kullanımlara ceza uygulaması ile sadece bir ayda %15 su kaybı azalması sağlanmıştır (Songur ve Dabanlı, 2006). Sivas Belediyesi tarafından 2005 yılında hazırlanan altyapı raporunda, kentin içmesuyu şebekesindeki kayıp oranının %50 olduğu belirtilmektedir (Sivas, 2005). Sivas Belediyesi Su ve Kanalizasyon İşleri Müdürlüğü(SİBESKİ) 2005 yılında asbestli çimento boruların 11 km'lik kısmını polietilen borularla değiştirmiştir. Böylece şebekedeki asbestli çimento boru oranı %49'dan %33'e düşürülerek kayıp oranı %29'a kadar gerilemiştir.

İzmir'de İZSU tarafından sürdürülen "Su Kaçak ve Kontrol Projesi" kapsamında dağıtım sistemi üzerinde tek debi giriş noktası olan 1500–2000 haneden oluşan izole bölgeler oluşturulmuştur. 2004 yılı içerisinde izole bölge sayısı 281'e çıkarılmıştır. Hedef tüm İzmir'i yaklaşık 400 sayaç bölgesine ayırmaktır. Bu çalışma ile Nisan 2004 ile Mart 2005 tarihleri arasındaki bir yıllık sürede ortalama 723 l/s, yılda ise toplam 22.8 milyon m³ su kazanılmıştır. Su kaçaklarının düzeyinin %20–25 dolaylarına düşürülmesi planlanmaktadır. Ayrıca, kullanım ömrünü dolduran sayaçları yenilemek amacıyla başlatılan proje kapsamında 170.000 sayaç yenilenmiştir ve yeşil alan sulamalarının

ölçülmesi amacıyla park sayaçları düzenlenmiştir. Su dağıtım sisteminin uç noktalarında bulunan, eski ve kapasitesi düşük depoları sistemden çıkarmak amacıyla 33 adet pompa istasyonunda motorların devirlerini değiştirerek hız kontrolü yapan ve şebekenin gün içinde değişen talebini karşılayan konvertör cihazları işletmeye alınmıştır. Böylece 11 adet depo iptal edilerek su dağıtım sisteminden çıkarılmıştır. Bu sayede ve Ekim 2004'ten itibaren, enerji bazında, aylık 38.000 YTL kazanç olduğu saptanmıştır. SCADA sistemi 2000 yılı içinde tamamlanmıştır (İZSU, 2007).

Kocaeli bölgesinin büyük bir bölümü Yuvacık Barajı'ndan beslenmektedir. Yuvacık barajı'ndan kullanılan suyun Aralık 2004 kayıtlarına göre %55'e yakın kısmı faturalandırılmamaktadır. Su kayıplarıyla mücadele etmek amacıyla İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSU) tarafından atıl durumdaki kaçak su arama cihazları yenilenmiştir. Bu maksatla 100.000 Euro değerinde 1 adet ultrason alıcısı, 4 adet yer mikrofoni, 4 adet debimetre ve 10 adet elektronik manometre alınmıştır. Su kayıp arama ekipleri yeni cihazlarla 2 ay gibi bir sürede 85 adet kaçak tespit etmiştir. Bu çalışma sonucunda yaklaşık 90 lt/sn su kaçağının önüne geçilmiştir (İSU, 2007).

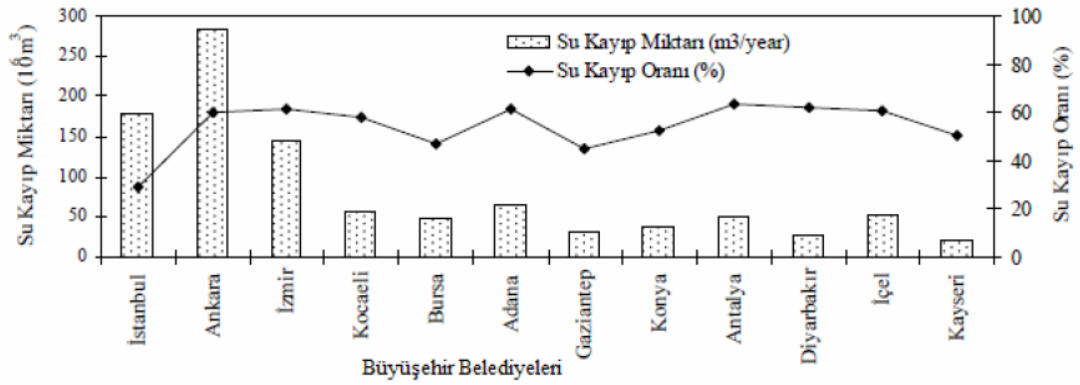
İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ) ve Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi(ASKİ) tarafından yapılan çalışma ile SCADA sistemi kurularak pompa istasyonları, su depoları, arıtma tesisleri, su dağıtım şebekesi ve yardımcı işler için gerekli tesisler sürekli olarak gözlem altında tutulmaktadır.

Türkiye'de içmesuyu şebeke sistemine verilen suyun ortalama %51'i kaybolmaktadır. Şebeke sistemine yılda verilen içme suyu miktarı yaklaşık 6.5 milyar ton iken bunun en fazla 3.2 milyar tonu tüketiciler tarafından kullanılabilir. Geriye kalan 3.3 milyar ton/yıl su ise fiziki veya fiziki olmayan şekilde kaybolmaktadır.

Belediye su yönetimlerinin en önemli görevlerinden biri hizmet ettiği topluma güvenilir, sağlıklı ve efektif bir şekilde su temin etmektir. İçme suyu sisteminin bileşenlerini su isale hattı, arıtma tesisi, dağıtım şebekesi ve depolama sistemleri olarak sıralanabilmektedir. Bu bileşenler içerisinde işletme ve ilk yatırım açısından en pahalı olan sistem su dağıtım sisteminin yapımıdır. Dağıtım sistemindeki yüksek su basıncı, boru malzemesinin kalitesi, küçük boru çapı, bağlantı contaları, kötü işçilik ve imalat, borunun eskiyerek çürümesi ve ekonomik ömrünü tamamlaması, döşendiği yerin toprak

özellikleri, ağır trafik yükü ve sayaçların ve servis bağlantılarının dikkatsizce yapılmış olması su kayıplarını önemli miktarda artırmaktadır.

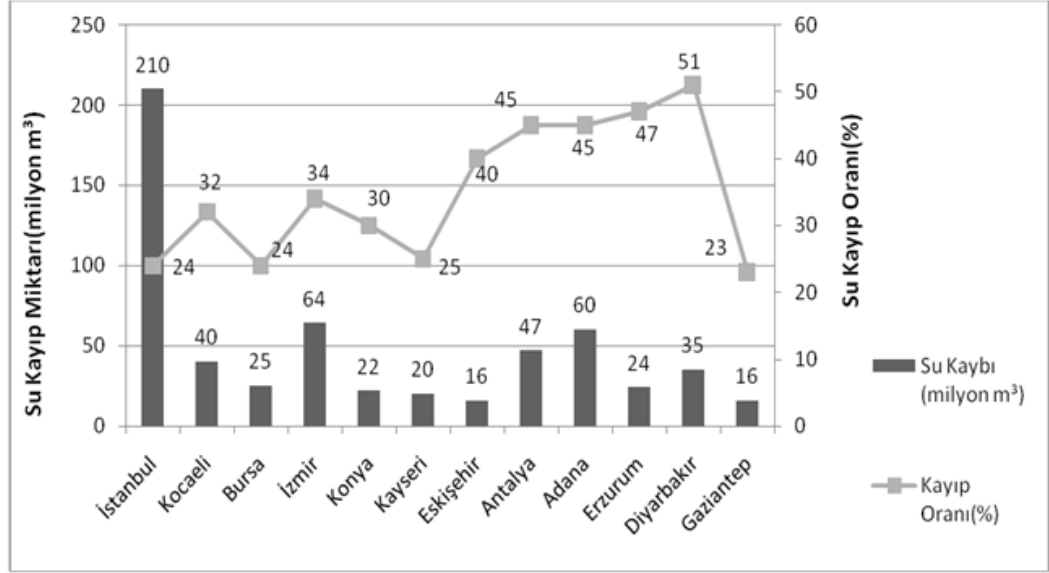
Sayın Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK'ün yaptığı İçme Suyu Şebeke Sisteminde Kaçak-Kayıplar çalışmasına göre 2007 yılında Büyükşehirlerde şebeke sistemindeki su kaybı miktarları Şekil 2.19'da gösterilmiştir. Yaptığımız çalışma ile 2012 yılındaki kayıp miktarları Şekil 2.20'de verilmiştir. Bu çalışmalara göre kayıp oranı İstanbul'da aşağı seviyelere çekilmiş fakat kayıp olan su miktarında artış olduğu gözlenmektedir. Bunun sebebi ise her geçen gün İstanbul'da su ihtiyacı artmaktadır. Su ihtiyacı artması ile birlikte su bağlantı yerleri artmakta ve daha çok basınçla su verilmeye çalışılmaktadır. Bu durumda şebeke sisteminde istenmeyen patlak ve arıza oluşmasına sebep vermektedir.



Şekil 2.19: Büyükşehir Belediyelerinin Şebeke Sistemindeki Su Kaybı (Öztürk, 2009).

2007 ve 2012 yıllarındaki Büyükşehir Belediyelerindeki kayıp kaçaklarındaki değişimlere baktığımızda her geçen yıl kullanılan su miktarı artmıştır. Artmasına rağmen belediyelerin eskimiş borularını özellikle düktil font tarzı borularla yenilemesi, eski sayaçların yenilenmesi, SCADA takibinin dikkatli yapılması, basınç kontrolü ve basınç kırıcı vanalar konulması, vana bölgeleri ve debimetre bölgelerinin izole edilmesi gibi çalışmalarını yaptıkları için hızla kayıp su miktarı azalmaktadır. Özellikle gelişmiş illerimizde bu daha hızla tamamlanmaktadır. Fakat İstanbul'un kayıp su miktarı en büyük illerdeki yıllık kullanılan su miktarının iki katına tekabül etmektedir. İstanbul'da kayıp oranı %24 olmasına rağmen kayıp su miktarı kayıp oranındaki gibi hiç de az görünmemektedir. Bu yüzden İSKİ bu oranı daha aşağı seviyelere çekmek için

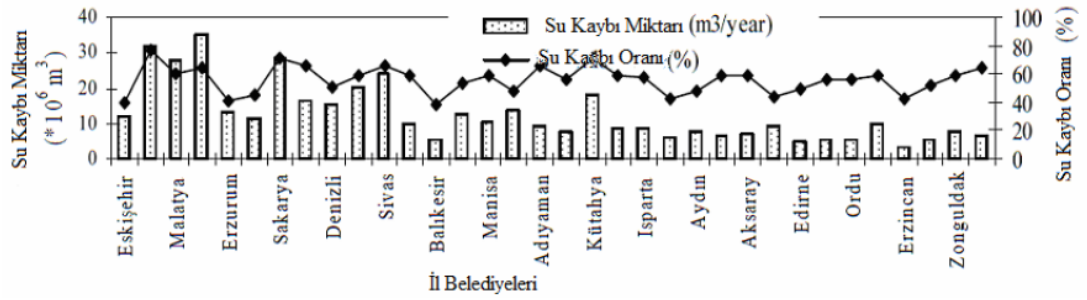
çalışmalarına devam etmektedir. Su kayıp oranı şehirlerin gelişmişlik seviyesiyle doğru orantılı olarak değişim göstermektedir.



Şekil 2.20: Büyükşehir Belediyelerinin Şebeke Sistemindeki Su Kaybı (Su İdareleri, 2012).

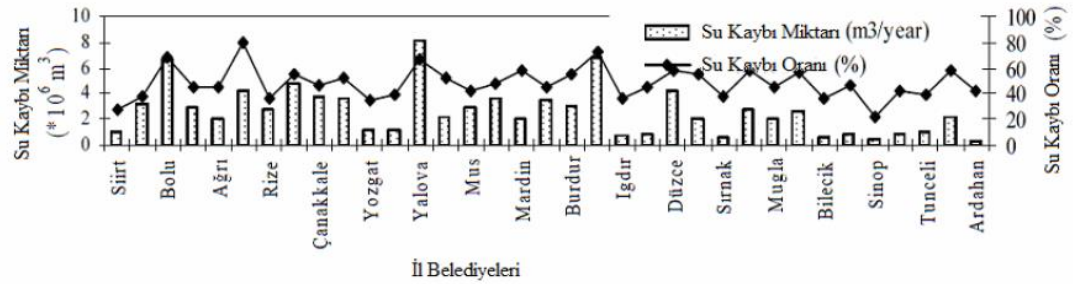
Bazı belediyelerin 2012 su kayıp-kaçak oranları sadece fiziki kaçaklar hesaplanarak ele alınmıştır, gerek idarelerin gerek diğer belediyelerin yangın hidrantlarından aldığı su miktarları da hesaplanarak su kayıp miktarları düşülmüştür. Ayrıca, su şebeke arızalarında, şebekeden tahliye edilen su miktarları hesaplanarak kayıp miktarları düşülmüştür. Böylece su kayıp oranının içindeki, gerçek fiziki su kaçaklarına daha yakın bir değer bulmak hedeflenmiştir. Eğer sadece fiziki kayıp oranı hesaplanmamış olsaydı toplam kayıp oranları daha fazla çıkmış olurdu.

Nüfusu 100.000 ile 500.000 arasında olan şehirlerdeki şebeke sistemindeki su kaybı miktarları ve oranları Şekil 2.21’de verilmiştir. Çoğu ilimizdeki şebeke sistemindeki su kaybı oranının %40’ın üzerinde olduğu görülmektedir. Bazı illerimizde ise su kaybı oranının %70 üzerine olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2.21: 100-500 Bin Nüfuslu İllerdeki Şebeke Sisteminde Kayıp-Kaçak Oranı (Öztürk, 2009).

Nüfusu 100.000'den küçük olan şehirlerdeki şebeke sistemindeki su kaybı miktarları ve oranları Şekil 2.22'de verilmiştir. Çoğu ilimizdeki şebeke sistemindeki kayıp oranının %35'in üzerinde olduğu görülmektedir. Bazı illerimizde kayıp oranının %75 üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Yani şebekeye verilen suyun %25'i ancak kurallara uyan tüketicilere ulaşmaktadır.



Şekil 2.22: Nüfusu 100 Binden Küçük Şebeke Sistemindeki Kaçak Kayıp Oranı (Öztürk, 2009).

Bazı belediyelerde şebeke sistemindeki su kaybı %80'lere ulaşmaktadır. Şebeke sisteminde su kaybı oranı en fazla nüfusu 100.000'in altında olan belediyelerde görülmektedir. Bu belediyelerde su kaynaklarını, şebeke sistemi kayıplarını ve kaçak bağlantılarını izleyerek gereğini yapacak yeterli kapasitede su yönetim birimi yoktur. Zaten faturalandırdıkları su bedelleri ile şebeke sisteminde gerekli bakım, onarım ve izleme işlemlerini yapmaları mümkün değildir.

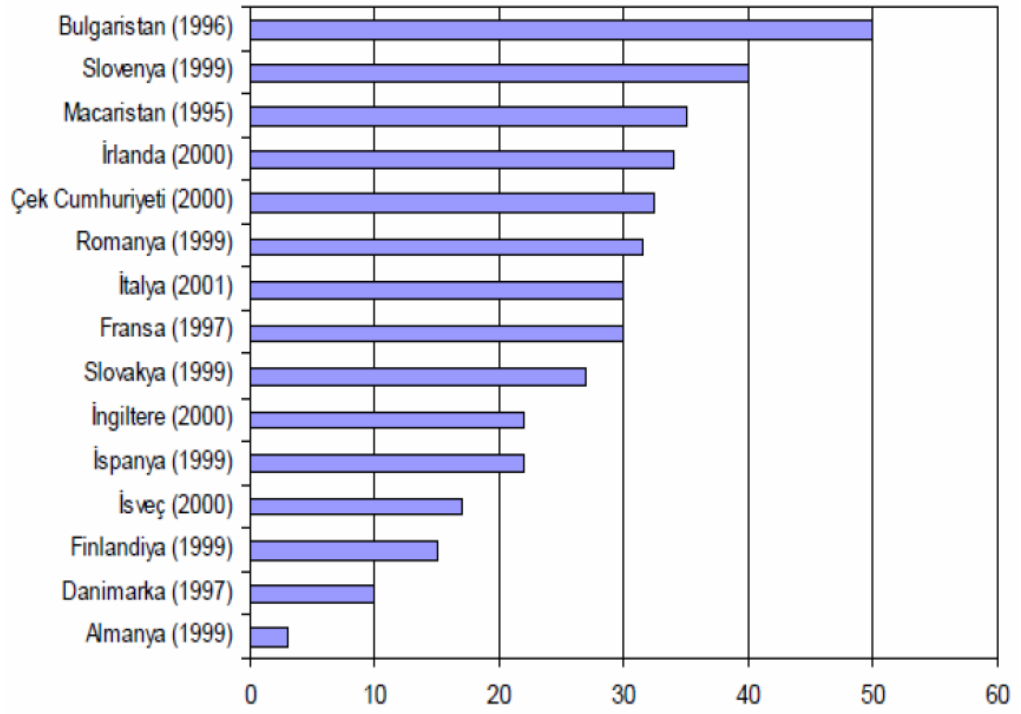
Miktar olarak şebeke sisteminde en büyük su kaybı büyük şehirlerde gerçekleşmektedir. Ülkemizdeki şebeke sistemindeki su kaybının %80'i nüfusu 500.000'in üzerinde olan belediyelerde gerçekleşmektedir.

Türkiye’deki Büyükşehirler de içmesuyu şebeke sistemindeki su kayıpları %20 mertebesine indirilse yaklaşık 4.8 milyar ton su tüketicinin kullanımına sunulacaktır. Mevcut duruma göre 1.8 milyar ton su kullanıma hazır hale getirilecektir. İstanbul’da günlük olarak tüketilen su miktarı 1.800.000 Ankara’da ise 850.000 ton/gün’dür. Türkiye’de şebeke sisteminde faturalanamayan bedellerin alınması ve sızıntıların azaltılması ile İstanbul ve Ankara illerinin iki yıllık su ihtiyacını karşılayacak bir kapasite kontrol altına alınacaktır.

2.11. DÜNYADAKİ SU KAYIPLARININ DURUMU

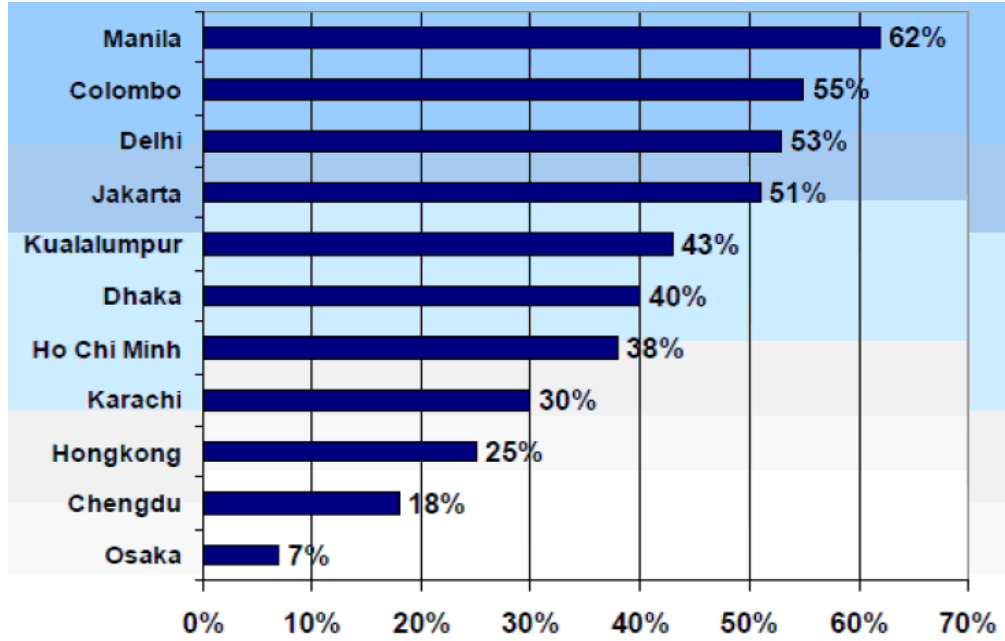
Su dağıtım sistemlerinde meydana gelen kayıplar su zengini olarak bilinen ülkelerde bile ciddi olarak izlenmektedir. Genel olarak gelişmiş ülkelerde kayıplar daha azdır.

Avrupa ülkelerinin sadece bir kaçında(Romanya gibi) temin edilen su içme suyu yanında sulama amacı ile kullanılmaktadır. Romanya’da temin edilen suyun %10-15’i tarımda sulama amacı ile kullanılmaktadır. İtalya, Türkiye, Portekiz ve Yunanistan gibi ülkelerde yeni su temini projeleri planlanmaktadır. Çünkü bu ülkelerde su temini sistemi kötü durumdadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı(UNEP)’nin yaptığı bir çalışmaya bazı Avrupa şehirlerindeki su kaybı yüzdeleri Şekil 2.23’de gösterilmiştir.



Şekil 2.23: Avrupa Ülkelerindeki Ortalama Su Kayıpları (Agency, 2003).

Bazı Asya ülkelerindeki şehirlerde faturalandırılmayan su kaybı oranı Şekil 2.24’de verilmiştir. Manila, Delhi, Cakarta ve Colombo gibi şehirlerde şebeke sistemindeki su kaybının %50’nin üzerinde olduğu görülmektedir. Osoka şehrinde ise içmesuyu şebeke sisteminde su kaybı ise %10’un altında olduğu anlaşılmaktadır. Bunun anlamı içmesuyu şebeke sistemindeki su kayıplarının %10’un altına düşürülebileceğidir.



Şekil 2.24: Asya'daki Bazı Şehirlerin Su Kaybı Yüzdeleri (Mcintosh, 2003).

Singapur'da su kayıplarıyla mücadele programı başarıyla uygulanmıştır. 1989'da %10.6 olan kayıp yüzdesi 1994'te %6'ya düşürülmüştür. Üretim ve tüketimin tamamı ölçülmektedir. Üretim sayaçları her ay kalibre edilmektedir. Ev sayaçları 7 yılda bir, endüstride kullanılan sayaçlar ise 4 yılda bir değiştirilmektedir. İtfaiyenin kullandığı su faturalandırılmaktadır. Sistemin tamamında ayırık bölgelendirme yapılmış ve sürekli gözlenmektedir. Dağıtım boruları korozyona karşı çimentoyla kaplanmıştır ve kilometredeki yıllık kırık sayısı üçü geçerse o boru değiştirilmektedir. Ev bağlantıları paslanmaz çelik veya bakır borulardandır (Mcintosh, 2003).

Yunanistan'ın başkenti Atina'nın su dağıtım sisteminden sorumlu kuruluş olan EYDAP tarafından etkili bir kayıpla mücadele programı yürütülmüş ve 1992'de %40 olan kayıp yüzdesi günümüzde %20'ye düşürülmüştür. Bu kaybın yarısının fiziksel diğer yarısının ise idari/ticari kayıp olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla 1997'de ayırık bölgeleme uygulanmış ve su kaybının aslında belli bölgelerde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Bu bölgelere yerleştirilen 150 adet basınç düşürücü vana ile gece sistem basıncı düşürülerek kaçaklar azaltılmaktadır (Kanellopoulou, 2007).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. FİZİKSEL SU KAYIPLARININ TESPİTİ YÖNTEMLERİ

Fiziksel su kayıp ve kaçaklarının yerini ve miktarını tespit etmek için genel olarak, *pasif* ve *aktif* yöntem olarak adlandırılan iki yöntem kullanılmaktadır.

