



T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İÇMESUYU DAĞITIM
SİSTEMİNDE SU KAYIPLARI KONTROLÜ

Faruk DİKMEN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Prof.Dr. Mehmet KARPUZCU

GEBZE

2005



Faruk DİKMEN'in tez çalışması G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/01/2005 tarih ve 2004/4 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE : Prof.Dr. Mehmet KARPUZCU
(Tez Danışmanı)

ÜYE : Prof.Dr.Lütfi AKÇA

ÜYE : Yrd.Doç.Dr. Salim ÖNCEL

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..02..06..2005..... tarih ve ..2005/19..... sayılı kararı.

İmza/Mühür



ÖZET



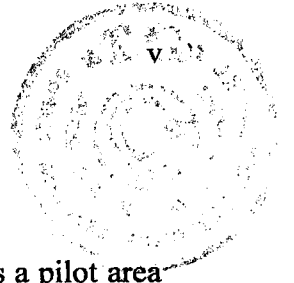
Bu çalışma ile Dünyanın büyük kentlerinden biri olan, ülkemizin ek kalabalık şehri İstanbulu'nun İçme-Kullanma ve endüstri suyu şebekesinde meydana gelen kayıp ve kaçakların hangi mertebede olduğu konusunda bilgi edinebilmek amacıyla pilot bölge olarak seçilen Avcılar-Büyükçekmece sistemi incelenmiştir. Bu amaçla şebekeye verilen su ve tüketilen su miktarları tespit edilmiştir. Şebeke beslenme noktalarındaki debimetreler ile şebekeye verilen su tespit edilmiş, abonelere tahakkuk ettirilen miktarlar belirlenerek de tüketim hakkında bilgi edinilmiştir.

Çalışmanın kapsamında İçme ve Kullanma suyu Şebekelerine verilen su miktarları debi metreler rutin olarak okunmuştur. Eski sayaçların ölçüm hataları deneylere tabi tutularak belirlenmiş, sayaçsız ve bedelsiz su kullanan birimlere sayaç takılarak kullanım miktarları belirlenmiştir. Sonuç olarak üretilen su miktarından tahakkuk ettirilen su miktarı ve diğer kullanım yerlerinde kullanılan su miktarı çıkarılarak şebekedeki bilinmeyen kaçaklardan ve illegal bağlantılardan kaynaklanan kayıp su miktarı tespit edilmiştir. Seçilen pilot bölgede kayıp suların kontrolü için; Abone Bilgi Sistemi, SCADA sistemi ve GIS'in ne şekilde uygulanabileceği anlatılmıştır.

Sonuç olarak kayıp suyun en asgari ve kabul edilebilir seviye olan %10-15 seviyelerine düşürülmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Kayıp su, Kaçak su, Pilot Bölge, Debi, İsale hattı, Şebeke hattı, SCADA, GIS

SUMMARY



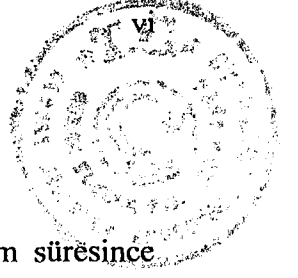
With this work, Avcılar- Büyükçekmece system is investigated as a pilot area with a view to obtain an information with respect to on which level the leakages and loss are that come into existence in Istanbul's (where is one of the biggest country and the most crowded city in Turkey) drinking –potable water and industry network. With this purpose, the water which is given to the network and the consumption water quantities are determined. Flow rate meters that are on the network points and the water that is given to the network are determined. Moreover, the information is obtained regarding the consumption by designating the accrued quantities to the subscribers.

With the meaning of the research, the water quantities and the flow rates that are given to drinking – potable water networks are read as routine. The measure faults of old meters are designated by experiments. The meter is attached into the places where meterless and free water are used. So, the usage quantities are designated. As a result of this, the loss of water quantity is determined as removing the accrued water quantity and other water quantities that are used in other usage places from produced water quantity. In pilot area, it is explained, how to use SCADA and GIS.

As a consequence of this, the suggestions are provided for decreasing the loss of water into minimum and acceptable level which is % 10- 15.

Ket Words: Water leakage, water loss, pilot area, flow rate, water transmission, network, SCADA, GIS

TEŞEKKÜR



Danışman Hocam Prof.Dr.Mehmet KARPUZCU Bey'e, çalışmam süresince her türlü destekleri sağlayan İSKİ Su İsale Dai.Bşk. Sencer TUNALI ve İSKİ Şebekeler Dai.Bşk. Fayik ÖZCAN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.



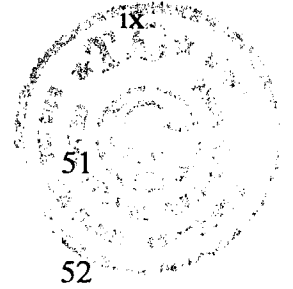
İÇİNDEKİLER DİZİNİ



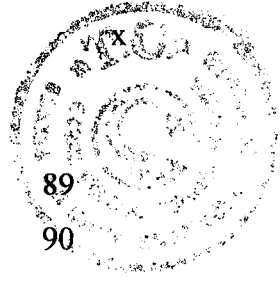
Sayfa

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2.Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	3
2.GENEL BİLGİLER	5
2.1. Su Kaçaklarının Tanımı	5
2.1.1.Fiziksel Kayıplar	5
2.1.2.Fiziksel Olmayan Kayıplar	6
2.2. Şebeke Sisteminin Tanıtımı	7
2.2.1. İçme Suyu Şebekelerinde Kullanılan Boru Çeşitleri	8
2.2.1.1.Çelik Borular	8
2.2.1.2.Font Borular	9
2.2.1.3.Asbestli Çimento Borular	9
2.3. İstanbul'un Mevcut Su Kaynakları ve Su Dağıtım Şebekesi	11
2.3.1.Hamsu İletim Sistemleri	12
2.3.2.Mevcut Su Arıtma Tesisleri	13
2.3.2.1.Kağıthane Arıtma Tesisleri	14
2.3.2.2.İkitelli Arıtma Tesisleri	15
2.3.2.3.Ömerli Su Arıtma Tesisleri	15
2.3.2.4.Büyükçekmece Arıtma Tesisleri	16
2.3.2.5.Elmalı Arıtma Tesisleri	16
2.3.2.6.Kirazlıdere Su Arıtma Tesisleri	16
2.3.2.7.Küçük Arıtma Tesisleri	17
2.3.3. Mevcut İletim Sistemleri	17

2.3.4. Merkezi Su Dağıtım(SCADA) Sistemi	21
2.3.5. Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS)'nin İSKİ'de Kullanımı	24
2.3.5.1.İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi	25
2.3.6. İstanbul'un Mevcut Depo ve Şebeke Detayı	26
2.4. Pilot Bölge olarak Seçilen Avcılar-B.Çekmece İlçelerinin Su Dağıtım Şebekesi	30
2.4.1. Avcılar-B.Çekmece İlçelerinin Beslenme Şekilleri	31
3. MATERYAL VE METOD	33
3.1.Su Kayıpları Konusunda Yapılmış Benzer Çalışmalar	33
3.1.1. Türkiye'de Yapılmış Benzer Çalışmalar	33
3.1.1.1 Ankara Şehrinde Yapılan Çalışma	34
3.1.1.2 Kayseri Şehrinde Yapılan Çalışma	37
3.1.1.3 Konya Şehrinde Yapılan Çalışma	38
3.1.1.4 İzmir Şehrinde Yapılan Çalışma	40
3.1.2. Dünya'da Yapılmış Benzer Çalışmalar	41
3.1.2.1 İran'da Yapılan Çalışma	41
3.1.2.2 Almanya'da Yapılan Çalışma	42
3.1.2.3 Amerika'da Yapılan Çalışma	44
3.2.İstanbul'da Su Kaçaklarının Durumu	45
3.3.Deneyler ve Ölçümler	48
3.3.1. Şebekeye Verilen Su Miktarları	48
3.3.2. Şebekeden Beslenen Cami Şadırvanlarında Kullanılan Su Miktarı	49
3.3.3. Şebekeden Beslenen Sokak Çeşmelerinde Kullanılan Su Miktarı	49
3.3.4. Şebekeden Beslenen Mezarlıklarda Kullanılan Su Miktarı	49
3.3.5. Belediyelere Bağlı İtfaiyelerde Kullanılan Su Miktarı	49
3.3.6. İllegal Bağlantılarla Sözleşmesiz Kullanılan Kaçak Su Miktarı	50
3.3.7. Su Sayaçlarına Bağlı Hatalı Ölçümlerden Kaynaklanan Su Miktarı	50
3.3.8. Arızalardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	50
3.3.9. Tankerlerle Dolum Ağızlarından Bedelsiz Olarak Verilen Sulardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	50



3.3.10. Şebekedeki Su Kalitesini Koruma Amaçlı Yapılan Deşarjlar ile Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	51
4. ŞEBEKEYE VERİLEN SU VE ŞEBEKEDEN TÜKETİLEN SU MİKTARLARI	52
4.1.Avcılar-Büyükçekmece Sistemine Verilen Su Miktarları	52
4.2. Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları	55
5. ŞEBEKEYE VERİLEN SU MİKTARLARI İLE KULLANILAN SU MİKTARLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	61
5.1.Şebekeye Verilen Su İle Tahakkuk Ettirilen Suyun Kıyaslanması	61
5.2.Tahakkuk Etmeyip Tüketimi Belli Olan Su Kullanımı	63
5.2.1.Şebekeden Beslenen Cami Şadırvanlarından Kullanılan Su Miktarı	63
5.2.2.Şebekeden Beslenen Sokak Çeşmelerinde Kullanılan Su Miktarı	64
5.2.3.Şebekeden Beslenen Mezarlıklarda Kullanılan Su Miktarı	65
5.2.4. Belediyelere Bağlı İtfaiyelerde Kullanılan Su Miktarı	65
5.2.5. İllegal Bağlantılarla Sözleşmesiz Kullanılan Kaçak Su Miktarı	66
5.2.6. Su Sayaçlarına Bağlı Hatalı Ölçümlerden Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	68
5.2.8. Şebeke Arızalarından Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	71
5.2.9. Tankerlerle Dolum Ağızlarından Bedelsiz Olarak Verilen Sulardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	73
5.2.10. Şebekedeki Su Kalitesini Koruma Amaçlı Yapılan Deşarjlar ile Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	74
6. SU KAYBININ EKONOMİK ANALİZİ VE SU KAYBI ÖNLEME POLİTİKASI GELİŞTİRMENİN ÖNEMİ	75
6.1.Kayıp Suyun Maliyeti	75
6.2.Su Kayıplarının Ölçülemede Nedenleri	77
6.3.Su Kayıplarını Önlemek İçin Alınması Gereken Tedbirler	78
6.3.1. Fiziksel Su Kayıplarını Önlemek İçin Alınması Gereken Tedbirler	78
6.3.1.1 Su Kaçağı Belirleme Usulleri	84



6.3.2. Fiziksel Olmayan Su Kayıplarını Önlemek İçin Alınması Gereken Tedbirler	89
6.4.Su Kaçağı Kontrolünün Organizasyonu	90
6.5.Su İhtiyacı Tahminlerinde Talep kontrol Tedbirlerinin Kullanılması	92
6.5.1.Talep Yöntemi Önlemleri	93
6.6.Su Kaybı Kontrolünün Su Idarelerine Kazandırdıkları	95
7. AVCILAR-B.ÇEKMECE SİSTEMİNDE SCADA VE GIS SİSTEMİNİN KURULMASI	97
7.1.İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinin Test Edilmesi	98
7.1.1.Temel Testler	98
7.1.1.1 Basınç Ölçümü	98
7.1.1.2 Debi Ölçümü	100
7.1.1.3 Ana Kayıp Testi	101
7.1.2 Geniştirilmiş Periyotta Similasyon Verileri (GPS)	103
7.2.İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde SCADA Uygulaması	104
7.2.1 SCADA	104
7.2.1.1 SCADA Sisteminin Elemanları	105
7.2.2.Avcılar-B.Çekmece Sisteminde SCADA'nın Kurulumu ve Elde Edilen Dataların Oluşturulacak Modelde Kullanımı	108
7.3.Avcılar-B.Çekmece Sisteminde GIS'in Kurulumu ve Elde Edilen Dataların Oluşturulacak Modelde Kullanımı	112
7.3.1 GIS (Geographical Information System)	112
7.3.1.1 GIS'de Kullanılan Temel Kavramlar	114
7.3.2.GIS'in Sağladığı Faydalar	117
7.3.3 Bilgi Sistemi Tasarımı	120
7.3.4 GIS'in Avcılar-B.Çekmece Sisteminde Kullanımı	122
7.4.Avcılar-B.Çekmece Pilot Bölgesinde Abone Bilgi Sistemi, SCADA Sistemi ve GIS'in Birleştirilerek Elde Edilen Sistem İle Kayıp Suların Kontrolü	123
8- SONUÇ	127
KAYNAKLAR	129
ÖZGEÇMİŞ	132
EKLER	



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.1 Kayıt Dışı Harcanan Suyun Temel Bileşenleri	76
6.2 Su kaçağı Miktarı İle Hat Su Basıncı Arasındaki İlişki	89
6.3 Su Kaçağı Organizasyon Şeması	91
7.1 Yangın hidrantı üzerinden basınç ölçümü	99
7.2 Pitot tipi debimetrenin uygulanış şekli	100
7.3 SCADA'nın elemanları	106
7.4 RTU Kabini	107
7.5 Avcılar-B.Çekmece Sisteminin SCADA sistemi	109
7.6 RTU yerleşim şeması	110
7.7 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Fonksiyonları	115
7.8 Grafik verilerinin GIS ortamında saklanması	122
7.9 Abone Bilgi Sistemi ve SCADA ile entegre edilmiş GIS'in görünümü	125

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo

Sayfa

2.1 İstanbul'un Su Kaynakları ve Yıllık Verimleri	11
2.2 İstanbul'un Arıtma Tesisleri ve Kapasiteleri	14
2.3 Avrupa Bölgesi Arıtma Tesisi Depoları ve Şebeke Depoları	26
2.4 Asya Bölgesi Arıtma Tesisi Depoları ve Şebeke Depoları	27
2.5 Avrupa Bölgesi İsale Hatlarının Boru Cins ve Çaplarına Göre Dağılımı	28
2.6 Asya Bölgesi İsale Hatlarının Boru Cins ve Çaplarına Göre Dağılımı	29
2.7 Katodik Korumalı Çelik Boru Uzunluğu	30
2.8 Pilot Bölgedeki Şebeke Uzunlukları	31
3.1 Büyükşehirlerdeki Su Kayıp Oranları	33
3.2 Konya Kentindeki Su Üretim-Tahakkuk Arasındaki İlişki	39
3.3 Almanyadaki Kayıp Suların İncelenme Şekli	43
3.4 Aylara Göre Tahakkuk m ³ 'leri ve Şehre Verilen Su m ³ 'leri	47
4.1 Debimetreler ve Ölçtüğü Alanlar	52
4.2 Debimetrelerden Ölçülüp Şebekeyi Besleyen Su Miktarları	54
4.3 Pilot Bölgedeki Nüfus ve Abone Bilgileri	55
4.4 Büyükçekmece Bölgesinde Yıl İçinde Aylara Göre Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları Avcılar	56
4.5 Avcılar Bölgesinin Cazibe Ve Terfi Hattından Beslenen Mahallelerindeki Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları	56
4.6 Debimetrelerin Bağlı Bulunduğu Hat Üzerinden Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları	59
5.1 Bölgeye Verilen Su Miktarı İle Tahakkuk Ettirilen Su Miktarının Karşılaştırılması	62
5.2 İbadethanelerin Yıllık Su Tüketimi	63
5.3 Sokak Çeşmelerinin Yıllık Su Tüketimi	64
5.4 Mezarlıkların Yıllık Su Tüketimi	65
5.5 Yangın Hidranlarından İtfaiyelerin Yıllık Su Tüketimi	66
5.6 İlegal Bağlantılardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarları	67
5.7 Sayaç Ölçüm Testlerinin Sonuçları	69
5.8 Değişik Yaş Gruplarındaki Sayaçlardan Oluşan Eksik Ölçümler	70

5.9 Şebeke Arızalarının Miktarı	72
5.10 Aylara Göre Tankerlerle Verilen Su Miktarları	73
6.1 Bedelsiz Su Kullanımdan Kaynaklanan Miktarlar	75
6.2 Önerilen Su Kaçağı Şefliği Personel Listesi	91



1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Su insan hayatının vazgeçilmez en önemli unsurudur. Nüfus artışı, ekonomik gelişme ve buna bağlı olarak büyüyen sanayi; dağıtılması gereken su miktarını arttırmaktadır. Gelişen toplumsal yaşamda doğal olarak her ev, her işyeri, her endüstri bu artan su ihtiyaçlarının karşılanmasını beklemektedir. Hızla çoğalan kentsel yerleşim birimlerinde sınırlı su kaynakları ile artan bu su ihtiyacının karşılanmasında içme suyu şebekelerinde meydana gelen su kayıplarının önlenmesi büyük önem kazanmıştır. İçme suyu şebekelerinde meydana gelen bu kayıplar, hem zayi olan su bakımından, hem de artan ihtiyacı karşılamak amacı ile yeni kaynaklara yönelme gereksiniminden dolayı ortaya çıkan parasal yük ülke ekonomisi bakımından önemlidir.

İçme suyu şebekelerindeki su kayıpları; açıklanamayan veya karşılığı alınamayan su yani, faturalandırılmayan su olarak tanımlandırılabilir. Bu tanım, “şebekeye verilen su miktarı ile abonelere fatura edilen su miktarı arasındaki fark” şeklinde de yapılabilir. Bu kayıp şebekedeki sızıntılardan, boru kırılmalarından veya çatlaklardan, izinsiz yapılan bağlantılardan, yanlış kayıt yapan su sayaçlarından ve itfaiye, mezarlıklar, ibadethaneler gibi bedelsiz gruplardan oluşmaktadır. Su kayıpları fiziksel kayıplar ve fiziksel olmayan kayıplar olarak iki grupta incelenebilir. Fiziksel olmayan kayıplar; sayaç kayıt hataları, tamirler sırasında oluşan kayıplar, bedelsiz gruba dahil olan aboneler ve yasal olmayan abone bağlantıları gibi unsurlardan kaynaklanabilmektedir. Fiziksel kayıplar ise ana borulardaki çatlaklardan, servis ve vana bağlantılarından ve yangın musluklarından oluşan sızıntı kayıplarıdır [Oktar ve Latifoğlu, 2003]. Literatürde yapılan çalışmalara göre, su kaybına neden olan faktörlerin etkinlik dereceleri yöreye göre ve sistemlere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin Vietnam’ın Hanoi kentinde yapılan bir araştırmada, faturalandırılmayan su kayıplarının %29’unun fiziksel kaçaklardan, %71’inin ise fiziksel olmayan kayıplardan oluştuğu açıklanmıştır [Farley, 1995]. Bir diğer çalışmada ise fiziksel kaçaklar, Kanada’nın Laval and Courville şehirlerinde temin edilen toplam suyun %51’inden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [Moyer, 1985]. Su dağıtım

boruları genel olarak toprağın altına gömülü olup üzerileri dolgu malzemesi ile kapatıldığından çatlaklardaki su kayıpları kolayca tespit edilememektedir. Şebeke borularındaki kaybın sebepleri; korozyon, material defekt, hatalı donanım, efektif olmayan işletme basıncı, su darbeleri, zemin kaymaları, donma ve trafikten gelen titreşim ve yük olarak sıralanabilir.

Su kayıpları ile ilgili yapılan çalışmaların tarihi 1930'lu yıllardır. 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 atıksırla kirlenirken, diğer taraftan büyük maliyetlerle temin edilen ve arıtılan içme suları kullanıcıya ulaşmaya kadar kayıplara uğramaktadır.

Su kaçağı genellikle İsale hatlarından, su toplama depolarından ve depo-abone sayacı arasındaki her çaptaki boru şebekesinden meydana gelmektedir. Su kaçaklarının %10 civarında olması kabul edilebilir bir değerdir. Ancak dünyada genellikle bu değer %20–30 civarındadır. Eski şebeke sistemlerinde bu değer %50'lere ulaşmaktadır. Örneğin; çeşitli tarihlerde yapılan araştırma sonuçlarına göre ABD' nin Boston şehrinde %33, İngiltere'nin ülke genelinde %24, Hindistan'da ülke genelinde %51, Tayland'ın başkenti Bangkok'ta %49, Almanya'nın Münih şehrinde %12 oranında su kaçakları bulunmuştur[Şendil 1999]. İran'da yapılan bir çalışmada ise ülke genelinde yapılan bir araştırmada su kayıpları %40 olarak bulunmuştur [Kayhaan 1997]. Türkiye genelinde bu değer %45 oranında olduğu tahmin edilmektedir. İzmir şehrinde su kayıpları %50 [İSKİ, 2003], Kayseri'de %53[Şahin,1999], Konya'da %55 [Demir ,2001], İstanbul'da %40[İSKİ,2003] dolaylarındadır. İzinsiz bağlantılar kaçakların büyük bir oranını kapsamaktadır. Bu sebeple kaçakların fazlaca görüldüğü boru çapları ø150mm'nin altında olan çaplardır. İngiltere'de tali borularda yılda 80.000 adet patlama olayı olmakta, bunların %80'i 150mm'lik veya daha küçük çaplı hatlarda meydana gelmektedir [Roberts, 1985]. Günümüzde içme suyunun birim maliyetinin yüksek olması, su kaynaklarının azalması ve bazı Büyükşehirlerde su sıkıntısının baş göstermesinden dolayı, üretilen suyun en yüksek seviyede kullanıcıya ulaştırılması hedeflenmektedir. Bu yüzden bazı firmalar bu tür çalışmalara katkıda bulunmuş ve su kaçağını önlemeye yönelik çeşitli cihazlar üretmeye başlamışlardır. Ancak bu tür çalışmalar

gerek eğitimsiz personel, gerekse üretilen cihazların efektif kullanılmaları sınıflı olduğundan kesin sonuca ulaştıramamaktadır.

Üretilen su ile nihai kullanıcıların tükettiği su arasındaki fark büyüdükçe, konu biraz daha anlam kazanmaktadır. Çünkü suyun üretim maliyeti, tüketiciye aynen yansımamakta, kaçak ve kayıplar sebebi ile bu maliyet %40'lar civarında artış göstermektedir. 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 ucuza ve kesintisiz su kullanabilmesi açısından bu çalışma İstanbul için önem arz etmektedir.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Çalışmanın kapsamında, İstanbul şehrinin mevcut su kaynaklarından; kullanıcıya dağıtılan içme, kullanma ve endüstri suyunun şehir şebekesindeki kaçaklarının tespiti hedef alınmıştır. İstanbul'un Asya ve Avrupa yakasında bulunan, yıllık verimleri toplamı 920 m³ olan 13 ayrı kaynaktan, birçoğu yenilenen ve geliştirilen isale hatları ile şehir de yaşayan insanların su ihtiyaçları karşılanmaktadır. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ) gelecekteki nüfus durumuna göre İstanbul Kenti'nin bu ihtiyacını 2040 yılına kadar planlamış durumdadır. Nüfus ve hayat standardına bağlı olarak artan su ihtiyacını karşılamak için yeni kaynaklar aramaya yönelmeye, ekonomik ve teknik bir alternatif olarak su dengesi oluşturarak şebeke kayıplarını kabul edilebilir seviye olan %15'e indirmek, mevcut üretilen suyun daha iyi kontrolü için önemlidir. Yeni kaynakların uzak olmasının yanı sıra maliyetinin yüksek olması ve gelecekte de yeni kaynak sıkıntısı yaşanacak olması, mevcut kaynakların verimli kullanılmasını gerektirmektedir. Mevcut kaynakların verimini iki şekilde arttırmak mümkündür. Birincisi; toplumda su tüketim bilincini oluşturmak, ikincisi ise su dağıtım şebekesinde karşılığı alınamayan su tüketimini en aza indirmektedir.

İSKİ 1994–2001 yılları arasında 6.138 km içme suyu şebeke borusu döşemiştir. Bu miktar 1974–1994 yılları arasındaki 20 yıllık periyotta döşenen 5.957 km boru

miktarından da fazladır [İSKİ, 2001]. Yenilenen ve yeni döşenen bu boru sistemi ile mevcut ihtiyacı karşılamak ve aksaklıkları gidermek bakımından önemli adım bir atılmıştır. Ancak sadece mevcut ihtiyacı karşılamak düşünüldüğünden, günümüzde İstanbul Şehri'nin su şebekesi ve bölgelerin beslenme yapıları, temelden düzenli ve kolay izlenebilir olmadığından dolayı özellikle eski yerleşim birimlerinde içinden çıkılmaz bir şekilde karmaşık yapıdadır. Bu da işletme zorluğu oluşturmakta ve ayrıca şebekedeki kaçakların tespit edilmesi, bunun için gerekli dataların elde edilmesi ve anlamlı sonuçlara ulaşılması bakımından engel teşkil etmektedir.