Pasif yöntem sızıntı bulgularının oluşması ile birlikte harekete geçilmesidir, örneğin; yüzeyde görülen su fişkirmaları tarzındaki boru patlamaları sonucu veya sulardaki düşük basınç ve kesilmeler ile ilgili müşteri şikâyetleri üzerine önlem alınmasıdır. Yeraltına sızıntıların daha az fark edilebildiği şebeke denetiminin az olduğu su dağıtım sistemlerinde pasif kontrol yöntemi sızıntı kontrolü çalışmalarının ilk adımını oluşturur. Reaktif(pasif) kontrol altındaki bu tip bölgelerde, büyük oranda belirlenemeyen sızıntı kayıplarının zamanla daha da artması söz konusu olabilir.

Aktif yöntem ise zemine çıkmayan toprak altında kalmış fark edilemeyen su kaçaklarının sistematik olarak sistemdeki kaçakların çeşitli dinleme cihazları, algılayıcılar kullanılarak veya testler uygulanarak(örneğin; basamak testi, en düşük gece akış kontrol testi, hidrolik izolasyon testleri vb.) veya şebeke üzerinde programlanmış yürüyüşler ile kaçak arama çalışmalarının yürütülmesidir. Aktif yöntemle bir şehrin su kaçağının tespit edilmesi ve azaltılması çok zahmetli ve uzun süreli çalışmayı gerektirmektedir (Setford, 1985).

Su kaçaklarının tespit edilmesi ile ilgili çalışmalar, prensip olarak şehrin kontrol edilebilir yaklaşık 500x500 m²'lik küçük çalışma alanlarında gerçekleştirilmektedir. Her alanda boru uzunluğu 8-10 km'yi geçmeyecek ve servis bağlantısı sayısı da tercihen 500'den az olursa ancak böylece o alandaki toplam su kullanımı debi ölçüm aletinin kapasitesinden daha az olabilir ve ölçümler gerçekleştirilebilir. Ölçümlere başlamadan önce o alandaki bütün vanaların, yangın musluklarının ve su sayaçlarının çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi ve bozuk olanların değiştirilmesi gerekmektedir. Su kaçaklarının tespit edilmesinde çalışılan alanın hidrolik izolasyonu esas alınmaktadır. Bu nedenle sağlıklı bir çalışma yapabilmek için seçilen alana bir noktadan suyun verilmesi diğer komşu alanlarla ilişkisinin kesilebilmesi çok önemlidir. Bu sayede bir

noktadan verilen suyun debisi sağlıklı olarak ölçülebilir ve kullanılan su hacmi de bilineceğinden o alandaki toplam kayıp sağlıklı olarak bulunabilir.

Bir bölgedeki kaçak tespit koşullarının saptanmasında karşılaşılan iki önemli sorun:

- Bu bölge için en uygun sızıntı tespit yönteminin belirlenmesi,
- Yöntemin uygulaması için gereken maliyet

3.2. SU KAYIPLARININ BİLEŞENLERİ

Su kaybı denildiği zaman genellikle su dağıtım sistemindeki fiziksel kayıplar düşünülür. Oysa toplam kayıp çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Su kayıpları ile ilgili terimlerin standartlaştırılması amacıyla, Uluslararası Su Birliği(IWA) ve Amerikan Su İşleri Birliği(AWWA) su kaybını oluşturan bileşenleri tanımlamış ve farklı su dağıtım sistemlerinin karşılaştırılabilmesi için gerekli olan performans göstergelerini hesaplayan Su Bütçesi Yöntemini 2003 yılında önermiştir (AWWA, 2007; IWA, 2007). Bu yöntemle göre su bütçesinin bileşenleri tanımlanmış(Tablo 3.1), su bütçesinin nasıl oluşturulacağı belirtilmiş(Tablo 3.2) ve farklı şebekelerin su kayıpları yönünden karşılaştırılabilmesi için gerekli göstergeler tanımlanmıştır(Tablo 3.3).

Tablo 3.1: IWA/AWWA Yöntemine Göre Su Bütçesinin Bileşeni (Toprak ve diğ. 2007; IWA, 2007).

<i>Su Bütçesi Bileşeni</i>	<i>Tanım</i>
Sisteme Giren Hacim	Su dağıtım sistemine yıllık giren hacim
Yasal Tüketim	Kayıtlı kullanıcılar tarafından çekilen, ölçülmüş ve/veya ölçülmemiş yıllık su hacmi
Su Kayıpları	İdari/Ticari Kayıplar ve Fiziksel Kayıpların toplamından oluşan, Sisteme Giren Hacim ile Yasal Tüketim arasındaki fark
İdari/Ticari Kayıplar	Yasadışı tüketimler, ölçüm cihazlarındaki ve okumalardaki hatalar sonucu faturalandırılmayan su
Fiziksel Kayıplar	Sızıntılar ve kırıklardan kaybedilen, iletim hatlarından ve depolardan savaklanan, branşman bağlantılarından kaynaklanan, özetle tüketicinin sayacından önceki tüm kayıpların hacmi
Gelir Getiren Su	Sisteme Giren Hacmin faturalandırılan ve gelir getiren kısmı
Gelir Getirmeyen Su	Sisteme Giren Hacim ve Faturalandırılan Tüketim arasındaki fark

Bir sistemden su kaybı miktarı su dengesi kurularak belirlenebilir. Bu üretilen(giren ve/veya çıkan sular hesaba katılarak), tüketilen ve kaybolan su miktarının ölçülmesi veya hesaplanmasını esas almaktadır. En basit şekliyle, su dengesi:

$$\text{Su Kaybı(m}^3\text{)} = \text{Verilen su(m}^3\text{)} - \text{Faturalanan su(m}^3\text{)} \quad (3.1)$$

Su dengesinin hesaplanması çok önemlidir, çünkü:

- Her hangi bir şirket için su kaybı seviyesinin değerlendirilmesinin esasını teşkil eder.
- İlk baştaki hesaplama verilerin kullanılabilirliğini ve güvenilirliğini ve anlama seviyesini ortaya çıkarır.
- Değerleri kıyaslama için veri çıkarır.
- İyileştirme için ilk adımı sağlar.
- Su dengesini anlama faaliyet ve yatırımların önceliği için zorunludur.

On yıl önce su dengesi hesapları için tanım ve format çeşitliliği bulunmaktaydı. 1990'ların sonlarında IWA ortak terminolojiye sahip pratik bir su denetleme yapısına ihtiyaç olduğunu teşhis etmiş ve sonuçta Su Kaybı Çalışma Grubu standart bir su dengesi geliştirmiştir. Bu standart su dengesi şimdi bir takım küçük değişikliklerle veya hiç değiştirilmeden kabul edilmiş olup dünya genelinde kullanılmaktadır.

Tablo 3.2: IWA/AWWA Yöntemine Göre Su Bütçesi(m³/yıl) (IWA, 2001).

SISTEME GİREN SU	YASAL TÜKETİM	Faturalandırılan Yasal Tüketim	Ölçülen Faturalandırılan Tüketim	Faturalandırılan Tüketim(Gelir Getiren Su)
			Ölçülmeyen Faturalandırılan Tüketim	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim (Bedelsiz Tüketim)	Ölçülen Bedelsiz Tüketim	KAYIP SU (NRW) (Gelir Getirmeyen Su)
			Ölçülmeyen Bedelsiz Tüketim	
	SU KAYIPLARI	İdari Kayıplar	İllegal Kullanım	
			Sayaç Hataları	
			Faturalama Kayıpları	
		Fiziksel Kayıplar	İsale ve Şebeke Borularındaki Kaçaklar	
			Şube Yolu Bağlantılarında ki Kaçaklar	
			Depolardaki Taşkınlar ve Kaçaklar	

Sisteme Giren Su: Sisteme alınan arıtılmış yıllık su giriş hacmidir. Kullanılacak su kaynakları ve tedarik edilmiş suyun miktarı tanımlanmalı, şebeke girişindeki ölçüm yapan sayaçların kalibrasyonu yapılmalı, depoların ve arıtma tesislerinin giriş ve çıkışlarına sayaç tesis edilmelidir. Pompa değerleri kontrol edilmelidir (Farley and Liemberger, 2004a).

Yasal Tüketim: Su tedarikçisi tarafından konut, ticari ve sanayi amacıyla böyle yapmalarına zımnen veya açıkça izin verilen kayıtlı müşteriler, su tedarikçisi ve diğerleri tarafından ölçülerek ve/veya ölçülmeden alınan yıllık su hacmidir. Ölçülmüş

tüketimin hesaplanabilmesi için faturalama kayıtları kullanılır. Aylık olarak düzenlenmiş fatura bilgileri ortalama günlük debiye dönüştürülür. Yüksek tüketim ve düşük tüketim aboneleri takip edilmelidir.

Bedelsiz Tüketim: Bedelsiz gruptaki kullanıcılar; cami, mezarlık, park ve bahçe gibi kamuya ait ortak alanlar tanımlanır. Kullanılan su miktarının hesaplanabilmesi için bu gruptaki kullanıcılara sayaç takılması gerekmektedir. Görünen ve gerçek kayıplardan ibarettir.

Kaçak Kullanım(İllegal Kullanım): Kayıtlı kaçak bağlantı sayısı belirlenir ve mevcut bölgelerdeki konutlarda anket çalışması yapılarak sözleşmeleri ve fatura bilgileri kontrol edilir. Kaçak kullanım yerleri, kırılmış veya by-pass edilmiş sayaçlar tespit edilir. Toplam kullanılmış su miktarı hesaplanarak kişi başına tüketim hesaplanır.

Sayaç Hassasiyeti ve Sayaç Okuma Hataları: Tüketici sayaçlarının okuma hataları temsil edici sayaçlar ile karşılaştırma yapılarak belirlenmelidir. Örneklerin kompozisyonu çeşitli sınıf ve yaş gruplarındaki sayaçları yansıtmalıdır. Doğruluk testlerinin sonucunda ortalama sayaç hata değerleri(% sayaç tüketiminin yüzdesi) farklı kullanıcı grupları için saptanmış olmalıdır. Sayaç okuma hataları ticari kayıplar içinde önemli bir yer tutabilir (Farley and Liemberger, 2004a).

Pilot alan sayaçlarının doğruluğunu kontrol etmek için abone sayaçlarından sonra akış yönüne doğru kalibrasyonu yapılmış sayaçlar tesis edilir. Mevcut sayaç ve kullanılan(D ya da C sınıf sayaç uygulanır) sayaç arasındaki okuma farkı “su dengesi” hesabında kullanmak için hesaplanır. Hassas ölçüm yapan sayaçlar kullanarak yapılan su harcamaları daha iyi ölçümlenir. Ayrıca yüksek tüketim abonelerine kademeli tarife sistemi uygulayarak suyun tasarruflu kullanılması sağlanabilir. Yüksek tüketim abonelerinin sayaçları belli periyotlarda kontrol edilerek yenilenmelidir (Farley and Liemberger, 2004b).

3.2.1. Toplam Su Kaybının Hesaplanması

Toplam su kaybı şebeke sistemine verilen su ile faturalandırılan su miktarı arasındaki fark tespit edilerek bulunur. Buna gelir getirmeyen su(NRW) denir. Bedelsiz kullanıcılar(ibadethane, park vb.) gibi izinli bedelsiz tüketim miktarı da

faturalandırılmayan su miktarının içinde olduğu için kayıp su kapsamında değerlendirilir.

$$\text{Kayıp Su (NRW)} = \text{Fiziksel Kayıplar} + \text{Ticari Kayıplar} + \text{Bedelsiz Tüketim} \quad (3.2)$$

Diğer bir ifadeyle;

$$\text{Su Kaybı (m}^3\text{)} = \text{Verilen su (m}^3\text{)} - \text{Faturalanan su (m}^3\text{)} \quad (3.3)$$

$$\text{Su Kaybı (\%)} = \frac{\text{Su Kaybı (m}^3\text{)} (\text{Faturalandırılmamış su})}{\text{Verilen Su (m}^3\text{)}} \quad (3.4)$$

$$\text{Su Kaybı (m}^3\text{/gün.km)} = \frac{\text{Su Kaybı (m}^3\text{)}}{\text{Şebeke Uzunluğu (km)} * \text{Gün}} \quad (3.5)$$

Bunun yanında hesaplanamayan su da bulunmaktadır (UFW).

$$\text{UFW} = \text{Fiziksel Kayıplar} + \text{Ticari Kayıplar} \quad (3.6)$$

Diğer bir ifadeyle;

$$\text{Su Kaybı (m}^3\text{)} = \text{Verilen su} - \text{Faturalanan su} - \text{Bedelsiz tüketim} \quad (3.7)$$

Şebeke sistemlerindeki fiziksel su kayıplarının hesabında aşağıdaki bağlantı(bağlantılar) kullanılır;

$$\text{Fiziksel Su Kaybı (L/gün.Bağlantı)} = \frac{1000 * \text{Su Kaybı (m}^3\text{)}}{\text{Bağlantı sayısı} * \text{Gün}} \quad (3.8)$$

$$\text{Lineer Gece Endeksi (m}^3\text{/gün.km)} = \frac{\text{Minimum Gece Debisi (m}^3\text{/gün)}}{\text{Şebeke Uzunluğu (km)}} \quad (3.9)$$

$$\text{Lineer Tüketim Endeksi (m}^3\text{/gün.km)} = \frac{\text{Aylık tüketim (m}^3\text{/gün)}}{\text{Şebeke uzunluğu (km)}} \quad (3.10)$$

$$\text{Lineer Bağlantı Endeksi (bağlantı / km)} = \frac{\text{Bağlantı sayısı}}{\text{Şebeke uzunluğu(km)}} \quad (3.11)$$

Tablo 3.3: Gelir Getirmeyen Su ve Su Kayıpları için Performans Göstergeleri (Toprak ve diğ. 2007; IWA, 2007).

<i>Performans Göstergesi</i>	<i>Yorum</i>
Gelir Getirmeyen Su Hacminin, Sisteme Giren Hacmin Yüzdesi Olarak İfadesi	Basit Su Dengesi ile hesaplanabilir, genel bir finansal gösterge olarak iyidir.
Gelir Getirmeyen Su maliyetinin su dağıtım sisteminin yıllık masraflarının yüzdesi olarak ifadesi	Gelir Getirmeyen Su bileşenlerinin farklı birimlerle ifadesine imkan sağlar
İdari/Ticari Kayıpların hacminin günlük servis bağlantı sayısı cinsinden ifadesi	Temel fakat anlamlı bir gösterge önce İdari/Ticari Kayıpların hacmi hesaplanmalı veya tahmin edilmelidir
Fiziksel Kayıpların, Sisteme Giren Hacmin yüzdesi olarak ifadesi	Dağıtım sisteminin işletiminin verimini değerlendirmek için uygun değildir
Normalleştirilmiş Fiziksel Kayıplar-Hacim/Servis Bağlantı Sayısı/Gün	Fiziksel kayıpların azaltılması hedeflerini koymak için iyi bir işletme performans göstergesidir
Kaçınılamayan Yıllık Fiziksel Kayıplar(Unavoidable Real Losses-UARL)	Teknolojinin ulaştığı son nokta uygulanırsa kaçakların azaltılabileceği limit gösteren teorik bir değer. Altyapı Kaçak İndeksinin(ILI) hesaplanması için anahtar bir değer. Su çok pahalı veya az değilse sistemin bu seviyede olması gerekmez.
Altyapı Kaçak İndeksi(Infrastructure Leakage Index-ILI)	Mevcut Yıllık Fiziksel Kayıpların (Current Annual Real Losses-CARL, Kaçınılamayan Yıllık Fiziksel Kayıplara oranı (UARL); Fiziksel kayıpların kontrolü için iyi bir işletme ölçütüdür.

3.2.2. Şebeke Hatlarında Meydana Gelen Sızıntının Hesaplanması

IWA ve AWWA tarafından kullanılması tavsiye edilen yeni ve en yaygın kullanılan fiziksel kayıp göstergesi altyapı sızıntı endeksidir(ILI). ILI fiziksel kayıpların yıllık hacminin kaçınılmaz fiziksel kayıplara oranıdır.

Altyapı Sızıntı Endeksi(ILI)

$$ILI = CARL / UARL \quad (3.12)$$

CARL: Güncel toplam reel kayıplar şebeke sisteminin yaşlanması ile oluşan sızıntı boru kırıkları sebebiyle artış göstermektedir. Bu durumu engellemek amaçlı basınç yönetimi, hızlı ve kaliteli tamir, aktif sızıntı kontrolü(raporlanmamış sızıntı ve kırıkların yerinin tespiti) ve malzeme ve varlıkların yönetimi iyi yapılmalı ve böylece sızıntı kontrolü sağlanmalıdır (Lambert and Fantozzi, 2005).

UARL: Mevcut şebeke basıncında teknik olarak ulaşılabilir en düşük fiziksel kaybın yıllık hacmi ifade eder. UARL hesabı için IWA Water Losses Task Force(1996-99) yıllarında geliştirilmiş aşağıdaki(3.14) numaralı formül kullanılır. 5000 den fazla şube yolu bağlantısı, 25 metreden fazla basınç ve 20 şube yolu/km den fazla şebekelerde bu hesaplama yöntemi kullanılır (Lambert and Fantozzi, 2005).

$$\text{UARL (Litre/Gün)} = (18 * L_m + 0,80 * N_c + 25 * L_p) * P \quad (3.13)$$

L_m = İsale Hattı Uzunluğu(km)

N_c = Şube Yolu Bağlantılarının Sayısı(adet)

L_p = Dağıtım şebeke Hattı ile Abone Sayacı Arasındaki Toplam Uzunluk(km)

P = Ortalama Basınç(m)

Teknik Reel Kayıp Endeksi (TRKE) :

$$\text{TRKE} = \text{Verilen Su} - \text{Ticari Kayıplar} - \text{Faturalandırılmayan Ölçülmüş Su} \quad (3.14)$$

3.3. SAHAYA UYGUN OLABİLECEK KAÇAK TESPİT YÖNTEMLERİ

3.3.1. Bölgesel Sayaçları Ölçümleme Yöntemi

Bölge sayaçlarının ölçülmesi ile fiziksel kaçakların tespit edilmesi için seçilen bölgenin hidrolik izolasyonu gereklidir. Bu yöntemle göre şebeke birkaç bölgeye bölünür ve uygun yerlerdeki vanalar kapatılarak her bölgenin irtibatı diğerlerinden kesilir. Seçilen bölgede normal olarak 2000 ile 3000 adet arasında abone bağlantısı bulunur. Abonelere bağlı su sayaçları üzerinden her ay veya 2-3 aylık aralıklarla ölçümler yapılarak su miktarları tespit edilmektedir. Bölgeye verilen su ile sayaçlardan ölçülen miktar arasındaki fark su kaybı olarak belirlenmektedir. Ayrıca her bölgede, her ay sonunda toplam aylık kullanım ile bir ay önceki toplam kullanım karşılaştırılır. Eğer açıklanması şüpheli görülen miktarlar bulunursa kaçığın yerini bulması amacıyla bölgeye teknisyen gönderilir. Bu yöntemin yararlarından biri de arızalı sayaçların ve izinsiz bağlantıların tespit edilebilmeleridir (WAA, 1985).

3.3.2. Su Kaçağı Ölçüm Yöntemi

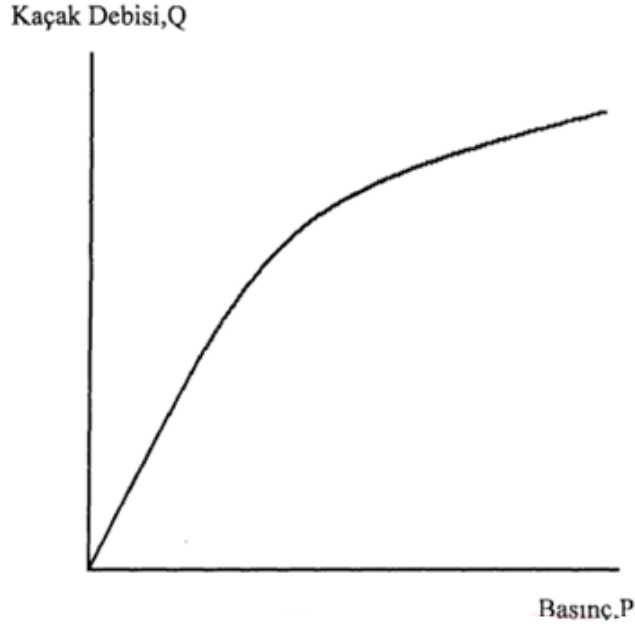
Gece akımlarının ölçülmesi amacı ile şebeke küçük bölgelere ayrılmakta ve birbirleri ile bağlantıları kesilmektedir. Böylelikle, her bölgede 500 ile 2000 adet arasında servis bağlantısı bulunması sağlanmaktadır. Ayrılan bölgeye giren su bir debimetre ile ölçülmektedir. Ayrıca, geceleyin ve sabahın erken saatlerinde genel olarak az kullanımların olduğu dönemlerde akşam ve sabah olmak üzere sayaçlardan ölçümler yapılmaktadır. Bir takım yaklaşımlarda, gece kullanımı gündüz kullanımının %60'ı kadar olduğu varsayılmakta ve ortalama gece kullanımı, gündüz kullanımının %50'sinden yukarıda ise borularda kaçak sızıntı varlığı kabul edilmektedir (Philip, 1985). Ölçümler sonunda ortalama gece tüketiminin 2.5 ile 5 litre/bina/saat arasında bir rakam elde edilirse bu sonuç kabul edilebilir bir kayıp sayılır. Çünkü normal gecelik kullanım değerine yaklaşık bir sonuçtur (Şendil, 1999a).

Bölge Sayaçları ve Gece Akımlarının Birlikte Ölçümleri: Gerçekleştirilen sayaç ölçüm sonuçları ilgili bölgede aşırı bir kullanım olduğunu gösterirse ek olarak gece ölçümleri yapılır ve hangi bölgenin daha çok su kaybına neden olduğu bulunur. Gece ölçümleri için kullanılan sayaçlar kalibre edilmiş olmalıdır (WAA, 1985).

3.3.3. Basınç Kontrolü Yöntemi

Seçilen bir alanın küçük bir kısmı izole edildikten sonra sahaya bir kamyonetin üzerinde getirilen su tankı ve pompa bir binanın bağlantı yerindeki boruya takılır. Ayrıca bağlantı yerinde debimetreye basınç sayacı da monte edilir. İzole edilen küçük alandaki bütün bina bağlantıları kapatılır. Borularda bulunan hava çıkartıldıktan sonra borularda istenilen basınç pompanın motor hızı ayarlanarak elde edilir. Örneğin; borulardaki basınç pompanın motor hızı değiştirilerek 1.5 bar değerine ayarlanır. İstenilen 1.5 bar değeri sabitleştirildikten sonra deney 10 dakika süre ile devam eder. Bu süre zarfında ayrılan alanda kaçak varsa su tankından sağlanmış olur. Daha sonra aynı şekilde 2.5, 3.5 ve 5 bar değerlerine ayarlanarak deneyler yapılır (NWC-UK, 1980).

İstanbul'da 1996 yılında düzenli ses dinleme yöntemi kullanılarak su kaçağı tespit çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda ortalama 1.19 adet/km su kaçağı tespit edilmiştir. Bu çalışmada su kaçağı miktarı ölçümü yapılmamıştır; ancak su basıncı, su kaçağı miktarının karesi ile orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.1: Su Kaçağı Miktarı ile Hattaki Su Basıncı Arasındaki İlişki (NWC-UK, 1980).

3.3.4. Düzenli Dinleme Yöntemi

Düzenli dinleme metodu, uzmanların sistemli olarak dağıtım şebekesi üzerindeki vanalarda, yangın muslukları üzerinde ve diğer bağlantı noktalarında doğrudan dinleme yaparak sızıntı yerlerinin tespit edilmesini içermektedir. Bu yöntemde, iki algılayıcı, dağıtım borusundaki suya iki noktadan temas ettirilir. Algılayıcılar kaçak suyun çıkardığı sesi, ses korelasyon cihazına iletirler. Daha sonra bu cihazın yaptığı çeşitli hesaplamalar yardımı ile su kaybının yeri tespit edilmektedir. Bu yöntem çok hassas bir yöntem olmasına rağmen, çok zahmetli ve zaman alıcı bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemlerden daha hassas ve modern bir sistem olan uzaktan su kontrol sistemi SCADA(Denetimsel Kontrol ve Veri Kazanımı) geliştirilmiştir. SCADA sistemi bir elektronik kontrol panosu içermektedir. Şehrin su borularının çeşitli noktaları (pompalar, vanalar, depolar) bu panoya bağlanmış olup şebekenin herhangi bir yerinde su kaçağı veya fazlaca bir su kullanımı olursa panodan tespit etmek ve gidip yerinde incelemek mümkündür. Ancak çok pahalı olan bu sistemin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için şehir şebekesindeki boru hatlarının yerlerinin, boru çaplarının, vana noktalarının bilinmesi ve bilgisayara işlenmiş olması gerekmektedir. İstanbul'da su iletimi olarak bu sisteme geçiş tam sağlanmış olmakla beraber, laboratuvar verilerinin de aynı sistemle takibi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

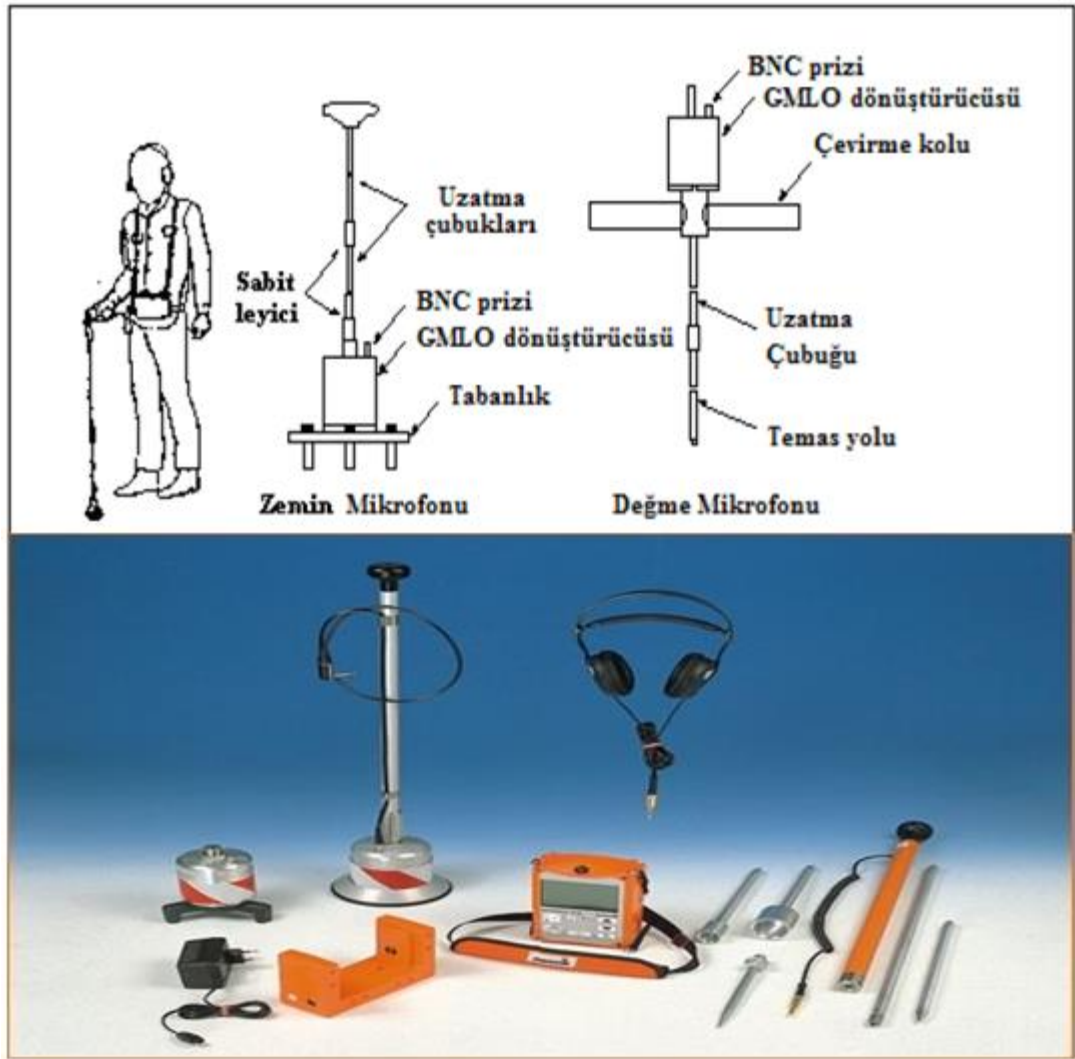
3.3.5. Dinleme Cihazları

Sızıntı sesini duymak için vanalarda, hidrantlarda, kör tapalarda veya boru hattı boyunca zeminde dinleme yapılır. Dinleme, seçilen bölgenin bütününde kapsamlı olarak arama veya sızıntı bulma çalışmasının devamında sızıntının yerini tespit etmek amacıyla yürütülür.

Dinleme araştırması çeşitli tipte ekipmanlar kullanılarak yürütülür(Şekil 3.2).

- Dinlenme çubuğu,
- Elektronik dinleme çubuğu,
- Zemin mikrofonu
- Korelatör(survey mode)

Dinleme çubuğu temel enstrümandır. Uygulama kolaylığı ve elektronik amfi olarak da kullanılması ile çok tercih edilmektedir. Zemin mikrofonu kulaklık, amplifikatör ve yüzey mikrofonundan oluşur. Korelatör gibi cihazların tespit ettiği sızıntının yerini doğrulamak için kullanılırlar. Su kaçağının en çok titreşim yaptığı noktayı belirlemek için kullanılır. Sızıntının yaydığı titreşim basınca, borunun türüne ve zeminin özelliklerine göre değişir.



Şekil 3.2: Dinleme Çubuğu ve Zemin Mikrofonu Elemanları (Farley, 2001).

Zemin mikrofonu iki modda kullanılabilir. Bunlar kontak mod ve arama modlarıdır. Kontak mod elektronik dinleme çubuğu gibi fittingslerdeki sesler için kullanılır. Arama modu ise fittingsler arasındaki boru hattındaki sızıntıyı bulmada kullanılır. Boru boyunca belli aralıklarla zemine temas ettirilerek dinleme yapılır.

Çalışma sonucunda kaçağın ana boru veya şube yolunda olduğuna karar verilemez ise sayaç vanası ve şube yolu prizi kapatılır sesin devam etmesi halinde ana boruda, etmiyorsa sızıntı ev bağlantısındadır.

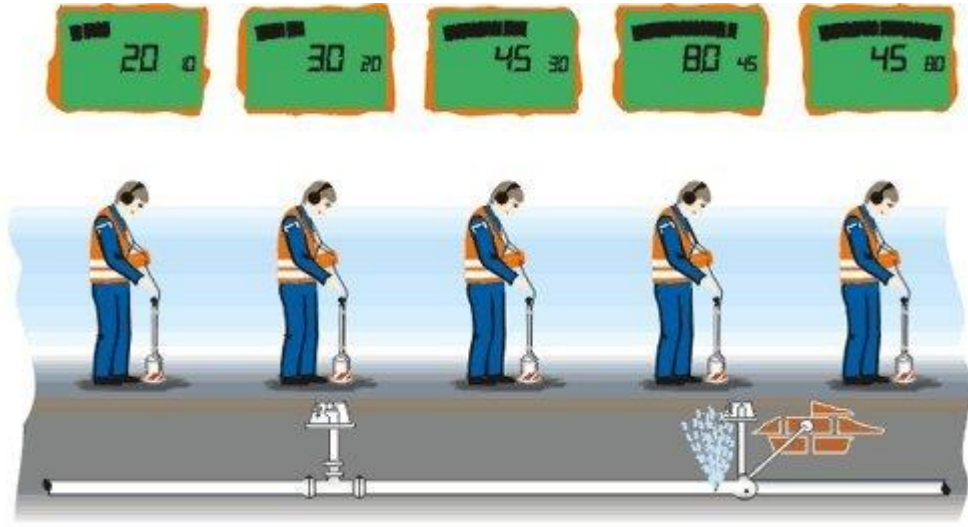
Bu cihazlar diğer cihazlara göre daha ucuzdurlar. Fakat gürültülü ve 2 metreden daha derin bölgelerde verimli değildir. Ayrıca kullanan kişinin tecrübesi önemlidir.

Korelatörler ise akustik sızıntı bulma aletlerinin içinde en gelişmiş olanıdır. Taşınabilir özellikte olan bu cihazlar ses seviyesine göre değil sesin hızına göre çalışır. Büyük çaplı ve plastik borularda oluşan sesin şiddetini arttırmak için hidrafon kullanılabilir. Korelatörün son versiyonları sızıntının yerini birçok çap için 1 metre içinde tam olarak tespit edebilmektedir. Cihaz taşınabilir ve bir kişi tarafından yönetilebilir. Frekans seçme ve filtreleme özelliği vardır. Buna rağmen korelatör düşük basınçlı borular, büyük çaplı borular, metal olmayan ve mikrofon yerleştirmek için seyrek temas noktasının olması durumlarında kullanımı zorlaşır.

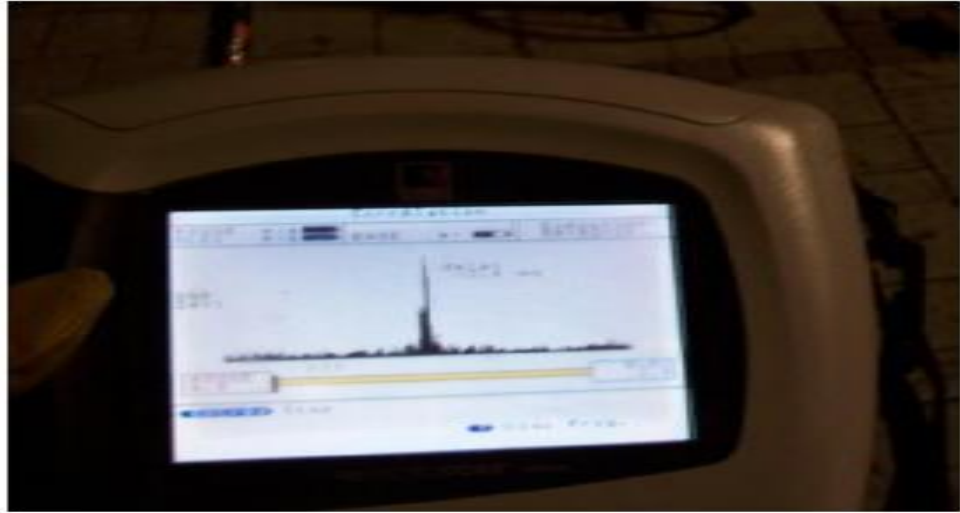
Korelatörler iki modda kullanılır.

1. Boru hattının bölümlerinde sızıntıları bulmak için arama aracı olarak(Şekil 3.3),
2. Sızıntının tam yerini tanımlamak için yerini saptama aracı olarak kullanılabilir.

Sızıntının durumunun belirlenmesi; iki sızıntı sinyalindeki maksimum korelasyonun zamanla değişimine; sızıntı sesinin yayılma hızına ve algılanan noktaların arasındaki mesafeye dayanılarak; ölçülen ses kablosuz sistemle korelatöre iletilir. Korelatörler araştırma modunda kullanıldıklarında sensörler arasındaki mesafe şebeke dağıtım sistem haritalarından okunabilir(Şekil 3.4). Kesin nokta tayini metodunda kullanıldıklarında yerinde doğru bir şekilde ölçüm yapılmalıdır. Yayılma hızları çeşitli boru tipleri ve boyutları korelatörde programlanmıştır. Metalik olmayan borular için kesin noktasal doğruluğunun yerinde ölçümünde geliştirilmesi gerekmektedir (Hunaidi and Wang, 2006).



Şekil 3.3: Kaçak Tespitinde Dinleme Çubuğu Uygulanması.



Şekil 3.4: Kaçağı Gösteren Yer, Grafğin Zirve Noktası.

Korelatör ile arama yürütülmeden önce bölgenin planı hazırlanmalıdır. Kullanılabilirmeleri için vanalar ve hidrantlar gösterilmelidir. Planda bunlar numaralandırılmış olmalı, sonları numaralandırılmış boru uzunluklarını gösteren tablolar hazırlanmalı ve aralarındaki mesafeler hesaplanmalıdır.

Vana üzerine konulan mikrofonlar boru üzerindeki titreşimleri amplifikatörlere aktarır. Hidrafon borunun içindeki su titreşimlerini amplifikatörlere aktarır. Alıcı cihaz, su kaçağının bulunduğu noktanın mesafesini hesaplar. Cihazlar arasındaki iletişim radyo frekansı ile sağlanır.

Bir operatör korelatör, mikrofon ve planın kopyasını taşır, diğeri de mikrofonu taşır. Her ikisinde radyo veya cep telefonu bulunur.

- Operatör 1 ilk fittingse korelatör ve mikrofonu yerleştirir.
- Opr.2 mikrofonu 2. fittingse tutturur ve opr.1 i haberdar eder.
- Opr.1 korelatörü çalıştırır ve sonuçları not eder.
- Opr1 2.ye ne zaman hareket edeceğini söyler.

Sensörler arasındaki mesafe, basınç, borunun cinsi, çapı ve sesin seviyesine bağlı olarak 100-400 metre arasında değişir. Cihaza boru çapı, türü ve iki verici arasındaki mesafe bilgileri girildikten sonra eğer sızıntı varsa bulunduğu noktayı cihaz hesaplar, bunun için (3.16) nolu formülasyonu uygular;

$$L = (V * T_d) / 2 \quad (3.15)$$

L: Su kaçağının bulunduğu nokta

V: Boru üzerindeki titreşimin hızı

Td: Su kaçağının mesafesine göre gecikme zamanı

Çevredeki seslerden etkilenmez. Tüm gün yürütülebilir. Fakat pahalı olması dezavantaj olabilir.

3.4. KAÇAK SU MİKTARI BULMA YÖNTEMLERİ

Fiziksel kaçakların miktarlarının tespitine yönelik olarak yapılacak yöntem seçimi ile ilgili olarak çeşitli ekonomik ve mühendislik faktörlerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Bu faktörler aşağıda sıralanmıştır (WAA, 1985);

- Sistemde meydana gelen fiziksel kaçağın derecesi,
- Fiziksel kaçağı azaltmanın pompa maliyetleri, arıtılan su miktarları ve kazanılan su miktarları açısından faydaları,
- Alternatif sızıntı kontrol yöntemlerinin uygulama maliyetleri

Kaçak su miktarının belirlenmesi çalışmalarına, yukarıda söz edilen faktörler ışığında uygulanacak metodun seçiminden sonra başlanır. Bunun için beş yöntem bulunmaktadır. Bunlar:

1. Toplam miktar yöntemi,
2. Toplam gece akımları yöntemi.
3. Alana giren suyun by-pass'tan ölçülmesi,
4. Boru hattının her iki ucuna sayaç takılması,
5. İzole setten küçük bir bölgede basınç deneyleri ile kaçak miktarlarının bulunmasıdır.

Bu yöntemler ile ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir (NVVC-UK, 1980; VVAA, 1965).

3.4.1. Toplam Miktar Yöntemi

Bu yöntem genel olarak sistemdeki toplam faturalanamayan kaybın bulunmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla elde edilen sonucun fiziksel kaçak olduğunu söylemek için bütün bağlantıların sayaçlı olması, sayaçların doğru ölçüm vermesi ve muntazam aralıklarla ölçülmesi gerekmektedir. Sayaçlar zamanla eskidiğinden sayaç kayıt hataları görülebilir. Kayıt hatalarını önlemek için kalibre edilmiş sayaçlar kullanılmalıdır. Sayaçlar eskidikçe çok değil, az ölçmeye başlarlar. Bu nedenle toplam miktar yönteminde az ölçümden kaynaklanan hataları önlemek amacıyla toplam ölçülen su miktarına yaklaşık %10'luk bir miktar eklenir (WAA, 1985).

Toplam miktar yöntemi ile faturalanamayan su miktarının bulunmasında kullanılan formül aşağıda verilmiştir.

$$U = s - (m + a p) \quad (3.16)$$

Bu eşitlikte;

U = Faturalanamayan su miktarı(m^3)

m = Toplam faturalanan miktarı(m^3)

s = Sisteme verilen toplam su miktarı(m^3)

a = Tüm nüfus içerisindeki tek bir bireyin ortalama su tüketimi artı sayaçla ölçülemeyen ticari kullanım için kabul edilebilir miktar(m^3)

p = Nüfus

olarak tanımlanmaktadır (WAA, 1985).

3.4.2. Toplam Gece Akımları Yöntemi

Bu yöntemle fiziksel kaçakların miktarının belirlenmesi, toplam miktar yöntemine göre daha fazla çaba gerektirir. Bunun yanında elde edilen sonuçlar daha doğru ve güvenilirlerdir. Toplam gece akımları yönteminde kullanılan formül, toplam miktar yöntemindekine benzer özellikte olup aşağıda verilmiştir.

$$u' = s' (m' + a' n') \quad (3.17)$$

u' = Fiziksel kaçağın gece akışı olarak değeri(m^3)

s' = Sisteme verilen tüm akış debilerinin toplamı(m^3)

m' = Tüm ticari kullanıcıların toplam gece tüketimleri(m^3)

a' = Bir hane için ortalama evsel gece tüketimi(m^3)

n' = Toplam hane sayısı

olarak ifade edilmektedir.

Bu eşitlik, toplam gece akımları yönteminin, sistemdeki tüm akış debileri toplamından, küçük miktarlardaki gece tüketimlerinin çıkartılması esasına dayandığını göstermektedir. Bazı durumlarda sistem daha küçük kısımlara ayrılarak ölçümler gerçekleştirilebilir. Böylece gece tüketimi ölçümlerini değişik alanlarda ve değişik tarihlerde yapmak mümkün olmaktadır (WAA, 1985).

3.4.3. "Bypass" tan Ölçüm Yapılması

Ayrılan bölgeye giriş kısmında bir vanadan önce T-bağlantısı ile geçiş "bypass" yapılır ve debimetre bağlantısından sonra geceleri belirli bir saatte bölgenin içindeki tüm bağlantıların kapatılıp sabahleyin açılmasıdır. Böylece net minimum gece akımı bulunmuş olur. Ancak bu değişik yolu uygulamadan önce abonelerin haberdar edilmesi gerekmektedir (NWC-UK, 1980). Tekrar bölgeye giriş sağlanır. Böylece belirli bir süre, örneğin 7 gün devamlı olarak bölgeye giren su ve basınç ölçülür. Aynı süre içinde gece kullanımları ölçülür. Bulunacak su kaybı *l/km/saat* cinsinden ifade edilir.

3.4.4. Boru Hattının Her İki Ucuna Sayaç Takılması

Su borusunun iki ucuna debimetre takılarak akımlar ölçülür. Aradaki ölçüm farkı ilgili boru boyunca meydana gelen kaçağı vermektedir. Böylelikle, su kaybı *l/km/saat* cinsinden ifade edilir. Bu yöntemin avantajı, şebekeleri bölgelere ayırmadan yani herhangi bir vana kapatmadan ölçümlerin yapılabilmesidir. Bu yöntemin dezavantajı küçük sızıntıların hassas bir şekilde ölçülememesidir (NWC-UK. 1980).

3.4.5. Basınç Ölçümleri

Aslında basınç kontrolünün adaptasyonu doğrudan sızıntı saptanmasını içermemesine rağmen, basınçtaki azalmalar borulardaki çatlaklarda oluşan fiziksel su kaçaklarını azaltabilmekte ve bu çatlakların daha da fazla büyümesini engelleyebilmektedir. Şebeke basıncı su kayıplarını birkaç yoldan etkileyebilir. İlk olarak, yüksek su basıncı yüksek arıza oranına sebep olur. Su darbesi kırılmaları veya dirseklerden ayrılmaları sebep olabilir. Şebekenin bazı kısımlarındaki aşırı ve istenmeyen basınçların tespit edilmesi ve azaltılması suretiyle arızaların ve su sızıntılarının azalmasını sağlayacaktır. Bunun yanında sistemdeki periyodik basınç ölçümleri ilgili bölgedeki normal seviyelerde olmayan basınç düşüklüğünün fiziksel kaçak oluşumunu gösterebilmesi açısından önem taşımaktadır (WAA, 1985).

Şehir suyu şebekelerindeki yüksek basınç; fazla su tüketimine, sık armatür arızalarına ve bu arızalara bağlı su kayıplarına neden olmaktadır. Karabük’de 5 kişilik bir ailenin yaşadığı konutta yapılan çalışmada şebeke basıncının 7 bardan 3 bara düşürülmesi ile %7.8 su tasarrufunun sağlanabileceği belirlenmiştir (Yılmaz, 2005).

Basınç deneyi yukarıda anlatıldığı gibi yapılır. Ancak basınç kontrolü ile sızıntıyı azaltmak basit ve yapılması en hızlı yöntemdir. Şebeke sisteminde basınç kontrolü sızıntının arama çalışmalarını kapsamamaktadır. Pumping headsler azaltılarak, basınç kırıcı depolar kurarak veya basınç düşürücü vanalar kullanarak basınç azaltılır (Queensland Department of Natural Resources, 2000).

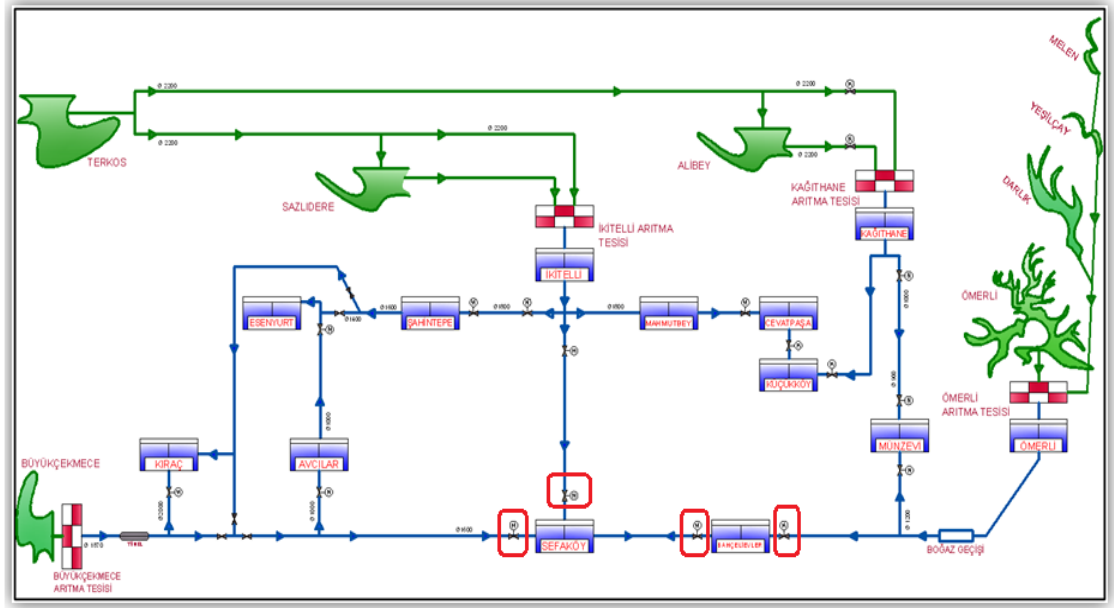
3.5. SCADA İLE TEMİZ SU VE KAÇAKLARIN TAKİBİ

Arıtma Tesislerine gelen hamsu miktarları, arıtma tesislerinden şehre verilen temiz su miktarları ve arıtma tesislerine ait su haznelerinin seviyeleri sürekli takip edilerek, arıtma tesislerinin daha verimli işletilmesini sağlamak için mümkün olduğunca sabit debide çalıştırılması sağlanmaktadır(Şekil 3.5). Bazen olağan dışı durumlarda alternatifli besleme sistemleri kullanılmaktadır. Farklı depo veya arıtma tesisinden besleme yapılabilmektedir(Şekil 3.6). Gündüz saatlerindeki pik su çekişleri depolardan karşılandığından depolar boşalmakta, gece saatlerinde ise su talebi azaldığından depolar dolmaktadır.