Bu çalışmanın kapsamında, şebeke kayıpları yaklaşık %40 olan İstanbul Şehri'nin alt yapısı incelenecek, bu kayıpların sebepleri hakkında bilgi edinilmeye çalışılacak ve elde edilen bilgilerin bir değerlendirilmesi yapılacaktır. Bu amaçla, İstanbul'un bölgelere ayrılıp incelenmesi, yeterli verilerin elde edilmesi yukarıda açıklanan durumlardan dolayı güç olduğundan, İstanbul'un sosyo-kültürel yapısını, yerleşim şeklini ve şebeke durumunu temsil edebilen bir pilot bölge seçilecektir. Bu şartları sağlayabilen Avcılar-Büyükçekmece-Beylikdüzü şebeke sistemi seçilmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Su Kaçaklarının Tanımı

Şehir şebeke sistemindeki su kaçakları, diğer bir deyişle su kaybı; karşılığı alınamayan veya faturalanamayan su miktarı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle; şebekeye verilen su miktarı ile abonelerin kullandığı su miktarı arasındaki farktır [AWWA,1995].

Su kaçakları giriş bölümünde de açıklandığı gibi; fiziksel olmayan kayıplar ve fiziksel kayıplar olmak üzere iki kısımda incelenebilir. Fiziksel olmayan kayıplar; sayaç kayıt hataları, tamirler sırasında oluşan kayıplar, park sulamaları, cami ve mezarlık gibi kamunun kullandığı ortak alanlar ve yasal olmayan abone bağlantıları gibi unsurlardan kaynaklanabilmektedir. Fiziksel kayıplar ise ana borulardaki çatlaklardan, servis ve vana bağlantılarından, yangın muslukları ve servis depolarından oluşan sızıntı sularıdır [Oktar ve Latifoğlu, 2003].

Bu kayıpları tamamen ortadan kaldırmak birçok değişkene sahip olduğundan dolayı mümkün değildir. Kayıpların bir bölümü fiziksel, bir bölümü fiziksel olmayan yapıdadır. Fiziksel ve fiziksel olmayan kayıplar arasında bir korelasyondan söz etmek mümkün değildir. Her şebeke sisteminde bunların birbirine göre oranı değişmektedir. Fiziksel olmayan kayıpları tespit etmek kısmen daha kolaydır. Değişik tarihlerde değişik şebeke sistemlerinde yapılan çalışmalarda su şebekesindeki bu kayıplar en düşük %10 seviyelerinde tutulabilmiştir. Kabul edilebilir optimum seviye ise %15 civarındır. Bu çalışmaları organize edebilmek için öncelikle fiziksel ve fiziksel olmayan kayıpların sebepleri ortaya çıkarılmalıdır. Tüm değişkenler üzerinde ayrı, ayrı çalışılmalı ve en küçük değişken bile minimum seviyede tutulduktan sonra genele bakılmalıdır.

2.1.1. Fiziksel Kayıplar

Fiziksel kayıpları oluşturan unsurlar aşağıda sıralanmıştır;

- Ana borulardaki çatlak ve kırıklardan oluşan kaçaklar

- Vana bağlantıları
- Şebeke bağlantı parçaları
- Yangın musluklarındaki kullanımdan oluşan eskimiş contalar
- Su depolarındaki çatlak ve sızıntılar
- Tahliye vanaları
- İşletme basıncı

Fiziksel kayıplar; şebekede kullanılan boru sisteminin kalitesi, şebeke inşaatındaki işçilik kalitesi, zeminin yapısı, su depolarının bakımı ve şebeke yaşı ile doğrudan ilgilidir. Boru imalatında kullanılan malzemenin, dış etkilere dayanıklılığı, korozyona dayanıklılığı, hangi işletme basınçlarında optimum çalıştığı, işletme anında oluşacak kırılma ve çatlak bakımından önemlidir. Ayrıca şebekeyi oluşturan boru tipinin bağlantı parçalarının şekli, kolay uygulanabilir olması ve sızdırmazlığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Fiziksel kayıplar incelenmeden önce, üzerinde çalışılacak şebeke sisteminin beslenme yapısı, şebeke elemanları, zeminin yapısı, işletme basınçları ve işletme şekli bilinmelidir.

2.1.1. Fiziksel Olmayan Kayıplar

Fiziksel olmayan kayıpların sebeplerini bulmak ve kontrol etmek nispeten daha kolaydır. Fiziksel olmayan kayıpları oluşturan unsurlar şunlardır;

- Sayaç ölçüm hataları
- Şebeke sistemindeki arızaları giderirken oluşan kayıplar
- Park, rekrasyon havuzları
- Cami, mezarlık bedelsiz gruba giren kamu aboneleri
- İtfaiye için gerekli olan su
- Yasal olmayan(kaçak) bağlantılar

Günümüzde sayaçların birçok çeşidi mevcuttur. Bunlar zamanla sayacın yapımındaki kullanılan malzemenin aşınmasından, yüksek işletme basıncından, ya da abone müdahalesinden dolayı kullanılan sayaçlar hatalı ölçüm yapabilmektedir.

Belediyelerin alt yapı çalışmaları sırasında içme suyu şebekelerine verilen zararlardan dolayı oluşan kayıplarda fiziksel olmayan kayıplar kapsamında incelenmektedir.

Halkın kullandığı ibadethanelere, sokak çeşmeleri, ortak kullanım alanında bulunan mezarlıklara verilen bedelsiz sularda, Su İdareleri tarafından temin edilen, fakat bedeli alınmadığından kayıp olarak kabul edilmektedir. Bunların miktarını belirlemek için bu gibi yerlere sayaç takılmaktadır.

İtfaiye hizmetleri için kullanılan yangın hidrantları ve tanker dolum yerleri bedelsiz gruba dahil edilir. Yangın musluklarına da debimetre takılarak kullanım miktarı belirlenmektedir.

Fiziksel olmayan kayıpların en önemli kısmını teşkil eden izinsiz bağlantılar genellikle kentlerin daha az gelişmiş olan yerleşim birimlerinde görülmektedir. Bunların tespiti ve kontrolü için özel birimlerin oluşturulması gerekmektedir.

2.2. Şebeke Sisteminin Tanıtımı

İnsanların suları doğar ortamından alıp bir boru ile iletmeyi öğrenmeleri binlerce yıl almıştır. Günümüzde insanlık suyun tabiattaki dolaşımını, başka bir ifade ile hidrolojik deviri, açık bir biçimde biliyor. Bu tarihi süreç içerisinde suyun kaynaktan alınımı ve insanlara ulaştırılması şu tesislerle gerçekleştirilir;

- Su alma tesisleri (kaptaj)
- Gerekli ise arıtma tesisleri
- Su ileme tesisleri (pompalar) ve isale (iletim) hatları
- Su hazneleri (depolar)

- Su dağıtma tesisleri (su şebekesi veya su dağıtma tesisleri)

Su alma yapılar kaynağa göre değişiklik gösterir. Su arıtma tesisleri de suyun karakterizasyonuna göre yapılandırılır. Su ileme tesisleri suyun dağıtılmadan önce toplanıp bir plan dahilinde şebekeye verileceği haznelere iletilmesini sağlayan ve enerji kullanılan tesislerdir. Depoya getirilen sular terfi sistemi ile veya cazibe ile çeşitli çap ve malzemeden yapılmış olan su dağıtma borularına verilir. Bu boru tipleri ekonomik yapılarına, korozyona dayanırlıklarına vs. gibi özelliklerine göre tercih edilirler. Aşağıda bazı tip şebeke borularının özellikleri verilmiştir.

2.2.1. İçme Suyu Şebekelerinde Kullanılan Boru Çeşitleri

Her geçen gün gelişen teknolojiye paralel olarak içme suyu 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 içme suyu dağıtım sistemlerinde kullanılan boru çeşitleri aşağıda anlatılmıştır.

2.2.1.1. 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 imkan verir. Çelik borular heyelan bölgeleri için çok elverişlidir. Metropolen 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 artırır 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.

2.2.1.2. 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.

2.2.1.3. 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[Muslu,1992].

2.3. İstanbul'un Mevcut Su Kaynakları ve Su Dağıtım Şebekesi

İstanbul'un su kaynakları ve yıllık verimleri Tablo 2,1'de sıralanmıştır [İSKİ, 2001].

Tablo 2.1. İstanbul'un Su Kaynakları ve Yıllık Verimleri

Su Kaynağı	Hizmete Giriş Yılı	Yıllık Verim (milyon m ³ /yıl)
Bentler ve Yeraltı Suları	1453 – 1893	10
Elmalı I ve II Barajı	1893 – 1950	15
Terkos Barajı	1883	142
Alibeyköy Barajı	1972	36
Ömerli Barajı	1972	220
Darlık Barajı	1989	97
Büyükçekmece Barajı	1989	70
Yeşilvadi Çevirme Y.	1992	10
İstıranca I (Düzdere, Kuzudere, Büyükdere)	1995	44
Şile Keson Kuyuları	1996	30
Elmalıdere, Sultanbahçedere, Kazandere	1997	131
Pabuçdere	1998	60
Sazlıdere Barajı	1998	55
Halihazır Yıllık Ortalama Toplamı		920

Halen İstanbul'a hizmet veren rezervuarlar arasında, Elmalının verimi, civardaki sı toplama havzalarındaki kirlilik yüzünden geçici olarak düşürülmüştür, fakat bu kaynağın gelecekte hizmet vermek üzere tamamen ıslah edilmesi beklenmektedir.

2.3.1. Ham su İletim Sistemleri

Büyükçekmece, Ömerli ve Elmalı'daki arıtma tesisleri kaynakları olan barajların hemen bitişiğinde olup, direkt olarak kısa giriş hatları üzerinden bu tesislere ham su çekmektedirler. Diğer taraftan Kağıthane Arıtma Tesisi'ne, halen İstanbul'a hizmet veren en büyük ham su iletim sistemi ile İstıranca, Terkos ve Alibeyköy'den su verilmektedir. Ek olarak İkitelli SAT Sazlıdere Rezervuarı'ndan beslenmektedir. Bu ve diğer daha küçük sistemlerin detayları aşağıda özetlenmektedir[İSKİ, 1999].

Terkos Sistemi – Yılda yaklaşık 45 milyon m³ ham su 1000 mm çapında dökme demir hattı ile eski bir su kemerinden oluşan ikiz bir iletim hattı sistemi ile Terkos Gölü'nden, doğrudan Kağıthane 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 Kağıthane Su Arıtma Tesisleri'ne ikiz boru hattı ile (sırası ile 1000 ve 1850 mm çapında çelik ve ön germeli beton borular) ham su taşımaktadır.

Sazlıdere-İkitelli Sistemi – Ham su iletim sisteminin yapımı 1999 yılında tamamlanmıştır. Sazlıdere Rezervuarı'ndan İkitelli su arıtma tesislerine ham su pompalanmaktadır ve proje iletim kapasitesi 200 000 m³/gün'dür.

Darlık –Ömerli Sistemi – Su, 1850 mm çaplı çelik bir 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 edilecek, buradan da, doğrudan Ömerli de önerilen yeni bir yüksek seviyeli arıtma tesisinin girişine akacaktır. Bu değişiklik Rezervuara deşarj yapılması ile ortaya çıkan statik basınç kaybını engelleyecektir.

Ömerli-Dericiler Sistemi – Bu siste, Aydınlı'daki deri sanayi kompleksine ham su veren 900 mm çaplı bir terfi hattından oluşmaktadır.

Küçükçekmece-Büyükçekmece Sistemi – Bu sistem, ham suyu Küçükçekmece Gölü'nden Büyükçekmece Havzasına terfi eden 1000 mm çaplı çelik terfi hattından oluşmakta; buradan, 600 mm düktül demir bir boru hattı üzerinden, cazibe ile Büyükçekmece Gölü'ne su verilmektedir. Projenin başlangıçtaki amacı, su sıkıntısı olması halinde acil kullanıma yöneliktir. Ancak bu sistem, Küçükçekmece Gölü'ndeki ham suyun kalitesinin bozulması nedeni ile kullanılmamıştır.

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

2.3.2. Mevcut Su Arıtma Tesisleri

İstanbul'a hizmet veren beş ana su arıtma tesisi bulunmaktadır.

- Kağıthane
- Büyükçekmece
- İkitelli (Fatih Sultan Mehmet Han)
- Ömerli
- Elmalı

Bu tesislerin yerleri Ek-1 de gösterilmiştir. Bu tesislere ilave olarak; Hacıosman, Kemerburgaz ve Keçesuyu'nda bazı küçük arıtma tesisleri bulunmaktadır.

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 filtrasyonunu içermektedir. Her bir tesisteki arıtma tesislerinin kapasiteleri Tablo2.2'de

belirtilmektedir. Halen hizmet veren arıtma ünitelerinin kısa açıklamaları aşağıda verilmektedir[İSKİ, 1999].

Tablo 2.2. İstanbul'un Arıtma Tesisleri ve Kapasiteleri

Arıtma Tesisleri	Tesis	Proje Kapasitesi (m ³ /gün)	Hidrolik Kapasitesi (m ³ /gün)
Kağıthane	Ertuğrul Gazi	70 000	120 000
	Yavaş Kum Filtreleri(Galeri)	30 000	48 000
	Yıldırım Beyazid Han	200 000	280 000
	Çelebi Mehmet	300 000	378 000
	Toplam	600 000	826 000
İkitelli	Fatih Sultan Mehmet Han	400 000	400 000
Ömerli	Ertuğrul Bey	70 000	100 000
	Orhaniye	500 000	500 000
	Osmaniye	200 000	220 000
	Muradiye	300 000	320 000
	Toplam	1 070 000	1 140 000
Büyüçekmece	Büyüçekmece Tesisi	280 000	400 000
Elmalı	I.Ünite	Hizmet Dışı	
	II:Ünite	30 000	50 000
Toplam Kapasite		2 380 000	2 816 000

2.3.2.1. Kağıthane Arıtma Tesisleri

Kağıthane SAT esas olarak İstanbul'un Avrupa yakasının doğu kısmına, Boğaziçi ve Haliç ile sınırlayan bölgelere hizmet vermektedir. Arıtma tesislerinden alınan suyun büyük bir bölümü, Yıldırım Bayezid ve Çelebi Mehmet ünitelerinden gelmektedir.

Yıldırım Bayezid Tesisi (Degremont) iki aşamada tamamlanmıştır. İlk aşama 4 adet çöktürme tankı ile 25 adet hızlı filtreden oluşmuş ve 1963 yılında işletmeye alınmıştır. Ayrıca, sonradan 3 adet ilave çöktürücü daha inşaa edilmiştir. 12 ilave filtre inşaa edilmesi ve tesisin toplam kapasitesinin 350 000 m³/gün'e arttırılması planlanmaktadır. Ana arıtma birimleri şunlardır:

- Alüm dozlaması yapılan dağıtıcılar (2 adet)

- Durultucular: “akseleratör” tipi, dairesel dipten çamur çekme tabanlı çamur yataklı çöktürme tankları, etkili yüzeysel yükleme hızı 5 m/saat
- Filtreler hızlı, cazibeli kum filtresi tipi; etkin filtrasyon hızı 6 m/saat; hava-su yıkamalı havalı temizlemeli.

Çelebi Mehmet Tesis (CTE) 1980 yılında işletmeye alınmıştır ve flokülasyon, 3 adet çöktürme ve 20 adet hızlı cazibeli filtre içermektedir. Bu tesisin başlıca arıtma birimleri şunlardır:

- Hızlı karıştırma odası (2 Adet)
- Flokülör akış hatları (4 Adet)
- “dubleks” hızlı cazibeli kum filtreleri; efektif filtrasyon hızı 5,5 m/saat; hava-su yıkamalı havalı temizlemeli.

2.3.2.2. İkitelli Arıtma Tesisleri

İkitelli FSMH İçme Suyu Arıtma Tesis İstanbul’daki en yeni ve en büyük içme suyu arıtma tesisidir. Tesis 2.600.000 kişinin günlük ihtiyacı olan 400,000 m³ içme suyunu üretmektedir. Tesis, Kaskat Havalandırma, Ozonlama, Kimyasal Dozlama, Yukarı Akışlı Çamur Battaniyeli Dekantörler, Filtreler, Çamur Susuzlaştırma ve Pompalardan oluşmaktadır.

2.3.2.3. Ömerli Su Arıtma Tesisleri

Mevcut tesis 4 üniteden oluşmaktadır.

- | | |
|----------------|---|
| * Ertuğrul Bey | : 70 000 m ³ /gün |
| * Orhaniye | : 500 000 m ³ /gün kapasiteli CTE tesisi; |
| * Osmaniye | : 200 000 m ³ /gün kapasiteli Degremont tesisi |
| * Muradiye | : 300 000 m ³ /gün |

Ertuğrul Bey Su Arıtma Tesisi'nde akseleratör tipli durultucular bulunmakta, ancak kum filtreleri bulunmamaktadır. Tesis 1993 yılında devreye alınmıştır.

2.3.2.4. Büyükçekmece Arıtma Tesisi

Bu PCI tesisi 1989 yılında işletmeye alınmış ve kapasitesi 400 000 m³/gün'lük tek tesistir. Tesis, muntazam bakımı yapılması koşuluyla, nominal verimde iyi kalitede su üretebilecektir. Ham su çok kademeli havalandırıcıya terfi edilmekte, 6 adet düztabanlı çamur yataklı çöktürme tankından geçirilmektedir. 28 adet hızlı kum filtresi olmasına rağmen 21 tanesi işletmeye alınmıştır. Arıtılmış su ana iletim hattının kapasitesi 280 000 m³/gün olduğundan, su arıtma tesisi tam kapasite ile çalıştırılmamaktadır. Bu nedenle, belirlenen kapasiteye henüz ulaşamamıştır. Ayrıca, Büyükçekmece Gölü'nün emniyetli verimi yakın zamanda düşürülmüştür.

2.3.2.5. Elmalı Arıtma Tesisi

Burada iki su arıtma tesisi bulunmaktadır.

1.Tesis 1890 yılında inşa edilmiş yavaş kum filtresi ile üç adet yatay çöktürme tankı seri şeklindedir. Dizayn kapasitesi 10 000 m³/gün olup, artık çalıştırılmamaktadır.

2.Tesis iki aşamada inşaa edilerek, 1954 yılında Dorr Oliver tipi tesis ve 1972 yılında Degremont tipi tesis işletmeye alınmış, arıtılmış su çıkışı yaklaşık 30 000 - 35 000 m³/gün'dür. Dorr Oliver tipi tesis iki adet flokülatör çöktürücü ile yedi adet hızlı kum filtresinden oluşmaktadır. Degremont tipi tesis bir adet akselatör tipi çöktürücüsü ve ilave 7 hızlı kum filtresi bulunmaktadır. Bu tesisin tüm filtreleri yenilenmiştir ve halen 15 000 m³/gün olarak çalıştırılmaktadır.

2.3.2.6. Kirazlıdere Su Arıtma Tesisi

Bu projenin inşaatı tamamlanmış olup, arıtma tesisi işletmeye alınmıştır. Öncelikle İzmit Belediyesi'nin evsel ve sanayi ihtiyaçlarını karşılamayı hedeflemektedir. Ham su, Yuvacık Barajı'ndan alınmakta ve 140 milyon m³/yıl'a kadar çıkabilen bir verimle çalışacak olan Kirazdere SAT'nde arıtılmaktadır. Kirazdere'den alınan arıtılmış su İstanbul'un doğu tarafına, Gebze yakınına iletilecek

ve anlaşıldığı kadarı ile 20 milyon m³ kadar su İSKİ'nin hizmet alanına verilebilecektir.

2.3.2.7. Küçük Arıtma Tesisleri

Hacıosman Su Arıtma Tesisleri - Sarıyer'in Hacıosman Bayırı diye anılan mevkiinde 1950 yılında inşaa edilen bir su arıtma tesisidir ve Hacıosman'ın bölgesel ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Hacıosman Su Arıtma Tesisleri'ni cazibeyle Topuzlu Bendi, Valide Bendi ve Sultan Mahmut II Bendi beslemektedir. Tesis, bir durultma havuzu, bir dairesel kesitli çökeltme havuzu ve bir seri kum filtresinden ibaret olup, günlük kapasitesi yaklaşık 2 000 - 3 000 m³ tür.

Keçesuyu Su Arıtma Tesisleri - Gaziosmanpaşa'nın Keçesuyu mevkiinde 1967 yılında kurulmuş olan bir su arıtma tesisidir. Bu tesisleri cazibeyle Büyük Bend, Kırızlı Bendi ve Ayvat Bendleri beslemektedir. Tesis, iki adet dairesel kesitli çökeltme havuzu ile üç adet seri kum filtresinden oluşmaktadır. Günlük kapasitesi yaklaşık 5 000 - 6 000 m³ civarındadır.

Kemberburgaz Su Arıtma Tesisleri - Kemberburgaz Kasabasının hemen kuzeyinde yer alan bu tesis, Terkos-Kağıthane Ø 1 000 mm'lik Ham su Font İsale hattından ayrılan Ø250 mm'lik bir boru hattı ile beslenmektedir. Halen günde ortalama 1000 m³ civarında arıtılmış su üreten küçük bir tesistir. Tesiste üç gözlü kum filtresi ve bir temiz su deposu yer almakta ve arıtılan su cazibeyle Kemberburgaz Kasabasına verilmektedir.

2.3.3. Mevcut İletim Sistemleri

Bu bölüm de, Avrupa ve Asya yakası üzerindeki mevcut su depolama ve iletim sistemlerini kısaca tanımlamaktadır.

Avrupa Yakası

Avrupa yakasında mevcut Kağıthane ve Büyükçekmece su arıtma tesislerinden su dağıtılmaktadır. İkitelli SAT'nin ilk kademesi şu anda devreye alınmıştır, fakat Terkos'tan gelen hamsu iletim hattı tamamlanana kadar tam kapasiteyle çalışamayacaktır. İnşaatı halen sürmektedir.

(i) Kağıthane'den Temin Edilen Suyun Dağıtımı:

Haliç'in kuzey kısımlarına, Kağıthane SAT ile Levent ve Feriköy'de bulunan ana depolar ve Taksim'deki daha küçük bir depo vasıtasıyla hizmet verilmektedir. Kağıthane, Çeliktepe, Levent, Feriköy ve Taksim'deki terfi merkezleri yüksek servis bölgelerine su temin edeceklerdir. Boğaz'ın kuzeyinden Sarıyer'e kadar olan alçak servis bölgesi, Çeliktepe ve Baltalimanı'ndaki hat üzerinden, İstinye'deki röle istasyonu vasıtasıyla beslenmektedir. Eminönü ve Fatih de dahil 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, Kağıthane'den cazibe ile beslenen Münzevi'deki depodan terfi edilerek de beslenmektedir.

Bahçeköy alanına su, Belgrad ormanındaki küçük göllerden tarihi bir akedük sistemi vasıtasıyla iletilmektedir. Karadeniz sahilinde yer alan sahada ise su, kaynaklardan ve artezyen kuyularından sağlanmaktadır.

Küçükçekmece'ye kadar olan Marmara sahil bölgesine Bahçelievler ve Sefaköy'de bulunan ana depolarla hizmet verilmektedir ve Münzevi'den gelen bir ana boru hattı bu depoları birleştirmektedir. Kağıthane'den ve Büyükçekmece'den ve bir dizi küçük kaynaktan arıtılmış su temin edilmektedir. Düşük seviyeli alanlar doğrudan bu sistemden su alırken, daha yüksek servis bölgeleri Küçükköy, Mahmutbey ve Malkoçoğlu (Habibler) depoları ile Bahçelievler'deki terfi merkezinden beslenmektedir. Küçükköy'e su, Kağıthane ve Münzevi boru hattından, Silahtar Terfi Merkezi ile iletilmektedir. Mahmutbey de suyunu Münzevi'den terfi ile almakta, Malkoçoğlu (Habibler) ise Küçükköy'deki terfi merkezi ile beslenmektedir. Keçesuyu Arıtma Tesisi'nden alınan su Münzevi ve Silahtar bölgesi civarındaki sisteme verilmektedir.

(ii) Büyükçekmece'den Alınan Suyun Dağıtımı

Büyükçekmece SAT'den alınan su tesisten yaklaşık 4 km uzaklıktaki bir tepe üzerindeki Varyant İletim ve Hizmet Deposu'na terfi edilmekte ve buradan Ø 2800 mm'lik tünel vasıtası ile Sefaköy deposuna cazibe ile 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 ile Bahçelievler deposuna besleme yapılmaktadır. Küçükçekmece'nin doğusunda kalan Marmara sahil bölgesine hizmet, Büyükçekmece SAT'den Sefaköy ve Bahçelievler'deki ana depolardan sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra, Bahçelievler deposunun Kağıthane 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.

(iii) İkitelli'den Temin Edilen Suyun Dağıtımı:

İkitelli SAT'nde, İkitelli Arıtma tesislerinden gelen terfi hattı İkitelli Köy Deposu'nu beslemektedir. Ayrı bir sistem, Halkalı Deposu'na terfi yapılmaktadır. 1. Kademenin yakın zamanda işletmeye alınmasından sonraki ilk işletme kapsamında, arıtılmış su Mahmutbey Deposu'na pompalanacak ve bu da, Sefaköy Rezervuarı'na cazibe ile verilecektir.

Asya Yakası

Asya yakasında arıtılmış suyun iki ana kaynağı vardır, bunlar; Elmalı ve çok daha büyük olan Ömerli arıtma tesisleridir. Ömerli Arıtma Tesisi Ömerli ve Darlık rezervuarlarından alınan su ile beslenmektedir. Elmalı Tesisi şu anda, son zamanlarda genişletilen Ömerli Tesisinin yaklaşık %1,5'i mertebesindeki bir kapasitede işletilmektedir. Bu kaynaklara ilave olarak, İSKİ'nin gerekli bağlantı ve depolama tesislerini tamamlamasından sonra, Kirazdere Projesi (bkz. Bölüm 2.2.1) Asya yakası hizmet alanının doğu kısmına büyük miktarlarda su aktarabilecektir.