Su hazneleri vasıtasıyla abonenin maximum veya minimum su talepleri regüle edilerek arıtma tesislerine yansıtılmaktadır. Bu sayede tesislerin mümkün olduğunca sabit debide çalıştırılmaları sağlanmaktadır. Ayrıca tesislerin gece çalışması da sağlanmış olduğundan enerji maliyetleri de minimize edilmektedir.

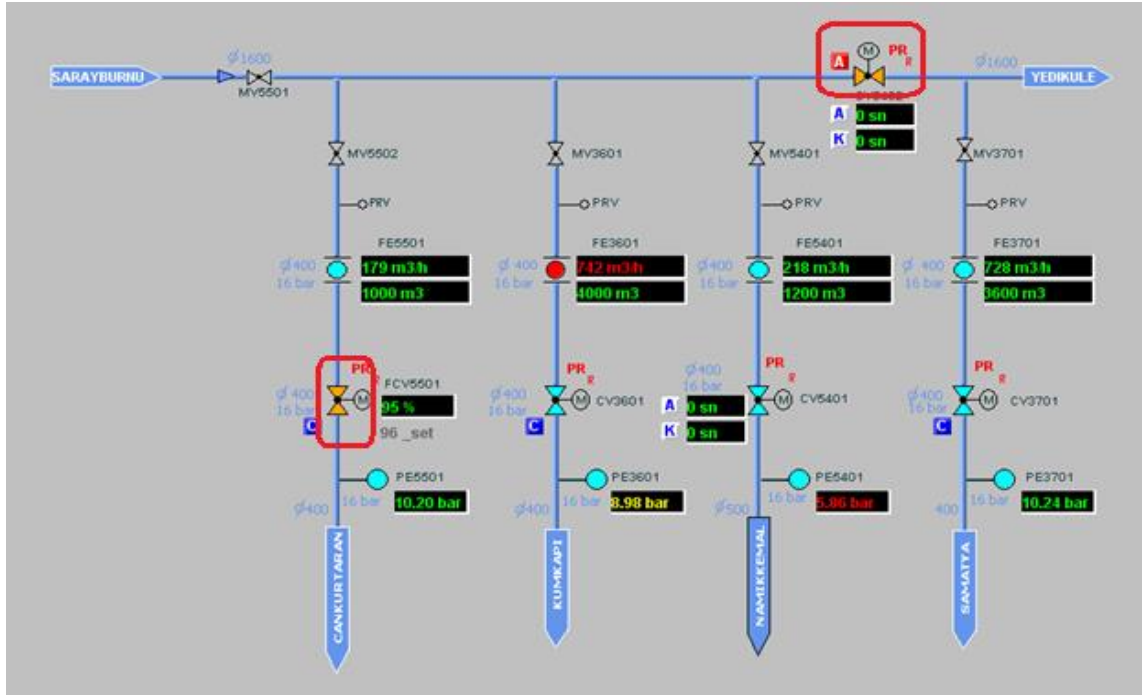
İstanbul genelindeki bazı su depolarında işletme personeli bulunmamakta(yaklaşık 14 adet su deposu), sadece SCADA Kontrol Merkez tarafından izlenmekte ve işletilmektedir.

Bu depoların bazılarının doldurulup boşaltılması, depo girişlerindeki uzaktan kontrollü vanalar vasıtasıyla SCADA Kontrol Merkezi tarafından kolaylıkla yürütülmektedir.



Şekil 3.6: SCADA İle Alternatifli Besleme.

Kritik noktalardaki isale hatlarının debi, basınç değerleri sürekli takip edilerek, arıza durumları tespit edilmekte ve uzaktan kontrollü vanalar ile anında kapatılarak su kaybı ve suyun tahribatı asgari seviyeye indirilmektedir(Şekil 3.7).

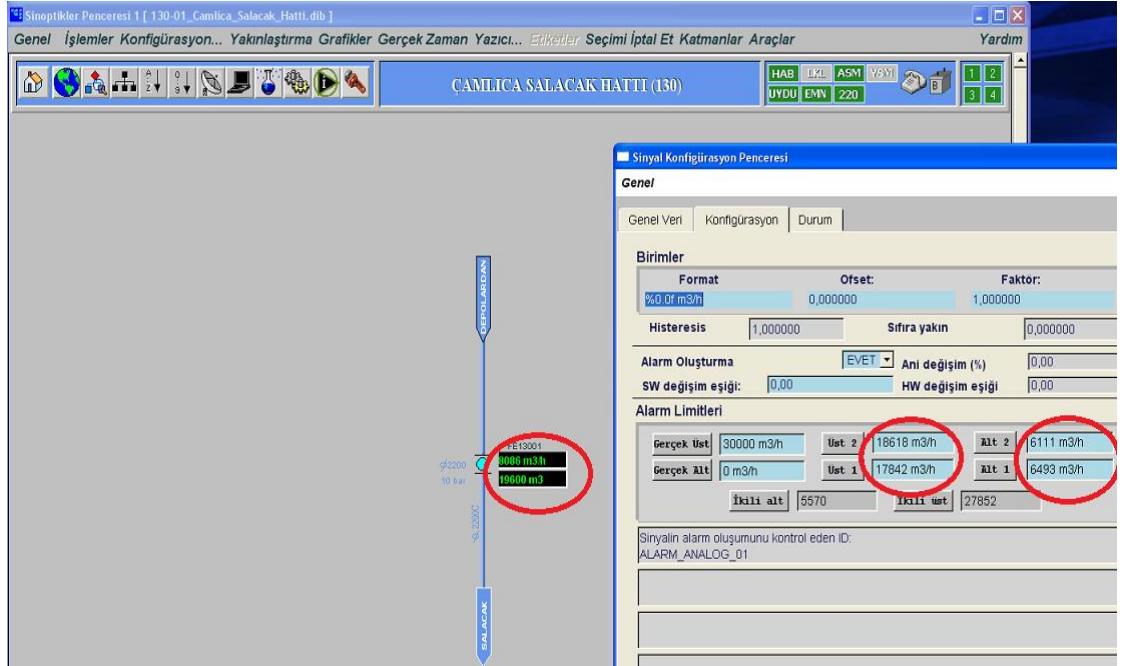


Şekil 3.7: Debi, Basınç Kıyası ile Arıza Takip.

Şekil 3.9’da gösterilen Salacak 800 mm’lik isale hattındaki bir kaçak vakasının SCADA tarafından takibi ile nasıl gözlenebileceği açıklanmaktadır. Görüldüğü üzere debi değerinin ani düşmesi sonucu basınçta ciddi bir değişim gözlenmekte ve bu değişimi SCADA çok rahat takibini yapabilmektedir. Çünkü SCADA işletmenleri tarafından değişim değerleri otomasyon sistemine minimum-maximum debi ve basınç değerleri girilir(Şekil 3.8). Eğer bu değerlerin dışında ani iniş ve çıkışlar olursa SCADA sistemi alarm vererek operatörü uyarmaktadır. Operatörde durumu araştırarak uzaktan komut verilebilen vanalara anında komut vererek vana kapamalarını yapabilmektedir. Kaçak vakalarında kayıp suyu azaltmak için çok hızlı davranabilmektedir. Özellikle büyük çaplı isale hatlarındaki bir patlak durumunda ciddi su kayıpları yaşanmakta bu durum ancak ciddi bir SCADA takibi ile minimum seviyelere indirilebilir.

Şekil 3.9’da İstanbul-Salacak hattındaki bir boru arızasını, su kaçağını gösteren SCADA dokümanıdır. Görüldüğü gibi boru arızası ile birlikte borudan geçen su miktarındaki debi ve basınç değişimindeki anlık hareketlenme dikkatli bir operatör tarafından tespit edilerek önlemleri alınabilir. Bu yüzden SCADA operatörü tecrübeli ve dikkatli olmak zorundadır.

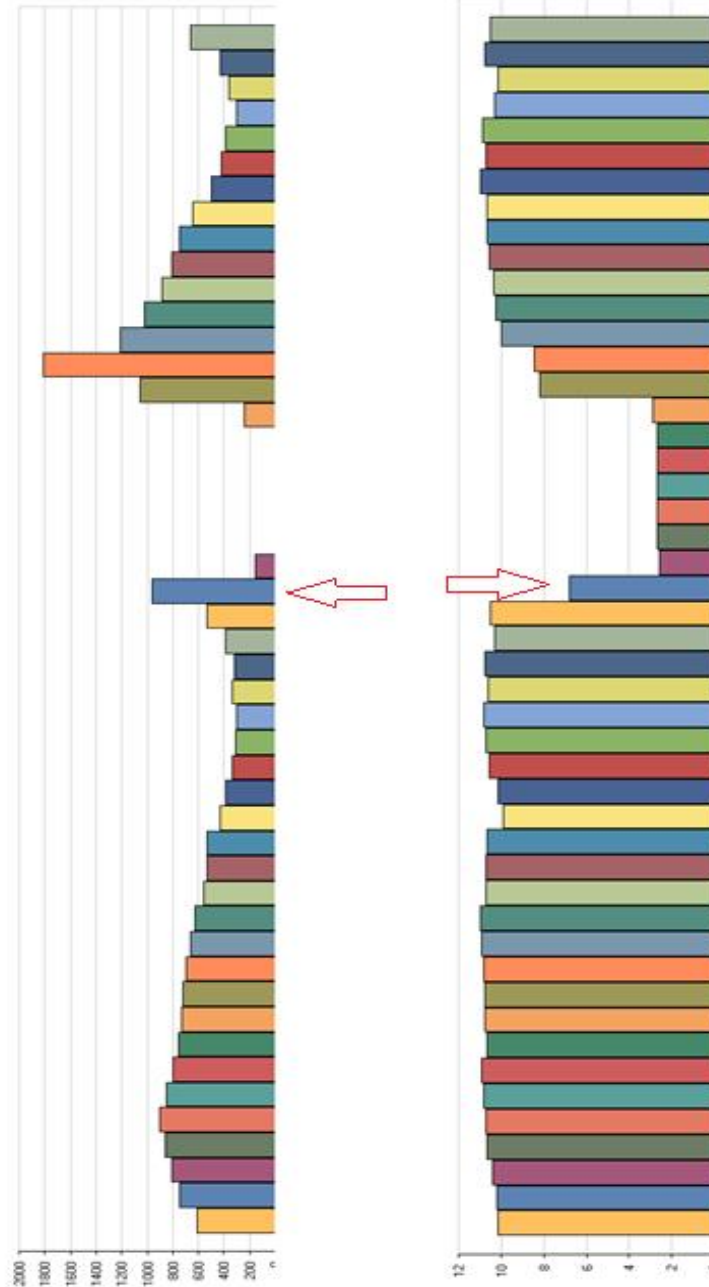
Aşağıdaki Şekil 3.10'da Sarayburnu-Bahçelievler branşmanları görülmektedir. Bu bölgedeki kayıp-kaçak suyunu hesaplayabilmek için branşman ayrımlarına debimetreler takılmıştır. Bunların yardımıyla boğaz çıkışından alınan debimetre değeri ile diğerlerinin toplamını kontrol ederek kayıp-kaçakların muhtemel yerleri gözlenerek bölge daraltması yapılır ve daha detayına ulaşmak için ise daraltılan bölge içerisinde yapılan kontrolle yer tespiti dahi yapılabilir.



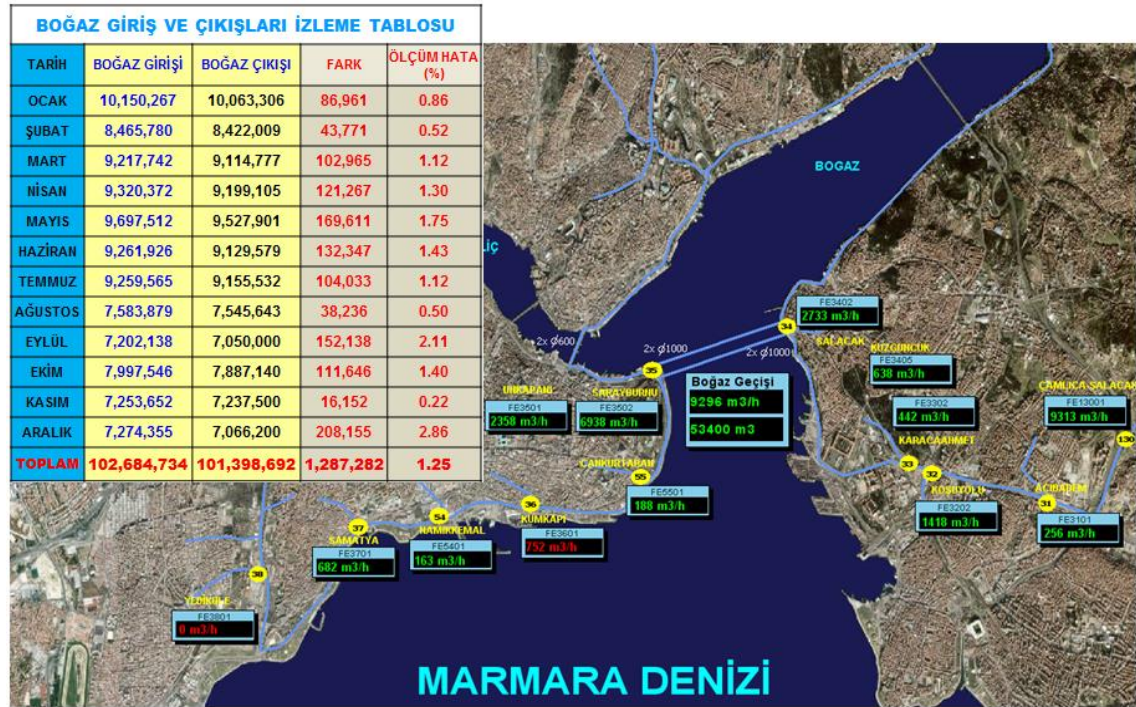
Şekil 3.8: SCADA Erken Uyarı, Alarm Uygulaması.

Şekil 3.9: Basınç-Debi Değişim Mukayesesi ile Su Kaçağı Tayini.

Tarih-Zaman	Tarih-Ze	FE_03A105F1	FE_03A105F1	FE_03A105F1	FE_03A105F1
					MEGA
19.03.2011 14:00:00	19.03.2011 15:00:00	795.63	795.63	10.97	10.97
19.03.2011 15:00:00	19.03.2011 16:00:00	795.69	795.69	10.97	10.97
19.03.2011 16:00:00	19.03.2011 17:00:00	790.60	790.60	10.79	10.79
19.03.2011 17:00:00	19.03.2011 18:00:00	718.79	718.79	10.79	10.79
19.03.2011 18:00:00	19.03.2011 19:00:00	698.66	698.66	10.69	10.69
19.03.2011 19:00:00	19.03.2011 20:00:00	662.53	662.53	10.59	10.59
19.03.2011 20:00:00	19.03.2011 21:00:00	626.23	626.23	10.59	10.59
19.03.2011 21:00:00	19.03.2011 22:00:00	560.07	560.07	10.69	10.69
19.03.2011 22:00:00	19.03.2011 23:00:00	530.01	530.01	10.79	10.79
19.03.2011 23:00:00	20.03.2011	530.25	530.25	10.69	10.69
20.03.2011	20.03.2011 01:00:00	425.68	425.68	9.99	9.99
20.03.2011 01:00:00	20.03.2011 02:00:00	382.93	382.93	10.17	10.17
20.03.2011 02:00:00	20.03.2011 03:00:00	331.52	331.52	10.53	10.53
20.03.2011 03:00:00	20.03.2011 04:00:00	303.57	303.57	10.77	10.77
20.03.2011 04:00:00	20.03.2011 05:00:00	297.77	297.77	10.89	10.89
20.03.2011 05:00:00	20.03.2011 06:00:00	327.81	327.81	10.61	10.61
20.03.2011 06:00:00	20.03.2011 07:00:00	318.22	318.22	10.75	10.75
20.03.2011 07:00:00	20.03.2011 08:00:00	388.98	388.98	10.29	10.29
20.03.2011 08:00:00	20.03.2011 09:00:00	535.43	535.43	10.44	10.44
20.03.2011 09:00:00	20.03.2011 10:00:00	953.59	953.59	6.92	6.92
20.03.2011 10:00:00	20.03.2011 11:00:00	152.76	152.76	2.95	2.95
20.03.2011 11:00:00	20.03.2011 12:00:00	0.00	0.00	2.69	2.69
20.03.2011 12:00:00	20.03.2011 13:00:00	0.00	0.00	2.69	2.69
20.03.2011 13:00:00	20.03.2011 14:00:00	0.00	0.00	2.69	2.69
20.03.2011 14:00:00	20.03.2011 15:00:00	0.00	0.00	2.69	2.69
20.03.2011 15:00:00	20.03.2011 16:00:00	0.00	0.00	2.69	2.69
20.03.2011 16:00:00	20.03.2011 17:00:00	242.65	242.65	2.59	2.59
20.03.2011 17:00:00	20.03.2011 18:00:00	1097.97	1097.97	8.31	8.31
20.03.2011 18:00:00	20.03.2011 19:00:00	1810.44	1810.44	8.44	8.44
20.03.2011 19:00:00	20.03.2011 20:00:00	1211.54	1211.54	10.01	10.01
20.03.2011 20:00:00	20.03.2011 21:00:00	1024.37	1024.37	10.34	10.34
20.03.2011 21:00:00	20.03.2011 22:00:00	863.92	863.92	10.39	10.39
20.03.2011 22:00:00	20.03.2011 23:00:00	810.96	810.96	10.95	10.95
20.03.2011 23:00:00	21.03.2011	743.85	743.85	10.64	10.64
21.03.2011	21.03.2011 01:00:00	643.32	643.32	10.69	10.69
21.03.2011 01:00:00	21.03.2011 02:00:00	498.83	498.83	10.97	10.97
21.03.2011 02:00:00	21.03.2011 03:00:00	416.62	416.62	10.69	10.69
21.03.2011 03:00:00	21.03.2011 04:00:00	369.00	369.00	10.69	10.69
21.03.2011 04:00:00	21.03.2011 05:00:00	296.72	296.72	10.32	10.32
21.03.2011 05:00:00	21.03.2011 06:00:00	360.85	360.85	10.12	10.12
21.03.2011 06:00:00	21.03.2011 07:00:00	431.76	431.76	10.39	10.39
21.03.2011 07:00:00	21.03.2011 08:00:00	662.76	662.76	10.91	10.91



Şekil 3.11’de İstanbul Boğazı geçişindeki iletim hattının kayıp-kaçak kontrolü için takip sistemi gözükmektedir. Bu sistemle Anadolu Yakasındaki Ömerli’den gelen suyun Avrupa Yakasına geçişi takip edilmektedir. Olası bir boğaz geçişindeki boru patlaması tespitinin gözle görülemeyeceğinden dolayı SCADA personeli tarafından saatlik ve günlük değerleri takip edilmektedir. Ancak bu şekilde en hızlı tespit yapılabilir.



Şekil 3.11: Aylık Boğaz Giriş-Çıkış Takip Uygulaması.

4. BULGULAR

4.1. İSTANBULDAKİ SU KAÇAKLARININ DURUMU

İstanbul kenti çok farklı bir içme ve kullanma suyu beslenme yapısına sahiptir. Türkiye Cumhuriyeti tarihinin başlangıcından bu yana çok farklı su kaynaklarından faydalanılmış, kapalı beslenme yapısından ziyade birbiri içine girmiş beslenme yapısına sahiptir. Avrupa ve Asya yakasının dahi beslenme yapısı birbiri içine girmiş durumdadır. Bundan dolayı şehrin tamamının küçük alanlara ayrılması ve şebeke besleme sisteminin ayrı ayrı incelenmesi eski İstanbul yerleşim alanlarında adeta imkânsız haldedir.

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ), içme ve kullanma suyu kayıpları konusunda çalışmalar yaparken İstanbul'un genelini ele alabilmiştir. Ancak son yıllarda yeni gelişen ve İstanbul'un kısmen dışı sayılan yerlerde düzenli bir projelendirme ile şebeke sisteminin yapısını belli bir düzene koyabilmektedir.

İSKİ yaptığı çalışmalarda şebeke sistemine yerleştirdiği debimetreler yardımıyla şehrin geneline verdiği suyu hesaplayabilmektedir. Bu nedenle, isale hatları üzerindeki depolardan oluşan sızıntılar, depolardan tahliye edilen sular gibi su temini yapılarında oluşan kayıplar göz önüne alınamamaktadır.

İSKİ 2003 yılı başlarında, yeni yerleşim alanları arasından, kapalı devre çalışabilen şebeke sistemlerinden oluşan eski yerleşim alanları arasından, pilot bölgeler seçerek buradaki kayıpları gözlemleyerek İstanbul'un geneli için çözüm yolları arayışlarına gitmiştir.

İSKİ SCADA, Su İsale Daire Başkanlığı ve Abone İşleri Daire Başkanlığı'nca yürütülen ortak çalışmalarla aylık şebekeye verilen su miktarını ve aylık abonelerden tahakkuk ettirilen su miktarlarının kıyası ile kayıp suların kısmen tespitine gidebilmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi üretilen toplam suyun hesabına gitmeyip maliyet analizi ve tahsilattan elde edilen gelir analizini kıyaslamamaktadır.

Abone İşleri Daire Başkanlığı'na verilen kayıp su miktarları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: İstanbul'un Aylara Göre Su Kayıp Durumu.

<i>Aylar</i>		<i>Şehre Verilen Su(m³)</i>	<i>Tahakkuk Ettirilen Miktar(m³)</i>	<i>Şehre Verilen Su ile Tahakkuk Ettirilen Su Arasındaki Fark(m³)</i>	<i>Kayıp(%)</i>
2011	Nisan	63.178.959	44.940.565	18.238.394	29
	Mayıs	69.282.717	49.020.472	20.262.245	29
	Haziran	72.126.045	45.230.183	26.895.862	37
	Temmuz	76.919.236	60.153.224	16.766.012	22
	Ağustos	75.956.709	52.599.506	23.357.203	31
	Eylül	71.905.674	60.069.463	11.836.211	16
	Ekim	70.069.457	50.396.523	19.672.934	28
	Kasım	65.797.021	51.067.961	14.729.060	22
	Aralık	68.281.562	50.405.445	17.876.117	26
2012	Ocak	67.137.483	57.034.486	10.102.997	15
	Şubat	63.613.247	44.140.096	19.473.151	31
	Mart	67.727.010	53.810.793	13.916.217	21
TOPLAM		831.995.120	618.868.717	213.126.403	26

Türkiye’de en fazla suyun arz edildiği kent 830 milyon m³/yıl ile İstanbul kentidir. İstanbul’a arz edilen su miktarı, Türkiye geneli kentlere arz edilen suyun yaklaşık %14’ünü oluşturmaktadır. İstanbul için kayıp-kaçak ortalaması %26 civarında olup, standart olması gerekli olan %10-15 seviyesinden yüksektir. Yaşayan nüfus sayısı olarak diğer dünya metropollerini ile karşılaştırıldığında da bu değerin İSKİ’ye maliyeti yukarıdaki tabloda da görüleceği üzere İstanbul kentindeki kayıp su oranı oldukça yüksektir. İSKİ büyük yatırımlar ile ürettiği suyun yılda 213.126.403 m³’lük kısmından tamamen faydalanamamaktadır. Bu miktar Türkiye’deki diğer Büyük Şehir Belediyelerinin yıllık ürettiği miktarın çok üzerindedir. Bu yüzden İstanbul gibi büyük kentlerimizin su kayıplarını minimum seviyelere çekme hedefi olması gerekmektedir. Bu sebeple İstanbul’daki kayıp sular sadece İSKİ’nin sorunu olmayıp ülke genelinin su politikasını ilgilendirmektedir.