(i) 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'i işletilmediğinde, Ömerli-Dudullu sisteminden alınacak suyun bu alanlara verilmesi mümkün olabilecektir.

(ii) Ömerli'den Temin Edilen Suyun Dağıtımı:

Ömerli Arıtma Tesisi'nden cazibeli bir iletim hattı, güneyde Şıhlı Hizmet Deposu'nu, buradan doğuda Tuzla ile Gebze'yi ve batıda Pendik, Kartal, Maltepe, Küçükalyalı ve Kadıköy'ü beslemektedir. Bu sistem boyunca, yüksek kotlarda bulunan

yerler terfi ile beslenmekte olup, Gebze ve Darıca hizmet depolarından beslenen bölgeleri ve batıda kalan Pendik ile Küçükalya arasındaki yüksek servis bölgelerini kapsamaktadır. Pendik, Kartal, Maltepe ve Küçükalya'daki 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. Yüksek servis alanlarını besleyen sistemler acil ihtiyaçları karşılamak için yapılmış olup, hizmet verilen bu alanlarda hızla artan su ihtiyacını karşılamakta yeterli değildirler. 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 terfili iletim 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, güzergahı üzerindeki, Koşuyolu, Kadıköy, Acıbadem ve Üsküdar taraflarına branşman bağlantıları ile su iletmektedir. Salacak'ta ikiz boru hattı Boğaz'ı geçerek, Avrupa yakasındaki Fatih ve Eminönü bölgelerini beslemektedir.

(iii) Kirazdere Arıtılmış Su İletim Sistemi :

Bu projede ham su Yuvacık Barajı'ndan alınmakta, arıtılmış su iletim sistemi, İzmit'in güneyindeki Kirazdere Arıtma Tesisi'nden Master Plan proje alanının doğu ucunda, Gebze'de teklif edilen hizmet Deposu'na kadar uzanmaktadır

Kirazdere Arıtma Tesisi'nden alınan su Hereke'deki bir terfi merkezine cazibe ile gelmektedir. İzmit bölgesine verilecek su cazibe ile çalışan boru hattı üzerinden

alınacaktır. İSKİ'nin gelecekte bu kaynaktan yararlanmaya karar vermesi halinde, Hereke Terfi Merkezi suyu terfi ederek, Gebze'de yapımı düşünülen hizmet Deposu'na yılda maksimum 20 milyon m³ su aktaracaktır. İsale sistemi, 1200 ile 2200 mm arasında değişen çaplarda, toplam olarak 80 km'ye yakın uzunlukta çelik boru hattından meydana gelmektedir. Proje 1998 yılında devreye alınmıştır.

İstanbul'un su kaynaklarını ve beslenme yapısını gösteriri haritalar EK-A olarak sunulmuştur.

2.3.4. Merkezi Su Dağıtım(SCADA) Sistemi

SCADA; "Supervisory 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. SCADA sistemi genel olarak şu alt sistemlerden oluşmaktadır.

1. Bilgisayar alt sistemi
2. Haberleşme alt sistemi
3. Telemetri alt sistemi
4. Uzaktan kumanda cihazları
5. Arazi ekipmanları

İSKİ Aksaray merkezinde kurulan Bilgisayar merkezi ve Gebze'den Büyükçekmece'ye kadar İstanbul'un çeşitli yerlerinde bulunan İSKİ tesislerinde monte edilen 53 istasyondaki elektronik ekipmanlar vasıtasıyla İstanbul'a verilen suyun miktarının, kalitesinin basıncının, baraj, göl ve depolardaki seviyelerin, meteorolojik bilgilerin, pompa çalışma ve arıza durumlarının toplanması, değerlendirilmesi ve bu bilgilerin saklanması ve ana isale hatları üzerinde çeşitli yerlere yerleştirilen 53 (elli üç) adet vana vasıtasıyla şehre verilen suyun kontrolü gerçekleştirilmektedir.

Kontrol ve izleme tamamen İSKİ Aksaray merkezden yapılmaktadır.

Merkezi Su Dağıtım (SCADA) sistemi ile aşağıdaki imkanlara kavuşulmuştur:

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.

2 -Arızalar ve bilhassa boru patlamalarının kontrol merkezinde anında tespit edilmesi ile en kısa zamanda arızaya müdahale edilmekte ve böylece su kayıpları asgariye indirilmektedir.

3 -Debi ve basınçların hassas bir şekilde ölçülmesi ile su kaçak ve kayıplarının olduğu isale hatları tespit edilebilmektedir.

4 -Terkos, Ömerli, Büyükçekmece, Elmalı, Alibey Barajları arasında bir barajın beslediği bölgenin diğer bir baraj tarafından beslenmesi daha kolay bir şekilde yürütülmekte, bu işlem Aksaray merkezden başarılı bir şekilde yapılabilmektedir.

5 -Şehre verilen suyun kalitesi (Bulanıklık, pH, Klor) merkezi olarak izlenmekte ve kontrol altında tutulmaktadır.

6 -İstatistiki amaçlar için, bilgisayar vasıtasıyla debi, basınç, seviye, 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.

SCADA sistemi bir ana merkez (Aksaray-İSKİ) ve merkeze bağlı 53 adet alt istasyondan oluşmuştur. Merkez ve alt istasyonlar arasındaki haberleşme radyo sistemleri vasıtasıyla sağlanmaktadır. Ayrıca, iyi bir haberleşme temin etmek için İstanbul'un 4 yüksek noktasına röle istasyonları yerleştirilmiştir. Alt istasyondaki bilgiler röle istasyonları vasıtasıyla merkeze ulaştırılmaktadır.

İSKİ SCADA SİSTEMİ

İSKİ SCADA sistemi şu alt sistemlerden oluşmaktadır



1. Aksaray SCADA kontrol Merkezinde ikili bir bilgisayar sistemi (biri online diğeri stand-by olarak çalışmaktadır.)
2. 2 adet istasyondaki bilgilerin izlenmesini sağlayan telemetri ünitesi
3. Radyo, 4 repeater(röle) ve bir merkez istasyondan oluşan haberleşme sistemi
4. Su sistemindeki değişik parametrelerin (günlük ve anlık debi, basınç, meteorolojik bilgiler, pompa çalışma bilgileri... vs) yerel istasyondan ve Kontrol merkezinden izlenmesini sağlayan arazi ekipmanları.
5. Su sisteminin yerel istasyondan ve Kontrol merkezinden kontrolünü ve izlenmesini sağlayan arazi ekipmanları (vanalar, depo seviyeler ..vs)
6. 53 istasyonda ve 4 radyo röle istasyonunda bulunan kesintisiz güç kaynakları.
7. Kontrol Merkezinde bulunan Kesintisiz güç kaynağı ve Klimalar

SCADA sisteminde aşağıdaki ekipmanlar kullanılmıştır;

Seviye ölçme cihazları: 38 adet göl/baraj ve depo seviye ölçerleri, su deposu ve göl/barajlara yerleştirilmiştir.

Akış ölçme cihazları: Borulardan geçen su miktarının anlık değerini ve toplam günlük akışı ölçen debimetreler 99 adettir.

Aktüatörlü vanalar: Muhtelif çaplardaki ana isale hatlarımıza yerleştirilen toplam 53 vana ile bölgelere istenilen debi ve basınçta su verilebilmektedir.

Basınç ölçme cihazları: Hatlardaki basıncın izlenebilmesi için 80 adet basınçölçer gerekli yerlere monte edilmiştir.

Su kalite cihazları: pH, bulanıklık, artık klor değerleri ölçmek için 14 adet artık klor, 11 adet bulanıklık, 11 adet pH cihazı kullanılmıştır.



Meteoroloji cihazları: 5 adet hava sıcaklık, 5 adet buharlaşma, 13 adet yağış miktarı ölçüm cihazları göl/baraj ve muhtelif yerlere yerleştirilmiştir.

Scada Kontrol Merkezi

Kontrol Merkezindeki bilgisayar sistemi; iki adet Mikro Vax II bilgisayar, iki ayrı çalışma konsolu, bir Vt 320 terminal, bir adet Mikro Vaxstation 2000, bir programcı konsolu, iki adet uzak konsol, bir adet insan-makine arabirimi, yedi adet yazıcı ve bir mimik panodan oluşmaktadır.

Mikro Vax II bilgisayarların birisi on-line diğeri stand-by olarak çalışmaktadır. Bilgisayarlardan çalışanın arızalanması durumunda stand-by olarak çalışan bilgisayar devreye girmesiyle sistemin durması önlenmiş olur. Stand-by bilgisayar devreye girince man-machine interface birimindeki bütün alt birimler otomatik olarak bu bilgisayara bağlanır.

2.3.5. Coğrafi Bilgi Sistemi(GIS)'nin İSKİ'de Kullanımı

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; içme suyu, atık su, yağmursuyu, doğalgaz, telekomünikasyon, elektrik vb. altyapı bilgileri ile bunlara ait üstyapı tesisleri arasındaki ilişkileri irdeleyen konumsal bir bilgi sistemi olarak tarif edilmektedir.



2.3.5.1. İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi

İstanbul İli içme suyu, atık su-yağmursuyu altyapı ve üstyapı tesislerinin konumsal olarak sorgulanabildiği, muhtelif network analizleri ile modelleme çalışmalarının yapılabilirdiği bir bilgi sistemidir.

İSKİ Altyapı Bilgi Sistemleri Teknik Şefliği bünyesinde gerçekleştirilen İSKABİS projesi, beş temel adımda yürütölmektedir:

- İçme suyu Temini ve Dağıtımı Sistemi,
- Atık su-Yağmursuyu Şebekesi, Toplayıcıları ve Uzaklaştırma Sistemi,
- Tüm İSKİ Üstyapı Tesisleri,
- İçme suyu Havza Konumu Tespitleri,
- Kent Bilgi Sitemi, Afet Yönetimi Bilgi Sistemi(EMIS) ve Yönetim Bilgi Sitemi(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.

İskabis ile İSKİ'nin mevcut içme suyu şebeke sistemi bilgisayar ortamında konumsal olarak belirlenmesini sağlanmakta ve sürekli genişleyen bu şebekenin en güncel bilgilerine her an ulaşılabilinmektedir. Bu da olası arızalara en kısa zamanda müdahale imkanı sağlamakta ve su zayıatını aza indirgemektedir.

2.3.6. İstanbul'un Mevcut Depo ve Şebeke Detayı

İstanbul'un içme ve kullanma suyu şebekesine dağıtım yapan depoların durumu Asya ve Avrupa bölgesi olarak Tablo2.3. ve Tablo2.4'de verilmiştir[İSKİ, 2003].

Tablo 2.3. Avrupa Bölgesi Arıtma Tesisi Depoları ve Şebeke Depoları

AVRUPA BÖLGESİ	
BÜYÜKÇEKMECE ARITMA TESİSİ DEPOSU	28.000 m ³
FATİH SULTAN MEHMET HAN ARITMA TESİSİ DEPOSU	30.000 m ³
IV.BEYAZIT ARITMA TESİSİ DEPOSU	30.000 m ³
ÇELEBİ MEHMET ARITMA TESİSİ DEPOSU	15.000 m ³
YILDIRIM BEYAZIT ARITMA TESİSİ DEPOSU	6.000 m ³
TOPLAM	109.000 m³
ŞEBEKE DEPOLARI	
1- BÜYÜKÇEKMECE	700 m ³
2- BEYLİKDÜZÜ	2x15.000 m ³
3- AVCILAR	10.000 m ³
4- ESENYURT	10.000 m ³
5- SEFAKÖY	12.500 m ³
6- HALKALI	2x10.000 m ³
7- BAYRAMTEPE	15.000 m ³
8- BAŞAKŞEHİR	20.000 m ³
9- MAHMUTBEY	20.000 m ³
10- BAHÇELİEVLER	2x30.000 m ³
11- MÜNZEVİ	4x11.250 m ³
12- KÜÇÜKKÖY I	2x7.500 m ³
13- KÜÇÜKKÖY II	20.000 m ³
14- MALKOÇOĞLU I	2x2.500 m ³
15- MALKOÇOĞLU II	2x20.000 m ³
16- HABİBLER	100 m ³
17- TAKSİM	2.500 m ³
18- FERİKÖY	30.600 m ³
19- LEVENT	21.400 m ³
20- BALMUMCU	600 m ³
21- AYAZAĞA	10.000 m ³
22- BÜYÜKDERE	3.000 m ³
23- MADEN	5.000 m ³
24- BALTALİMANI	8.000 m ³
25- MURATÇEŞME	10.000 m ³
TOPLAM	414.400 m³

Tablo 2.4.Asya Bölgesi Arıtma Tesisi Depoları ve Şebeke Depoları

ASYA BÖLGESİ	
ÖMERLİ I ARITMA TESİSİ DEPOSU	15.000 m ³
ÖMERLİ II ARITMA TESİSİ DEPOSU	24.000 m ³
ELMALI ARITMA TESİSİ DEPOSU	530 m ³
EMİRLİ TESİSİ DEPOSU	30.000 m ³
TOPLAM	69.530 m³
ŞEBEKE DEPOLARI	
1- DUDULLU	10.000 m ³
2- ÇAMLICA	48.000 m ³
3- YENİDOĞAN I	10.000 m ³
4- YENİDOĞAN II	3.000 m ³
5- KOZYATAĞI I	4.000 m ³
6- KOZYATAĞI II	5.000 m ³
7- BAĞLARBAŞI	6.000 m ³
8- DOĞU KAPISI	9.000 m ³
9- RÜZGARLI BAHÇE	5.000 m ³
10- ŞEYHLİ	10.000 m ³
11- PENDİK	5.000 m ³
12- PENDİK TAVŞANTEPE	20.000 m ³
13- KARTAL I+II	23.000 m ³
14- SOĞANLIK I	12.500 m ³
15- SOĞANLIK II	2.500 m ³
16- MADEN	5.000 m ³
17- ZÜMRÜTEVLER	8.000 m ³
18- MALTEPE	5.000 m ³
19- GÜRSUYU I	600 m ³
20- GÜRSUYU II	600 m ³
21- GÜRSUYU III	850 m ³
22- GÜRSUYU IV	600 m ³
23- KÜÇÜKYALI	2.000 m ³
24- BULGURLU I+II	22.000 m ³
25- TUZLA	1.000 m ³
26- DARICA	4.000 m ³
27- SULTANBEYLİ GÜNEY I	15.000 m ³
28- SULTANBEYLİ GÜNEY II	15.000 m ³
29- SULTANBEYLİ KUZAY I	15.000 m ³
30- BÜYÜKADA I	2.000 m ³
31- BÜYÜKADA II	2.000 m ³
32- HEYBELİADA	4.000 m ³
33- BURGAZADA	2.000 m ³
34- KINALIADA	2.500 m ³
35- BAŞIBÜYÜK	800 m ³
TOPLAM	280.950 m³

İstanbul'un içme ve kullanma suyu şebekesini oluşturan her çaptaki boruların durumu Avrupa ve Asya bölgesi olarak Tablo 2.5 ve Tablo 2.6'da verilmiştir.

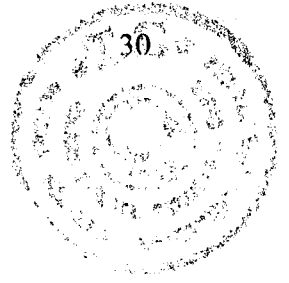
Tablo 2.5. Avrupa Bölgesi İsale Hatlarının Boru Cins ve Çaplarına Göre Dağılımı

Hattın Çapı (mm)	Cinsi										Toplam (metre)
	Çelik (metre)	DF (metre)	Pik (metre)	AÇB (metre)	ÖGBB (metre)	HDPE (metre)	Tünel (metre)	Galeri (metre)	Kanal (metre)	Muht. (metre)	
Ø100-400											
ø400	200	26.201	4.275	2.240		500					33.416
ø500	3.522	32.535	3.220	17.781							57.058
ø600	28.431	49.104	5.120								82.655
ø700	23.782										23.782
ø800	23.692	1.997									25.689
ø900	18.029										18.029
ø1000	70.996	2.255	27.429								100.680
ø1200	42.969	6.867									49.836
ø1400	31.390										31.390
ø1600	37.696				3.708	200					41.604
ø1800	2.035										2.035
ø1820	41.278										41.278
ø1850	11.999				7.190						19.189
ø2000	2.015										2.015
ø2200	76.600										76.600
Tünel							3.359				3.359
Galeri								40.948			40.948
Kanal									11.878		11.878
Muht.										40.700	40.700
Toplam	414.634	118.959	40.044	20.021	10.898		3.359	40.948	11.878	40.700	702.141

Tablo 2.6. Asya Bölgesi İsale Hatlarının Boru Cins ve Çaplarına Göre Dağılımı

Hattın Çapı (mm)	Cinsi						Toplam (metre)
	Çelik (metre)	DF (metre)	FONT (metre)	ÖGBB (metre)	HDPE (metre)	Tünel (metre)	
Ø100-400							
ø400	3.857	46.936	4.450		6.530		61.773
ø500	809	30.938	1.580				33.327
ø600	8.494	37.812	3.860		7.300		57.466
ø700	32.532						32.532
ø800	44.340						44.340
ø900	33.401						33.401
ø1000	20.717	1.412					22.129
ø1200	31.980						31.980
ø1400	750						750
ø1600	6.921			4.100			11.021
ø1800	7.723						7.723
ø1850				26.720			26.720
ø2000	11.450			3.150			14.600
ø2200	38.730			13.010			51.740
Ø3000	445						445
Tünel						1.984	1.984
Toplam	242.149	117.098	9.890	46.980	13.830	1.984	431.931

İSKİ şebeke sisteminde mevcut olan ø500 mm den daha büyük olan çelik isale hatlarında bu katodik koruma yoluna başvurmıştır. Katodik koruma uygulanan şebeke borusu uzunluğu Tablo 2.7’de verilmiştir.



Tablo2.7 Katodik Korumalı Çelik Boru Uzunluğu

ÇAP (mm)	KORUNAN ÇELİK BORU UZUNLUĞU (m)
Ø500	5.100
Ø600	31.202
Ø700	39.905
Ø800	74.796
Ø900	34.796
Ø1000	106.340
Ø1200	70.738
Ø1400	21.210
Ø1600	44.957
Ø1800	60.746
Ø2000	13.986
Ø2200	121.037
TOPLAM	624.813

2.4. Pilot Bölge olarak Seçilen Avcılar-B.Çekmece İlçelerinin Su Dağıtım Şebekesi

Pilot bölge olarak seçilen ve bu çalışmaya konu olan Avcılar İlçesi, Esenyurt Beldesi, Bahçeşehir Belediyesi, Büyük Çekmece İlçesi, Yakuplu, Kıraç, Kavaklı, Gürpınar, Tepecik, Mimar Sinan Belde Belediyeleri ve Çatalca Belediyesi İçme Suyu Şebeke Sistemi açısından farklılıklar göstermektedir. Bu bölgedeki farklılık sadece Şebeke Sistemleri Açısından değil aynı zamanda sosyo-kültürel yapı, sosyo-ekonomik yapı ve yerleşim şekilleri açısından da oldukça farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklardan dolayı bu bölgedeki kayıp suların sebeplerine yönelik çalışma İstanbul Kentinin yansıtılmasında önemli rol oynamaktadır.

Avcılar ve B.Çekmece Sisteminden beslenen bölgelere ait Şebeke uzunlukları ve boru cinsleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.8.Pilot Bölgedeki Şebeke Uzunlukları

Sistem	İlçe	İçme suyu Şebeke Uzunluğu (metre)		
		Düktül Font	PE / PVC	Toplam
Avcılar	Avcılar	250.100	60.675	310.775
	Esenyurt	443.000	-	443.000
	Bahçeşehir	72.000	-	72.000
B.Çekmece	B.Çekmece	144.000	-	144.000
	Gürpınar	70.204	39.996	110.200
	Kavaklı	83.600	24.200	107.800
	Yakuplu	105.968	6.332	112.300
	Kıraç	35.013	49.387	84.400
	M.Sinan	62.008	19.692	81.700
	Tepecik	6.000	30.000	36.000
	Çatalca	-	120.000	120.000
TOPLAM		1.271.974	350.282	1.622.256

2.4.1. Avcılar-B.Çekmece İlçelerinin Beslenme Şekilleri

Avcılar Bölgesi Büyükçekmece Arıtma Tesisinden gelen Ø 1800 mm çelik boru ile su almaktadır. Ø 1800 mm Çelik boru ile avcılar depoya (10.000 m³) gelen su buradan Ø 800 mm çelik cazibe hattı ile Denizköşkler, Ambarlı, Merkez, Cihangir mahallelerini beslemektedir.

Avcılar depodan ikinci bir çıkış olan Ø 1200 mm çelik hat ile Avcıların yüksek kotlarında bulunan Gümüşpala, M.Kemalpaşa, Üniversite, Firüzköy mahalleleri ve Esenyurt'un tamamı su almaktadır. Ayrıca Avcılar depodan çıkan Ø 1200 mm çelik pompa hattı ile Esenyurt depoya verilen su buradan Ø 1000 mm çelik boru ile terfi ettirilerek bu boru üzerinde bulunan muhtelif çaptaki branşmanlar ile Bahçeşehir ve Esenkente su verilmektedir.



Çatalca bölgesi Büyükçekmece arıtma tesisinden gelen Ø 1400 mm'lik İsale hattından Ø 500 mm'lik çelik branşmanla su almakta, borunun devamında Ø 500 mm'lik İller Bankası'nın 1992 yılında tesis ettiği AÇB boru ile beslenmekte ve bu AÇB boru ile iletilen su 15.000 m³'lük depoda toplanıp terfi merkezi vasıtası ile 1.000 m³'lük Erguvankent, 200 m³'lük NATO ve 200 m³'lük Çakıl depolarına iletilmektedir. Bu depolardan cazibe hattı ile ilçeye su verilmektedir.

Büyükçekmece; Büyükçekmece Arıtma- Bahçelievler Ø 1800 mm'lik Çelik İsale hattından Varyanttaki Ø 600 mm branşman, Ø 600 mm DF boru hattından cazibe ile beslenmektedir.

Geçici Varyant pompa istasyonundan Ø 1200 mm Çelik İsale hattı ile Beylikdüzü depoya (30.000 m³) gelen su buradan Ø 1400 mm Çelik cazibe hattı ile Yakuplu Beldesi, Kavaklı Beldesi ve Gürpınar Beldesi alt kotları beslenmektedir.

Ayrıca Beylikdüzü depodan çıkan Ø 1200 mm'lik Çelik pompa hattından, Haramidere Mahallesi (Beykoop-1) Kavaklı Beldesi ve Gürpınar Beldesinin üst kotları su almaktadır.

Kıraç Beldesi; Varyant pompa istasyonundan Beylikdüzü besleyen Ø 1200 mm Çelik İsale hattından Ø 300 mm branşmanla Ø 300 mm DF borudan beslenmektedir.

Tepecik Beldesi ve Mimarsinan; Büyükçekmece Arıtmadan Ø 1400 mm Çelik İsale hattından su alan Muratçeşme terfi merkezi çıkışındaki Ø 700 mm branşmanla beslenmektedir. Yukarıdaki beslenme şekli ve debimetrelerin yerleştirildiği hatlar EK-B de gösterilmiştir.

3. MATERİYAL VE METOD

3.1. Su Kayıpları Konusunda Yapılmış Benzer Çalışmalar

3.1.1. Türkiye’de Yapılmış Benzer Çalışmalar

Ülkemiz su kaynakları bakımından zengin olmasına karşın su iletim ve kullanımı bakımından henüz tam bir gelişmişlik gösterememektedir. Üretilen suyun maliyeti gün geçtikçe artmasına rağmen ülke genelindeki çarpık yerleşimin önüne geçilememesinden dolayı içme ve kullanma suyu şebekelerindeki kayıp ve faturalandırılmayan kullanımlar artmaktadır. Aşağıdaki tabloda örnek olarak 1997 yılı itibarı ile bazı büyük şehir belediyelerinin yıllık toplanan su miktarları, üretilen su miktarları ve buna karşılık faturalandırılmayan su kayıpları verilmiştir[TODAİE ,2004].

Tablo 3.1. Büyükşehirlerdeki Su Kayıp Oranları

ŞEHİR	TOPLANAN SU	ÜRETİLEN SU	KAYIP SU	SU KAYBI ORANI (%)
ADANA	145.282.990	49.258.460	96.024.530	66,09
ANKARA	248.369.049	168.772.730	79.596.319	32,05
ANTALYA	40.367.970	24.367.970	16.000.000	39,64
BURSA	131.442.048	66.484.648	64.957.400	49,42
DİYARBAKIR	47.307.000	28.383.566	18.923.434	40,00
ERZURUM	32.317.056	25.853.645	6.463.411	20,00
ESKİŞEHİR	40.690.416	26.690.416	14.000.000	34,41
GAZİANTEP	72.000.000	46.800.000	25.200.000	35,00
İÇEL	55.555.619	38.314.720	17.240.899	31,03
KAYSERİ	41.293.714	31.764.395	9.529.319	23,08
KOCAELİ	42.920.496	30.399.340	12.521.156	29,17
KONYA	69.509.389	34.689.389	34.820.000	50,09
SAMSUN	25.585.242	15.506.207	10.079.035	39,39

Tablodan da görüleceği üzere ülkemizdeki büyük yerleşim yerlerindeki kayıplar dünyada kabul görülen %15'lik değerin oldukça üzerindedir. 1980'lerden sonra bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları alt başlıklar halinde aşağıda verilmektedir.

3.1.1.1. Ankara Şehrinde Yapılan Çalışma

Ankara'da 1997 yılında yapılan çalışmada, şehrin su dağıtım şebekesi; basınç zonlarına ayrılmış ve seçilen bir basınç zonu üzerinde çalışma yapılmıştır[Işıldak, 1999].

1997 itibari ile yaklaşık 858.370 adet içme ve kullanma suyu abonesi olan Türkiye'nin ikinci büyük metropolüdür. Ankara'nın su ihtiyacı yazın $850.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ ve kışın $700.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'dür. Ankara'nın yıllık ortalama su ihtiyacı $260.000.000 \text{ m}^3$ 'dür. Ankara'ya su dağıtan şebekede toplam 35 pompa istasyonu ve 54 tank yer almaktadır. Şehir şebekesinin hidrolik modeli çıkarılırken farklı ölçeklerde çalışılabilir. Fakat küçük alanlarda (örneğin basınç zonları) çalışmak, hem basınç bölgelerine hakim olmak hem de personelin tecrübe kazanması açısından daha uygundur.

Hidrolik modelleme projesinde kullanılacak veriler, şebeke verisi, işletme verileri ve şebekedeki düğüm noktalarındaki tüketimlerdir. Bu verilerden şebeke verisi, model için önemlidir. Şebeke verisi boru çapı, uzunluğu ve malzeme tipi gibi verilerin yanı sıra armatür bilgilerini de içermektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri bu tür verilerin elde edilmesi açısından son derece önemlidir. ASKİ'de ki GIS, armatür verileri yönünden olmasa bile boru bilgisi bakımından önemli bilgiler içermektedir.

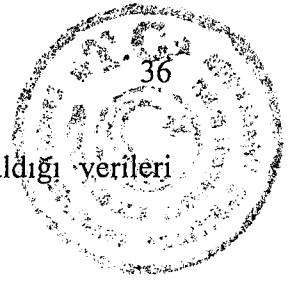
ASKİ pompa istasyonlarının büyük bir kısmına SCADA bağlantısı sağlanmıştır ve 15 dakikalık aralıklarla debi ve basınç değerleri kaydedebilmektedir. Buradan alınan işletme verileri, su tüketim analizlerinde ve ayrıca dinamik şebeke çözümleri için kullanılabilir. Bir hidrolik modelde verilerin en zayıf olanları pürüzlülük kat sayıları ve düğüm noktalarından çekilen su miktarlarının tespitinde abone fatura kayıtları kullanılmıştır.

Ankara'da su dağıtım şebekesinde, bilgi sistemleri kullanılarak, seçilen bir basınç zonu üzerinde değişik yüklemeler uygulanarak hidrolik yeterliliğin analizi yapılmıştır. Su dağıtım şebekesinde Kuzey-8(N8)basınç zonuna ait şebekenin fiziksel ve topoğrafik yapısı ve su tüketim yapısı belirlenmiştir. Kuzey N8 zonunda 5528 adet su abonesi bulunmakta ve yaklaşık 24.200 kişi yaşamaktadır. Bu basınç zonu Yeni mahalle ve Keçiören ilçeleri sınırında Çiğdem Tepe, Şehit Kubilay, Sancaktepe ve Yayla mahallelerini içine almaktadır. Bu bölgenin seçilmesinde dikkate alınan kriterler, öncelikle zonun proje başlangıcında çevre zonlardan iyice izole edilmiş olduğu, genelde hep konut türü abonelerin bulunması, bu alanda bulunan insanların genelde aynı gelir seviyesine sahip olması, bu alanda homojen bir su dağılımının olduğunu ortaya koymaktadır.

Projede öncelikle su tüketiminin maksimum olduğu görülmüştür. SCADA kayıtlarından bu gün için basınç ve depo değerlerinden tüketim eğrisi oluşturulmuştur. Bu eğride tüketimin hemen hemen sıfır olması gereken gece saat 02-03 dolaylarında bile tüketim gözlenmiştir. Bu miktar fiziki kaçak veya kaçak su kullanımı olarak alınıp, şebekede gerçekte tüketilen su miktarı tespit edilmiştir.

Basınç hesaplarında kullanılmak üzere düğüm noktalarının yükseklikleri 1/1000'lik halihazır paftalardan elde edilen eş yükselti eğrilerinden oluşturulan dijital arazi modeli (DEM) kullanılarak otomatik model ortamına aktarılmıştır. Düğüm noktaları ağırlıkları hesaplanırken, öncelikle su tüketiminin homojen olması varsayımından hareketle boru uzunlukları kullanılmış ve her borunun uzunluğu borunun iki ucundaki düğüm noktalarına eşit olarak dağıtılmaktadır. Boru geçmeyen sokaklardan, yol orta çizgileri çizilip, boru için uygulanan işlem bu çizgiler içinde uygulanmıştır. Ayrıca su dağılımının homojen olmadığı okul, cami ve parkların tüketimleri bulunmuştur. Günlük net su tüketiminden bu tüketimler çıkartılıp kalan miktar düğüm noktası ağırlıklarına göre dağıtılmıştır.

Düğüm noktaları ağırlıkları hesaplanmasında yapılan varsayımların doğruluğunu kontrol amacı ile iki ayrı yöntem Yayla Mahallesi için denenmiştir. Bu yöntemlerde abone kayıtları kullanılmıştır. Yapılan arazi çalışması ile GIS ortamına aktarılan 1/1000'lik hali hazır haritalar üzerine binalar için, bina bilgileri, ilçe,



mahalle ve sokak kodları ile beraber o binanın hangi hattan su aldığı verileri girilmiştir.

İlk alternatif yöntemde binaların tüketimleri hangi borudan su aldıklarına bakılarak düğüm noktalarına dağıtılmış ve bu kriterlere göre düğüm noktası ağırlıkları hesaplanmıştır.

İkinci alternatif yöntemde ise, binaların tüketimleri hangi sokakta bulunuyorsa o sokakta bulunan verilmiş, buradan hareketle düğüm noktası ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu ağırlıklar hesaplanırken esas yöntem yıllık değer olarak, diğer iki alternatif yöntem ise hem yıllık ve hem de bir yıl içinde bulunan 8 faturalama dönemi için ayrı hesaplamalar yapılmıştır.

Bu şekilde elde edilen model, bu bölgedeki şebekelerin yeterli olup olmadığının test edilmesi için literatürde belirtilen kritik yüklemeler altında test edilmiştir. Bu kritik yüklemeler, gece yüklemesi, pik saat yüklemesi, pik günde yangın yüklemesi için dinamik analiz ve pompa istasyonunda elektrik kesilmesi yüklemeleridir.

Bilgisayar çıktısından elde edilen sonuçların gerçeği ne kadar yansıttığının anlaşılması için basınç zonunda 4 ayrı noktada 7 günde basınç ve debi ölçümleri için 24 saatlik ölçümler yapıldı.

Yapılan bu çalışma sonucunda, şebekede hız ve basınç dağılımları incelenmiştir. Şebekede hız dağılımının çok yavaş olmasından boru çaplarının olması gerektiğinden büyük döşendiği sonucuna varılmıştır. Bölgedeki yapıların genelde tek katlı gece kondu tipi yapılar olduğu dikkate alındığında, bu bölgede ileride 4 kat iznine uygun olarak daha yüksek binaların yapılması bu sorunu çözebileceği düşünülmektedir. Basınçlar incelendiğinde zon içinde minimum basıncın 22 m'nin altına düşmediği ve maksimum 90 m'lik basınçların olduğu gözlenmiştir. Ağırlık hesabında kullanılan üç yöntem genelde benzer çıkmıştır.

GIS, SCADA ve Abone Bilgi Sistemleri arasında oluşması gereken entegrasyonda özellikle SCADA tarafından modele veri sağlamasında, sorunlar olduğu görülmüştür. Şebeke verilerinin daha sağlıklı işlenmesi konusunda, GIS

sistemine veri sağlanmasına dikkat edilmesi ve yapılan değişikliklerin en kısa sürede sisteme girilmesinin sağlanması sonucuna varılmıştır.



3.1.1.2. Kayseri Şehrinde Yapılan Çalışma

Dağıtım şebekesi içinde karşılığı alınamayan su miktarının en aza indirilmesi konusunda Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi (KASKİ) bir çalışma yaptırmıştır.

Bu çalışma kısaca şöyledir: KASKİ 1998 yılında 17 ayrı kaynaktan 170.000'in üzerinde aboneye (Yaklaşık 450.000 nüfus) ortalama 95.000 m³/gün su temin etmektedir. Temin edilen miktarın %53'ünün karşılığı alınamamaktadır. Yıllık su temini artışı %11,8 yıl olup, nüfus artışı %3,7'dir ve kayıp olan su miktarındaki artış %8 mertebesinde. Bu sonuç etkin bir su dengesi oluşturulması ve kayıp azaltma programına duyulan ihtiyacı ortaya koymuştur[Şahin, 1999].

Kayseri de yapılan bu çalışmada su dengesi oluşturulması için Alman ve Türk uzmanlardan oluşan teknik ekip çalışmalarına pilot bölgeler seçerek başlamıştır. Su şebekesini temsil edebilecek üç pilot bölge seçilmiş, birinci pilot bölge 13-14 katlı apartmanların yer aldığı ve 1990'lı yıllarda gelişen toplu konut alanıdır. İkinci pilot bölge 5-6 katlı apartmanlardan oluşan ve gelişimini 1980'li yıllarda gerçekleştiren bir yerleşim bölgesidir. Üçüncü pilot bölge ise, şehrin merkezi olup eski şebeke üzerinde yer alan restoran, mağaza ve iş merkezlerinin bulunduğu alandır. Pilot bölgeler kurulurken bölgelerin hidrolik olarak izole edilmesi için gerekli vanalar kapatılmış ve gerekli yerlere vanalar yerleştirilmiştir. Böylece bölgeye tel bir yerden su girişine izin verilmiştir. Bölge girişlerine monte edilen taşınabilir ultrasonik debimetreler aracılığı ile bölgeye giren su miktarı sürekli olarak izlenmiştir. Yerleştirilen elektronik basınçölçerler ile özel ölçümler esnasında basınçlar takip edilmiştir.

Pilot bölgelerde, ilk olarak yapılan vana kapatma testleri ile bölgenin hidrolik izolasyonu test edilmiştir. Daha sonra aşağıdaki ölçümler yapılmıştır.

- Pilot bölge içi ilk ölçmeler

- Birinci kaçak arama ve tamir çalışmaları
- Birincil ölçümler
- Boruların ve abone bağlantılarının yenilenmesi
- İkincil ölçümler
- Abone sayaçlarının yenilenmesi
- Üçüncül ölçümler
- Su dengesi oluşturulması

Yukarıda anlatılan şartlar dahilinde, işte bu iki sistemin entegre olduğu bir içme suyu şebekesinde meydana gelen su kayıp ve kaçaklarının belirlenmesi, önerilen ve alınan tedbirlerle su rezervlerinin heba edilmemesi, su kullanımının daha ucuza mal olması ve kesintisiz su kullanımının sağlanması için gerekli çalışmaların yapılmasının önerilmesi amaçlanmıştır.

3.1.1.3. Konya Şehrinde Yapılan Çalışma

2001 yılında 30 milyon m³/yıl miktarında su tüketen Konya kenti için bir çalışma yapılmıştır. Bu su, Altıntapa Barajından ve kuyulardan karşılanmaktadır. Kent içme, kullanma ve endüstri suyu temini ve dağıtımı projesine göre şehir bölgelere ayrılarak beslenmektedir. Bu çalışmada abonelerin kullandıkları suyun hatalı ölçümler haricindeki kesin kullanımı tespit edilmeye çalışılmış, kullanım miktarı belli olan, ancak fatura tahakkuk ettirilmeyen su kullanımların tespitine gidilmiş ve geriye kalan miktar kayıp su olarak kabullenilmiştir.

İlk önce kuyulardan ve barajdan temin edilip şehre dağıtılan yıllık su miktarı tespit edilmiştir. Tespit edilen bu su miktarının aylara göre dağılımı hesap edilmiştir. Üretilen bu aylık su miktarlarının tespitinden sonra tahakkuk ettirilen su miktarları ev, işyeri, şantiye, sulama vb. abone gruplarına göre incelenmiştir.

Bu verilerle aşağıdaki üretim-tüketim ilişkisi çıkartılmıştır.

Tablo 3.2.Konya Kentindeki Su Üretim-Tahakkuk Arasındaki İlişki

Aylar	Üretilen Su (m ³)	Tahakkuk Ettirilen Su (m ³)	Üretim-Tahakkuk Farkı (m ³)	Fark %'si
Ocak	4 794 250	1 941 845	2 852 405	59,50
Şubat	3 938 675	1 870 515	2 068 165	52,50
Mart	4 831 878	1 832 557	2 99 321	62,07
Nisan	4 911 638	2 2082 546	2 829 092	57,60
Mayıs	6 457 366	1 874 890	4 582 476	70,96
Haziran	6 326 538	2 589 398	3 737 149	59,07
Temmuz	6 899 043	2 428 333	4 470 710	64,80
Ağustos	6 657 152	3 006 908	3 650 244	54,83
Eylül	3 948 409	3 022 989	2 925 420	49,20
Ekim	7 133 588	4 712 980	2 420 608	33,93
Kasım	6 244 949	3 919 086	2 325 863	37,24
Aralık	6 125 767	2 320 016	3 805 751	61,12
Toplam	70 269 246	31 602 054	38 667 192	55,00

Yukarıdaki tabloda da görüleceği üzere Konya kentinde aylara göre üretim ve tahakkuk arasında paralellik yoktur. Bunun sebebi su üretildikten iki ay sonra tahakkuku yapılmasıdır. Tahakkuk yapılırken hangi tarihte sayaç okuması yapılıyorsa o tarihe kadarki tüketimin tamamı ölçülmektedir. Diğer bir sebebi ise Konya şehrinin tahakkuk açısından bölgelere ayrılmasıdır. Bir bölgede yapılan sayaç okuma, tablodaki belirtilen aylık üretim 3 veya 4 ay önceki üretilen suyun yansımasıdır. Eğer sayaç okuma işlemi suyun üretildiği ayın sonunda yapılıp ve o ay için yazılmış olsa idi tabloda görülen üretim ve tahakkuk arasındaki ilişki mevsim şartlarına uygun olarak paralellik arz edecekti. Üretim ve tahakkuk arasındaki uyumsuzluğun diğer bir sebebi ise, Şebekenin çalışma sisteminden kaynaklanmaktadır. Konya kenti içme ve kullanma suyu şebekesi depolu sistem olarak çalışmaktadır. Şehrin birçok bölgesinde üretilen su depolara verilerek buradan şebekeye isale edilmektedir. Su basılan depolar, herhangi bir kuyu arızasından veya

elektrik kesintisinden doğacak olan su kesintilerini engellemek için dolu tutulmaktadır. Sayaç okuma sırasında, depolarda bulunan stok su üretiminden sayılırken, tahakkuk sayılmamaktadır.

Konya kentindeki bu üretim ve tahakkuk farkını ölçmek için ilk önce bedelsiz grupların hesabına gidilmiştir. Daha sonra teknik sebeplerden doğan su kayıplarının miktarı hesaplanmış, sayaçların yasları çıkartılmış, çeşitli yaş gruplarındaki sayaçların eksik ölçümleri belirlenmiştir. Böylece tüketimi belli olan ancak tahakkuk edilmeyen miktar hesaplanmıştır.

1999 yılında kentin su ihtiyacını karşılamak amacıyla toplam 70 269 246 m³ su üretilmiştir. Bu miktarın %32,242 nispetindeki 22 659 742 m³ lük miktar üretimi belli olan ancak tahakkuk ettirilmeyen miktar olarak belirlenmiştir. Buna mukabil tahakkuk miktarı, KOSKİ Genel Müdürlüğü Abone İşleri Daire Başkanlığının fiili durumundan 31 602 054 m³'dür. Bu miktarın toplam üretimindeki yeri %45'dir. Toplam üretim içerisinde kullanımı bilinen miktarın toplamı 54 261 796 m³'dür ve % 77,22'ini teşkil etmektedir. Geriye kalan %22,78 kısmı yani 16 007 450 m³ suyun kayıp ve kaçak olduğu anlaşılmıştır[Demir, 2001].

3.1.1.4. İzmir Şehrinde Yapılan Çalışma

İzmir'de 2002 yılında, %60'lara ulaşan su kaçaklarını önleme hedefinde önemli mesafeler kat eden Büyükşehir belediyesi, yürüttüğü çalışmalarla yüzde 62'leri bulan kaçak oranını yüzde 50 ye indirmiştir.

1986 yılında ön çalışmaları başlatan Su Kaçakları Projesi 2000 yılında hızlandırıldı. 6 ay süreli pilot çalışma başlatıldı. Çalışmalar kapsamında Hatay'da 27, Karşıyaka'da 46, Alsancak ve Çamdibinde 31, Yeşilyurt'ta ise 25 sayaç bölgesi oluşturuldu. Bu bölgelerde su girişlerine basınç düşürücü vanalar takıldı; yapılan basınç regülasyonu ile verilen suyun yüzde 22'si kazanıldı. Ardından da dinlemeler yapılarak bulunan arızaların giderilmesi ile su kazancı yüzde 28'e çıkarıldı.

Pilot bölge uygulamasından sağlanan büyük başarının ardından, proje İzmir geneline yaygınlaştırılmıştır. Hizmet alımı yoluyla gerçekleştirilen projenin

kapsamına, Evka 2, Egekent, Altındağ, Bornova, Buca, Gültepe-Gürçeşme, Narlıdere ve Karabağlar da alındı. Matematik model çalışmaları yapılarak bu bölgeler izole sayaç bölgelerine ayrıldı. Böylece İzmir'in yüzde 80'i sayaç bölgelerine ayrılarak kontrol altına alınmıştır. Bu çalışmalarla birlikte yürütülecek dinleme ve arızaların giderilmesi çalışmaları ile şebeke yenileme çalışmaları da hızla sürdürülmüş, su kaybı oranı % 45'lere çekilmiştir[İSKİ, 2001].

3.1.2. Dünya'da Yapılmış Benzer Çalışmalar

3.1.2.1. İran'da Yapılan Çalışma

Enerji ve Tabii Kaynaklar danışmanı ve faturalanmayan suların kontrolü ve azaltılması konulu 1. Ulusal Sempozyum başkanı olan Seyyed Bagher Hoseini, içme suyu dağıtım sistemlerindeki su kaybı hakkında ve bu kaybı azaltabilmek için İran'da bir çalışma yapmıştır.

1989 yılında nüfusu yaklaşık 25 milyon olan İran'ın su kaynaklarının toplam kapasitesi 4,4 milyon m³'tür. 2.250 milyar m³ arıtılmış suyun, yaklaşık %40'a tekabül eden 1.300 milyar m³ ü şebekeye verildikten sonra faturalandırılmayıp kayıp su olarak belirlenmiştir. Bu kayıpların sebebi fiziksel ve fiziksel olmayan sebeplerdir. 1989 yılında 2700 adet kuyu ve 50.000 kilometre şebeke uzunluğu olan ülkede nüfusun %86 'sı içme suyu şebekesini kullanmaktaydı. 1997 yılında 35 milyon olan nüfusun %98'i şehir şebeke sisteminden yararlandığı tespit edilmiştir. Geriye kalan %2'lik kısmı ise herhangi bir şekilde yine kayıt dışı olarak içme suyu şebekesi sistemini kullanıldığı düşünülmüştür.

1997 yılında su kaynakları 6.800 milyon m³ olmasına rağmen yapılan şebeke yenileme çalışmaları ile arıtılıp şebekeye verilen sudaki kayıp miktarları %30' düşürülmüştür. 1989–1997 yılları arasındaki 8 yıllık periyotta 19 yeni arıtma tesisi devreye girmiş, kuyu sayısı 3710'a yükselmiş ve şebeke uzunluğu 65.000 kilometre'ye ulaşmıştır.

Şebeke yenilenmesinden %10 kazanç sağlayan yönetim bu konu üzerine daha ciddi bir şekilde düşmüş ve kayıp sebeplerini ülke genelinde çözümlemeye

çalışmıştır. Toplam kayıpların %48'inin fiziksel sebep olduğunu tespit edilmiş, geriye kalan %52'lik kısmın ise fiziksel olmayan sebepler olduğunu ortaya koymuştur. İlk adım olarak fiziksel olmayan kayıpların sebeplerinin çözümlenmesine gidilmiş ve illegal bağlantılar, hatalı faturalandırma, sayaç okuma ve tahakkuk sisteminin gözden geçirilmesi gibi kararlar alınmış. 4 Kişilik bir mühendis ekibi oluşturularak bu konu üzerinde çalışılması için imkanlar sunulmuştur. 1 yıl sonra faturalandırılmayan su miktarının sebepleri ve her bir sebebin toplam içindeki miktarı genel olarak ortaya koyulabilmektedir.

Örneğin kayıp suların, %11'i sayaç hatasından, %3' hatalı sayaç okumadan, %5'i kaçak bağlantılardan meydana geldiği anlaşıldı. Bu son 1 yılda 60.000 kaçak bağlantı kayıtlara geçirilip abone yapıldı, fiziksel kaçakları önlemek amacı ile kayıp ve sistemin beslenme yapısını kontrol eden 140.000 hat vanası bulundu ve işletmeye alındı. Detektörlerle sisteme verilen suların en az karşılığı gelen bölgelerde şebeke kaçakları tarandı. Ø 200 mm'nin üstündeki şebeke borularının işletme anındaki olması gereken optimum basınçları tespit edilip düzeltildi.

İran'da yapılan bu çalışmanın 1 yıl ardından su kayıp miktarlarının fiziksel ve fiziksel olmayan sebepleri kabul edilebilir olan %15 seviyesine gerilemiştir[Seyyed, 1997].

3.1.2.2. Almanya'da Yapılan Çalışma

Almanya Ulusal Su Kaybı Yönetimi ve Tekniği Raporu'nda konuya yaklaşımı bu başlık altında anlatabiliriz.

Almanya'da konuya yaklaşım tekniği, 1940'lı yıllardan başlayan çözüm arayışları sonucunda kazanılmış ve ülke genelinde günümüzde %10-15'li seviyelerinde tutulabilmektedir.

Ancak konuya yaklaşımın ilk adımında üretilen su olarak değil, şebeke sistemine verilen su miktarı hesaba alınmıştır. Kayıp suların analizi aşağıdaki tabloda verilen şekli ile incelenmektedir.

Tablo 3.3. Almanya'daki Kayıp Suların İncelenme Şekli

Şebekeye Verilen Toplam Debi (Q_N)	Kayıtlı Tüketim (Q_A)	Faturalandırılmış Kayıtlı Tüketim (Q_{AI})	Ölçülmüş, Faturalandırılmış Tüketim	Faturalandırılmış Su (Q_R)
			Ölçülmemiş Faturalandırılmış Tüketim	
		Faturalandırılmamış Kayıtlı Tüketim (Q_{AN})	Ölçülmüş, Faturalandırılmamış Tüketim	Faturalandırılmamış Su (Q_{NR})
			Ölçülmemiş, Faturalandırılmamış Tüketim	
	Su Kaybı (Q_V)	Gözlemlenebilen Kayıplar (Q_{VS})	Ölçüm Hataları	
			Önlenemez Kayıplar	
			Kayıt Dışı Kaçak Tüketim	
		Gerçek Kayıplar (Q_{VR})	İletim Hatlarındaki Kayıp, Depolardaki Kayıp ve Tahliye	
			Dağıtım hatlarındaki kayıp	
			Servis Bağlantılarındaki Kayıp	

DVGW adlı şirket su kayıpları hakkında istatistiksel bazı çalışmalarda bulunmuştur. Bu çalışmasında boru çeşitleri, fittings malzemeleri, şube yolu bağlantı borularının kayıp şu üzerindeki etkilerini de çalışmasına katmıştır. Su kayıplarının yukarıda sayılan malzemelerin farklılıklarının kayıp sular üzerindeki etkisi anlamlı

bulunmuştur. Örneğin; düktil font borular 100 km’de 3 arıza verirken, çelik borular 33 arıza vermektedir. Sonuç olarak şebeke sistemini oluşturan malzemelerin cinsi kısmen su kayıplarından sorumlu tutulmuştur.

Bu firma bilgisayar ortamında yukarıda anlatılan yaklaşım şekli ile malzeme çeşitleri ile ve diğer ortam şartları ile gerçek kayıpların hangi şartlarda ne olabileceği konusunda bir standart oluşturmuştur. Bu çalışma sonucunda, incelenecek sistemin verileri bilgisayar ortamında aktarıldığına, gerçek su kaybından fazla ise sisteme ne şekilde müdahale edilebileceği konusunda bilgi alınabilmektedir.

Almanya’nın genelinde arızalara anında müdahale edilebildiğinden, şebeke izleme sistemi ve abone bilgi sistemi etkin kullanılabildiğinden dolayı toplam su kayıpları %10–15 civarında kalabilmektedir[Weimer, 2001].

3.1.2.3. Amerika’da Yapılan Çalışma

1987 yılında American Water Works Association (AWWA) tarafından yapılan bir çalışmada faturalandırılan su kullanımı; faturalandırılıp ölçülmüş su olarak kabul edilmiş, faturalandırılmayan su miktarları ise bunu dışında kalan tüm kullanım ve kayıplar olarak değerlendirilmiştir.

AWWA süregelen yıllarda ülke genelinde yaptığı çalışmalar sonucunda bölgesel denetleme planını aşağıdaki adımlar şeklinde ortaya koymuştur.