4.2. BAKIRKÖY İLÇESİ SU TEMİNİ VE KAYIP-KAÇAK TESPİTİ

Ömerli Arıtma Tesisi'nden çıkan temiz su boğaz hattından geçerek 1600 mm'lik isale hattı ile Cankurtaran-Yedikule-Çırpıcı hattından gelen su Bakırköy İlçesi için 3 branşmanla 1600 mm'lik hattan ayrılır. Bu branşmanlar;

- Bakırköy-Merkez 600 mm'lik,
- Bakırköy-İncirli 600 mm'lik,
- Bakırköy-Osmaniye 600 mm'lik

branşmanlara ayrılır(Şekil 4.1).

Bu branşmaların ayrılma noktaları debimetrelerle ölçüme tabi tutulmaktadır. Bu üç branşman ilçenin büyük bir kısmına su vermektedir. Kalan diğer kısmına da Büyükçekmece Arıtmadan 1600/1200 mm'lik isale hattı ile çıkan temiz su Bahçelievler Depo'ya kadar su iletilebilmektedir. Bakırköy'e su veren branşmanlar ise Cennet mevkiinde Cennet ve Uzuncadere 800 mm'lik branşmanlara ayrılmaktadır. Bu iki branşmanda ilçenin kalan kısmına su vermektedir. Çalışmamızda Bakırköy ilçesine verilen temiz su bu branşmanlar üzerine yerleştirilen debimetrelerle aylık olarak takip edilmiştir.

Şekil 4.1: Bakırköy İlçesi Su İletim Branşmanları.

4.2.1. Şebekeden Beslenen Faturalandırılmayan Su Miktarı

Bakırköy ilçesi pilot bölgesinde toplam 31 adet cami, mescit, kilise, sinagog gibi ibadethaneler, 14 adet sokak çeşmesi, 2 adet mezarlık, 1 adet itfaiye grup amirliği, 1 adet itfaiye müfrezesi, 150 adet yangın hidrantı ve İSKİ Biyoloji Arıtma Tesisi bedelsiz olarak su kullanmaktadır. İSKİ genelgesi ile bu gruba giren takip noktalarına sayaç takılarak kullanım miktarları gözlemlenmeye çalışılmıştır. Fakat bir yıllık takip sürecinde sayaçların çalınma, arıza durumu gibi nedenlerle sayaç okumaları düzenli yapılamayan yerlerde yıllık ortalama değer alınarak toplam su kayıplarındaki oranları tespit edilmiştir.

4.2.2. İllegal Bağlantılarla Sözleşmesiz Kullanılan Kaçak Su Miktarı

İSKİ'nin kapsadığı alan içinde tespit edilen kaçak su kullanım adeti çalışmaya dâhil edilerek pilot bölgemizi etkileyen kaçak kullanımlar tespit edilmiştir. İSKİ yönetmeliğine göre tespit edilen her bir kaçak su kullanıcısına tek taraflı sözleşme yapılarak, tespit tarihinden önce olmak üzere 45 m³ su kullanım tahakkuk ettirilmektedir.

Kaçak su kullanımı tespit edilmiş olan abonelere tahakkuk ettirilen bu 45 m³'lük su miktarı kayıp sulardan düşülmüştür.



Şekil 4.2: İllegal Bağlantılar.

4.2.3. Su Sayaçlarına Bağlı Hatalı Ölçümlerden Kaynaklanan Su Miktarı

Ömrünü tamamlamış su sayaçlarının değiştirilmesinin su kayıplarına etkisi azımsanmayacak kadar fazladır. Su sayaçlarının yaşı ile birlikte hatalı ölçme oranı artmaktadır. Bu yüzden İSKİ abone bilgi sisteminde görülen 10 yıllık sayaçları kullanımdan kaldırıp yenileri ile değiştirmektedir. Bu çalışmada; sayaç yaşlarına bağlı olarak hatalı ölçümler yapıldığı göz önüne alınmıştır. Mevcut abone sayaçları üçer yıllık yaş gruplarına ayrılmış, İSKİ Sayaç Hareketleri Teknik Şefliğince, 0-3, 3-6, 6-9 yaş gruplarındaki sayaçların hatalı ölçümleri hatasız bir sayaçla karşılaştırılarak hesaplanmıştır.

Eğer müşteri sayacın eksik veya fazla kayıt yaptığını beyan ederek sayacın ölçüye alınmasını talep ederse sayaç İSKİ okuyucusu tarafından kontrol edilir ve uygun görülürse sayaç değiştirilir. İş emiri çıkartılarak sayaç Feriköy Sayaç Atölyesine gönderilir ve kontrolü yapılır. Kontrol bitinceye kadar takılan yeni sayaçla su takibi ve faturalandırılması yapılır. Sayacın ölçüm sonucu gelince eskiye yönelik hesaplar yapılarak, faturalama işlemleri tamamlanır.

4.2.4. Şebeke Arızalardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı

Pilot bölgemizde aylık olarak farklı boru çaplarında meydana gelen arızaların sayısı tespit edilerek kayıp su miktarı hesaplanmıştır. Şebeke sisteminde meydana gelen boru patlak ve arızaları tespit edilerek çalışmamıza eklenmiştir.



Şekil 4.3: İletim Hatları Arızaları.

4.2.5. Su Kalitesini Koruma Amaçlı Deşarjlardan Kaynaklanan Su Miktarı

Pilot bölgemizde mevcut olan deşarj vanaları ayda 1 defa olmak üzere tahliye edilmektedir. Ayrıca Ataköy’de bulunan kendi enerjisini üreten ve Türkiye’nin en büyük arıtma tesisinde kullanılan bedelsiz su tüketimi de hesaplanmıştır. Çalışmanın kapsamında bu noktalar tespit edilmiş ve rutin deşarjlarla kayıp olan sular tahliye vanalarının boru çapına göre saatlik debileri için hesaplanmıştır.

4.3. ŞEBEKEYE VERİLEN VE TÜKETİLEN SU MİKTARLARI

4.3.1. Bakırköy İlçesine Verilen Su Miktarları

Bakırköy su iletim sistemine verilen ve aboneler tarafından kullanılan suyun hesaplanabilmesi için ana hatlar üzerine yerleştirilen debimetrelere ait veriler İSKİ

SCADA tarafından günlük olarak okunmuştur. Debimetreler yerleştirilirken kapalı alan oluşturulabilecek hatlar seçilmeye çalışılmıştır. Her bir hat birden çok mahalleyi beslediği gibi sadece bir mahalleyi ya da mahallenin bir kısmını beslemektedir. Yapılan çalışmada ise bu bölgelerin kullanılan su miktarları mahalle olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu debimetrelerin kesintisiz takibi verilen su ile tüketilen su miktarını analiz edebilme ve aylık bilanço raporlarını oluşturabilmek için önemlidir.

İSKİ Su İsale Daire Başkanlığı tarafından monte edilen 6 adet debimetrenin ölçtüğü abone yerleşim bölgeleri aşağıdaki Tablo 4.2’de gösterilmektedir.

Tablo 4.2: Debimetreler ve Beslediği Bölgeler.

<i>Debimetreler</i>	<i>Besleme Yapılan Bölgeler</i>
Cennet Branşmanı	Florya Şenlikköy Mahallesi, Basıncıköy Mahallesi
Kartaltepe Branşmanı	Kartaltepe Mahallesi
Osmaniye Branşmanı	Sakızağacı Mahallesi, Yenimahalle, Cevizlik Mahallesi, Zeytinlik Mahallesi, Ataköy 1. Kısım Mahallesi, Kartaltepe Mahallesi, Osmaniye Mahallesi
İncirli Branşmanı	Zuhuratbaba Mahallesi, Ataköy 7-8-9-10. Kısım Mahallesi, Ataköy 2-5-6. Kısım Mahallesi, Ataköy 3-4-11. Kısım Mahallesi
Uzuncadere Branşmanı	Yeşilyurt Mahallesi, Yeşilköy Mahallesi

Bu debimetrelere ait ölçüm sonuçları aşağıda Tablo 4.3’de verilmiştir. Debimetreler günlük olarak SCADA tarafından takip edilerek kayıt altına alınmaktadır. Çalışmamız kapsamında günlük tüketimlerden aylık tüketim miktarları hesaplanmıştır. Şebekeye verilen suyun miktarının tespiti açısından günlük takip çok önemlidir. Yüzölçümü olarak 35 km²’lik alana sahip olan Bakırköy sistemine, takip ettiğimiz 12 aylık dönem boyunca toplam 17.334.381 m³’lük su verilmiştir.

Tablo 4.3: Şebekeye(Aboneye) Verilen - Ölçülen Aylık Su Miktarı(m³)

Debinin ve Adı	Şebekeye (Aboneye) Verilen - Ölçülen Aylık Su Miktarı (m³)													
	2011											2012		Toplam(m³)
	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT		
Cemal Branşmanı	211.329	197.827	234.000	252.442	261.000	259.428	241.200	224.600	210.200	214.900	213.610	209.637	2.730.173	
Kartaltepe Branşmanı	46.500	45.700	48.900	52.800	53.500	53.700	48.400	47.200	46.400	45.300	41.400	41.800	571.600	
Osmaniye Branşmanı	554.509	560.700	587.700	554.700	567.300	506.400	484.500	522.000	441.200	352.400	403.900	433.100	5.968.409	
İncirli Branşmanı	444.400	436.209	468.900	468.900	480.600	468.100	463.300	455.600	423.300	445.200	439.800	410.700	5.405.009	
Uzuncağır Branşmanı	209.303	200.467	219.717	223.421	227.213	228.159	220.825	244.382	218.001	229.795	229.296	208.611	2.659.190	
Genel Toplam	1.466.041	1.440.903	1.559.217	1.552.263	1.589.613	1.515.787	1.458.225	1.493.782	1.339.101	1.287.595	1.328.006	1.303.848	17.334.381	

4.3.2. Şebeke Tarafından Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları

İSKİ Genel Müdürlüğü Abone İşleri Daire Başkanlığından verilen bilgilere göre bölgedeki abone sayıları aşağıdaki tablodaki gibidir;

Tablo 4.4: Pilot Bölgedeki Nüfus ve Abone Bilgileri.

<i>Besleme Hattı</i>	<i>Mahalle</i>	<i>Nüfusu</i>	<i>Abone Sayısı</i>	<i>Hizmet Alanı (m²)</i>
<i>Bakırköy</i>	Ataköy 1. Kısım	1.670	153	556.830
	Ataköy 2,5,6. Kısım	22.026	297	1.228.773
	Ataköy 3,4,11. Kısım	11.421	2.654	643.773
	Ataköy 7,8,9,10. Kısım	7.893	502	2.046.976
	Kartaltepe	38.509	16.117	1.340.670
	Osmaniye	24.210	8.727	2.388.124
	Şenlikköy	26.903	8.224	3.002.791
	Yenimahalle	7.339	3.597	233.346
	Yeşilköy	23.565	6.973	13.255.347
	Yeşilyurt	6.965	1.614	689.629
	Zeytinlik	5.518	3.644	289.009
	Zuhuratbaba	22.574	9.779	1.843.504
	Sakızağacı	8.784	3.595	382.438
	Cevizlik	5.286	3.085	187.545
	Basıncıköy	5.659	1.593	1.555.545
TOPLAM		218.322	70.524	29.644.300

Toplamda 100.584 abone olması gerekirken bu rakamın 70.524 adet çıkmasının sebebi bazı bölgelerde özellikle yüksek katlı bölgelerdeki binalarda tek sayaçlı aboneliklerinin olmasından kaynaklanmaktadır. Tek sayaç sistemi ile sayaç okuma hatasından kaynaklı kayıplar daha azaltılmış olmaktadır.

Nüfusun yoğun olduğu, hizmet alanın dar olduğu bölgelerde dolayısı ile şebeke uzunlukları da az olmakta ve boru birleşimlerine daha sık rastlanmaktadır. Ayrıca bina kat sayısının az olduğu, nüfusun fazla, hizmet alanının dar olduğu yerlerde bağlantı yerleri artmakta, kat sayısının çok olduğu bölgelerde nüfus yoğun olsa da birleşim yerleri azalmaktadır. Bölgelerin bu özelliklerinden dolayı fiziksel kayıplar bölgesel olarak değişim göstermektedir. Çalışmamız kapsamında incelenen Bakırköy ilçesi bölgesel olarak değerlendirilirken bu konulara değinilmektedir.

İçme ve kullanma suyu kayıplarının tespit edilebilmesi için tahakkuk ettirilen su miktarlarının bilinmesi önemlidir. Çünkü bu miktar ile üretim ve tüketim arasındaki farkı ortaya koyduktan sonra, abone dışı kullanımın tespit edilmesi çalışması yapılmıştır.

Üzerinde çalışılan şebekede toplam 70.524 aboneye bir yıl içinde 13.845.783 m³ içme ve kullanma suyu tahakkuk ettirilmiştir.

Tablolarda verilen aylık tahakkuk miktarları hesaplanırken sayaçların okuma tarihleri, abonelerin günlük su kullanım averajları göz önünde bulundurulmuştur.

Tahakkuk ettirilen bu miktarlar, içme ve kullanma suyu şebekesine verilen su miktarı ile kıyaslanıp, toplam su kaybının çıkarılması açısından önemlidir.

Aşağıdaki Tablo 4.5’de bu abonelere, tahakkuk ettirilen su kullanım miktarları aylara göre detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4.5: Bakırköy Bölgesi Aylık Tahakkuk Ettirilen Su Miktarı.

Debitlere Adı	Tahakkuk Ettirilen (Faturalandırılan) Su Miktarı (m³)												
	2011											Toplam(m³)	
	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	2012 OCAK		ŞUBAT
Cennet Branşmanı	168.045	168.632	191.213	243.361	242.538	180.254	266.818	177.081	220.092	168.324	189.359	167.712	2.383.429
Kartaltepe Branşmanı	37.187	36.819	39.061	43.800	41.800	40.092	39.806	41.400	38.600	39.300	33.139	37.500	468.504
Osmaniye Branşmanı	304.155	309.399	343.979	321.035	508.977	354.048	429.234	454.639	343.621	346.827	360.903	357.784	4.434.601
İncirli Branşmanı	338.040	335.959	377.032	346.219	338.601	333.477	352.985	337.623	363.564	341.639	357.059	339.662	4.161.856
Uzuncadere Branşmanı	142.652	192.206	171.699	211.688	259.593	116.159	272.204	233.225	296.323	137.547	210.859	153.237	2.397.392
Genel Toplam	990.079	1.043.015	1.122.984	1.166.103	1.391.509	1.024.030	1.361.047	1.243.968	1.262.200	1.033.637	1.151.319	1.055.895	13.845.783

4.3.3. Şebekeye Verilen Su İle Kullanılan Suyun Kıyaslanması

Kentte yaşayan insanların su ihtiyacını karşılamak için şebekeye verilen suyun ne kadarının içme ve kullanma amaçlı kullanıldığı belirlenmesi için önemlidir. İçme ve kullanma dışındaki fazla suların nerelerde kullanıldığı belirlenmesi önemlidir, buna bağlı olarak şebekeye verildiği noktadan aboneye kadarki aşamalarda meydana gelen kayıp ve kaçakların hangi sebeplerden kaynaklandığını ortaya koymak için şebekeye verilen miktar ile tahakkuk ettirilen miktar arasındaki ilişkinin ortaya konması gerekmektedir.

4.3.4. Şebekeye Verilen Su İle Tahakkuk Ettirilen Suyun Kıyaslanması

Pilot bölge olarak seçilen Bakırköy İçme ve Kullanma Suyu şebeke sistemine verilen su miktarı ile bu sistemde abonelerce kullanılıp aylık tahakkuk ettirilen su miktarının kıyaslanması ile toplam şebeke kayıpları bulunmuştur.

Bir yıllık periyotta verilen su miktarı ile tahakkuk ettirilen su miktarları arasındaki karşılaştırma Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6: Verilen Su Miktarı ile Tahakkuk Ettirilen Su Miktarının Kıyaslanması.

<i>Bölge Adı</i>	<i>Verilen Su Miktarı (m³)</i>	<i>Kullanılan Su Miktarı (m³)</i>	<i>Verilen-Kullanılan Farkı (m³)</i>	<i>Kayıp Oranı(%)</i>
Cennet Branşmanı	2.730.173	2.383.429	346.744	12.7
Kartaltepe Branşmanı	571.600	468.504	103.096	18.04
Osmaniye Branşmanı	5.968.409	4.434.601	1.533.808	25.7
İncirli Branşmanı	5.405.009	4.161.856	1.243.152	23
Uzuncadere Branşmanı	2.659.190	2.397.392	261.798	9.85
Genel Toplam	17.334.381	13.845.783	3.488.598	20.13

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü üzere yıllık ortalama toplam su kaybı %20.13 olarak bulunmuştur. Bu değer İstanbul kentinin ortalama su kaybı olan %26 değerine çok yakın olmayan bir değerdir. Çalışmamızda pilot bölge olarak seçilen Bakırköy bölgesi İstanbul'un eski yerleşim yerlerinden, bina kat sayısı bölgesel değişken ve yapıların daha iyi, engebenin az, basınç oranlarının çok yüksek olmadığı, boru yenileme işlemlerinin ve vana bölgeleri oluşumunun tamamlandığı bir bölgedir. Bu bölgenin seçilmesindeki amaç kayıp-kaçakları azaltacak birçok işlemin tamamlanmış olması sebebiyle kayıp-kaçaktaki durumunu hesaplayarak irdelemektir. Bu tabloda en az kaybın Uzuncadere ve Cennet Branşmanlarının beslediği Yeşilyurt, Yeşilköy, Şenlikköy ve Basıncıköy bölgelerinde görülmektedir. Sebebi ise yerleşim yapısının düzenli olması, basınç oranının daha düşük olması, kilometre başına düşen abone sayısının azlığı sebebiyle boru bileşim yerlerinin az olması, yüksek katlı binalarda tek sayaç ve depo siteminin olması gibi etkenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca fabrika tarzı büyük işyerlerinin olmaması da iletim hatlarına aşırı yük binmesine sebebiyet vermemektedir.

4.4. TAHAKKUK ETMEYİP TÜKETİMİ BELLİ OLAN SU MİKTARI

Bu bölümde mevcut çalışmamız kapsamında gerçekleştirilen fiziksel olmayan kayıpların tespitine dair çalışmalardan bahsedilecektir. Fiziksel olmayan kayıplar; kullanımı sonucu herhangi bir tahakkuk yapılmayan su miktarıdır. Bu kullanımlar; illegal bağlantılar, bedelsiz gruba giren aboneler, sayaç ölçüm hataları, arızalar vb. su tüketimidir.

4.4.1. Şebekeden Beslenen İbadethanelerde Kullanılan Su Miktarı

Seçilen pilot bölgemizde bedelsiz olarak su verilen cami, mescit, kilise gibi 31 adet ibadethane mevcuttur. Bakırköy'de İSKİ genelgesi ile bu ibadethanelere 2003 yılı itibarı ile sayaç takılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada sayaçlar Mart ayından itibaren okunmaya başlanmış ve aylık tüketim miktarları tespit edilmiştir.

Debimetrelerin bulunduğu bölgedeki ibadethaneler ayrı ayrı incelenmiş ve toplam 31 adet ibadethanenin yıllık su tüketimi Tablo 4.7'de detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4.7: İbadethanelerin Yıllık Su Tüketimi.

<i>Bölge Adı</i>	<i>İbadethane Sayısı</i>	<i>Yıllık Kullanım (m³)</i>
Bakırköy Toplam	27	74.731

Bu çalışmada hesaplamalar sonucu ibadethanelerden tahakkuk edilemeyen bir yıllık su miktarı olan 74.731 m³/yıl suyun toplam şebekeye verilen su miktarına oranı %0.43 gibi bir değere denk gelmektedir.

4.4.2. Bedelsiz Olarak İSKİ Tarafından Kullanılan Su Miktarı

Bakırköy bölgesinde Avrupa'nın en büyük biyolojik arıtma tesisi olan Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisi bulunmaktadır. Çalışmamızda en çok bedelsiz olarak su kullanımının, bu tesisteki çalışmalardan kaynaklandığı belirlenmiştir.

Tablo 4.8: Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisi Tarafından Kullanılan Bedelsiz Su.

<i>Ataköy Biyolojik Art. Tes. Tarafından Kullanılan Su Miktarı</i>		
Yıl	Ay	Aylık Kullanım(m³)
2011	Nisan	37.156
	Mayıs	39.543
	Haziran	39.756
	Temmuz	42.985
	Ağustos	44.459
	Eylül	41.457
	Ekim	39.328
	Kasım	37.753
	Aralık	36.188
2012	Ocak	37.753
	Şubat	37.986
	Mart	39.854
Genel Toplam (m³)		474.218

Bir yılda İSKİ-Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisi tarafından sarf edilen su miktarı 474.218m^3 'tür. Sonuç olarak yıllık tahakkuk edilemeyen su miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %2.73 olarak bulunmuştur(Tablo 4.8). Görüldüğü gibi toplam kayıp miktarındaki yaklaşık %3'lük değer buradaki bedelsiz su kullanımından kaynaklanmaktadır.

4.4.3. Şebekeden Beslenen Sokak Çeşmelerinde Kullanılan Su Miktarı

Üzerinde çalışılan bölgenin genelinde toplam 8 adet sokak çeşmesi mevcuttur. Bu çeşmelerde kullanılan suyun miktarının belirlenebilmesi için her bir çeşmeye sayaç takılmıştır. Bu çeşmeler yılın tamamında çalışmasına rağmen takılan sayaçlar çalınma, tahrip edilme gibi sebeplerden dolayı tüm yıl boyunca okunamamıştır. Okunan dönemlere ait verilerle, ortalama olarak yıllık sarfiyat belirlenmeye çalışılmıştır. Burada ortak okuma dönemi bulunması zorlandığından dolayı her bir sayacın bir dönemlik(60 gün) sarfiyatı üzerinden yıllık kullanım miktarı hesaplanmıştır.

Bölgelere göre çeşme adedi, dönemlik sarfiyat, yıllık ortalama sarfiyat Tablo 4.9'da gösterilmektedir.

Tablo 4.9: Sokak Çeşmelerinin Yıllık Su Tüketimi.

<i>Bölge Adı</i>	<i>Çeşme Sayısı</i>	<i>Dönemlik Sarfiyat Ort.(m³)</i>	<i>Yıllık Kullanım (m³)</i>
Bakırköy Toplam	8	1.086	8.688

Bir yılda sokak çeşmelerinden sarf edilen su miktarı 8.688 m^3 'tür. Sonuç olarak sokak çeşmelerinden tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %0.05 olarak bulunmuştur.

4.4.4. Şebekeden Beslenen Mezarlıklarda Kullanılan Su Miktarı

Çalışan pilot bölgede 2 adet mezarlıktan ikisinde de su şebekesi mevcut olup su kullanımı olmaktadır. Bu iki mezarlığa sayaçlar takılıp bir yıl boyunca okunmuştur.

Aşağıdaki aşağıdaki Tablo 4.10'da yıl içinde mezarlıkların kullandığı toplam su miktarı belirtilmiştir.

Tablo 4.10: Mezarlıklarda Kullanılan Yıllık Su Tüketimi.

<i>Bölge Adı</i>	<i>Mezarlık Sayısı</i>	<i>Yıllık Kullanım (m³)</i>
Bakırköy İlçesi	2	10.560

Bir yılda mezarlıklardan sarf edilen su miktarı 10.560 m³'tür. Sonuç olarak mezarlıklardan tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %0.06 olarak bulunmuştur.

4.4.5. Belediyelere Bağlı İtfaiyelerde Kullanılan Su Miktarı

Pilot bölgede 1 adet İtfaiye Grup Amirliği ve 1 adet İtfaiye Müfrezesi vardır. Bunların su temin ettikleri yangın hidrantı sayısı 69 adettir. Bakırköy hidrant sayısı olarak İstanbul da en çok yangın hidrantı bulunan ilçemizdir. Hidrantların her birine 100'lük sayaç takılmıştır.

Tablo 4.11: Yangın Hidrantları ve İtfaiyelerin Kullandığı Yıllık Su Miktarı.

<i>Bölge Adı</i>	<i>İtfaiye Sayısı</i>	<i>Hidrant Sayısı</i>	<i>Yıllık Kullanım(m³)</i>
Bakırköy Genel Toplam	2	69	25.200

Bir yılda yangın hidrantlarından sarf edilen su miktarı 25.200 m³ olarak hesaplanmıştır(Tablo 4.11). Sonuç olarak yangın hidrantlarından tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %0.14 olarak belirlenmiştir.

İstanbul'da en çok yangın hidrantı Bakırköy ilçesinde bulunmaktadır. Bu değer beklenenin üstünde olmasının sebebinin yangın hidrantları suyunun sadece yangınla mücadele amaçlı kullanılmayıp, sözleşmesiz olarak park ve bahçelerde kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanında ölçümler dışında kalan sokaklardaki acil yangın hidrantlarının ne sıklıkta ve ne miktarda su kullandığına dair bir kayıt mümkün olmamaktadır.

4.4.6. İlegal Bağlantılarla Sözleşmesiz Kullanılan Kaçak Su Miktarı

İSKİ kaçak su taramalarını anlaşmalı firmasına yaptırmaktadır. Tespit edilen kaçak su kullanıcılarına İSKİ tarafından tek taraflı sözleşme yapılmaktadır. İSKİ Abone İşleri Daire Başkanlığı Yönetmeliği ile bu aboneler sayaç takmadan kaçak su kullanmışlar ise işyerleri için aylık 22.5 m³ olarak borçlandırılmaktadır. Aylıkçı abonelerde, sayaçsız kaçak kullanımlarında sayaç çapına ve kullanım durumuna göre(lokanta, fırın...) 30 gün üzerinden tahakkuku hesaplanmaktadır. Örneğin lokantalarda masa sayısına, otellerde yatak sayısına, oto yıkamalarda ise en az 3 m³ üzerinden geriye dönük su borcu tahakkuk ettirilmekte, sayaç takarak kaçak su kullanmışlar ise ve sayaçlarındaki işaret 22.5 m³'ten fazla ise bu değer yine geriye dönük tahakkuk altına alınmaktadır.

Abone Bilgi Sisteminden, istenilen her tarih aralığında bölge ve mahalle kodu girilerek geriye dönük tahakkuk edilen kaçak su miktarı ve kaçak su adeti takip edilebilmektedir. Ancak bu kaçak su miktarı faturalandırılan, tahakkuku yapılan su kullanımının haricinde kalmaktadır. Yani Abone Bilgi Sisteminden tahakkuk ettirilen su miktarlar alınırken kaçak su kullanımından dolayı tahakkuk ettirilen su miktarı bunun dışında kalmaktadır.

Yukarıda anlatılan bilgiler doğrultusunda kısmen de olsa illegal bağlantılardan kaynaklanan kayıp miktarları İSKİ Abone Bilgi Sistemi'nden veya İSKİ Bakırköy Şube Müdürlüğü'nden alınan veriler doğrultusunda hesap edilebilmektedir.

Tablo 4.12: İlegal Bağlantılardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarları.

<i>Bölge Adı</i>	<i>Toplam Kaçak Kullanım Adeti(adet/yıl)</i>	<i>İlegal Bağlantılardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı(m³/yıl)</i>
Bakırköy İlçesi	356	17.131

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi Bakırköy ilçemizde bir yılda kaçak su bağlantılarından kaybedilen su miktarı 17.131 m³'tür. İSKİ 2011 faaliyet raporlarından alınan bilgiye göre İstanbul geneli 2011 yılında kaçak su kullanımı miktarı 322.960 m³'tür. Bakırköy ilçesindeki kaçak kullanımın İstanbul geneline oranı yüzde 5 civarındadır. Bakırköy ilçesi kaçak kullanımda çok problemli olan ilçelerimizden değildir.

Sonuç olarak illegal bağlantılar sebebi ile tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı yaklaşık %0.01 olarak bulunmuştur. Bakırköy ilçesinin gelişmişlik seviyesinin iyi olması, sanayi tipi fabrikaların azlığı, yerleşim yerlerinin işyerlerine göre daha çok olması, kayıt dışı kuruluş ve işyerlerinin çok nadir oluşu gibi sebeplerden ötürü bölgede kaçak kullanım miktarı az çıkmaktadır.

4.4.7. Su Sayaçlarına Bağlı Hatalı Ölçümlerden Kaynaklanan Su Miktarı

İSKİ'nin aboneler için öngördüğü sayaç kalitesi TSE üretim standartlarında ölçme hassasiyeti $\pm\%2$ olan sayaçlardır. İSKİ Abone Bilgi Sistemi'nde 10 yıl ve daha üzeri sayaçlar otomatik olarak 30 no'lu İş emri oluşturularak değiştirilmektedir. Yani İSKİ şu anda 10 yıl ve üzeri sayaçların kalibresinin artık bozulduğu kabulü ile tek taraflı olarak sayacı değiştirmektedir. Ancak gece-gündüz basınç salınımları, iklim şartlarının sayaç malzemesine etkisi gibi sebeplerden dolayı sayaçların her yaşta eksik ölçümler yapabileceği bilinmektedir. Abone Bilgi Sisteminde çok bariz olan fazla ölçümler İSKİ tarafından müdahale edilerek değiştirilse de kullanımda olan ve hatalı ölçümleri belirli olmayan sayaçlardan kaynaklanan hatalı ölçümler oldukça fazladır.

Bu çalışmanın kapsamında sayaçlar 0-3, 3-6, 6-9 yaş gruplarına ayrılmış ve üzerinde çalışılan her bölgenin sayaç yaşları çıkartılmıştır. Daha sonra bu yaş gruplarına ait sayaçların kalibrasyonu İSKİ Sayaç Hareketleri Teknik Şefliği tarafından teste tabi tutulmuştur.

Bölgede kullanılmakta olan 0-3, 3-6, 6-9 yaş gruplarındaki sayaçlardan 10'ar adet sayaç sökülmüş ve Sayaç Hareketleri Teknik Şefliği'nde, TÜBİTAK Ölçme Merkezi yardımı ile tam kalibrasyonu yapılmış yeni bir sayaçla, teste tabi tutularak kıyaslanmıştır. Bu grupların her biri için ortalama hatalı ölçümler aşağıdaki gibi çıkartılmıştır.

Bu testin sonuçları Tablo 4.13'te belirtildiği gibidir.

Tablo 4.13: Sayaç Ölçüm Testlerinin Sonuçları.

<i>Sayaç Yaş Grupları</i>	<i>Eksik Okuma Yüzdesi(%)</i>
0-3	4.67
3-6	9.23
6-9	13.72

İncelenen bölgelerdeki bu yaş gruplarına ait sayaç adeti, bu sayaçlar ile tahakkuk ettirilen su miktarı ve bu sayaçlardaki eksik ölçümler Tablo 4.14’de verilmiştir. Yaş gruplarına göre sayaçların adetleri, bu sayaçlardan tahakkuk edilen su miktarları İSKİ Abone Bilgi Sisteminden çıkartılabilmektedir.

Tablo 4.14: Sayaç Yaş Gruplarına Göre Eksik Su Ölçüm Miktarları.

Bölge-Branşman Adı	Sayaç Adeti			Tahakkuk Ettirilen Su			Eksik Ölçülen Su Miktarı			Topl. Eksik Ölç. Su
	0-3	3-6	6-9	0-3	3-6	6-9	0-3	3-6	6-9	
Cennet Branşmanı	4.284	3.047	2.486	1.040.091	739.769	603.566	48.572	68.281	82.809	199.662
Kartal tepe Branşmanı	1.025	876	779	179.185	153.138	136.181	8.368	14.135	18.684	41.187
Osmaniye Branşmanı	16.878	11.981	8.019	2.029.589	1.440.771	964.289	94.782	132.979	132.301	360.061
İncirli Branşmanı	6.286	4.192	2.754	1.977.131	1.318.508	866.215	92.332	121.698	118.845	332.875
Uzuncadere Branşmanı	4.108	2.804	1.675	1.146.907	782.845	467.641	53.561	72.257	64.160	189.977
Genel Toplam	32.581	22.900	15.713	6.372.910	4.434.981	3.037.892	297.615	409.349	416.799	1.123.762

4.4.8. Şebeke Arızalarından Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı

İSKİ şebeke arızalarının tamamını yüklenici firmalara ihale ederek gidermektedir. Müteahhit firma sözleşmelerinde içme ve kullanma suyu şebeke hatlarındaki arızaların en geç sekiz saat içerisinde giderilmesi şartına rağmen, gerek şebeke sistemindeki olumsuzluklardan, yetersiz işçi ve ekipmandan gerekse arızanın yerinin tespit edilmesinin bazı durumlarda güç olması nedeni ile bu arızalar ortalama olarak on sekiz saatte giderilebildiği Abone Bilgi Sistemi kayıtlarından tespit edilmiştir. 32 mm'lik şube yolu bağlantılarındaki arızalar ise 24 saatte giderilme şartına rağmen, ortalama 32 saatte giderilebilmektedir.

Planlı yapılan özellikle isale hatlarındaki bakım ve onarım çalışmaları ise genel itibarı ile zamanında yapılmaktadır. Ayrıca İSKİ isale arıza ve bakımlarını ise kendi bünyesinde çalışan personelle yapmaktadır. Bu çalışmada Abone Bilgi Sisteminden alınan veriler doğrultusunda arızalar hakkında değerlendirme yapılmıştır.

İçme ve kullanma suyu hatlarında oluşan arızalarda kayıp su şebeke hatlarındaki 100 mm'lik çaptaki borularla, 32 mm'lik şube yolu bağlantı borularında meydana gelmektedir. Bölgelerde meydana gelen arıza sayılarının boru cinslerine göre yıl içindeki adetleri aşağıdaki Tablo 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.4: Şebeke Arıza Giderimleri.

Tablo 4.15: İçme Suyu Şebeke İmalat ve Onarım Bilgileri(İSKİ, 2011).

S.No	Şube Müdürlüğü	Şube Müdürlüğü Tarafından Döşenen İçmesuyu Şebekesi(m)	İçmesuyu Şebeke Borusu Onarımı(Adet)	Şube Yolu Onarım(m)	Şube Yolu Onarım(Adet)	Şube Yolu Tesis Edilmesi(Adet)
1	Avcılar	0	259	11.934	5.536	1.782
2	Bağcılar	365	71	12.975	6.500	598
3	Bahçelievler	34	44	3.586	1.025	345
4	Bakırköy	56	31	1.372	892	84
5	Bayrampaşa	20	30	6.896	3.448	232
6	Beşiktaş	224	118	13.127	8.260	286
7	Beyoğlu	847	118	27.494	5.499	531
8	B.Çekmece	158	1.611	20.820	3.417	1.074
9	Çatalca	234	1.074	16.726	2.400	94
10	Esenler	6	58	4.882	2.191	235
11	Eyüp	3.220	60	12.629	6.201	444
12	Fatih	171	110	11.088	7.499	414
13	G.Paşa	164	622	29.951	10.487	1.338
14	Güngören	49	19	2.238	1.443	117
15	Kadıköy	149	93	11.221	5.328	469
16	Kağıthane	671	76	22.593	2.544	737
17	Kartal	162	68	14.343	6.112	732
18	K.Çekmece	2.431	377	26.202	7.683	799
19	Pendik	475	49	13.059	4.117	555
20	Silivri	111	927	6.015	3.404	526
21	Sultanbeyli	453	376	11.954	5.572	2.210
22	Şile	1.923	403	6.076	2.339	402
23	Tuzla	187	68	4.646	1.516	352
24	Ümraniye	725	177	14.161	5.340	866
25	Üsküdar	126	432	24.266	10.680	1.502
Toplam		12.961	7.271	330.254	119.433	16.724

Tablodan görüldüğü gibi 2011 yılında İstanbul genelinde 7.271 adet içmesuyu şebeke borusu onarımı ile 119.433 adet şube yolu onarımı gerçekleşmiştir. Bu rakamlara bakılınca Bakırköy ilçesi boru arızasının en az yaşandığı ilçelerden birisi olduğu gözlenmektedir.

Tablo 4.16: Şebeke Arızalarının Miktarı(2011).

<i>Bölge Adı</i>	<i>100 mm' lik Boru Arızası</i>	<i>32 mm' lik Boru Arızası</i>
Bakırköy İlçesi	31	892

İlçede en eski şebeke sistemine sahip ve dar sokaklardan oluşan Kartaltepe Mahallesi daha fazla patlak ve arıza yaşandığı gözlenmektedir. Bakırköy ilçesi diğer birçok ilçeye göre daha düzenli bir şebeke sistemine sahip olduğu için bu tip kaçak su miktarı hayli az miktardadır. Çünkü şebeke hatlarının tamamına yakını basınca, yüke karşı daha dayanıklı olan düktil font borularla tamamına yakını yenilenmiş durumdadır.

Sonuç olarak arızalara müdahale etme saati ve yıl içindeki meydana gelen arıza sayısı bilinmesine rağmen, boruların hasar görme şekilleri değişken olduğundan ve buna bağlı olarak kaybedilen suyun debisinin bilinmesinin mümkün olamamasından dolayı arızalardan kaynaklanan kayıp suların miktarı tespit edilememektedir. Ancak bu su miktarları isale hattında olsa idi SCADA sisteminden net olmamakla birlikte ortalama bir değer bulunabilmektedir. Şebeke sisteminin takibi SCADA sistemi ile yapılamadığı için şebeke kaynaklı patlak ve arızalardan kaynaklanan su kaçak miktarını tespit edememekteyiz.

4.4.9. Şebekedeki Su Kalitesini Koruma Amaçlı Yapılan Deşarjlar

İSKİ şebeke sistemindeki birikimleri önlemek ve su kalitesini koruma amaçlı olarak tahliye vanalarından şebeke sularını ayda bir defa olmak üzere 12 saat boyunca tahliye etmektedir. Pilot bölgenin tamamında 29 adet boru sonu tahliye vanası bulunmaktadır. Bunlar düzenli olarak her ay açılmakta ve 12 saat boyunca tahliye işlemine tabi tutulmaktadır. Vanaların hepsi şebekenin en alt basınç seviyesine ait yerlerdeki şebeke hattı üzerinde bulunmaktadır.

Buradaki kayıplar bu vanalardan saatte geçen debi belirlenerek hesaplanmıştır. Her bir vananın saatte deşarj ettiği su miktarı $27.20 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'tir.

Vanalardan tahliye ettiği yıllık su miktarı $= 27.20 \times 12 \times 29 \times 12 = 113.587 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Bu miktar yıllık üretilen suyun %0.65'ini teşkil etmektedir.

4.5. SU KAYBININ ANALİZİ VE ÖNLEME POLİTİKASI

4.5.1. Kayıp Suyun Maliyeti

Pilot bölgemizde içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak amacı ile incelenen bir yıllık dönemde toplam $17.334.381 \text{ m}^3$ su şebekeye verilmiştir. Tahakkuk ettirilen su miktarı ise $13.845.783 \text{ m}^3$ 'tür. Yani şebekeye verilen suyun %79.87'si tam olarak aboneye ulaşmış, geri kalan %20.13'lik kısmı ise çeşitli amaçlarla kullanılmış veya kayıplardır.

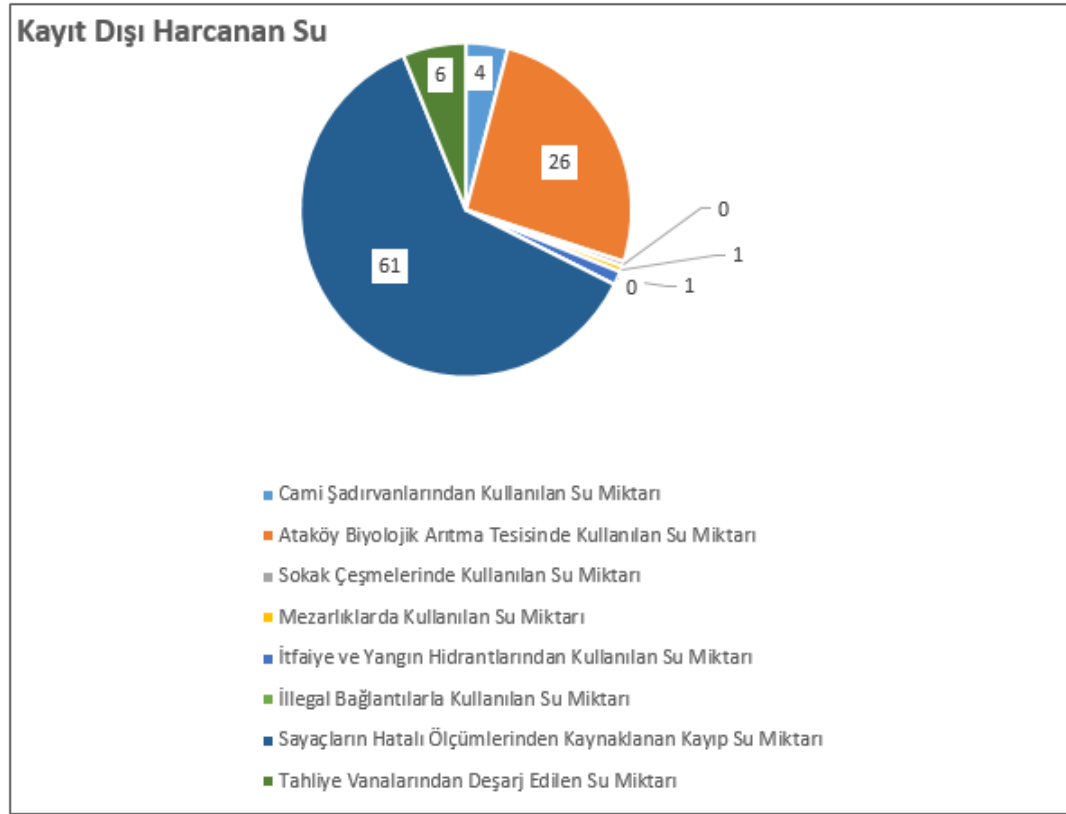
Bir yıllık sürede, Bakırköy ilçesindeki şebeke suyunun bedelsiz olarak kullanılan miktarları ve yerleri Tablo 4.17'de verilmiştir.

Tablo 4.17: Bedelsiz Su Kullanımından Kaynaklanan Su Miktarları.

<i>Suyun Kullanım Yerleri</i>	<i>Tüketilen Su(m³)</i>	<i>Üretim Oranı(%)</i>
Cami Şadırvanlarından Kullanılan Su Miktarı	74.731	0.43
Ataköy Biyolojik Arıtma Tesisinde Kullanılan Su Miktarı	474.218	2.73
Sokak Çeşmelerinde Kullanılan Su Miktarı	8.688	0.05
Mezarlıklarda Kullanılan Su Miktarı	10.560	0.06
İtfaiye ve Yangın Hidrantlarından Kullanılan Su Miktarı	25.200	0.14
İllegal Bağlantılarla Kullanılan Su Miktarı	17.131	0.01
Sayaçların Hatalı Ölçümlerinden Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	1.123.762	6.48
Tahliye Vanalarından Deşarj Edilen Su Miktarı	113.587	0.65
TOPLAM	1.847.877	10.54

Çalışılan pilot bölgemiz Bakırköy ilçesinin su şebekesindeki %10.54 oranındaki 1.847.877 m³ suyun kullanıldığı yerler yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. Buna mukabil tahakkuk ettirilen su miktarı 13.845.783 m³'tür. Toplam üretim içerisinde bu miktar %79.87'dir. Toplam üretim içerisinde sarfiyatı bilinen suyun miktarı 15.693.660 m³'tür ve %90'ını teşkil etmektedir. Geriye kalan %10'luk kısmın ise fiziksel veya tespit edilemeyen kayıplar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu miktar çalışma sonunda değerlendirildiğinde, sebeplerinin hâlihazırda tespit edilemeyen illegal bağlantılar, yıllık periyot içinde meydana gelen şube yolu, şebeke boruları ve isale hatları üzerindeki arızalar, şebeke sisteminin hatalı işletilmesinden ve fenni olmayan işçilikten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kayıt dışı harcanan suyun temel bileşenleri Tablo 4.18'de gösterilmiştir.

Tablo 4.18: Kayıtdışı Harcanan Su Oranları.

Günümüzde su kaynakları artan ihtiyacı karşılamakta zorlanırken, artan nüfus ile kirlilik yüklerinin de artması ile arıtma maliyetleri de artmaktadır. Su kaçağı isale hatlarında, depo ve şebekelerde meydana gelir. Su kaçağının sıfır olduğu bir su sistemi mevcut değildir. Bu çalışmada İstanbul kentinin bir bölgesine verilen su miktarı göz önüne alınarak kayıp tespitine gidilmiştir. İSKİ kayıp suların miktarı belirlerken, üretilen su miktarını değil de şebekeye verilen miktarı debimetrelerle tespit ederek belirleme yoluna gitmektedir. Ancak üretilen su miktarı göz önüne alındığında isale ve şebeke hatlarının dışında kalan depo, arıtma tesisleri gibi su sağlama yapılarındaki kayıpların da genel kayıplar arasında incelenmesi gerekmektedir. Çünkü yatırım, sadece şebeke hatlarına verilen suya değil, arıtılıp tüketiciye hazır hale gelen suya yapılmaktadır.

İstanbul için kayıp suyun mali olarak basitçe hesap yapılır ve bu hesap İSKİ'nin konutlar için uyguladığı ortalama birim fiyatı ile yapılırsa 745.942.410 TL'lik maddi kayıp olduğu görülebilir. Şöyle ki; kayıp olan faturalanmamış su miktarı 213.126.403 m³ hesaplanmıştı. İstanbul için yaklaşık hesap yapılır ve su birim fiyatı 2013 yılı için 3.5 TL olarak kabul edilirse bu verilere göre ortaya çıkan maddi kaybın

$213.126.403 \times 3.5 = 745.942.410$ TL olduğu hesaplanabilir. Ayrıca bu hesaba enerji sarfiyatı, arıtma masrafları gibi masraflar dahil edilmediği halde bu miktarın hiç de azımsanmayacak bir miktar olduğu açıkça görülmektedir.

Günümüzde su kaynakları bir taraftan evsel ve endüstriyel atıksularla kirletilirken diğer taraftan büyük bir zahmet ve masrafla temin edilen suların, kullanıcılara ulaşıncaya kadarda bir kısmının zayi olduğu da bir gerçektir. Suyun kayıtsız ve kontrolsüz bir şekilde akmasına su kaçağı, faydalanılmadan akıp gitmesine de su israfı denilmektedir. Su kaçağı depolarda, isale ve şebeke hatlarında meydana gelmektedir. Su kaçağının hiç olmadığı bir ağ sistemi de mevcut değildir. Ancak su kaçağının azaltılması için birtakım çalışmalar yapılabilir.