- 1- Su kaybı politikası. Bölgede su kayıplarını azaltmayı amaçlayan bir politika mevcut mu? Mevcut ise hangi firmalar bu sorumluluğu almışlardır.
- 2- Su kaybının tarifi. Bölgede su kaybı veya faturalanmayan su miktarı için bir tarif var mı?
- 3- Faturalandırma ve rapor etme. Bölgede kayıp sular için faturalandırma veya kayıt altına alma konusunda bir metot var mı?
- 4- Standartlar. Bölgede kayıp sular için kabul edilebilir standart bir oran var mı?
- 5- Amaç ve hedef. Bölgenin su kaybını azaltmak konusunda belirlenmiş bir amaç ve hedefi var mı?

- 6- İhtiyaçları planlama. Bölge su kayıplarını minimal düzeye indirebilmek ve bunun önüne geçmek için bir plan yapmış mı?
- 7- Veri ve analiz. Bölge şebeke sistemindeki kayıpların veri ve analizlerini yapmış mı?
- 8- Teknik destek. Bölge su kayıplarını azaltma konusunda gerekli olan teknik desteği alabiliyor mu?
- 9- Performans. Bölge su kayıpları konusundaki çalışmalarında yeterli performansı gösteriyor mu?
- 10- Uygulayabilirlik ve yaptırım. Bölge su kayıpları politikasındaki uygulamaları ve yaptırımlarında yeterince başarılı mı?

AWWA her eyaleti ayrı ayrı inceleyerek onların kabul edilebilir su kayıplarını ülke genelinde bu şekilde denetim altına almaktadır. Örneğin Kansas Su İdaresinde 1997 yılında su kayıpları toplamı %30 iken AWWA tarafından incelemeye alınmış ve sürdürülebilir bir politika ile hedef ve amaca yönelik bir program çıkartılarak 2001 yılında bu değer %16'ya gerilemiştir.

Amerika'da eyaletlere yönelik farklı su kaynakları ve farklı kullanım alanları olduğundan, (eyaletlerin bazılarında yüzme havuzları ve golf sahaları gibi ortak kullanım alanlarındaki su kullanımları ücretsiz gruba girmektedir.) ve faturalandırılmamış su kullanımı su kaybı olarak tanımlandığından dolayı su kayıp oranı %15–25 civarında değişmektedir[AWWA, 1987].

3.2. İstanbul'da Su Kaçaklarının 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 imkansız 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 Müşteri Hizmetleri 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.

Müşteri Hizmetleri Daire Başkanlığı'nca verilen kayıp su miktarları Tablo 3.4 . de verilmiştir.

Tablo 3.4. Aylara Göre Tahakkuk m³'leri ve Şehre Verilen Su m³'leri

Aylar	Şehre Verilen Su (m ³)	Tahakkuk Ettirilen Miktar (m ³)	Şehre Verilen ile Tahakkuk Ettirilen Arasındaki Fark	Kayıp (%)	
2003	Kasım	56.391.238	33.150.728	23.240.510	41,21
	Aralık	58.278.590	35.659.014	22.619.576	38,81
2004	Ocak	58.699.692	39.004.494	19.695.198	33,55
	Şubat	55.045.751	32.358.138	22.687.613	41,22
	Mart	58.185.433	40.228.283	17.957.150	30,86
	Nisan	55.295.862	32.894.649	22.401.213	40,51
	Mayıs	59.565.747	36.054.081	23.511.666	39,47
	Haziran	60.258.000	41.431.456	18.826.544	31,24
	Temmuz	62.818.318	42.240.933	20.577.385	32,76
	Ağustos	60.872.083	39.110.199	21.761.884	35,75
	Eylül	60.417.091	42.710.330	17.706.761	29,31
	Ekim	60.659.108	42.893.449	17.765.659	29,29
TOPLAM		706.486.913	457.735.754	248.751.159	35,21



Yukarıdaki tabloda da görüleceği üzere İstanbul Şehrinde kayıp Suların yıl boyunca ortalaması % 35,21 civarında olup, standart olması gereken %10–15 seviyesinden oldukça yüksektir. Yaşayan nüfus sayısı olarak diğer dünya metropolleri ile karşılaştırıldığında da bu değerin İSKİ'ye maliyet kaybı oldukça büyüktür. İSKİ büyük yatırımlar ile ürettiği suyun yılda 248.751.159 m³'lük kısmından tamamen faydalanamamaktadır. Bu miktar Türkiye'deki diğer Büyük Şehir Belediyelerinin yıllık ürettiği miktarın çok üzerindedir.

Bu sebeple İstanbul'daki kayıp sular sadece İSKİ'nin sorunu olmayıp ülke genelinin su politikasını ilgilendirmektedir.

3.3. Deneyler ve Ölçümler

3.3.1. Şebekeye Verilen Su Miktarları

Avcılar depodan çıkan ø 800 mm cazibe hattına, yine aynı depodan çıkan ø 1200 mm pompa hattına debimetreler yerleştirilerek Avcıların alt kotları, Avcıların üst kotları, Esenyurt ve Bahçeşehir'e verilen su miktarları aylık olarak gözlemlenmiştir.

Büyükçekmece arıtma tesisinden gelen ø 1400 mm'lik hattın üzerinden ø 500 mm'lik branşmanla su alan Çatalca'ya verilen su miktarı bu branşman üzerindeki debimetre ile ölçülmüştür.

Büyükçekmece'yi besleyen Büyükçekmece Arıtma- Bahçelievler Ø 1800 mm'lik Çelik İsale hattından Varyanttaki Ø 600 mm branşman üzerine bir debimetre tesis edilmiştir.

Beylikdüzü depoyu (30.000 m³) besleyen Ø 1200 mm Çelik hattı üzerine debimetre yerleştirilerek, Yakuplu Beldesi, Haramidere Mahallesi (Beykoop-1), Kavaklı Beldesi, Kıraç Beldesi ve Gürpınar Beldesi'ndeki su kullanımı gözlemlenmiştir.

Tepecik Beldesi ve Mimarsinan; Büyükçekmece Arıtmadan Ø 1400 mm Çelik İsale hattından su alan Muratçeşme terfi merkezi çıkışındaki Ø 700 mm branşman üzerindeki debimetre ile gözlemlenmiştir.

3.3.2. Şebekeden Beslenen Cami Şadırvanlarında Kullanılan Su Miktarı

Avcılar-Büyükçekmece pilot bölgesinde toplam 136 adet cami, mescit, kilise gibi ibadethanelere bedelsiz olarak su verilmektedir. 2003 yılı ekim ayından itibaren İSKİ genelgesi ile bu ibadethanelere sayaç takılarak iki ayda bir kullanım miktarları gözlemlenmiş, toplam su kayıplarındaki oranı tespit edilmiştir.

3.3.3. Şebekeden Beslenen Sokak Çeşmelerinde Kullanılan Su Miktarı

Pilot bölgenin kırsal kesiminde toplam on üç adet sokak çeşmesi mevcuttur. Bu çeşmelerde kullanılan suyun miktarının belirli olması için ø20 mm çapında sayaçlar takılmış, ancak takip edilen bir yıllık süreçte sayaçların çalınma, tahrip edilme gibi nedenlerle sayaç okunmaları düzenli yapılamamıştır. Bu çalışmanın kapsamında bazı çeşme sayaçlarının okuma dönemi ortalamaları ile yıllık kullanım hesaplanmıştır.

3.3.4. Şebekeden Beslenen Mezarlıklarda Kullanılan Su Miktarı

Bölgede bulunan yirmi adet mezarlıktan on sekizinde su kullanımı mevcut olup bunlar sayaçla kontrol altına alınmıştır.

3.3.5. Belediyelere Bağlı İtfaiyelerde Kullanılan Su Miktarı

Bölgedeki ilçe ve belde belediyelerine bağlı toplam on bir adet itfaiye müdürlüğü vardır. Bunlar yangınla mücadele için kullandıkları şebeke sularını müdürlük civarındaki yangın hidrantlarından temin etmektedirler. Eylül 2003 tarihinde, kullanılan bu hidrantlara ø100 mm'lik sayaçlar takılarak kullanımlar denetim altına alınmıştır.

3.3.6. İlegal Bağlantılarla Sözleşmesiz Kullanılan Kaçak Su Miktarı

İstanbul genelinde kaçak su kullanımı tarayan SİSTEM A.Ş.'nin bir yıl boyunca tespit ettiği kaçak su adeti çalışmaya katılmıştır. İSKİ yönetmeliğine göre tespit edilen her bir kaçak su kullanıcıya tek taraflı sözleşme yapılarak, tespit tarihinden önce olmak üzere 45m^3 su kullanım tahakkuk ettirilmektedir.

Kaçak su kullanımı tespit edilmiş olan abonelere tahakkuk ettirilen bu 45m^3 'lük su miktarı kayıp sulardan düşülmüştür.

3.3.7. Su Sayaçlarına Bağlı Hatalı Ölçümlerden Kaynaklanan Su Miktarı

İSKİ abone bilgi sisteminde görülen 10 yıllık sayaçları kullanımdan kaldırıp yenileri ile değiştirmektedir. Bu çalışmada; ayrıca 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 karşılaştırmalı olarak hesaplanmıştır.

3.3.8. Arızalardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı

Bölgede aylık olarak farklı boru çaplarında meydana gelen arızaların sayısı tespit edildi.

3.3.9. Tankerlerle Dolum Ağızlarından Bedelsiz Olarak Verilen Sulardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı

Bölgede mevcut olan ve dolum ağzlarından şebekesi olmayan yerleşim yerlerindeki halka bedelsiz olarak dağıtılan suların miktarı İSKİ kayıtlarından tespit edildi ve bu miktar kullanımı belli olan kayıp sulara dahil edildi.

3.3.10. Şebekedeki Su Kalitesini Koruma Amaçlı Yapılan Deşarjlar İle Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı

Pilot bölgede mevcut olan deşarj vanaları ayda 1 defa olmak üzere tahliye edilmektedir. Çalışmanın kapsamında bu noktalar tespit edildi ve rutin deşarjlarla kayıp olan sular tahliye vanalarının boru çapına göre saatlik debileri ile hesap edildi.



4. ŞEBEKEYE VERİLEN SU VE ŞEBEKEDİ TÜKETİLEN SU MİKTARLARI

4.1. Avcılar-Büyükçekmece Sistemine Verilen Su Miktarları

Avcılar-B.Çekmece sitemine verilen ve aboneler tarafından kullanılan suyun hesaplanabilmesi için ana hatlar üzerine yerleştirilen debimetreler ait bilgiler bölüm 3.2.1’de verilmişti. Bu debimetrelerin verileri İSKİ SCADA tarafından günlük olarak okunmaktadır. Debimetreler yerleştirilirken kapalı alan oluşturulabilecek hatlar seçilmiştir. Her bir hat birden çok belediye ve beldeyi beslediği gibi sadece bir belediyenin birkaç mahallesini de beslemektedir. Bu debimetrelerin yerleştirildiği hatlarda kesintisiz olarak izlenmesi ve aylık bilançolarının çıkartılması üretim-tüketim arasındaki ilişkiyi anlamlandırabilme açısından oldukça önemlidir.

İSKİ Su İsale Daire Başkanlığı tarafından takılan 6 adet debimetrelerin ölçtüğü, abone yerleşim alanları aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 4.1.Debimetreler ve Ölçtüğü Alanlar

Debimetre Adı	Ölçtüğü Alanlar
Avcılar-1 (Cazibe)	Avcılar Denizköşkler, Ambarlı, Merkez, Cihangir mahalleleri
Avcılar-2 (Terfi)	Avcılar Gümüşpala, M.Kemalpaşa, Üniversite, Firüzköy mahalleleri, Esenyurt Belediyesi, Bahçeşehir Belediyesi
Büyükçekmece	Büyükçekmece ilçesi
Beylikdüzü	Yakuplu Beldesi, Haramidere Mahallesi (Beykoop-1), Kavaklı Beldesi, Kıraç Beldesi ve Gürpınar Beldesi
Muratçeşme	Tepecik Beldesi ve Mimarsinan Beldesi
Çatalca	Çatalca Belediyesi

Bu debimetrelerle ait ölçüm sonuçları aşağıdaki Tablo 4.2 te verilmiştir. Debimetreler günlük olarak SCADA tarafından okunabilmektedir. Günlük tüketimlerden aylık tüketim hesaplanmıştır.

Bu debimetrelerin ölçümü şebekeye verilen suyun miktarının bilinmesi açısından önemlidir.



Tablo 4.2. Debimetrelerden Ölçülüp Şebekeyi Besleyen Su Miktarları

Debimetre Adı	Debimetrelerden Ölçülen, Şebekeye Verilen Aylık Su Miktarları (m³)												TOPLAM (m³)
	2003			2004									
	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	
Avcular-1 (Cazibe)	668.761	541.515	497.911	712.006	497.941	582.342	657.354	705.886	715.964	739.008	729.939	748.413	7.797.041
Avcular-2 (Terfi)	2.050.291	1.641.907	1.524.064	2.133.768	1.489.713	1.722.556	1.899.663	2.162.282	2.248.983	2.222.664	2.244.714	2.253.110	23.593.714
Büyükkçekmece													
Beylikdüzü	383.473	308.636	279.115	394.795	274.996	320.096	357.656	385.983	392.410	403.750	411.607	410.120	4.322.637
Muratçesme	1.204.326	977.927	895.343	1.269.562	879.654	1.029.898	1.139.152	1.231.406	1.295.031	1.284.885	1.312.889	1.344.603	13.864.675
Çatalca	377.840	306.736	281.242	396.886	274.717	317.233	356.731	381.971	389.249	400.521	399.853	407.253	4.290.231
GENEL TOPLAM	147.098	118.855	108.932	154.286	107.322	124.835	140.926	150.742	154.006	158.001	157.676	160.613	1.683.292
	4.831.788	3.895.576	3.586.607	5.061.303	3.524.344	4.096.960	4.551.482	5.018.271	5.195.643	5.208.829	5.256.677	5.324.111	55.551.590



İstanbul 275 km²'lik alanına sahip Avcılar-Büyükçekmece sistemine, incelenen 12 aylık dönemde toplam olarak 50 715 881 m²'lik su verilmiştir.

4.2. Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları

İSKİ Genel Müdürlüğü Müşteri Hizmetleri Daire Başkanlığından verilen bilgilere göre bölgedeki abone sayıları aşağıdaki tablodaki gibidir;

Tablo 4.3. Pilot Bölgedeki Nüfus ve Abone Bilgileri

Sistem	İlçe	Nüfusu	Abone Sayısı	Hizmet Alanı (km ²)
Avcılar	Avcılar	235.113	89.470	36
	Esenyurt	154.533	45.596	27
	Bahçeşehir	19.000	1.408	24
B.Çekmece	B.Çekmece	48.000	19.257	85
	Gürpınar	32.000	11.847	20
	Kavaklı	40.000	25.772	11
	Yakuplu	26.000	10.849	13
	Kıraç	27.000	9.510	8
	M.Sinan	28.000	13.005	8
	Tepeceik	14.588	5.550	14
	Çatalca	14.859	7.505	29
TOPLAM		639.093	239.769	275

Bu değerler Ekim 2004 yılı değerleridir. Nüfusun yoğun olduğu, hizmet alanın dar olduğu bölgelerde dolayısı ile şebeke uzunlukları da az olmaktadır. Bölgelerin bu özelliklerinden dolayı doğan fiziksel kayıplara daha ileride değinilecektir.

Aşağıdaki tabloda bu abonelere, tahakkuk ettirilen su kullanım miktarları aylara göre detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4.4. Avcılar-Büyükçekmece Bölgesinde Yıl İçinde Aylara Göre Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları

İlçeler	Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları (m ³)													TOPLAM (m ³)
	2003			2004										
	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim		
Avcılar	1219476	1002064	912594	1261527	886648	1011011	1145216	1243633	1279421	1288368	1306262	1324156	13880376	
Esenyurt	621473	510675	465079	642904	451856	515235	583629	633784	652023	656582	665702	674821	7073763	
Bahçeşehir	19191	15770	14362	19853	13953	15910	18022	19571	20134	20275	20557	20838	218437	
B.Çekmece	262473	215678	196421	271524	190837	217604	246490	267672	275375	277301	281152	285004	2987531	
Gürpınar	161475	132686	120839	167043	117404	133871	151642	164673	169412	170597	172966	175336	1837944	
Kavaklı	351272	288646	262874	363385	255401	291224	329882	358231	368540	371117	376271	381426	3998268	
Yakuplu	147872	121509	110660	152971	107514	122594	138867	150801	155141	156226	158395	160565	1683114	
Kıraç	129621	106512	97002	134091	94244	107463	121728	132189	135993	136944	138846	140748	1475381	
M.Sinan	177258	145656	132651	183371	128880	146957	166464	180770	185972	187272	189873	192474	2017596	
Tepeceik	75647	62160	56610	78255	55001	62715	71040	77145	79365	79920	81030	82140	861027	
Çatalca	102293	84056	76551	105821	74375	84807	96064	104320	107322	108072	109573	111074	1164326	
GENEL TOPLAM	3268051	2685413	2445644	3380743	2376111	2709390	3069043	3332789	3428697	3452674	3500627	3548581	37197763	

Tablo 4.5. Avcılar bölgesinin cazibe ve terfi hatından beslenen mahallelerindeki tahakkuk ettirilen su miktarları

Avcılar-1 (Cazibe)	487790	400826	365038	504611	354659	404404	458086	497453	511768	515347	522505	529662	5552150
Avcılar-2 (Terfi)	731686	601238	547556	756916	531989	606607	687130	746180	767653	773021	783757	794494	8328226

İçme ve kullanma suyu kayıplarını 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 yoluna gidilecektir.

Üzerinde çalışılan şebekede toplam 239.769 aboneye bir yıl içinde 37.197.763 m³ içme ve kullanma suyu tahakkuk ettirilmiştir.

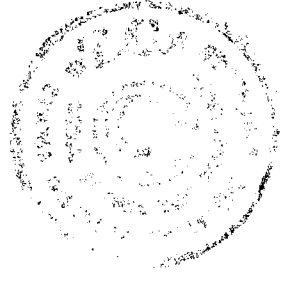
Tablo 4.5'te avcılar bölgesine özel olarak tahakkuk ettirilen su miktarları cazibe hattındaki debimetreden ve terfi hattındaki debimetreden ölçülen su miktarları ile kıyaslanabilmesi için abone bilgi sisteminden ayrı ayrı olarak hesaplanmıştır.

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

Tablo 4.5'te İSKİ Müşteri Hizmetleri Daire Başkanlığından her Belde ve Belediye için aylık tahakkuk miktarı verilmiştir. Bu tahakkuk miktarlarının şebekeye verilen su ile kıyaslanabilmesi için debimetrelerin bağlı bulunduğu hatların beslediği bölgelere göre tahakkuk miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu hesap Tablo 4.6. da verilmiştir.

Tablo 4.6. Debimetrelerin Bağlı Bulunduğu Hat Üzerinden Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları

Debimetre Adı	Tahakkuk Ettirilen Su Miktarları (m ³)													TOPLAM (m ³)
	2003			2004										
	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim		
Avcılar-1 (Cazibe)	487790	400826	365038	504611	354659	404404	458086	497453	511768	515347	522505	529662	5552150	
Avcılar-2 (Terfi)	1372350	1127683	1026997	1419673	997798	1137752	1288781	1399535	1439810	1449878	1470016	1490152	15620426	
Büyükkçekmece	262473	215678	196421	271524	190837	217604	246490	267672	275375	277301	281152	285004	2987531	
Beylikdüzü	790240	649354	591376	817490	574562	655151	742118	805894	829085	834883	846479	858074	8994707	
Muratçesme	252905	207816	189261	261626	183880	209672	237504	257915	265337	267192	270903	274614	2878623	
Çatalca	102293	84056	76551	105821	74375	84807	96064	104320	107322	108072	109573	111074	1164326	
GENEL TOPLAM	3268051	2685413	2445644	3380743	2376111	2709390	3069043	3332789	3428697	3452674	3500627	3548580	37197763	



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



5. ŞEBEKEYE VERİLEN SU MİKARLARI İLE KULLANILAN SU MİKTARLARININ KARŞILAŞTIRILMASI



Kentte yaşayan insanların su ihtiyacını karşılamak için şebekeye verilen suyun ne kadarı içme ve kullanma amaçlı kullanıldığı, ne kadarı değişik amaçlar için kullanıldığının bilinmesi ve içme ve kullanma dışındaki fazla suların nerelerde kullanıldığının belirlenmesi, 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.

5.1. Şebekeye Verilen Su İle Tahakkuk Ettirilen Suyun Kıyaslanması

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

Bir yıllık periyotta verilen su miktarı ile tahakkuk ettirilen su miktarları arasındaki karşılaştırma Tablo5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Bölgeye Verilen Su Miktarı İle Tahakkuk Ettirilen Su Miktarının Karşılaştırılması

Bölge Adı	Verilen Su Miktarı	Kullanılan Su Miktarı	Verilen-Kullanılan Farkı	Kayıp Oranı (%)
Avcılar-1 (Cazibe)	7.797.041	5.552.150	2.244.891	28,79
Avcılar-2 (Terfi)	23.593.714	15.620.426	7.973.288	33,79
Büyüçekmece	4.322.637	2.987.531	1.335.106	30,89
Beylikdüzü	13.864.675	8.994.707	4.869.968	35,13
Muratçeşme	4.290.231	2.878.623	1.411.608	32,90
Çatalca	1.683.292	1.164.326	518.967	30,83
GENEL TOPLAM	55.551.590	37.197.763	18.353.827	33,04

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü üzere yıllık ortalama toplam su kaybı %33,04 olarak bulunmuştur. Bu değer İstanbul kentinin ortalama su kaybı olan %35,21 değerine yakındır. Buradan seçilen pilot bölgenin İstanbul'un genel yapısını yansıtabildiği görülebilmektedir.

Bu tabloda en az kayıp Avcılar-1(Cazibe) bölgesinde görülmesinin sebebi, bu bölgede şebeke yapısının genellikle düktil font olması, yerleşim yapısının düzenli olması vb. etkenler rol oynamaktadır. Değerlendirme kısmında bu konuya değinilecektir.

5.2. Tahakkuk Etmeyip Tüketimi Belli Olan Su Kullanımı

Bu bölümde 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.

5.2.1. Şebekeden Beslenen Cami Şadırvanlarından Kullanılan Su Miktarı

Seçilen pilot bölgede bedelsiz olarak su verilen cami, mescit gibi 136 adet ibadethane mevcuttur. İSKİ genelgesi ile bu ibadethaneler 2003 yılı ikinci yarıyı itibarı ile sayaç takılmaya başlanmıştır.

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

Debimetrelerin bulunduğu bölgedeki ibadethaneler ayrı ayrı incelenmiş ve toplam 136 adet ibadethanenin yıllık su tüketimi Tablo5.2.'de detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 5.2.İbadethanelerin Yıllık Su Tüketimi

Bölge Adı	İbadethane Sayısı	Yıllık Kullanım (m ³)
Avcılar-1 (Cazibe)	20	48.337
Avcılar-2 (Terfi)	54	135.991
Büyükçekmece	11	26.009
Beylikdüzü	33	78.307
Muratçeşme	11	25.061
Çatalca	7	10.137
GENEL TOPLAM	136	323.842

İbadethanelerden tahakkuk edilemeyen bu yıllık miktarın toplam şebekeye verilen su miktarına oranı % 0.58 gibi bir değere denk gelmektedir.

5.2.2. Şebekeden Beslenen Sokak Çeşmelerinde Kullanılan Su Miktarı

Üzerinde çalışılan bölgenin genelinde toplam 13 adet sokak çeşmesi mevcuttur. Bu çeşmelerde kullanılan suyun miktarını 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 sarfiyatı gösterir tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 5.3.Sokak Çeşmelerinin Yıllık Su Tüketimi

Bölge Adı	Çeşme Sayısı	Dönemlik Sarfiyat (m ³)	Yıllık Kullanım (m ³)
Avcılar-1 (Cazibe)	1	93	558
Avcılar-2 (Terfi)	4	392	2352
Büyükçekmece	2	152	912
Beylikdüzü	3	309	1854
Muratçeşme	1	97	582
Çatalca	2	214	1284
GENEL TOPLAM	13	1257	7542

Bir yılda sokak çeşmelerinden sarf edilen su miktarı 7.542 m³'tür. Sonuç olarak sokak çeşmelerinden tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %0.014 olarak bulunmuştur.

5.2.3. Şebekeden Beslenen Mezarlıklarda Kullanılan Su Miktarı

Çalışan pilot bölgede 20 adet mezarlıktan 18'inde su şebekesi mevcut olup su kullanılmaktadır. Bu dokuz mezarlığa sayaçlar takılıp bir yıl boyunca okunmuştur.

Aşağıdaki tabloda yıl içinde mezarlıkların kullandığı toplam su miktarı belirtilmiştir.

Tablo 5.4.Mezarlıkların Yıllık Su Tüketimi

Bölge Adı	Mezarlık Sayısı	Yıllık Kullanım (m ³)
Avcılar-1 (Cazibe)	2	14.312
Avcılar-2 (Terfi)	4	28.512
Büyüçekmece	3	21.186
Beylikdüzü	5	35.115
Muratçeşme	3	20.856
Çatalca	1	7.015
GENEL TOPLAM	18	126.996

Bir yılda mezarlıklardan sarf edilen su miktarı 126.996 m³'tür. Sonuç olarak mezarlıklardan tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %0.22 olarak bulunmuştur.

5.2.4. Belediyelere Bağlı İtfaiyelerde Kullanılan Su Miktarı

Çalışılan bölgede toplam 11 adet İtfaiye Müdürlüğü vardır. Bunların su temin ettikleri yangın hidrantı sayısı adettir. Hidrantların her birine ø 100'lük sayaç takılmıştır.

Tablo 5.5. Yangın Hidrantlarından İtfaiyelerin Yıllık Su Tüketimi

Bölge Adı	İtfaiye Sayısı	Hidrant Sayısı	Yıllık Kullanım (m ³)
Avcılar-1 (Cazibe)	1	2	8.736
Avcılar-2 (Terfi)	2	5	13.068
Büyüçekmece	1	2	7.248
Beylikdüzü	4	9	15.792
Muratçeşme	2	4	5.624
Çatalca	1	2	2.568
GENEL TOPLAM	11	24	53.036

Bir yılda yangın hidrantlarından sarf edilen su miktarı 53.036 m³'tür. Sonuç olarak yangın hidrantlarından tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %0.095 olarak bulunmuştur.

Bu değer beklenenin üstündedir. Bunun sebebinin sadece yangın hidrantlarının suyun yangınla mücadele amaçlı kullanılmayıp belediyeler tarafından sözleşmesiz olan park ve bahçelerde kullanıldığı düşünülmektedir. Bunun yanında ölçümler dışında kalan sokaklardaki acil yangın hidrantlarının ne sıklıkta ve ne miktarda su kullandığına dair bir kayıt mümkün olmamaktadır.

5.2.5. İlegal Bağlantılarla Sözleşmesiz Kullanılan Kaçak Su Miktarı

İSKİ kaçak su taramalarını Sistem A.Ş firmasına yaptırmaktadır. Tespit edilen kaçak su kullanıcılarına İSKİ tarafından tek taraflı sözleşme yapılmaktadır. İSKİ Müşteri Hizmetler Daire Başkanlığı Yönetmeliği ile bu aboneler sayaç takmadan kaçak su kullanmışlar ise 45 m³ üzerinden geriye dönük su borcu tahakkuk ettirilmekte, sayaç takarak kaçak su kullanmışlar ise ve sayaçlarındaki işaret 45 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 yönelik tahakkuk edilen kaçak su miktarı ve kaçak su adeti gözlemlenebilmektedir. 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 alınan veriler doğrultusunda hesap edilebilmektedir.

Tablo 5.6.İllegal Bağlantılardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarları

Bölge Adı	Abone Sayısı	İllegal Bağlantılardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı (m ³ /yıl)
Avcılar-1 (Cazibe)	35.788	15.530
Avcılar-2 (Terfi)	100.686	102.497
Büyükçekmece	19.257	18.636
Beylikdüzü	57.978	93.179
Muratçeşme	18.555	43.484
Çatalca	7.505	37.272
GENEL TOPLAM	239.769	310.598

Yukarıdaki tabloda da görüleceği üzere abone sayısı ile kaçak su kullanımı arasında bir paralellik söz konusu değildir. Bunu sebebi; Avcılar-2, Beylikdüzü, Muratçeşme, Çatalca bölgelerinde imarsız kaçak yapıların bulunması, yerleşim birimlerinde yaşayan insanların sosyo-ekonomik ve sosyo kültürel yapısının farklılığı, şebeke sistemlerinin kaçak su kullanımına daha kolay izin verebilmesi gibi sebeplerdir.

Bir yılda kaçak su bağlantılarından kaybedilen su miktarı 310.598 m³'tür. Sonuç olarak illegal bağlantılar sebebi ile tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %0.56 olarak bulunmuştur.

Ancak, tespit edilemeyen ve hiçbir şekilde kayıt altına alınmamış kullanımların bölgedeki mevcudiyeti aşıkardır. Bunlar bu konu başlığı altında herhangi bir şekilde hesap edilebilecek durumda değildir.

5.2.6. Su Sayaçlarına Bağlı Hatalı Ölçümlerden Kaynaklanan Kayıp 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 nolu İş emri oluşturularak değiştirilmektedir. Yani İSKİ su 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'nce teste tabi tutulmuştur.

Bölgede kullanılmakta olan 0-3, 3-6, 6-9 yaş gruplarındaki sayaçlardan 10'ar adet sayaç sökülüş ve Sayaç Hareketleri Teknik Şefliği'nde, TUBİTAK 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 aşağıdaki gibidir.

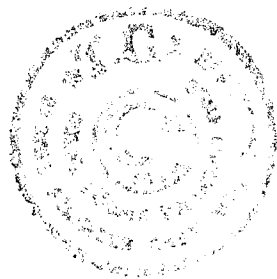
Tablo 5.7. Sayaç Ölçüm Testlerinin Sonuçları

Sayaç Yaş Grupları	Eksik Okuma Yüzdesi
0-3	4,67
3-6	9,23
3-9	13,72

İncelenen bölgelerdeki bu yaş gruplarına ait sayaç adeti, bu sayaçlar ile tahakkuk ettirilen su miktarı ve bu sayaçlardaki eksik ölçümler Tablo 5.6. da verilmiştir. Yaş gruplarına göre sayaçların adetleri, bu sayaçlardan tahakkuk edilen su miktarları İSKİ Abone Bilgi Sisteminden çıkartılabilmektedir.

Tablo 5.8. Değişik Yaş Gruplarındaki Savaşçılardan Oluşan Eksik Ölçümler

Bölge Adı	Savaş Adetleri			Tahakkuk Ettirilen Miktar			Eksik ölçüm Miktarı			Toplam
	0-3	3-6	6-9	0-3	3-6	6-9	0-3	3-6	6-9	
Avcılar-1 (Cazibe)	18968	9305	7515	2942640	1443559	1165952	137421	133241	159969	430630
Avcılar-2 (Terfi)	52364	26678	21644	8123751	4138825	3357850	379379	382014	460697	1222090
Büyükçekmece	9206	5507	4544	1428219	854356	704956	66698	78857	96720	242275
Beylikdüzü	31728	15075	11175	4922282	2338736	1733690	229871	215865	237862	683598
Muratçesme	9834	4924	3797	1525670	763909	589067	71249	70509	80820	222578
Çatalca	4098	1886	1521	635764	292594	235968	29690	27006	32375	89071
GENEL TOPLAM	126198	63375	50196	19578325	9831979	7787482	914308	907492	1068443	2890242



Bir yılda sayaç hatalarından kaynaklanan kayıp su miktarı 2.890.242 m³’tür. Sonuç olarak sayaçların eksik ölçümlerinden dolayı tahakkuk edilemeyen yıllık kullanım miktarının şebekeye verilen yıllık su miktarına oranı %5,2 olarak bulunmuştur.

5.2.8. Şebeke Arızalarından Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı

İSKİ şebeke arızalarının tamamını müteahhit firmalara ihale ederek gidermektedir. Müteahhit firma sözleşmelerinde içme ve kullanıma 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. Ø 32 mm’lik şube yolu bağlantılarındaki arızalar ise 24 saatte giderilme şartına rağmen, ortalama 32 saatte giderilebilmektedir.

Bu çalışmada Abone Bilgi Sisteminden alınan veriler doğrultusunda arızalar hakkında değerlendirme yapılmıştır.

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

Tablo 5.9.Şebeke Arızalarının Miktarı

Bölge Adı	Ø 100 mm'lik Boru Arızası	Ø 32 mm'lik Boru Arızası
Avcılar-1 (Cazibe)	13	649
Avcılar-2 (Terfi)	87	1776
Büyüçekmece	44	712
Beylikdüzü	1269	2934
Muratçeşme	438	915
Çatalca	64	824
GENEL TOPLAM	1915	7810

Tabloda da görüldüğü üzere Beylik düzü ve Muratçeşme bölgelerinde su arıza miktarları oldukça yüksektir. Bunun sebebi şebeke sistemini oluşturan boru cinslerinin standartlara uymayan PVC borulardan oluşması ve fenni olmayan bir şekilde boruların imalat esnasında döşenmiş olmasıdır.

Avcılar-2 bölgesindeki şube yolu arızasının fazla olmasının sebebi ise Avcılar Firüzköy, Tahtakale mahallerinin imarsız kaçak yapılanmış olduğundan şebeke boruları polietilen borulardan oluşmuş olmasıdır.

Çatalca beldesinde şebeke uzunluğunun az olmasına rağmen arızaların fazla olmasının sebebi karma bir sistemle PVC ve polietilen boruların şebekede kullanılmış olmasıdır. Bu bölgede de şebeke gayri fenni bir şekilde tesis edilmiştir.

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.

5.2.9. Tankerlerle Dolum Ağzlarından Bedelsiz Olarak Verilen Sulardan Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı



İSKİ üzerinde çalışma yapılan pilot bölgelerde tankerlerle şebekesi olmayan yerleşim birimlerine su vermektedir. Bunlar kayıt altına alınmaktadır. Avcılar Terfi sisteminden alınan tanker suları bölgelere verilmektedir. Tankerle su verilen bölgeler yine pilot bölge içinde kalmaktadır. Bundan dolayı bu miktarı da şebeke sisteminden alınan fakat tahakkuk ettirilmeyen miktar olarak hesaba katmak gerekmektedir.

Tankerlerle su Avcılar'ın bir kısmına, imarı olmayan Yakuplu ve Kıraç bölgelerine ve Mimarsinan, Tepecik beldelerinin beslenme sorunu olan kısımlarına takviye amaçlı verilmektedir. Bunlar haftada iki defa olmak üzere planlanmıştır. Aylık bilançolar ile yıllık tüketim miktarı hesaplanmıştır. Bu miktarlar aşağıdaki Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10 Aylara Göre Tankerlerle Verilen Su Miktarları

AYLAR	Verilen Su Miktarı (m ³)
Kasım	10.250
Aralık	11.450
Ocak	9.350
Şubat	8.110
Mart	9.720
Nisan	10.560
Mayıs	13.630
Haziran	14.830
Temmuz	12.320
Ağustos	15.170
Eylül	16.210
Ekim	12.140
TOPLAM	143.740

143.740 m³'lük miktar yıllık üretilen su miktarının %0,26'sını teşkil etmektedir.

3.3.10. Şebekedeki Su Kalitesini Koruma Amaçlı Yapılan Deşarjlar İle Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı

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 18 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 yerlerde ve hepside %100 mm düktül font 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 $= 27,20 \times 12 \times 14 \times 12 = 54\,835,20 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Bu miktar yıllık üretilen suyun %0,10'unu teşkil etmektedir.

6. SU KAYBININ ANALİZİ VE SU KAYBI ÖNLEME POLİTİKASI GELİŞTİRMENİN ÖNEMİ



6.1. Kayıp Suyun Maliyeti

Seçilen pilot bölgede içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak amacı ile incelenen bir yıllık dönemde toplam 55.551.590 m³ su şebekeye verilmiştir. Tahakkuk ettirilen su miktarı ise 37. 197.763 m³'tür. Yani şebekeye verilen suyun % 66,96'sı tam olarak aboneye ulaşmış, geri kalan %33,04'lük kısmı ise çeşitli amaçlarla kullanılmış veya kayıplardır.

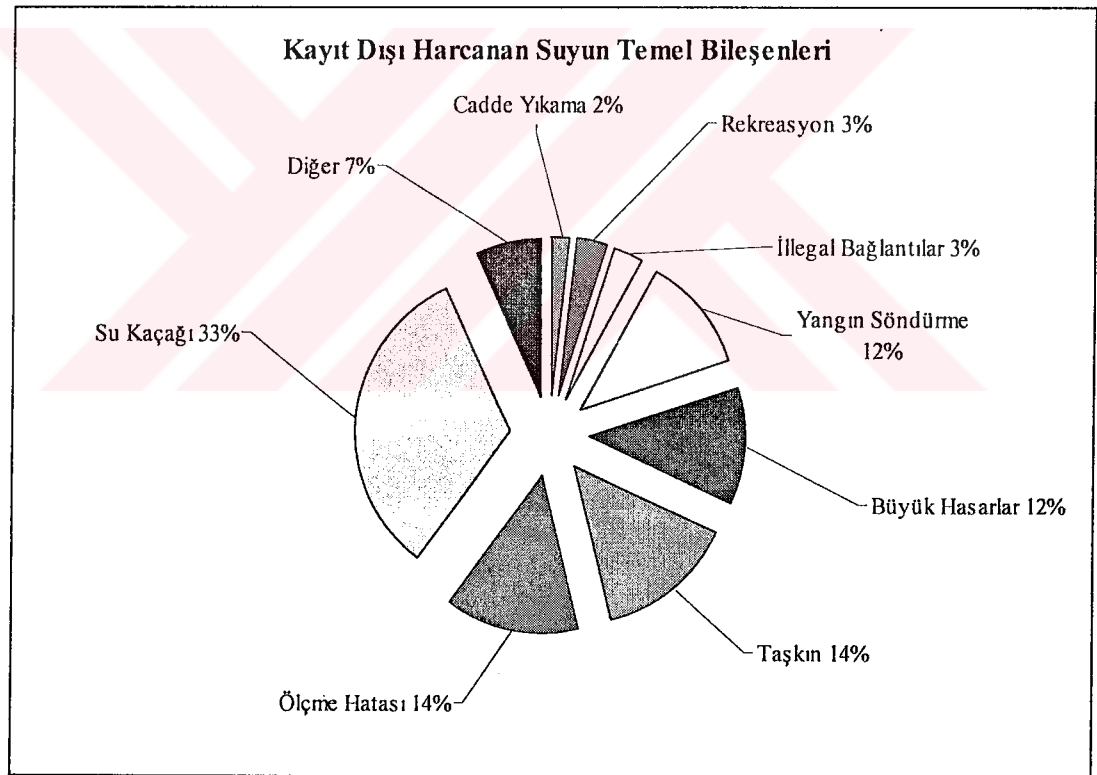
Bir yıllık sürede, şehir şebeke suyunun bedelsiz olarak kullanıldığı ve miktarı belli olan yerler Tablo 6.1 de verilmiştir.

Tablo 6.1.Bedelsiz Su Kullanımından Kaynaklanan Miktarlar

Suyun Kullanım Yerleri	Tüketilen Su (m ³)	Üretime Oranı (%)
Cami Şadırvanlarından Kullanılan Su Miktarı	323.842	0,58
Sokak Çeşmelerinde Kullanılan Su Miktarı	7.542	0,01
Mezarlıklarda Kullanılan Su Miktarı	126.996	0,23
İtfaiyelerin Yangın Hidrantlarında Kullanılan Su Miktarı	53.036	0,10
İllegal Bağlantılarla Kullanılan Su Miktarı	310.598	0,56
Sayaçların Hatalı Ölçümlerinden Kaynaklanan Kayıp Su Miktarı	2.890.242	5,20
Tankerlerle Dağıtılan Bedelsiz Su Miktarı	143.740	0,26
Tahliye Vanalarından Deşarj Edilen Su Miktarı	54.835,20	0,10
TOPLAM	3.910.831,20	7,04

Çalışılan pilot bölgedeki su şebekesindeki %7,04 nispetindeki 3 910 831,20 m³ suyun kullanıldığı yerler yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. Buna mukabil tahakkuk ettirilen su miktarı 37.197.763 m³'tür. Toplam üretim içerisinde bu miktar %66,96'dır. Toplam üretim içerisinde sarfiyatı bilinen suyun miktarı 41 108 594,20 m³'tür ve %74'ünü teşkil etmektedir. Geriye kalan %26'lık kısmın fiziksel olan veya tespit edilemeyen kayıptır. Bu miktar çalışma sonunda değerlendirildiğinde, sebeplerinin halihazırda 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.

Literatürde kayıt dışı harcanan suyun temel bileşenleri Şekil 6.1.'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Kayıt Dışı Harcanan Suyun Temel Bileşenleri [Topacık, 1996]

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 kayıplarında genel kayıplar arasında incelenmesi gerekmektedir. Çünkü yatırım, sadece şebeke hatlarına verilen suya değil, arıtılıp tüketiciye hazır hale gelen suya yapılmaktadır.

6.2. Su Kayıplarının Ölçülememe Nedenleri

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



- 8- Yeni yapılan su şebekesinin devreye alınması, pompa istasyonları ve depoların kabulü sırasında verilen deneme suları ile bağlantı sırasında tahliye edilen sular
- 9- Mevcut su depolarından sızan su kayıpları nedeni ile
- 10- Pompa istasyonları, sosyal tesisler gibi su işletmelerine ait tesislerde kullanılan, fakat hesaplanmayan sular nedeni ile
- 11- Herhangi bir su kesintisi sırasında acil ihtiyaçlar nedeniyle hastane, okul gibi yerlere gönderilen sular nedeniyle
- 12- Su Şebekelerinde rutin yapılan temizliklerde tahliye edilen sular nedeni ile
- 13- Su şebeke arızalarına müdahale edilinceye kadar oluşan su kayıpları
- 14- Su işletmelerince bilinen, ancak tespit edilemeyen fiziki kaçaklar nedeni ile [Işıldak U, 1999]

6.3. Su Kayıplarını Önlemek İçin Alınması Gereken Tedbirler

Su kayıplarının önlenmesi için su kayıplarını oluşturan fiziksel ve fiziksel olmayan sebepler ayrı ayrı incelenmeli ve her bir sebep için farklı çözümlere gidilmelidir.

6.3.1. Fiziksel Su Kayıplarını Önlemek İçin Alınması Gereken Tedbirler

Fiziksel su kayıpları şebekelerin 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 kaçağın tespit edilmesi ve kaçak kontrolü konusunda alınabilecek önlemler şunlardır.

- boru hatlarının denetimi;
- kaçak sesinin geldiği yer;
- zayi edilen kısmın ölçülmesi;
- boru hattının yenilenmesi;
- su dağıtım şebekesi içindeki işletme basıncının düşürülmesi,

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.

Boru Hatlarının Denetimi

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

- 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 öncede boru ek yerleri ve bağlantı tesisatının bir daha basit kontrolleri yapılmalıdır. Bu işlem, aşağıda ele alındığı gibi, kaçak sesi tespiti ile yapılabilir.

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 şüphe edilen 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.

Zayiat Ölçümü

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

Su zayıyatının 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 insiyatifinde gece yapılan bir çalışma olması da dezavantaj teşkil etmektedir.

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 denetlenerek, 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 kaçaklarına sebep olacaktır. Daha uzun boru hatlarında, basınç deneyindeki yüksek tolerans miktarının büyük bir kaçağın kaynağının tespitini 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 düşünölmelidir.

Basıncın Azaltılması

Dağıtım sisteminden oluşın 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 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 ondan 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 dahilindedir

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. Bölge bölge toplanan veriler, aşağıda belirtilenleri 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 şikayet 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 rast gele verilerin dahil 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 ekipman 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, halihazırda 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 şebekelerin farklı bölümlerinin ihtiyaçlarının analizi ve değerlendirilmesi için varlık veri tabanı kullanılarak gerekli sistem kurulduktan sonra, İSKİ kaçak tespiti ve kontrolü için gerekli bir program planlayabilecek ve başlatabilecek duruma gelecektir.

6.3.1.1. Su Kaçağı Belirleme Usulleri

Fiziksel kayıpların en aza indirilmesi için yapılması gerekenler bir üst başlık altında anlatılmıştı. Fiziksel kayıpların hangi mertebede olduğunu yaklaşık bir düzeyde bilmek yapılması gerekenler hakkında bilgi verecektir. Bu sebeple bu başlık altında su kaçağını belirleme yöntemlerine değinilecektir.

Su Şebeke sistemlerindeki kaçakların yeri ve miktarını tespit etmek için genel olarak “pasif” ve “aktif” olmak üzere iki yöntem mevcuttur. Pasif yöntemde göre su kaçağı ya kaçak suyun toprağın üzerine çıkarak görülmesi ya da kaçaklardan zarar gören abonelerin şikayet etmesi üzerine tespit edilir. Aktif yöntemde göre su kaçağının tespiti sistemli bir program izleyerek veya kaçağı arayarak bulmak yoludur.

Aktif yöntemde göre büyük bir şehrin su kaçağını tespit etmek ve azaltmak çok zahmetli ve uzun süreli bir çalışmayı gerektiren bir iştir. Su kaçaklarının tespit edilebilmesi için öncelikle şehir şebeke sisteminin kontrol edilebilir küçük çalışma alanlarına (yaklaşık 500x500 m²) bölünmelidir. Her alanda boru uzunluğu 8–10 km 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. Yinede sağlıklı bir çalışma yapabilmek için ölçümlere başlamadan önce o alandaki bütün vanaların yangın hidrantlarının ve su sayaçlarının çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi ve bozuk olanlarının değiştirilmesi

gerekmektedir. Bunlara ek olarak seçilen alanın komşu alanlardan izole edilmesi gerekmektedir. Yani seçilen alana suyun bir noktadan verilmesi ve diğer komşu alanlardan ilişkisinin kesilmesi çok önemlidir. Bu sayede bir noktadan verilen suyun debisi ölçülebilir ve kullanılan su hacmi de bilineceğinden o alandaki toplam kayıp sağlıklı olarak bulunabilir.

Yukarıdaki ön çalışmalar yapıldıktan sonra su kaçağını bulmak için yapılacak çalışmaların bazıları şunlardır: boru hatlarından basınç kontrolü çalışmaları, ses korelasyon cihazlarının kullanımı, bölge sayaçlarının kontrol edilmesi, gece akımlarının aynı zamanda ölçülmesi. Bu ölçümler sayesinde kaçak su noktalarını ve kaçak bağlantılarını bulmak mümkündür.

Beş çeşit su kaçağı tespit yöntemi mevcuttur.

1- Pasif Su Kaçağı Kontrol Yöntemi: Yukarıda anlatılmıştır.

2- Düzenli Su Kaçağı Dinleme Yöntemi: Yukarıda sözü edilen ses korelasyon cihazlarından “Micro Corr Correlatör” aleti etkili ekonomik bir yöntemdir. İki sensor su dağıtım borusuna iki değişik noktadan temas ettirilir. Kaçak suyun çıkardığı sesi hisseden sensorlar algılarını Micro Corr aletine iletirler. Elektronik cihaz hafızasında hesap yaparak kaçak suyun yerini tespit eder. Bu yöntemlerden daha hassas ve modern bir sistem olan uzaktan su kontrol sistemi “SCADA” Supervisory Control And Acquisition gelişmiştir. SCADA sistemi bir elektronik kontrol panosu ihtiva etmektedir, şehrin su borularının çeşitli noktaları (pompalar, vanalar, depolar) bu panoya bağlanmış olup şebekenin her hangi bir yerinde su kaçağı veya fazlaca bir su kullanımı olursa panodan tespit etmek ve gidip yerinde incelemek mümkün olmakta, ancak çok pahalı olan bu sistemin randımanlı bir şekilde kullanılabilmesi için şehir şebekesindeki boru hatlarının yerlerinin, boru çaplarının, vana noktalarının bilinmesi ve bilgisayara işlenmiş olması gerekmektedir.

3- Bölgesel Ölçümleme Yöntemi: Bu yöntemle göre şebeke birkaç bölgeye bölünür ve uygun yerlerdeki vanalar kapatılarak her bölgenin irtibatı diğerlerinden kesilir. Her bölgede normal olarak 2000 ile 5000 adet arasında servis bağlantısı bulunur. Bu sayaçlar her ay veya 3 ay aralıklarla ölçülür. Bu zaman aralığında

bölgeye verilen su ile sayaçlardan ölçülen su miktarları karşılaştırılır. Aradaki fark kayıp miktarını belirleyecektir. Ayrıca her bölgede hey ay sonunda toplam aylık kullanım ile bir ay önceki toplam kullanım karşılaştırılır. Eğer açıklanması şüpheli görülen miktarlar bulunursa kaçağın yerinin bulunması amacıyla bölgeye teknisyen gönderilir. Bu yöntemin yararlarından biri de arızalı sayaçların ve izinsiz bağlantıların tespit edilebilmeleridir.

4- Su Kaçağı Ölçüm Yöntemi: şebeke daha küçük bölgelere ayrılır ve birbirinden irtibatları kesilir. Her bölgede 500 ile 2000 adet servis bağlantısı bulunur. Ayrılan bölgeye giren su bir debimetre ile ölçülür. Ayrıca gece ve sabah erken saatlerde genel olarak az olan kullanımlar akşam ve sabah olmak üzere sayaçlardan ölçülür. Gece kullanımı genel olarak ortalama gündüz kullanımının %53'ü oranındır. Eğer ortalama gece kullanımının gündüz kullanımının %50'sinden aşağı ise burada kaçak sızıntı olmadığı kabul edilebilir. Ölçümler sonunda ortalama bir değer olarak 2,5 ile 5 litre/bina/saat arasında bir rakam elde edilirse bu sonuç kabul edilebilir bir kayıp sayılır.

Bölge sayaçları ve gece akımlarının birlikte ölçümleri: Eğer bölge sayaçlarının ölçümleri aşırı bir kullanım gösterirse ek olarak gece ölçümleri yapılan hangi bölgenin daha çok su kaybına sebep olduğu bulunur. Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi sayaçlar yeni monte edilmiş olsa bile zaman zaman kalibre edilmeli, teste tabi tutulmalı ve eğer doğru bulunmazsa yerine yenisi konmalıdır. Yukarıda bahsedilen kaçak tespit etme yöntemlerinden hangisinin en uygun olduğunu bulmak için o şehirdeki kaçak derecesinin bilinmesi gerekmektedir. Buna dayanarak kayıpları azaltma konusunda masraf ve fayda tahmini yapılmalıdır. Böylece her yöntem için masraf ve fayda analizi yapılarak elde edilecek sonuç hesaplanabilir. Bu yönde yol gösterici standart metotlar mevcuttur[NWC-UK, 1980;IWWA, 1998].