4.5.2. Su Kayıplarının Sebepleri

1. Su dağıtım şebekelerindeki boru, armatür, bağlantı elemanları, kalitesiz malzeme, kötü işçilik, uygunsuz dolgu malzemeleri vs.
2. İllegal su kullanımlarından;
 - Borçtan dolayı sökülen su sayaçları yerine ara boru, çeşme, hortum vb. montajı,
 - Sayacı işletmeyecek şekilde tertibat kurulması,
 - Direkt olarak su şebekesine bağlantı yapılması,
 - Müdahale yoluyla sayacın çalıştırılmaması,
 - Sayaçların arızalı olmasından veya hatalı çalışmasından,
 - Sayaçların tüketilen toplam su miktarını hatalı okuması,
 - Sayaçlardan geçen küçük debilerin yazılmaması(kalibrasyon yetersizliği),
 - Şebekedeki havanın tam anlamıyla tahliye edilememesinden dolayı sayaç numaratorlerinin hiç dönmemesi ile su tüketimlerinin ölçülememesi.
3. Belediyelerin abone olmaksızın yangın hidrantlarından itfaiye için su kullanımları, mahalle çeşmeleri vs.
4. Abone Bilgi Sisteminin güncelleştirilememesinden dolayı günümüzdeki su işletmelerinin fatura çıkaramadığı abonelerin su tüketimleri,
5. Yeraltı sistemlerine sahip kamu kuruluşlarına(BEDAŞ, TELEKOM, İGDAŞ vb.) iş yapan altyapı müteahhitlerinin çalışması sırasında su şebeke sistemlerine verdikleri zararlardan kaynaklanan kayıpların önlenememesi,

6. Su arıtma tesislerinde, depolama ve pompa istasyonlarında meydana gelen su kayıpları,
7. Yeni yapılan su şebekesinin devreye alınması, pompa istasyonlar ve depoların kabulü sırasında verilen deneme suları ile bağlantı sırasında tahliye edilen sular,
8. Mevcut su depolarından sızan su kayıpları,
9. Pompa istasyonları, sosyal tesisler gibi su işletmelerine ait tesislerde kullanılan, fakat hesaplanmayan sular,
10. Herhangi bir su kesintisi sırasında acil ihtiyaçlar nedeniyle hastane, okul gibi yerlere gönderilen sular,
11. Su Şebekelerinde rutin yapılan temizliklerde tahliye edilen sular,
12. Su şebeke arızalarına müdahale edilinceye kadar oluşan su kayıpları,
13. Su işletmelerince bilinen, ancak tespit edilemeyen fiziki kaçaklar (Işıldak, 1999).

sebebiyle su kayıpları yaşanmaktadır.

4.5.3. Su Kayıplarını Önlemek İçin Gerekli Tedbirler

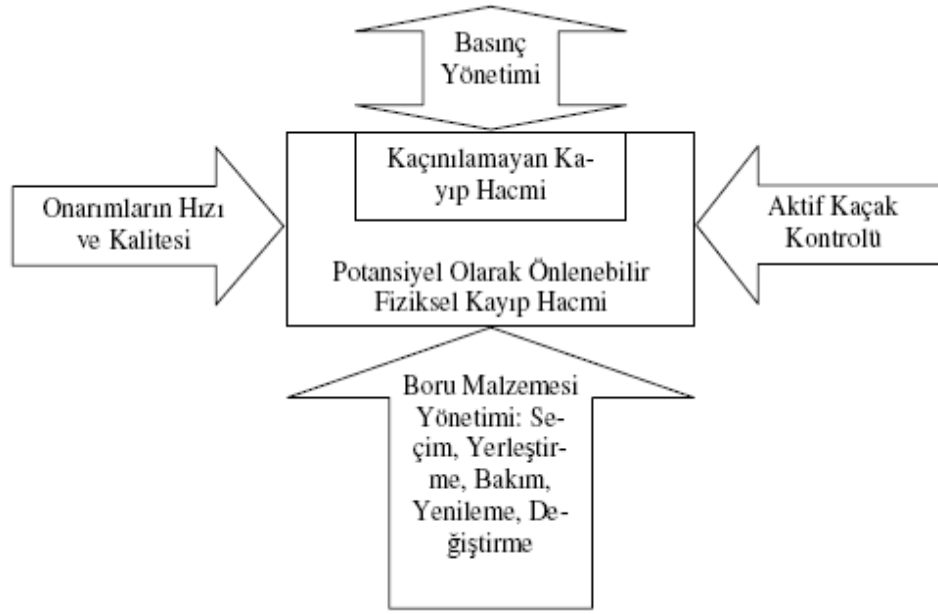
Su kayıplarının önlenmesi için su kayıplarını oluşturan fiziksel ve fiziksel olmayan sebepler ayrı ayrı incelenerek tespit edilmeli ve her bir sebep için çözümlere gidilmelidir. Yapılan çözümler kalıcı olmalı tekrarlayan cinsten çözümler olmamalıdır. Yapılan çözüm kalıcı olması durumunda her bir arızada tekrar su kaybı olacaktır. Bu yüzden bakım ve onarım planlaması yapılmalıdır.

Su kayıplarını azaltmak için kayıp türüne göre ayrı tedbirler alınması gereklidir. Öncelikle görünen kayıplar giderilmeli daha sonra kaçak arama cihazlarına başvurulmalıdır. İdari kayıpları azaltmak için su kayıpları ciddiye alınarak su işleri teşkilatı yeniden düzenlenmelidir. Yasadışı kullanımları önlemek için dinleme ve kontroller arttırılmalı ve tespit edilen durumlar için yasal tedbirlere başvurulmalıdır. Bir ailenin temel ihtiyaçlarını karşılayacak kadar su, az bir ücretle sağlanmalı, kullanım arttıkça kademeli fiyat yükseltmesi yapılmalıdır. Sayaçların düzenli olarak kontrol edilmesi ve değiştirilmesi gereklidir.

Fiziksel kayıpları azaltmak için Şekil 4.4'de bileşenleri gösterilen kaçak yönetimi uygulanmalıdır. Bu sayede fiziksel kayıplar potansiyel olarak önlenabilir kayıp hacmine

kadar azaltılabilir. Boru malzemesi yönetimi ile düzenli boru yenileme programları uygulanmalı ve eskiyen borular değiştirilmelidir. Boru cinsi seçilirken kırılğan değil esnek malzemeler tercih edilmelidir. Esnek malzemeler, deprem gibi dış kuvvetlerden, zemin oturmalarından ve dış yüklerden daha az zarar görürler. Polietilen gibi zemin etkilerine dayanıklı ve uzun ömürlü malzemeler tercih edilmeli, metaller katodik koruma ile korozyona karşı korunmalıdır. Depoların izolasyonları kontrol edilerek sızıntılar engellenmelidir. Depoların dolu savaklarının çalıştığı zamanlarda, fazla su başka depolara aktarılmalı, boşa akması engellenmelidir.

Basınç yönetiminde su dağıtım sisteminin basıncı düşürülmeli, böylece, basınca dayanıklı olmayan boruların patlamaması, boru birleşim yerlerindeki sızıntıların azaltılması ve kırılan bir boru tamir edilinceye kadar geçen sürede daha az su kaybı olması sağlanır. Su kayıplarını azaltmak için alınacak diğer bir tedbir de onarımların hızının ve kalitesinin artırılmasıdır. Son olarak aktif kaçak kontrolleri yapılmalı ve teknolojik cihazların yardımıyla kaçak yerleri tespit edilerek onarılmalıdır.



Şekil 4.5: Kaçak Yönetimi Planı (IWA, 2007; Toprak ve diğ. 2007).

4.5.3.1. Fiziksel Su Kayıplarını Önlemek İçin Gerekli Tedbirler

Fiziksel su kayıpları şebekelerin projelendirme hataları, işletme hataları, boruların kalitesi vb. sebeplerden kaynaklanmaktadır.

Su dağıtım şebekesinden meydana gelen kaçakların seviyesini azaltmaya çalışmak için, aktif kaçak tespit ve kontrol programı geliştirilmelidir. Bu program, kaçakların zemin yüzeyinde gözle görülür şekilde veya su dağıtım şebekesinde aniden oluşan yerel basınç kayıpları durumunda yapılan bildirimlere cevaben kaçaklara müdahale şeklindeki programla paralel olarak yürütülmelidir. Aktif bir politika uygulayabilmek için kaçığın tespit edilmesi ve kaçak kontrolü konusunda alınabilecek önlemler şunlardır;

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

Yukarıdaki önlemlerden herhangi birinin uygulanmasında, kullanılan kaynakların maliyetlerinin yakından izlenmesi ve kaçakların azaltılmasından elde edilecek faydalar çok önemlidir. Açıkçası, uygulanan kaçak kontrol politikası genelde maliyetli bir iş olup, su kaçağını önleme maliyetinin tasarruf edilecek suyun maliyetini aşmamasına dikkat etmek gerekmektedir (Dikmen, 2005).

Boru Hatlarının Denetimi

Bu basit önlem rutin olarak yapıldığı takdirde sadece kaçak problemlerini belirlemek değil, aynı zamanda boru hattı güzergâhında yüzeyde kalan ekipmanları denetlemek de mümkün olmaktadır. İşletme personeli boru hattı güzergâhı boyunca yürüyerek, kaçak olma ihtimali yüksek yerleri ve olabilecek kaçak tiplerinin detaylı kayıtlarını tutmalıdır. Bunlar;

- Öncelikle SCADA merkezi ile irtibatlı hareket etmeli, rutinin dışındaki debi ve basınç değişimleri ve aylık değerlerin kontrolü yapılarak kıyaslama yapılması,
- Yüzeydeki nemli ve ıslak lekeler veya yol kaplamasından sızmalar,
- Su kaçağı sebebiyle muhtemelen yeraltında meydana gelen toprak erozyonu sonucu yüzeyde meydana gelen değişimler veya çökmeler,
- Tesisat bağlantılarından meydana gelen kaçak sebebiyle, boru hattı vanası ve vantuz odalarında su baskınları oluşumu,
- Yer yer yeşermiş lifli bitkilerin oluşumudur.

Yukarıda belirtilen emareler sadece su kaçağı olma ihtimalinin bir göstergesi olup, aynı şekilde yüzeysel yağmur suyundan da meydana gelebilir. Su kaçağı gözle görülür olmadığı sürece tamir ekibini harekete geçirmemeli ve bölgeye gönderilmeden önce boru ek yerleri ve bağlantı tesisatının bir daha basit kontrolleri yapılmalıdır. Bu işlem, kaçak sesi tespiti ile yapılabilir.

Boru Hattı Yenilenmesi

Eski ve bozuk boruların ithal düktil font boru ile değiştirilmesi kaçakların azalmasında belirgin bir ilerleme kaydedilebilmektedir. Bununla beraber, müteahhit firmaların yapacağı boru döşeme ve hidrolik test işlemlerini sahada yakinen denetleyerek, önemli ölçüde kaçakların azaltıldığından emin olunmalıdır.

Mesela, muflu boru bağlantılarının erkek ve dişi bağlantı yerlerine yeterli özen gösterilmemesi halinde, contalarda bükülmeler meydana gelecek ve bu da ek yerlerinden su kaçaqlarına sebep olacaktır. Daha uzun boru hatlarında, basınç deneyindeki yüksek tolerans miktarının büyük bir kaçağın kaynağının tespiti engellememesi için, basınç testi boru hattının nispeten daha kısa bölümlerinde(yaklaşık 0.5 km) yapılmalıdır. Ayrıca, yeni döşenmiş şebeke hatları Su İdarelerine teslim edilmeden önce, kaçak problemlerinin emarelerinin olup olmadığını tespit etmek üzere boru hattının yürüyerek denetlenmesine imkan verecek ve bir haftaya kadar bir süre boyunca basınç altında tutulacak tam bir bölgesel basınç testi yapılmalıdır.

Bu tipte büyük bir boru yenileme programının sadece kaçak azaltılması gayesiyle uygulanması ekonomik açıdan tartışılabilir, dolayısıyla, dağıtım sistemi kapasitesinin artırılması ve abonelere verilen hizmetin iyileştirilmesini de dikkate alan daha geniş bir kapsamda düşünülmelidir.

Basıncın Azaltılması

Dağıtım sisteminden oluşan kaçak miktarı boru hattı içindeki çalışma basıncı ile orantılı olduğundan, sonuç itibarıyla, boru hattı içindeki basıncın azaltılması, kaçak ile kaybolan su miktarını aynı oranda azaltacaktır.

Tasarım kriterinde, dağıtım sistemi genelde basıncı ortalama 50 metre ve kaçınılmaz olan yerlerde mutlak maksimum 85 metre ile sınırlamak suretiyle bölgelere ayrılmalı, ileride de, basıncı bu sınırlar içinde tutmak için gayret sarf edilmelidir.

Kaçak debisi kabaca sistemin basıncıyla orantılıdır, yani sistem basıncını yarıya düşürmek kaçak miktarını yarıya düşürecektir. Patlama sıklığı sistem basıncının yaklaşık küpü kadar değişir, yani sistem basıncını iki katına çıkarmak tipik olarak patlama oranını sekiz kat yapar. Belirsiz kayıplar tespit edilemeyecek kadar küçük kırıklar sadece sistem basıncını düşürerek azaltabilir. Basınçta sık ve ani değişiklikler sistemdeki patlama sayılarını artırır.

Kaçak Sesinin Bulunduğu Yer

Herhangi küçük bir delikten geçen suyun, kendine has çıkardığı bir ses düzeyi bulunmaktadır. Oluşan bu ses yardımıyla, bir dereceye kadar basit dinleme çubukları

veya daha hassas bir şekilde ultrasonik kaçak tespit cihazı kullanılarak kaçağın yeri tespit edilebilir.

Bu dinleme aletleri sistemin etrafındaki faaliyetlerin ve dış etkenlerin azaldığı gece vakti daha etkili olmaktadır. Ucuz olma avantajına sahip dinleme çubuğu iyi eğitilmiş ve deneyimli operatörlerin elinde çok daha verimli olmaktadır. Kaçak olabileceğinden şüphelenilen belirli bir yerde, boru hattını sistemden ayırmak üzere konan mansap dağıtım vanaları kapatılarak memba vanası çok az açık bırakılır. Operatör ise dinleme çubuğunu açık vananın üzerine koymak suretiyle vananın mansap kısmındaki sızıntı sebebiyle bir akışın olup olmadığını duyabilecektir. Kısmen kapalı musluklarda ses dinleme ile ev içindeki tesisatta aşırı kaçakların tespit edilmesi de oldukça sık kullanılan bir yoldur. Aynı şekilde, bu işlemde evsel su tüketiminin olmadığı gece vakti yapılmalıdır.

Ultrasonik kaçak tespit cihazı kaçağın yerinin daha iyi bir şekilde belirlenmesinde fayda sağlamaktadır. Fakat cihaz oldukça pahalı olup, kaçak sesi ile dış gürültü kaynakları sesi karıştığı takdirde, verimli olarak kullanımı zorlaşmaktadır.

Zayıf Ölçümü

Zayıf ölçümü gece yapılması gereken diğer bir işlemdir. Bu sayede kaçağın önemli olup olmadığı hakkında fikir sahibi olunabilmekte, ancak kaçağın kesin miktarı belirlenmemektedir.

Su zayıfının araştırılması için öncelikle dağıtım şebekesindeki bir bölge ayrılmakta ve gecelik debileri kaydetmek üzere genelde 02:00 ve 05:00 saatleri arasında bölgenin girişine bir sayaç yerleştirilmektedir. Özellikle sanayi alanlarındaki kullanım ve hizmet depolarının yeniden doldurulması sebebiyle, olağan gecelik tüketimler olabileceğinden kaydedilen debinin tamamen kaçak olduğu kabul edilmemelidir. Bu sebeple, bu gibi faktörlerin etkilerinin anlaşılabilmesi ve dikkate alınabilmesi için incelenmek üzere ayrılan alan dikkatlice tanımlanmalıdır.

Kentsel alanların genişleyip birleştiği İstanbul gibi büyük bir şehirde, gece debisinin oldukça yüksek olması beklenebilir. Tipik olarak, İngiltere’de gece debileri, günlük ortalama debinin %25-40’ı kadar olabilmekte ve daha büyük şehirlerde bu oran daha da

yükselmektedir. Gece debisi %25 olarak alındığında, bu debinin yaklaşık %50 ile %70'inin kaçak debi olduğu bulunmuştur.

Bölgeye verilen sudaki zayıflığın araştırılması esnasında, bölgenin bazı kısımları devamlı olarak ayrılacağından sayaçta kaydedilen debiden buna eşdeğer miktar düşülecektir. Olağan dışı herhangi bir yüksek düşüş, kapatılan boru kesiminde aşırı kaçak olduğunu belirtecek ve kaçağı tespit etmek ve yerini belirlemek maksadıyla, sonradan ayrıca yapılacak olan araştırmalar için kaydedilmiş olacaktır. Bu işlem, sahadaki kaçak problemlerini belirlemede etkili olabilir, ancak bir işçinin inisiyatifinde gece yapılan bir çalışma olması da dezavantaj teşkil etmektedir.

Kaçak Kontrol Programının Uygulanması

Kontrolü altında böyle büyük bir su temin sistemi bulunan İSKİ'nin, su dağıtım şebekesindeki tüm birimlerin sistematik denetimi ve yenilenmesi için bir iş programı kullanmak suretiyle, koruyucu bir bakım programını belirlemesi gerekmektedir. Bu gibi programlar bilgisayar esasına dayalı ve bir coğrafik bilgi sistemine(GIS) bağlanabilir olması sebebiyle, İSKİ bunu uzun vadeli bir hedef olarak dikkate almalıdır.

Bu gibi bir programın ilk hedefi, kaçağın tespit ve kontrol edilmesi olmalıdır. Bu hedefe varmak için İSKİ, ilk önce bu gibi bir programın yapılmasına ihtiyaç duyulan öncelikli alanların belirlenmesi görevini üstlenmeli ve sonrada bunu başarılı bir şekilde uygulayabilmek için beceri ve tecrübe kazanmalıdır.

Mevcut dağıtım şebekesinin performansı ve durumu ile ilgili kayıtlı bilgilerin yetersiz olması sebebiyle, öncelikli alanları belirlemek zordur. Açıkçası, İSKİ'nin boru yenileme programının bir parçası olması sebebiyle, boru hatları yenilenmiş şebeke alanlarına öncelik verilmemesi gerekmektedir. Şebekenin henüz yenilenmemiş, daha eski kısımlarında, daha ciddi kaçak problemleri ile karşılaşılması ihtimal dâhilindedir.

İSKİ'nin daha iyi bir kaçak tespit ve kontrol programı geliştirebilmesi için ilk önce verilerin toplanmasını ve daha iyi inceleme ve analize uygun bir forma getirilmesini organize etmek yolunda, önemli derecede gayret sarf etmesi gerekecektir. Bölgede toplanan veriler, aşağıda belirtilenlere cevap verecek şekilde birleştirilmelidir.

- Boru hattı çapı, basınç sınıfı, malzeme ve yaşı;

- Kaydedilen arızalar veya işletim problemleri;
- Debi ve basınç, eğer var ise;
- Hizmet düzeyi ile ilgili abone şikâyet kayıtları;
- Dağıtım şefleri ve bakım ekibi tarafından yapılan saha gözlemlerinin kayıtları;
- Yönetici personelin şahsi bilgisi ve deneyimi;

Bu veriler bilgisayarda veritabanı içinde toplanmalı ve ileride yapılacak işletme ve bakım planlamasına yardımcı olması bakımından kolayca ulaşılabilir olmalıdır. Ancak, bu çok büyük görev en iyi bir şekilde, dağıtım sistemi hakkında bilgisi olanların katkısı ve çeşitli ve görünüşte rastgele verilerin dâhil edilmesi ile yürütülebilir. Geçmişe ait veriler toplandıktan sonra, yeni veriler de hazır oldukça ilave edilmelidir.

Dağıtım sistemi baştanbaşa kapsamlı bir şekilde geliştirilirken, buna paralel olarak, İSKİ kaçak tespit ve kontrol tekniklerindeki deneyimini geliştirmek üzere çalışma yapmalıdır. Ses dinleme tekniğine vakıf olmayan saha elemanları, kaçak sesi dinleme çubuğunu kullanabilmeleri için eğitime tabi tutulmalıdırlar. Dağıtım boru hatlarının ve ev bağlantılarının sistematik olarak dinlenmesi, günlük rutin denetimlerinin bir parçası olarak yapılmalıdır. Gerekli ilave donanım için ayrılacak para oldukça az olmasına rağmen, kaçak belirlemeden elde edilecek olan faydalar önemli olacaktır.

Yukarıda belirtilen basit tekniğe ilaveten, aynı zamanda, İSKİ'nin bölgeye verilen suyun ölçümü için büyük çapta bir ölçüm programını üstlenebilmesi maksadıyla tecrübe kazanmalı ve mevcut tecrübesini geliştirmelidir. Varlık veritabanı oluşturulduğunda, ölçülecek olan bölgelerin öncelikleri belirlenmelidir. Bundan önce, hâlihazırda yüksek miktarda kaçak olduğundan şüphe edilen bölgeler esas alınarak, pilot kaçak kontrol yerleri oluşturulmalıdır.

Fiziki kayıpların en aza indirilmesi ve genel olarak faturalanamayan su miktarının azaltılması isteniyorsa; mevcut deneyime ilaveten uzmanlık kazanıldıktan ve Avrupa ve Asya yakasındaki şebeke ihtiyaçlarının analizi ve değerlendirme işlemleri yapılmalıdır. Varlık veri tabanı kullanılarak gerekli sistem kurulur sonra İSKİ kaçak tespiti ve kontrolü için gerekli bir program planlanır ve çalışma başlatılır.

4.5.3.2. Fiziksel Olmayan Su Kayıplarını Önlemek İçin Gerekli Tedbirler

Fiziksel olmayan su kayıplarını önlemek için aşağıdaki tedbirler alınmalıdır.

1. Her debide, en ileri teknoloji ile hassas çalışan su sayaçları üretilmeli, kullanılmalı ve periyodik bakımları yapılmalıdır. Sayaç okuma hataları, sayaçların hatalı ölçülmeleri böylelikle ortadan kaldırılmalıdır. Ayrıca kış aylarında sayaçları donma olaylarına karşı korumak için abonelerin tedbir almaları yasal zorlamalarla uygulatılmalıdır. Sayaçların her zaman okunabilecekleri bir yerde muhafaza edilmeleri sağlanmalı ve kıyas fatura tahakkuku en asgari seviyeye indirilmelidir.

2. İllegal yollardan kaçak su kullanımının önlenmesi için;

a. Su faturalarının ödenmemesi halinde su sayacının sökülmesi hiç düşünülmemeli, su kapama aparatları daha efektif bir hale getirilmelidir.

b. Hukuki yoldan su borçları tahsil edilemeyen abonelerin suları şube yolundan kapatılmalıdır.

- Rekreasyon amaçlı kullanımlar, yangın hidrantlarındaki kullanımlar, sokak çeşmelerindeki kullanımlar en üst seviyede denetim altına alınmalıdır.
- Arıtma tesisi giriş ve çıkışlarına hassas debimetreler takılarak arıtma tesisinden kaynaklanan kayıplar da hesaba katılmalıdır.

Gerekli sıklıkla güncelleştirilebilen Abone Bilgi sistemi kurulmalı, bu sistemde en son verilerin kullanıldığı su şebekesi yöntemi ve dinamik bir master plan yapılmalı ve bu master plan bir genişletme projesi ile birleştirilmelidir. Bu geliştirme projesinde, hidrolik modelleme, coğrafik bilgi sistemi, yönetim bilgi sistemi, kaçak tespit ve onarımı, sayaçlandırma, ticarileştirme ve eğitim unsurları da bulunmalıdır.

Önerilen bu projenin finansmanı: Su kayıplarının denetlenmesi sonucu faturalanan sudaki artıştan, ticarileştirme programından, su kaçaklarının temini ve arıtma tesisi gibi büyük yatırım harcamalarının ertelenmesinden sağlanacak tasarruftan karşılanabilir ve bu finansal yararlar, iyi bir su işletmesi yönetimi için yeni ve etkin araçlar sağlamada kullanılabilir (Işıldak, 1999).