5- Basınç Kontrolü Yöntemi: Yüksek basıncın su kaçaklarını arttırmadaki rolünden yukarıda bahsedilmişti. Şebekenin bazı kısımlarındaki aşırı ve istenmeyen basınçlar tespit edilip düşürülmek suretiyle arızalar ve su sızıntıları azaltılmış olacaktır.

Kaçak su miktarının bulunması için yukarıda bahsedilen beş yöntem mevcut olup bunlardan ilk iki tanesi sitemdeki toplam kaçağın bulunması ile ilgilidir. Son üç tanesi ise boru hatlarındaki kaçağın doğrudan ölçülmesi ile ilgilidir. Bunlar: Toplam miktar yöntemi, toplam gece akımları yöntemi, alana giren suyun by-pass'tan ölçülmesi, boru hattının her iki ucuna sayaç takılması ve beşinci olarak ta izole edilen küçük bir bölgede basınç deneyleri ile kaçağın bulunması. Bu yöntemlerden ilk iki tanesi yaklaşık sonuçlar vermekte olup yukarıda bahsedilmişti, bulunacak sonuçların sızıntı olduğunu söyleyebilmek için bütün bağlantıların sayaçlı olması, sayaçların doğru ölçüm vermesi ve muntazam aralıklarla ölçülmesi gerekmektedir. Son üç yöntem aşağıdadır.

1- By-pass'tan Ölçüm Yapılması: daha önce bahsi geçen 5 yöntemin üçüncüsüdür. Ayrılan bölgeye giriş kısmında bir vanadan önce T bağlantısı ile geçiş "by-pass" yapılır ve buradan debimetre bağlantısından sonra 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. Bu yöntemin değişik bir yolu da geceleri belirli bir saatte bölgenin içindeki tüm bağlantıların kapatılıp sabah açılmasıdır, böylece net minimum gece akımı bulunmuş olur. Ancak bu değişik yolu uygulamadan önce abonelerin haberdar edilmesi gerekmektedir.

2- Boru Hattının Her İki Ucuna Sayaç Takılması: Su borusunun iki ucuna debimetre takılarak akımlar ölçülür ve aradaki fark sayaçların arasında kalan boru boyunca meydana gelen kaçağı verir. Su kaybı L/km/saat cinsinden ifade edilir. Bu yöntemin avantajı, şebekeyi bölgelere ayırmadan, yani herhangi bir vana kapatmadan ölçümlerin yapılabilmesidir. Bu yöntemin dezavantajı ise, küçük sızıntıların hassas bir şekilde ölçülememesi ve sayaçların hatalı ölçüm verebilmesidir[NWC-UK, 1980].

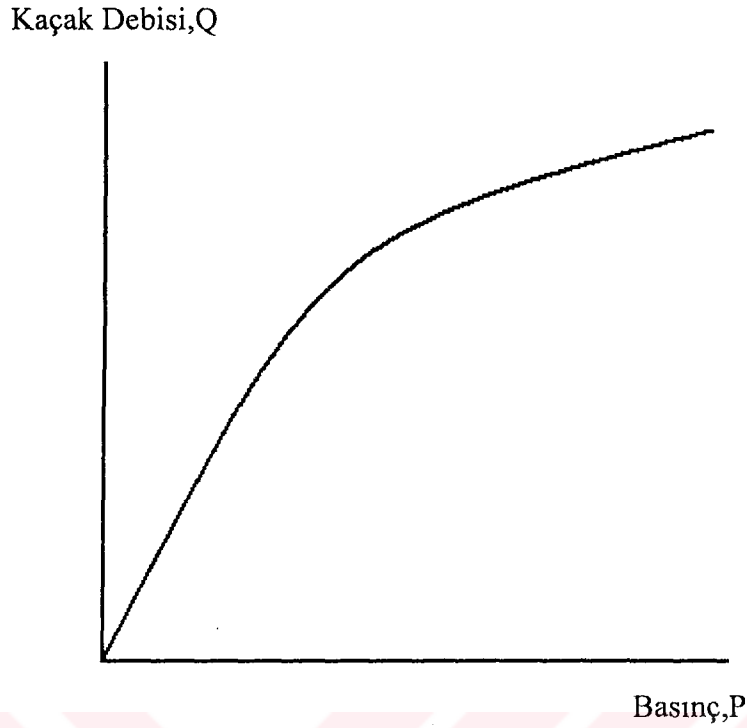
3- Basınç Ölçümleri: Seçilen bir alanın küçük bir kısmı izole edildikten sonra sahaya bir kamyonetin üzerinde getirilen su tankı ve pompa bir binanın bağlantı yerindeki boruya takılır. Ayrıca bağlantı yerine debimetre ve basınç sayacı monte edilir. İzole edilen küçük alandaki bütün bina bağlantıları kapatılır. Borularda bulunan hava çıkarıldıktan sonra borularda istenilen basınç motor hızı

ayarlanarak elde edilir. Örneğin borulardaki basınç pompanın motor hızı değiştirilerek 1,5 bar değerine ayarlanır. İstenilen 1,5 bar değeri sabitleştirdikten sonra deney 10 dakika süreyle devam eder. Bu süre zarfında ayrılan alanda kaçak var ise su tankından sağlanmış olur. Daha sonra aynı şekilde 2.5,3.5 ve 5 bar değerlerine ayarlanarak deneyler yapılır.

Bir şehirde su kaçağının önlenmesi ya da azaltılması için sürekli bakım gereklidir. Bu ancak iyi bir kaçak su yönetimi ile mümkün olabilir. Bu konuda şu öneriler sıralanabilir.

- a) Su sayaçlarının muntazam aralıklarla kontrol edilmesi ve bozuk olanlarının değiştirilmesi
- b) Bütün vanaların ve yangın hidrantlarının belirli aralıklarla kontrol edilmesi ve bozuk olanlarının değiştirilmesi
- c) Su basıncının mümkün olduğunca aşağıda tutulması
- d) Bağlantı fittinglerinin iyi malzemeden yapılması
- e) Boru döşeyen veya bağlantıları gerçekleştiren müteahhitlerin şartnameye uygun işler yapmasının yakından izlenmesi yararlı olacaktır.

İstanbul da 1996 yılında düzenli ses dinleme yöntemi kullanılarak su kaçağı tespit çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda ortalama 1,19adet/km su kaçağı tespit edilmiştir. Bu çalışmada su kaçağı miktarının ölçümü yapılmamıştır; ancak su basıncı, su kaçağı miktarının karesi ile orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir[Topacık ve ark.,1996].



Şekil 6.2. Su kaçağı Miktarı İle Hat Su Basıncı Arasındaki İlişki

6.3.2. Fiziksel Olmayan Su Kayıplarını Önlemek İçin Alınması Gereken Tedbirler

Fiziksel olmayan su kayıplarını önlemek için aşağıda sıralanmış olan tedbirler alınmalıdır.

1- Her debide, en ileri teknoloji ile hassas çalışan su sayaçları üretilmeli, kullanılmalı ve periyodik bakımları yapılmalıdır. Sayaç okuma hataları, sayaçların hatalı ölçümleri 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) m^3 su fiyatının abonelerin gelir düzeyine uygun olarak düzenlenmesi kayıp suların asgariye indirilmesi ile elde edilen kazançtan karşılanabilir.

- b) Su faturalarının ödenmemesi halinde su sayacının sökülmesi hiç düşünülmemeli, su kapama aparatları daha efektif bir hale getirilmelidir.
- c) Hukuki yoldan su borçları tahsil edilemeyen abonelerin suları şube yolundan kapatılmalıdır.

3- Rekreasyon amaçlı kullanımlar, yangın hidrantlarındaki kullanımlar, sokak çeşmelerindeki kullanımlar en üst seviyede denetim altına alınmalıdır.

4- 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 U, 1999].

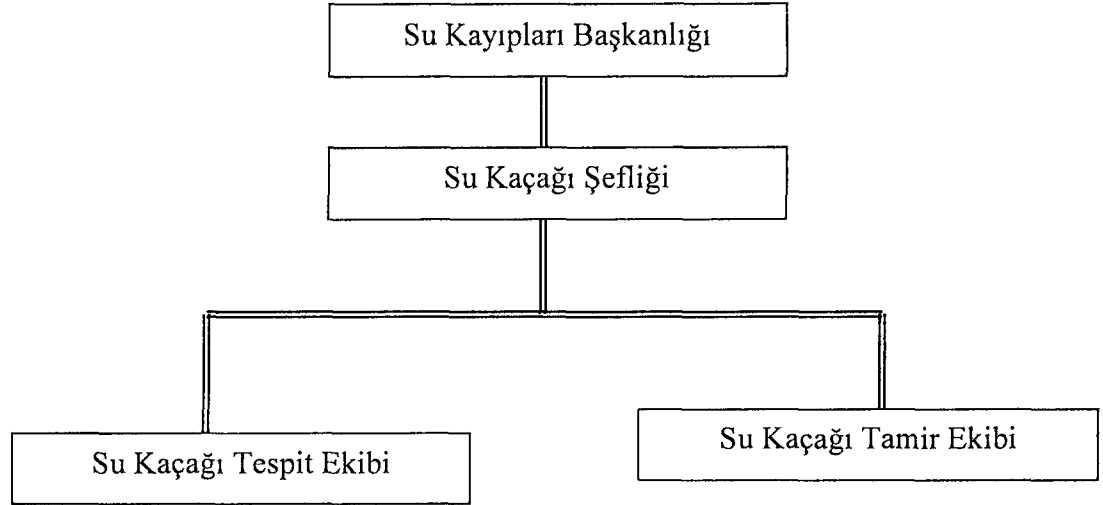
6.4. Su Kaçağı Kontrolünün Organizasyonu

Su kaçağı kontrolü üç ayrı boyutta organize edilmelidir.

- Su kaçağı tespit elemanlarının eğitimi
- Su kaçağı tespiti
- Su kaçağı tamiri

Kaçak tespit grubu ve kaçak tamir grupları İstanbul'un her ayrı bölgesi için teşkil edilmelidir. Bu gruplar deneyim kazanmış idare elemanlarından oluşturulması

süreklilik açısından önemli olacaktır. Bu gruplar aşağıdaki şekilde organize edilip bir başkanlığa bağlanmalıdır. Aşağıdaki organizasyon aşağıdaki gibi teşkil edilebilir.



Şekil 6.3.Su Kaçağı Organizasyon Şeması

Yukarıdaki şeflik gruplarında çalıştırılması düşünülebilecek personel sayısı şu olmalıdır.

Tablo 6.2. Önerilen Su Kaçağı Şefliği Personel Listesi

ŞEFLİK	GRUPLAR	
	Tespit Grubu	Tamir Grubu
Su Kaçağı Mühendisi	1	
Tamir Bakım Mühendisi		1
Su Kaçağı Teknisyeni	1	
Tamir Bakım Teknisyeni		1
Anahtarcı		1
İşçi	2	3

Her uygulama alanı içerisinde Su Kaçağı şefliği oluşturulmalı ve bu şeflik su kaçağı tespit ekibini ve su kaçağı tamir ekibini yönlendirmelidir. Bu şefliğin esas fonksiyonu Su Kaçağı ekibini yönlendirmek, Kaçak Tamir ekibinin çalışmalarını izlemek olacaktır. Görevleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1- Su kaçağı tespit cihazlarının her an işler halde kalmasını temin için gerekli bakımının yapılması sağlamak.

2- Başkanlığın isteği doğrultusunda “Acil” arama kararlarını ekiplere iletme

3- Kaçak tespit ekibinin elindeki verileri değerlendirerek;

- Gelecek yıl kaç km’lik rutin arama yapılabileceği ve bu aramanın mahiyeti hususunda

- Planlanan rutin tespit çalışmaları ile ilgili ekibin potansiyel durumu ile ilgili konuda

- Minimum ve maksimum su kaçağı(sayı/km) ve su kaçağı miktarı hususunda

- Öncelikli arama yapılması gereken hatlar veya değiştirilmesi gereken hatlar ve bunların ekonomik maliyeti hususunda bağlı bulunduğu başkanlığı bilgilendirmek olmalıdır.

6.5. Su İhtiyacı Tahminlerinde Talep kontrol Tedbirlerinin Kullanılması

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 imkanlar 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 çalışmada 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. Bunu suya olan talebin hızla artması yönünde, su kaynaklarının nüfus ve endüstri yoğunluğuna paralel olarak dağılmamış olması, sık sık kuraklıkların görülmesi dolayısıyla 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. Tabi olarak oluşturulacak bu tasarruflar, diğer faktörlere göre tahmin edilecek su ihtiyaçlarından düşülmesi gerekecektir.

6.5.1. 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 türeden çalışmaları kapsamaktadır. Bu çalışmalar 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 bağlı olmakta ve nerede, ne kadar oluştuğunun tespiti ve önlenmesi için gereken tedbirlerin alınması doğrudan su endüstrisinin sorumluluğunda bulunmaktadır. Buna karşın ev içi tesisattaki kayıpların kontrolü tüketicinin duyarlılığına bağlı olmaktadır. Toplam ev içi tüketiminin üçte birine ulaşılabilen, bu kayıpların kontrolü bazı önlemler ile özendirilebilmektedir.

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

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

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

5- Eğitim Programları: Sözü edilen önlemlerin birçoğunun etkili olabilmesi halkın eğitilmesi ile doğrudan ilgilidir. Eğitim programlarında amaç, halkın suyu daha az kullanmanın öneminin anlatılması ve bazı su kullanım pratiklerinin

özendirilerek su tasarrufunun sağlanmasıdır. Eğitim 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 dürmelerini 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 düzenlemelerin %20'lere varan bir tasarruf sağlayacağı ifade edilmektedir[Yurdusev, 1999].

6.6. Su Kaybı 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 yatırımların şeklinin belirlemede kesinlik kazandırır.

- 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.

- Su sızıntılarının yeraltı tesislerine ve yol kaplamalarına verdiği zarar ortadan kaldırılmış olur.

- 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.

- Su kayıplarını en aza indirmek için yapılan harcamalar, kazanılan su ile karşılanabileceği gibi idarenin toplam maliyetinde azalmalara gidilir.

- Bu çalışmaların sosyal etkisi ile aboneler üzerinde su tasarrufu sağlama bilinci geliştireceğinden milli değeri olan suyun israfı engellenmiş olur.



7. AVCILAR-B.ÇEKMECE SİSTEMİNDE SCADA VE GIS SİSTEMİNİN KURULMASI

Su dağıtım şebekelerinde, yeni inşa edilecek bir sistemin modellemesindeki ve uygulama esnasındaki hataların ortadan kaldırılıp kayıp suların kontrolü daha kolaydır. Sistem projelendirilir, oluşturulacak modelin temel bileşenlerine karar verilir, inşa edilen sistemin işletme anında optimizasyonu ve kalibrasyonu yapılır, SCADA sisteminin modelde ne şekilde kullanılacağına karar verilir, abone bilgi sisteminin ne şekilde kurulacağına karar verilir, oluşacak problemlerin çözüm yolları önceden belirlenir, güvenlik sisteminin ihtiyaçları belirlenir ve en son olarak ise tüm bu aşamalardan sonra GIS sisteminden ne şekilde yararlanılıp sistemi kontrol edileceği konusunda karar verilir.

Yukarıda anlatılanların sistematigi yeni kurulacak bir şebeke sistemi için geçerlidir. Ancak bu çalışmada incelenen Avcılar-B.Çekmece içme ve kullanma suyu şebeke sistemi gibi sonradan, yarı fenni, yarı gayri fenni şebekelerin modellemesi ve kontrol edilebilmesi için çok farklı bir yöntem uygulanmalıdır. Şebeke kayıplarının önlenmesi için, işletme hatalarının minimuma indirilebilmesi için her sistem kendi içinde incelenmelidir. Bu çalışmamda öngörülen metot aşağıdaki gibi olacaktır.

- Kayıp suyun bileşenlerinin belirlenip kabul edilebilir bir seviye olan %10-15'e indirilmesini sağlamak
- Avcılar-B.Çekmece sistemindeki beslenme yapısının optimum işletme değerleri için test edilmesi
- SCADA'nın bu sisteme uygulanması, sistemi uzaktan bilgisayarla kontrol edilmesi
- GIS sisteminin kurulması
- Şebeke sisteminde, abone bilgi sistemi verilerinin, SCADA verilerinin ve GIS sisteminin bir bütünlük arz edecek şekilde birbirleri ile veri transferi sağlayarak bütünleştirilmesi

Aşamaları ile Avcılar-B.Çekmece sisteminin her yapısının tamamen kontrol altına alınmış olması sağlanılacaktır.

Çalışmamızın ilerleyen kısmında yukarıda sayılan bu dört adımın ne şekilde uygulanacağı alt başlıklar halinde anlatılacaktır. Ancak ilk adım olan kayıp suların %10–15 seviyelerine indirilmesi Bölüm–6 da anlatılmış olduğundan değinilmeyecektir.

7.1. İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinin Test Edilmesi

Su dağıtım şebeke modelini yenilemek için tetkik etmek, sistemin istenilen şekilde çalışıp çalışmadığını kontrol etmektir. Yani modelin kalibrasyonu da denilebilir.

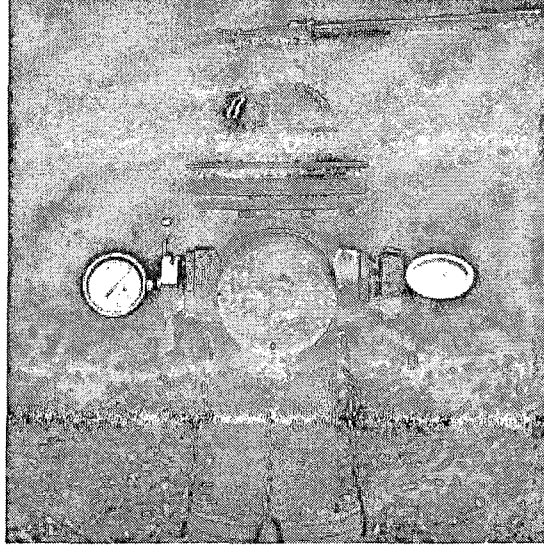
Bu konu başlığında model kalibre etmek için ilk adım olarak data toplamanın ne şekilde yapılacağı anlatılacaktır. Daha sonra sistemdeki akışın ve basıncın ne şekilde ölçüleceği konusuna değinilecektir.

7.1.1. Temel Testler

Avcılar-B.Çekmece sisteminde debimetreler ile ölçülen ve izole edilen 6 ayrı nokta için aşağıda adı geçen tüm testler yapılmalıdır. Her sistem kendi içerisinde değerlendirilmelidir.

7.1.1.1. Basınç Ölçümü

Modelin kalibrasyonu için basınç, içme suyu şebeke sisteminde baştanbaşa ölçülerek data toplanır. Basınç genelde sokaklardaki ana iletim hatlarına bağlı olan yangın hidrantları üzerinden ölçülür[Şekil 7.1]. Musluk ve ev bağlantılarından da ölçülebilir[Heasted Pres,2001].



Şekil 7.1. Yangın hidrantı üzerinden basınç ölçümü

Bir bölgedeki basınç ölçülürken; - örneğin bir ev bağlantısındaki- suyun borudaki basıncı ölçülen nokta ile suyun kullanılma anındaki basıncın farkıdır. Yani suyun tüketici tarafından kullanımı var ise basınç düşük çıkacaktır. Ve basıncın kullanıcı sayısına göre boru üzerindeki değeri değişken olacaktır. En doğru işletme basıncı tabi ki su tüketiminin olmadığı gece saatlerinde yapılmalıdır.

Basınç ölçülürken, basınç ölçen alet yerleştirilir. Kullanımın hat boyunca olmaması sağlanır, hat boyunca hassas cihazlar kullanılarak su sesi gelip gelmediği kontrol edilir. Basınç değerleri belirli aralıklarla ölçülerek kontrol edilir ve her bölge basınç zonlarına ayrılır.

Daha sonra üzerinde çalıştığımız 6 ayrı bölgenin, projedeki ve uygulamadaki basınç farklılıkları tespit edilmelidir. Hat vanalarında manevra yapılarak işletmede gerekli olan optimum basınç sağlanmalıdır.

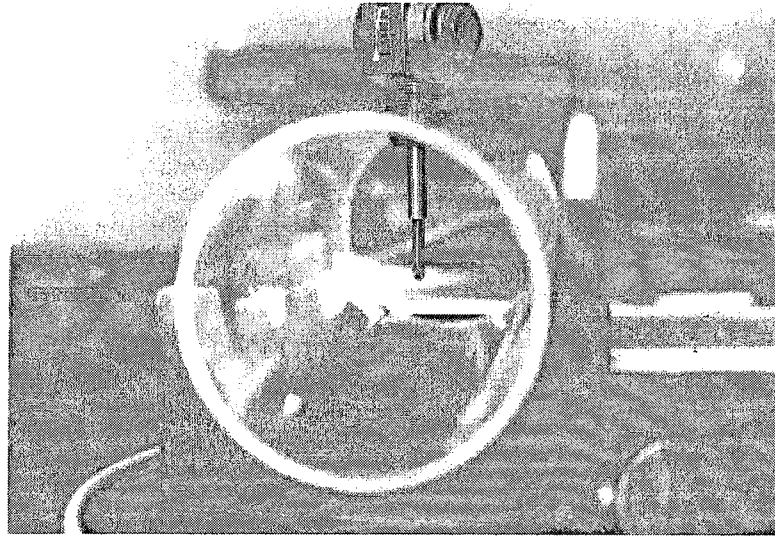
Ölçümlerle basınç debimetrelerden en son kullanıcıya kadar ayarlanmalıdır. Düşük basınç tüketici sorunları yaratacağı gibi yüksek basınçta işletme sorunları yaşatıp enerji ve su kaybına sebebiyet verecektir.

7.1.1.2. Debi Ölçümü

Debi; sistemin performansının, tüketim datalarının elde edilmesinin ve debi değerlerinin değişimini gözlemlemek için ölçülmelidir. Bunlar Avcılar-B.Çekmece sistemindeki her bölgenin besleme performansını belirlemek için önemlidir.

Debiyi ölçmek için kullanılan aletler; venturi metre, magnetik debimetreler ve ultrasonik debimetrelerdir. Sistemde kullanılan debimetre türleri ve basınç ölçücüler sürekli kalibre edilmelidirler. Seçilen debimetre belirgin ve kalibre edilmiş olsa bile SCADA sisteminde analog veya dijital sayaçlar ile debilerin hassas ölçümü yapılabilir.

Aslında seçilen bu kapalı 6 ayrı bölgede debimetreler ile akışın ölçümü aralığı sistemden sisteme farklılık göstermelidir. Basınç zonları belirlenmiş bölgelerin debileri yüksekten daha düşük basınç zonlarına doğru ölçülmelidir. Debimetrelerden sonra sisteme verilen su, yine debimetrelerle basıncın birden değiştiği noktalarda ölçülmelidir ki yük kayıpları ve kayıp su miktarları hakkında kullanılabilir bir veritabanı elde edilebilsin. Şebeke sistemini oluşturan borulardaki hat boyunca debi değerlerinin ölçümü Şekil.5.2 de gösterilen pitot tipi debimetreler ile ölçülebilir. Bu şekilde ölçülen değerler ile aynı hat üzerindeki debi değişimleri gözlemlenebilir.



Şekil 7.2. Pitot tipi debimetrenin uygulanış şekli.



Veri tabanına bu hat üzerindeki abone sayısı, günlük basınç ve debi değişimleri işlendiğinde hat üzerindeki tüm bilgiler ile kullanım şekillerinin bir analizi yapılabilir. Bu basınç ve debi değişimleri ileride SCADA sistemine geçildiğinde anormal basınç ve debi değişimlerinin anlamlandırılmasında kullanılır.

Sistem Ölçümlerindeki Potansiyel Hatalar

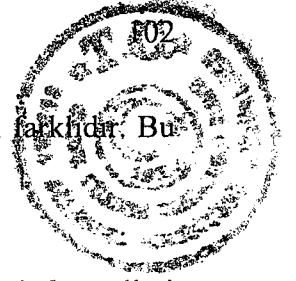
Debi testleri yararlı olabilir, fakat akılda bulundurulması gereken sakıncaları da vardır. Ölçülen debilerin zamanlama periyodu önemlidir ancak su tüketiminin çok fazla olabileceği özel durumlarda vardır. Örneğin yangın hidrantlarının belediye tarafından kullanılması debi ölçümlerindeki hassasiyeti o an için bozabilir. Daha doğrusu hatalı ölçüm yapılmış olma ihtimali düşünülüp doğru bir ölçüm dikkate alınmayabilir. Ayrıca borularda oluşan korozyon ile kalıntı parçacıkları pitot tipi debimetrelerin ölçüm hassasiyetini engeller.

Debi metreler ile ölçüm yapılır iken kaza ile veya gerekli hallerde su kesintisinden dolayı abonelere su iletimi engellenmiş olur. Bu ölçümler esnasında basınçlar göz önüne alınarak kalibre edilmiş olan sistem vana manevraları ile tekrardan bozulabilir. Vana manevraları çok dikkatlice planlanmalıdır ki şebeke hattında birbirine bağlı olan sistemlerin debi ve basınç değerleri istenilmeden değiştirilmiş olmasın.