4.5.4. Su İhtiyacı Tahminlerinde Talep Kontrolü

Su işlerini yürüten kuruluşlar, artan nüfus ve gelişen endüstrinin su ihtiyaçlarını 30 yıllık proje hedeflerini seçerek planlarlar. Su kaynakları planlaması üç temel çalışmayı kapsamak zorundadırlar. Bunlardan birincisi; ne kadar suya ihtiyaç duyulduğu, ikincisi;

bu ihtiyacı karşılamak için ne tür su kaynaklarının mevcut ya da geliştirilebilir olduğu ve üçüncüsü ise; ihtiyaçlar ile imkânlar arasında ne tür bir uyum yapılacağıdır. Su ihtiyaçlarının tahmin edilmesi bir dizi geçmiş verilerin değerlendirilmesi sonucu gelecek için projeksiyonlar yapmayı kapsarken; mevcut ve geliştirilebilir su kaynaklarının verimlerinin değerlendirilmesi hidrolik çalışmalara dayanmaktadır. Son aşamada ise sistemin karmaşıklığına göre sofistike matematik modeller yardımı ile bir optimizasyon yapılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında birçok faktörün etki ettiği ya da dikkate alındığı su ihtiyacı tahminlerinde suya olan talebi kontrol ederek ekstra kapasite oluşturan aktiviteler özetlenmekte ve meydana getirilebilecek ekstra kapasite hakkında bir fikir verilmektedir. Bu çalışmalar günümüzde ilk önce yapılması gereken aktiviteler olarak çokça vurgulanmaktadır. Suyu olan talebin hızla artması, su kaynaklarının nüfus ve endüstri yoğunluğuna paralel olarak dağılmamış olması, sık sık kuraklıkların görülmesi dolayısıyla su kayıplarının önlenmesi daha da önemli olmaktadır. Mevcut sistemin, mevcut talebi karşılayamıyor olması ve genellikle az gelişmiş diye tabir edilen ülkelerde durum daha da acil olmaktadır.

Nasıl su ihtiyaçları planlama döneminde değişmekte ya da artmakta ise talep yönetimi çalışmalarının sonuçları yani su tasarrufları da zamanla görülecektir. Aynı şekilde bazı aktivitelerin uygulamaya konulması da belli bir zaman gerektirecektir. Dolayısıyla sudan sorumlu kuruluşlar gelecekte nasıl bir plan çerçevesinde ve hangi önlemleri alacaklarını ve bunların sonucunda ne kadar su tasarruf edilebileceğini belirlemek durumundadırlar.

4.5.4.1. Talep Yöntemi Önlemleri

Talep yöntemi ile ilgili çalışmalar genellikle iki ayrı kategoride değerlendirilebilir. Birinci kategori, su şebekesi ile ilgili çalışmaları kapsarken, diğeri, suyun kullanımı ile ilgili önlemleri konu eder. Sonuçta kaynağından alınıp servise sunulan suyun kullanıcıya en az kayıpla ulaşması ve kullanılırken de gerektiği kadar kullanılmasının sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmaların bazıları sadece su endüstrisinin ilgi alanına girerken, bazıları ise sadece tüketicinin sorumluluğuna bırakılmıştır. Diğer bir grup ise hem su endüstrisinin hem kullanıcıların hem de üçüncü şahısların katılımı ile gerçekleştirilebilecek türden

alışmaları kapsamaktadır. Bu alışmalar koruma önlemleri olarak da adlandırılmakta ve aşağıdaki başlıklarda toplanabilmektedir.

1. şebeke ve Ev İçi Sızmalarının Azaltılması: Sızma yoluyla oluşan kayıplar gelişmiş ülkelerde bile %40'lara çıkabilmektedir. Bu kayıplar şebekeden ve evlerdeki su kontrol aparatlarından meydana gelmektedir. şebeke kayıpları, şebekenin durumuna bağı olmakta ve nerede, ne kadar oluştuğunun tespiti ve önlenmesi için gereken tedbirlerin alınması doğırudan su endüstrisinin sorumluluğunda bulunmaktadır. Buna karşın ev içi tesisattaki kayıpların kontrolü tüketicinin duyarlılığına bağı olmaktadır. Toplam ev içi tüketiminin üçte birine ulaşılabilen, bu kayıpların kontrolü bazı önlemler ile zendirelebilmektedir.

2. Kullanılan Suyun llmesi: Üretilen suyun ne kadarının tüketildiğini tespit etmek çok önemli bir faktördür. Bazı gelişmiş ülkelerde yapılan denemelerde %30 civarında bir ölçüm azalması olduğı ortaya çıkmıştır.

3. Su Fiyatlandırma Politikası: Bu nlemin etkili olabilmesi için tüketilen suyun yaygın olarak ölçülüyor olması gerekmektedir. Fiyatlandırma politikalarıyla daha az su kullanılması zendirelebilmektedir. Belli bir miktardan fazla kullanılan su fiyatının çok yüksek rakamlara çekilmesiyle su kullanımı kısmen kontrol altına almış olabiliriz. Bu ancak suyun israf edilmesini önlemiş olur.

4. Su Tasarrufu Sağılayan Aletlerin Kullanılması: Ev ilerinde su tasarrufunda en etkili önlemlerden biride, suyu daha az kullanan aletlerin yaygınlaştırılmasıdır. Bu tür önlemlerle yaklaşık %40 nispetinde bir tasarruf sağılanacağı ifade edilmiştir. Ayrıca ev içerisinde küçük ölçekli geri kazanım ünitesinin kurulması ile de %20-30 civarında bir tasarruf sağılanabilmektedir.

5. Eğıtım Programları: Sözü edilen önlemlerin birçoğunun etkili olabilmesi halkın eğıtilmesi ile doğırudan ilgilidir. Eğıtım programlarında amaç, halkın suyu daha az kullanmanın öneminin anlatılması ve bazı su kullanım pratiklerinin özendirilerek su tasarrufunun sağılanmasıdır. Eğıtım programları tüketicilerin posta ile bilgilendirilmesi, medya aracılığı ile ve okullarda bu tür alışkanlıkların kazandırılması ile ilgili bilgiler verilmesi şeklinde olabilmektedir.

6. Su Tüketim Kısıtlamaları: Bu tür önlemler kısa süreli ve kuraklık hallerinde uygulanabilmekte ve su kesintilerini, basınç düşüşleri ya da bazı kullanım

şekillerinin yasaklanmasını kapsamakta ve %30'lara varan bir tasarruf sağlanabilmektedir.

7. Su Kullanım Düzenlemeleri: Bu tür önlemler genel olarak tesisat ile ilgili olan standartları ve düzenlemeleri kapsar ve etkili olması daha uzun bir süre almaktadır. Bu tür düzenlemelerle %20'ye varan bir tasarruf sağlanacağı ifade edilmektedir (Yurdusev , 1999).

4.5.5. Su Kayıp Kontrolünün Su İdarelerine Kazandırdıkları

Su kayıplarının kontrol altına alınması ve kabul edilebilir seviyeye indirilmesi, Su İdarelerine aşağıda sıralanan avantajları sağlar.

- Gelecekteki su ihtiyacının hesaplanmasında daha kesin sonuçlara ulaşılmasını ve yatırım şeklinin belirlemede kesinlik kazandırır.
- Su kayıplarını en aza indirmek için yapılan harcamalar, kazanılan su ile karşılanabileceği gibi idarenin toplam maliyetinde azalmalara gidilir.
- Su sızıntılarının yeraltı tesislerine ve yol kaplamalarına verdiği zarar ortadan kaldırılmış olur.
- Arıtma tesislerinde arıtılacak suyun miktarının azalmasını sağladığından, arıtma giderlerini azaltacağı gibi enerji tasarrufunu da sağlar.
- Kaçak tespit ekibi kaçak arama cihazlarını kullanma konusunda ihtisaslaşır ve kaçak yerini tam ve doğru olarak belirler. Tamir ekibinin zaman kaybı azalır. Bu suretle bilgide kazanç ve kaçak tamir ekibinde zamandan kazanç temin edilir.
- Şebeke kayıplarını asgariye indirmek için yenilenen şebeke boruları tüketiciye verilen suyun kalitesinin artmasını sağlar.
- Eski sayaçların yenisi ile değiştirilmesi ile sayaç okuma elemanlarının daha sağlıklı okuma yapmaları sağlanır.
- Bu çalışmaların sosyal etkisi ile aboneler üzerinde su tasarrufu sağlama bilinci gelişeceğinden milli değeri olan suyun israfı engellenmiş olur.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Su kayıpları ülkemizde oldukça yüksek olmasına rağmen bu konuya halen gereken önem verilmemektedir. Ortalama %45 dolayında olan kayıplar, Avrupa ortalaması olan %20'ye çekilebilirse önemli bir su kaynağı kazanılmış olacaktır. Su kayıplarını azaltmak için önlemler alınmalıdır. Pahalı olmayan basit tedbirlerle oldukça önemli miktarda kayıp önlenebilir.

Şehirlerde su ihtiyacının karşılanması, o yerleşim bölgesi için en önemli hizmetlerin başında gelmektedir. Ülkemizde genellikle su rezervleri yeterli olmasına karşın kaynakların optimum kullanımı pek mümkün olmamaktadır. Bunun sebebi ülke genelindeki su politikasının kesin kurallarla belirlenmemiş olması yatmaktadır.

Su kayıpları ile mücadele sadece ilgili kurumların değil tüm vatandaşların görevi olmalıdır. Belediyelerin ücretsiz su kaçaklarının bildirilebileceği telefon hatlarının olması ve bu hattın numarasının vatandaşlar tarafından bilinmesi oldukça faydalı olacaktır. Öncelikle su kaynakları konusunda karar vericilerin ve teknik personelin su kayıpları konusunda eğitimi, daha sonra bu eğitimin topluma yaygınlaştırılması gereklidir.

İSKİ master plan doğrultusunda İstanbul şehrinin 2040 yılına kadarki su sorununu çözdüğünü her sıklıkla dile getirmesine rağmen 2040'tan sonraki yıllar için aslında mevcut olanın hoyrat kullanılması ile su sorunları baş gösterecektir. Gelecek planlanırken yeni kaynak yaratmak yerine, mevcut kaynakları optimum kullanmaya yönelmenin daha masrafsız olacağı aşikârdır. Bütün bunlar göz önüne alındığında her şeyden önce suyun ölçüsüz bir şekilde kullanılmaması gerekmektedir. Bu konuda bütün halk basın ve yayın yoluyla bilinçlendirmeli, gereksiz su sarfiyatının önüne geçilmelidir. Bu zorunluluk gelecek için daha büyük önem arz etmektedir. Çünkü her geçen gün elde edilen içme ve kullanma suyunun maliyeti artmakta ve kaynak yaratma sıkıntısı oluşmaktadır. Gelecekte bu hayati ihtiyacın karşılanması için, işletme masraflarına katlanma mecburiyeti vardır. Bu mecburiyet İSKİ'nin katlanabileceği, ancak halkın katlanamayacağı bir düzeyde olabilir. Ülkenin ekonomik düzeyinin gelecekte ne olacağı

kesin bilinemeyeceğinden İSKİ'nin kendi bütçesini gelecek için hazırlamış olması, gelecekte sıkıntı yaşanmayacağı anlamına gelmemektedir.

Bu çalışmada, öncelikle tamamına yakını izole edilebilmiş olan ve pilot bölge olarak seçilen Bakırköy bölgesi su kayıp-kaçaklarını azaltmak için gerekli şartların birçoğunu tamamladığı için inceleme ihtiyacı duyulmuştur. Yapılan araştırmalar daha çok kayıp-kaçak belirlemeye yönelik olmasına rağmen bu çalışma kapsamında kayıp-kaçak azaltma çalışmaları tamamlandıktan sonra ne kadar kayıp-kaçak ortaya çıkacağını görmek ve yapılan çalışmaların ne kadar yeterli olduğunu belirlemek amaçlanmıştır. Örneğin İstanbul'da 1994 yılında başlatılan içmesuyu boru hatlarının yenileme çalışmaları ile %50'lerdeki kayıp su oranı, 2007 yılı itibarı ile %27.85 seviyelerine indirilmiştir. Boru değişimi, basınç kırıcı montajı, kentleşme modeli vb. yapılan çalışmalar sonucu Bakırköy ilçesinde %10 gibi bir kayıp su olduğu belirlenmiştir. Bu oran çok iyi olmakla birlikte topoğrafik yapısı Bakırköy ilçesine benzeyen birçok bölgeye de uygulanırsa aynı sonuç alınacağı aşikârdır. Ancak İstanbul genelindeki %26'lık oran hiç de azımsanmayacak bir su miktarına tekabül etmektedir. Çünkü İstanbul'da kullanılan su birçok ülkenin tükettiğinden daha fazla olduğu için İstanbul genelinin en azından %15 seviyelerine çekilmesi gerekmektedir. Ayrıca halen İstanbul'un kayıp su oranı dünya standartlarının üstündedir.

Bu konu ile ilgili olarak İSKİ vb. su idareleri uzman kurum veya kuruluşlardan destek almalı, kendi personeline uzman kadro teşkil etmeli ve sürdürülebilir, geliştirilebilir bir politika belirlemelidir. Kayıp-kaçakla mücadele için gerekli bir kadro oluşturması ve koordinesini sağlaması durumunda daha başarılı olunacağı İSKİ'nin yurtdışında bu konu ile ilgili yapılan çalışmaları kendisinin belirlediği pilot bölgeler üzerinde denemesi ve en iyi sonucu veren yöntemi seçmesi gerektiği ifade edilebilir. Üretilen su hiç israf edilmeden halkın ihtiyacını karşılamalı, kayıplar tespit edilerek en asgari seviyede tutulmalı ve bu konuda sürdürülebilir bir politika geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

Agency, E. E., 2003. *Indicator Fact Sheet WQ06*.

AWWA, 2007., *American Water Works Association*, www.awwa.org.

AWWA (American Water Works Association), *Leaks in Water Distribution Systems*, Report-1987.

Aydın, D., Coğrafi Bilgi Sistemleri Konferansı, Kasım 2001 .

Cinal, H., 2009., *Basınç Yönetimi ile İçmesuyu Şebeke Kayıplarının Azaltılması: Sakarya Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.

Demir, A., 2001., *Konya İçmesuyu Şebekesinde Su Kayıplarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dikmen, F., 2005. *İstanbul İçmesuyu Dağıtım Sisteminde Su Kayıpları Kontrolü*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.

Farley, M., 2001., *Leakage Management and Contral a Best Practice Training Manual*.

Farley, M. and Liemberger, R., 2004b. *"Developing a Non-Revenue Water Reduction strategy Part2: Planning and Implementing the Strategy"*, Paper Presented to the IWA's 4th World Water Congress.

Farley, M. and Liemberger, R., September 2004a. *"Developing a Non Revenue Water Reduction Strategy Part 1: Investigating and Assessing Water Loses"*, Paper Presented to the IWA's 4th World Water Congress. Marrakech.

Peavy, H.S. and Rowe D.R.,1985., "Methods of Distributing Water", *Environmental Engineering*. 324-33

Hunaidi, O. and Wang, A., 2006., *"A New System for Locating Leaks in Urban Water Distribution Pipes"*, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Ottawa/Canada, 450-466.

İSKİ, 2011, *2011 Yılı Faaliyet Raporu*.

İSKİ, 2011, *Su İsale ve Dağıtım Daire Başkanlığı Brifing Raporu*.

İSKİ, 2012, *2012 Yılı Faaliyet Raporu*.

İSKİ, 2012, *Su İsale ve Dağıtım Daire Başkanlığı Brifing Raporu*.

- İSU, 2007, *İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü*, www.isu.gov.tr.
- İşıldak, U., 1999., *Su İşletmesi ve Şebekesinin Su Kayıpları*, 10-11 Şubat 1999, Ankara.
- IWA, 2007., *International Water Association*, www.iwa.hq.org.
- IWA, 2001., *International Water Association*, www.iwa.hq.org.
- İZSU, 2007, *İzmir Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü*, www.izsu.gov.tr.
- Kabakçı, A. ve Karadoğan, H., 2003, *İzmir İçme Suyu Sistemi Kaçak Azaltma Pilot Çalışması*, İzmir, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 1-7.
- Kanellopoulou, S., 2007, *Hidrolik Mühendisi*, EYDAP, Atina/Yunanistan.
- Karpuzcu, M., 2005, Su Temini ve Çevre Sağlığı, *Kubbealtı Neşriyatı*, 32-34.
- Kavurmacıoğlu, L. ve Karadoğan, H., 1999. *Otomatik Kontrol Vanaları Kullanılarak Tesisatların Su Kaçaklarının Azaltılması*, İzmir, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 635-644.
- Lambert, A. and Fantozzi, M., 2005, "Recent Advances in Calculating Economic Intervantion Frequency for Active Leakage Control, and Implications for Calculation of Economic Leakage Levels", *Water Science and Technology: Water Supply*, IWA, 263-271.
- Mcintosh, A. C., 2003, *Asian Water Supplies Reaching the Urban Poor*, IWA Publishing.
- Morrison, J., 2004, *Managing Leakage by District Metered Areas*.
- Moser, A. P., 2001, "Buried Pipe Design", Mc Graw Hill, New York.
- Muslu, Y., 1992, "Su ve Atıksu Teknolojisi", İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu.
- Muslu, Y., 2005, "Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı", İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 300-302.
- Mustafa, Ö., 2007, *Şebeke Sisteminde Sızıntı Sularının Önlenmesi*, İçme Suyu Temininde Entegre Su Yönetimi-1.
- Öztürk ve diğ. (2007), *Dimension of Water Loss Through Distribution System and Reduction Methods in Turkey*, International Congress River Basin Management, 22-24 March , 245-255.
- Öztürk, M., 2009, *İçmesuyu Şebeke Sisteminde Kaçak-Kayıplar*, Ankara.
- PALA, B., 2002., *İçme Suyu Şebekelerinde Oluşan Su kayıplarının Belirlenmesi ve Kontrolü; Kayseri İli Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

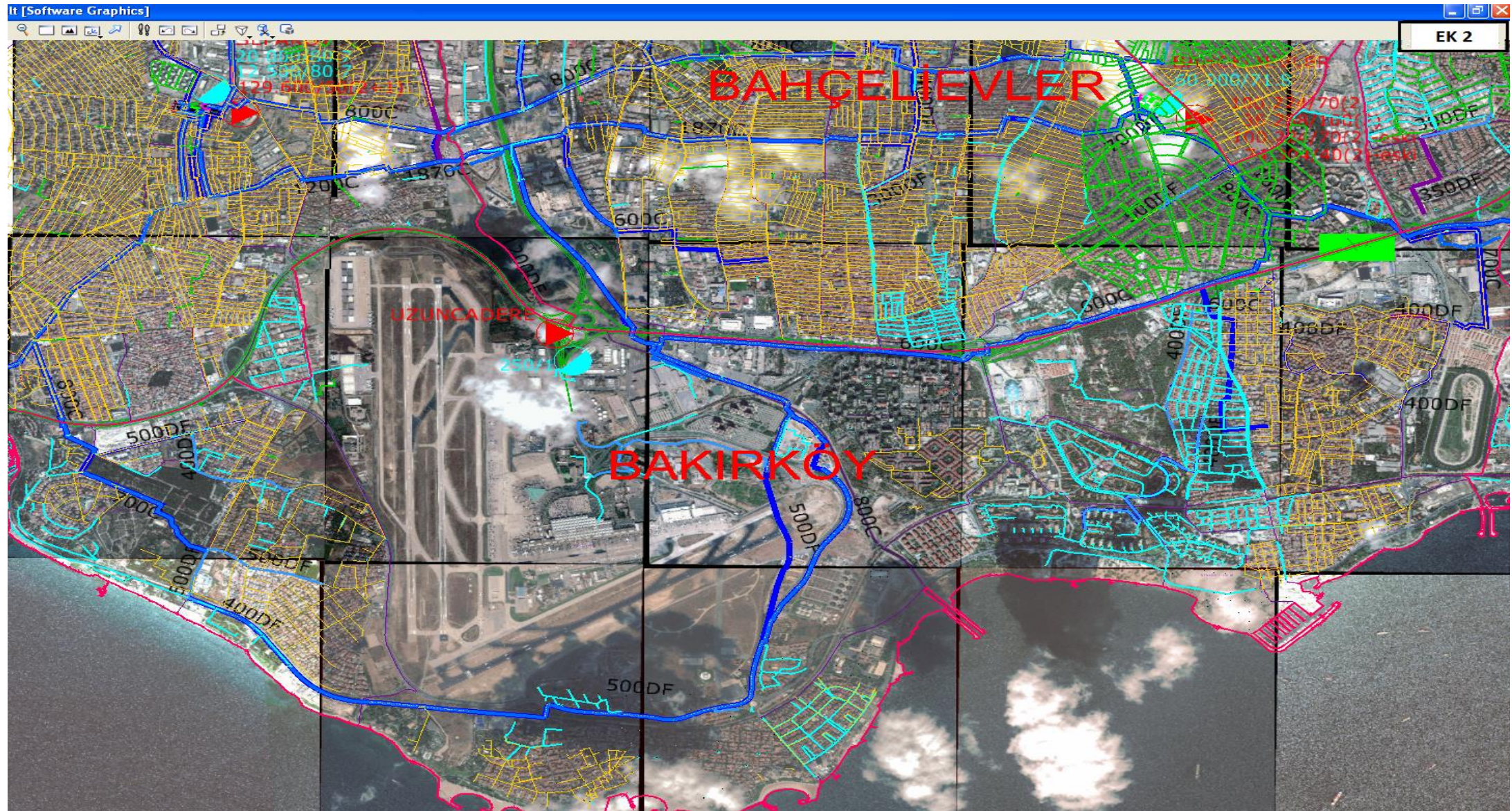
- Philip , J. E., 1985., *Better Accounting for Unaccounting for Water*, Journal of the Institution of Water Engineers Scientists, Vol.39, No.6, 475-484 .
- Queensland Department of Natural Resources, November 2000,*Improving Water Use Efficiency in Queensland's Urban Communities*, Queensland Department of Natural Resources, 87-96.
- Setford, M. T., 1985., *Economic Appraisal of Active and Pasive Methods of Leakage Control*, Jour. Institutiom of Water Engineers and Scientists, 39,6,494.
- Sivas, 2005., *Kentsel Altyapı Raporu*, Sivas Belediyesi, www.sivas.gov.tr.
- Songur, M. ve Dabanlı, A., 2006,4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, *Su Kaçaklarının İzlenmesi ve Tespiti İçin Çalışmalar*, İstanbul, Fatih Üniversitesi.
- Su İdareleri, 2012, *2012-Su Faaliyet Raporları*.
- Şendil, U., 1999a, *Şehir Şebekesinde Su Kaçakları Tespiti*, Şubat , 49-54.
- Şendil, U., 1999b., *İçmesuyu Şebekesindeki Basınç ve Su Kaçağı Arasındaki İlişki*. ASKİ, Ankara, 205-209.
- Tarımcı ve diğ. 2002,Antalya Kent Konseyi Altyapı Çalışma Grubu Dönem Raporu,www.antalyakentkonseyi.org.tr.
- Toprak ve diğ. 2007., III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu,*İçme Suyu Dağıtım Sistemlerindeki Kayıplar*, Gümüşdör-İzmir.
- Türkdoğan, İ. ve Yetilmezsoy, K., 2004, *Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları*, Su Vakfı Yayınları, 47-48.
- WAA, 1985. *Leakage Control Policy and Practice*. London.
- Yalılı, M. ve Solmaz, S. K. A., 2004,Su Temini Tesislerinin Tarihsel Gelişimi Sürecinde Bursa İli, Uludağ Üniversitesi,*Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 171-181.
- Yılmaz, S., 2005, *Konutlarda Su Şebeke Basıncının Su Tüketimine Etkileri*, Teknoloji, 157-166.
- Yomralıoğlu, T., 2000, *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamaları*. Trabzon, 49.
- Yurdusev , M., 1999, *Su İhtiyacı Tahminlerinde Talep Kontrol Önlenmesinin Kullanılması*.
- Yüksel ve diğ. 2004, *Current and Future Strategies for Water and Wastewater Management of Istanbul City*,Environmental Management,186–195.

EKLER

EK 1. Bakırköy İlçesi Yerleşim Planı.

EK 2. Bakırköy İlçesi Su İletim Hatları.





ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Nuri CAN
Uyruğu	T.C
Doğum tarihi, Yeri	KONYA, 15.01.1981
Telefon	0(553) 355 4242
E-mail	n_can42@hotmail.com

Eğitim

Derece	Kurum / Anabilim Dalı / Programı	Yılı
Yüksek Lisans	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı / Çevre Mühendisliği Programı	2014
Lisans	İ.Ü. Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği	2005
Lise	Konya Selçuklu Lisesi	1998