7.1.1.3. Ana Kayıp Testi

Ana Kayıp Testi ile fiziksel kayıplar ve boru pürüzlülüğünden meydana gelen basınç kayıpları hesaplanır. Ana Kayıp Testi, “iki-basınç ölçücü” yada “paralel boru” metodları kullanılarak gerçekleştirilir. İki Basınç Ölçücü Metodunda iki noktadan basınç değerleri bir boru üzerinde ölçülür, paralel boru metodunda ise ana kaybı bulmak için tek basınç farkı ölçücü kullanılır.

Avcılar-B.Çekmece sistemindeki her bir izole edilmiş bölgeyi oluşturan değişik tipteki borular için bu testler uygulanmalı yine aynı veri tabanında elde edilen bilgiler saklanmalıdır. Sistemi oluşturan boruların karakteristiği hakkında bilgi edinilir. Kayıplar konusunda çalışılırken her hattın karakteristiğine göre çözüm



metodları geliştirilir. Her farklı yaştaki ve tipteki boruların yük iletimi farklıdır. Bu da göz önünde bulundurulmalıdır.

Hat boyundaki basınç kayıpları Hazen-Williams ve Darcy-Weisbach formülleri ile hesaplanabilir.

$$C = \left(\frac{C_f L Q^{1.852}}{h_L D^{4.87}} \right)^{1/1.852}$$

C = Hazen-Williams C-factor

L = Teste tabi tutulan uzunluk.(m)

Q = Boru uzunluğundaki debi (m³/s)

h_L = Sürtünme ile oluşan ana kayıp (m)

D = Boru çapı (m)

C_f = Birim dönüşüm faktörü (4.73 English, 10.7 SI)

$$f = h_L \frac{D^2 g}{L V^2}$$

f = Darcy-Weisbach sürtünme faktörü

g = Yerçekimi ivmesi(9.81 m/s²)

V = Teste tutulan boru boyunca hız (m/s)

Hız aşağıdaki formül ile belirlenir.

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Bu formüllerle borudaki yük kaybı bulunur. Daha sonra iki-basınç ölçücü testi veya paralel boru testi ile işletme anındaki basınç kaybı bulunur.

İki Basınç Ölçücü Testi

İki yangın hidrantına birer basınç ölçücü yerleştirilir. Sonra Williams-Hazen veya Darcy-Weisbach formülleri kullanılarak bu iki nokta arasındaki kayıp bulunur. Daha sonra basınç ölçücüler ile belirlenen yük kaybı bulunur. Ölçülen ile hesaplanan arasındaki fark anlamlandırılır. Bu, şebeke sistemini oluşturan boruların işletme anındaki karakteristiğini belirlemede önemlidir. Buradan alınan bilgilerde altyapı bilgi sistemi oluşturmada kullanılacak bilgiler için veri tabanında saklanır.

Paralel Boru Testi

Burada iki yangın hidrantı arasına basınç farkını ölçen bir alet yerleştirilir. Yine daha sonra formüllerle buradaki yük kaybı hesaplanır. Ölçülen değer ile hesaplanan değer karşılaştırılır.

Bu yukarıda anlatılan iki yöntemden biri seçilerek Avcılar-B.Çekmece sistemine uygulanmalıdır. Ölçümü yapılan 6 ayrı kapalı sistemin testleri yapılmalıdır.

7.1.2. Genişletilmiş Periyotta Similasyon Verileri (GPS)

Yukarıda bahsedilen tüm testler arazide yapılan anlık testlerdir. Bu testlerden elde edilen bilgiler şebeke sisteminin o anlık işletme şartları hakkında bilgi verir. Ancak bu bilgiler işletme süresinin genel karakteristiği ve GPS modeli için gereklidir. GPS modeli geliştirilir iken arazide yapılan bu ölçümler birkaç gün ara ile belirli zaman periyotlarında yapılmalıdır. Bu testler sonucu elde edilen bilgiler GPS modelinin kalibre edilmesinde gereklidir.

Şebeke dağıtım sistemindeki basıncın ve debinin değişik zamanlardaki ve mekanlardaki ölçümü ile elde edilen GPS verileri SCADA sisteminin kurulumu aşamasının ilk adımını teşkil eder. SCADA sistemine girişte, izole edilmiş bölgelerin basınç ve debi değerlerinin GPS ile değerlendirilmesi şarttır. GPS ile elde edilen veriler bir database programı ile bilgisayara aktarılmalıdır. Bu bilgisayar programının SCADA ve Abone Bilgi Sistemi ile çalışabilir olması için İSKİ'nin kullandığı Oracle yazılımı seçilebilir. Bu bilgiler SCADA'nın temelini oluşturacak olan bilgilerdir.



Elde edilen verilerin SCADA sisteminde ne şekilde kullanılacağı ilerki bölümde anlatılacaktır.

7.2. İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde SCADA Uygulaması

7.2.1. SCADA

SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) uzaktan kumanda ile arazideki su, doğalgaz, petrol iletim hatları gibi şebekelerin bilgisayar ortamında bir merkezden izlenmesi ve kontrol edilmesine dayalı bir sistemdir. Bu sistemde iletim hatlarındaki vanalar, depolar, kuyular pompa istasyonları kontrol edilebilir.

SCADA sisteminin işlevleri;

1. İzleme (Monitoring) İşlevleri (Olay ve Alarm İşlem)
 2. Kontrol İşlevleri
 3. Veri Toplama
 4. Verilerin Kaydı ve Saklanması
- olarak dört grupta toplanabilir.

İzleme (Monitoring) İşlevleri;

- Durum Denetimi
- Eşik ve Limit Değer Denetimi (analog ölçümler)
- Olay ve alarmların rapor edilmesi, gruplandırılması, sınıflandırılması
- Trend denetimi

Kontrol İşlevleri;

- Kontrol edilecek cihazların tek tek kontrolü (vanaların, pompaların açılıp kapatılması, basınçölçerlerin değerleri vb)
- Regülatörlere veya rölelere kontrol işaretleri gönderilmesi

Veri Toplama;

- Analog ölçümler (debi, basınç vb.)
- Durum ölçümleri (depolardaki su seviyesi, vanaların açıklık durumu vb.)

Verilerin Kaydı ve Saklanması;

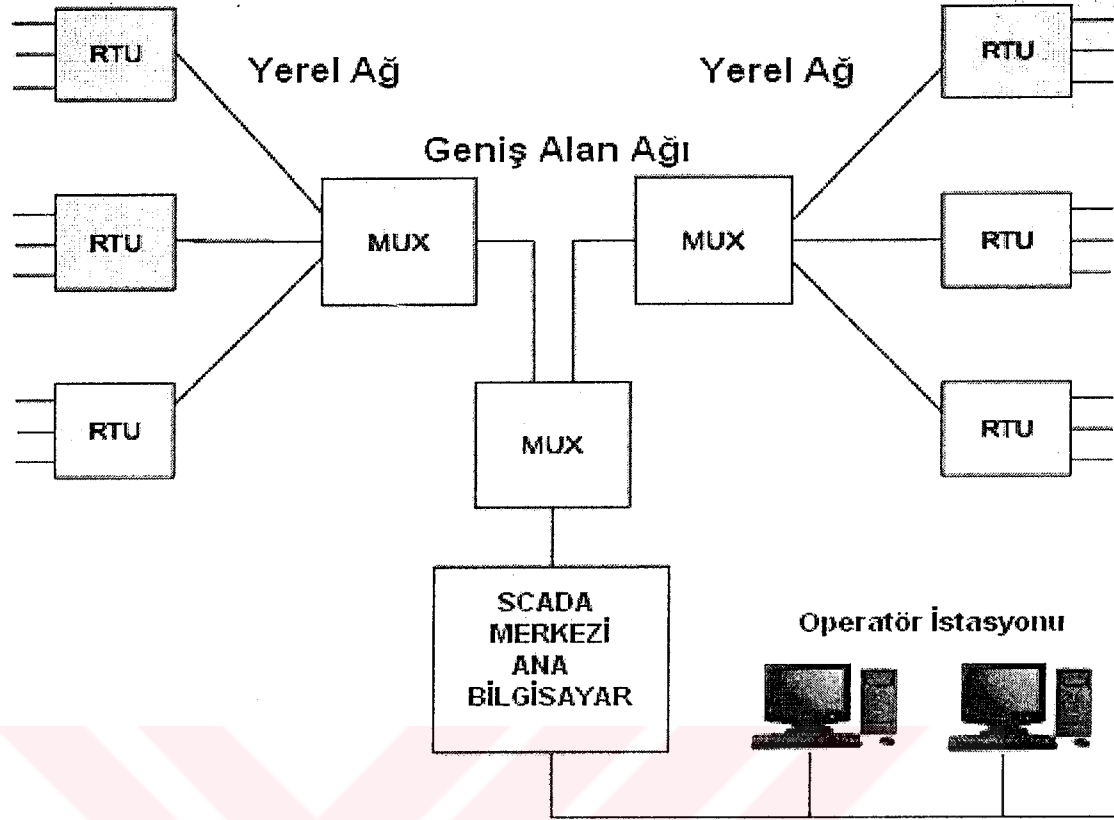
Danışma Kontrol ve Veri Toplama işlevlerinden elde edilen veriler isteğe bağlı aralıklarla ve istenen şekillerde kaydedilerek istenen sürelerde saklanır.

Genel olarak SCADA sisteminden beklenenler:

- Sisteme ait parametrelerin PC'den izlenebilmesi
- Set edilen değerler için alarm alabilme
- İstenen değerlerin talep edilen periyotlarda kaydedilmesi
- Grafik trend izleme kaydetme imkanı
- Arıza takibi
- Sistemdeki her noktaya PC'den kumanda imkanı
- Oluşturulacak verilerin saklanıp diğer sistemler için kullanabilirlik imkanı

7.2.1.1. SCADA Sisteminin Elemanları

SCADA sistemi; Uzak Uç Birimlerden (RTU: Remote Terminal Unit), Data Çoğaltıcılarından(MUX:multiplexing), SCADA Merkezi Ana Sistem Bilgisayarından, Operatör İstasyonu ve İletişim Sistemi'nden oluşur. RTU'ların oluşturduğu data transfer ağına "Yerel Ağ", MUX'lerin oluşturduğu ağa "Geniş Alan Ağı" denir. RTU'lardan bilgi alış verişi düzenlemek ve sisteme verilerin daha düzenli ve ekonomik olarak ulaşmasını sağlamak için MUX'lere ihtiyaç vardır. MUX'lerde seri bir veya paralel bir şekilde birbirlerine bağlanarak işlemcisi çok gelişmiş olan Merkezi Ana Sistem Bilgisayarına bağlanır. SCADA operatörleri veya asistem mühendisleri bu ana bilgisayara bağlı olan PC'ler yardımı ile sistemi denetlerler. SCADA sisteminin elemanları Şekil 7.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 7.3. SCADA'nın elemanları.

Uzak Uç Birimleri: Bir SCADA sisteminde RTU - Bilgi Toplama ve Denetleme birimi, bulunduğu merkezin sistem değişkenlerine ilişkin bilgileri toplayan, depolayan, gerektiğinde bu bilgileri kontrol merkezine belirli bir iletişim ortamı yolu ile gönderen, kontrol merkezinden gelen komutları uygulayan bir SCADA birimidir. Uzak uç birimleri bulundukları yerde ölçüm ve denetleme işlemleri yürüten birimlerdir. SCADA sistemleri içerisinde yerel ölçüm ve kumanda noktaları oluşturan RTU'lar birbirine bağlanabilen çeşitli cihazlara (Debimetre, Basınç Ölçer, Pompa, Vana vb.) kumanda edilebilir. Özel elektronik debimetreler, basınçölçerler, mekanik olarak RTU sistemine kablolarla bağlanır. Ölçülmesi gereken parametreler bunlar sayesinde ölçülebilir. Ayrıca vana ve pompa gibi cihazların durumunu kontrol edebilme imkanı sağlar. RTU yardımıyla merkezi kumanda ve izlemeyi sağlayabilmek için RTU'lar tüm ölçüm sonuçlarıyla cihazın çalışma durumlarını (Vanaların durumları, Basınçölçerlerdeki değeri) merkeze

ileterek merkezden gelen komutlar doğrultusunda işlemlerini yaparlar. Böylece merkezi denetim birimlerinin başında bulunan sistem operatörünün tüm ölçüm sonuçlarını görmesini ve gerekli komutları göndererek sistemin denetlenmesini sağlar. Fakat RTU'nun görevi sadece ölçüm yapmak ve komut uygulamak değil, ölçüm sonuçlarını belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını da denetleyerek aykırı ya da alarm durumlarını da merkeze bildirmektir.

RTU' nun görevleri tekrar sıralanacak olursa;

- 1) Bilgi Toplama ve Depolama
- 2) Kontrol ve Kumanda
- 3) İzleme (Monitoring)
- 4) Arıza Yeri Tespiti

Şekil 7.4 de bir RTU nın resmi verilmiştir.



Şekil 7.4.RTU Kabini: RTU(ortada), Radyo(üstte), Bağlı bulunduğu cihazın kablosu(sağda)

İletişim Sistemi: RTU'lerden ana bilgisayara datalar radyo, telefon hattı, özel kablo hattı, GSM hattı ile iletilebilir. RTU'lar aynı sistem ile ana bilgisayardan komut alabilirler. Ancak bu iletişim sistemlerinden bir veya bir kaç arazi ve sistem durumuna göre karma olarak kullanılabilir.

SCADA Merkezi Ana Bilgisayarı: Bu bilgisayar çok gelişmiş bir işlemci ve çok geniş bir belleğe sahip olmalıdır ki her bilgi sisteme işlenip kayıt yapılabilsin. Bu bir tek bilgisayar olabileceği gibi bir bilgisayar ağıda olabilir. RTU'lerden gelen bilgiler alt dosyalar şeklinde burada kaydedilir ve sistem analiz edilirken geçmiş izlenir.

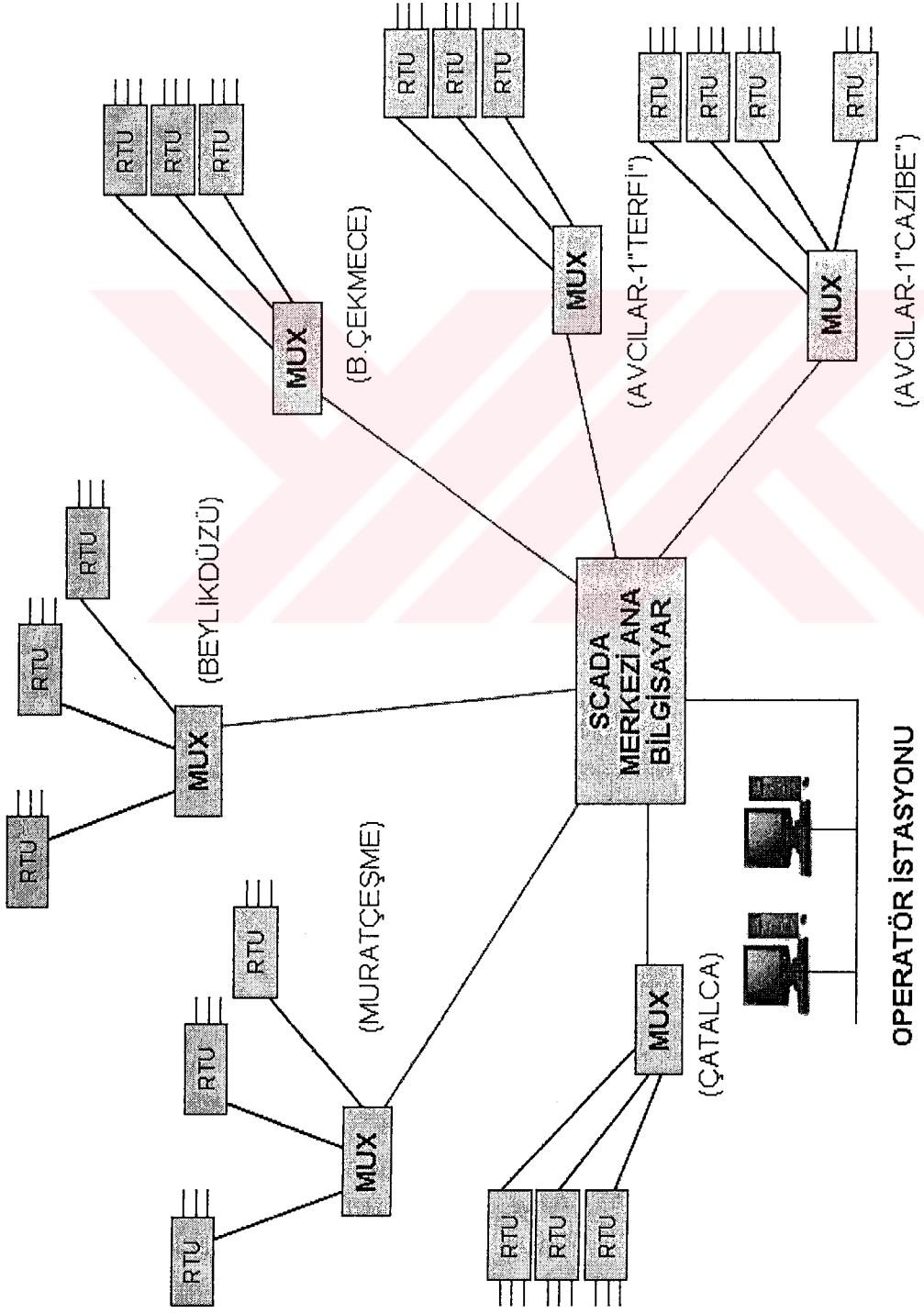
Operatör İstasyonu: Bu istasyonda Merkezi Ana Bilgisayara bağlı olan PC'ler ve şebeke sisteminin işletme anındaki durumunu gösteren elektronik bir panodan oluşur. SCADA sistemini kontrolü, monitorize edilmesi buradan sağlanır.

7.2.2. Avcılar-B.Çekmece Sisteminde SCADA'nın Kurulumu ve Elde Edilen Dataların Oluşturulacak Modelde Kullanımı

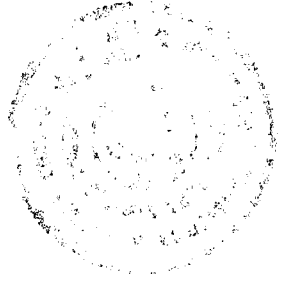
Avcılar-B.Çekmece sistemine ait olan altı ayrı debimetrenin yerleştirildiği izole edilmiş bölgeler için SCADA otomasyonunda, sistemin genelinin test edilip karakterizasyonun çıkarılması gerekmekte olduğu yukarıda bahsedilmişti.

Öncelikle RTU'ların yerleştirilmesi gereken yerler tespit edilmelidir. Bu yerler özellikle basıncın ve debinin anlamlı değişim gösterdiği noktalar olmalıdır. Bu bağlamda ölçümü yapılan altı ana ayrı isale hattının üzerindeki debimetreler sistem için başlangıç noktası alınmalıdır. Avcılar-B.Çekmece sisteminde de bu altı ayrı debimetrelere bilgiler orada teşkil edilecek MUX ile alınmalıdır. Ayrıca bu MUX'lere bilgi akışı sağlayacak olan RTU'lar testlerden elde edilen işletme karakteristiğine göre sistemi okuyabilen ve kontrol edebilen bir şekilde bağlanmalıdır.

SCADA sistemi Şekil 7.5'te gösterildiği gibi teşkil edilmelidir.

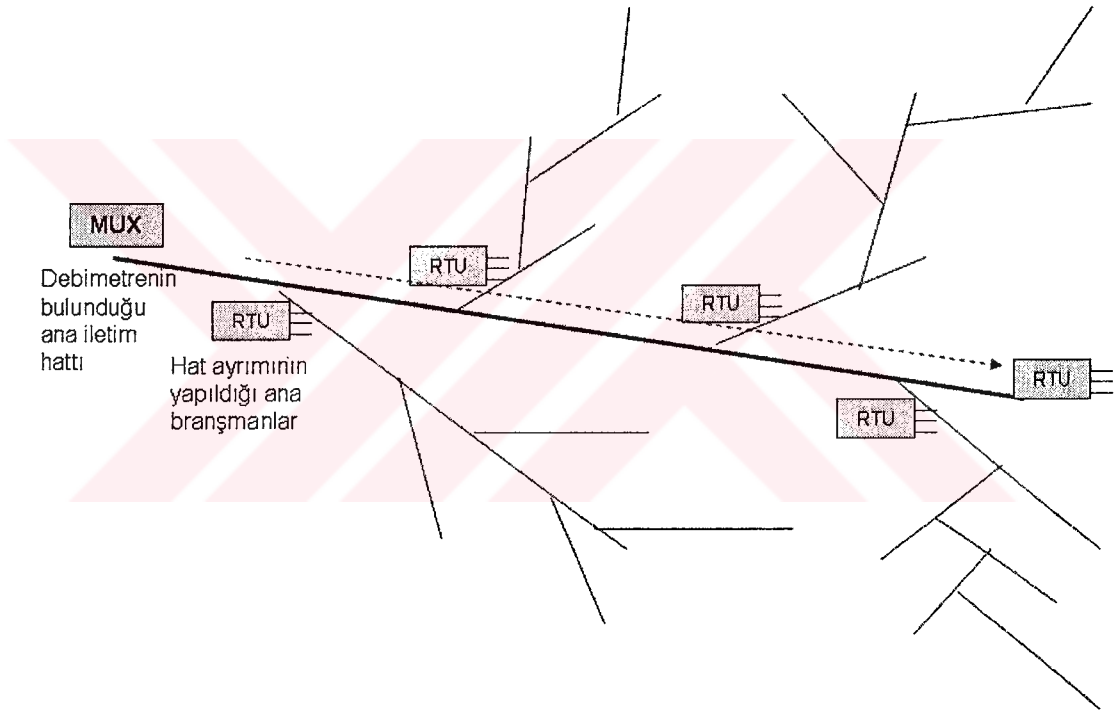


Şekil 7.5. Avcılar-B.Çekmece Sisteminin SCADA sistemi



MUX'lerin bağılı bulunduğu ana isale hatları üzerinde hat ayrımı yapan vanalar, sistemi besleyen tali iletim hatlarının başlangıcı olarak sistem testlerinden sonra belirlenmiştir. Bu hat sistemlerinin başlangıcında debi, basınç ölçüleceği gibi vana kontrolü de gerekmektedir. RTU'lar bu nedenle bu başlangıç noktalarına yerleştirilmelidir. Ayrıca bu hat sistemlerinin sonunda basınç değeri ölçülmesi de gerekeceğinden buralara da RTU yerleştirilmesi gerekmektedir. Maliyetin azaltılması için bu noktalar mümkün olduğunca sistemin otomasyonunu sağlayan en az sayıda olması dikkate alınmalıdır.

İzole edilmiş her bir bölgeye ait RTU yerleşim şeması Şekil 7.6'da gösterildiği biçimde yapılabilir.



Şekil 7.6. RTU yerleşim şeması.

RTU'lar bu şekilde konumlandırılarak bilgi topladığı sokak, cadde ve mahalleler hakkında merkezi ana bilgisayara MUX'ler aracılığı ile veri transferi yapar. Ana hatta bağlı debimetreden ölçülen sisteme verilen su miktarı ile RTU'lardan alınan debi bilgileri kıyaslanarak ana hat üzerindeki kayıp su miktarı

hakkında bilgi sahibi olunur. Her bir RTU kendi bölgesine ait olan debi bilgileri ile Abone Bilgi Sisteminden alınan tahakkuk miktarı kıyaslanarak daha küçük ölçekli kayıp su tespiti yapılmış olur.

Ayrıca RTU'lardan elde edilen basınç verileri daha önce testlerle elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında sistemin yeniden modellenmesi gerekebilir. Düzenlenecek olan yeni modelle daha efektif bir işletme karakteristiği sağlanabilir. Basınç salınımına sebep olan nedenler tespit edilerek RTU yardımı ile vana manevrası yapılarak sistemin basıncı kontrol edilebilir. Bununla da yüksek basıncın sebep olduğu kayıp miktarı azaltılmış olur.

Basınç ve debi değerleri merkezi ana bilgisayarda bir veri tabanı oluşturur. Bu veri tabanı yardımı ile operatör istasyonundaki bilgisayarlarda her bir RTU için bir debi-basınç karakteristiği oluşturulur. Bu karakteristik RTU'nun belleğine kaydedilir. Sokak borularında meydana gelen arızalar sistemde debi-basınç değişikliği oluşturacağından RTU'nun karakteristiği dışında bir değer oluşturacağından RTU tarafından alarm kodu olarak algılanarak operatör istasyonuna bildirilir. Böylece arızalar anında sistemden gözlenerek hızlı müdahale edilebilir. Buda arızalardan kaynaklanan kayıp miktarını önemli oranda azaltacaktır.

RTU'larda veri akışı çift yönlüdür. Sistemden alınan bilgiler merkezi bilgisayara aktarıldığı gibi, operatör sisteminden verilen komutlar doğrultusunda sistemin kontrolü sağlanabilir. Sistem kurulurken RTU'nun iletişim teknolojisi, chip hafızası geleceğe yönelik olarak geliştirilebilir tutulmalıdır. Sistemin otomasyonu ile optimum model çalışması sağlandıktan sonra aynı SCADA sistemi ile şebekedeki içme suyu kalitesi de RTU'lar sayesinde kontrol altına alınabilir. Bu da Avcılar-B.Çekmece sisteminde yeni yerleşime açılan bölgelere şebeke hattı döşenirken nerelere tahliye vanası konulması konusunda yardımcı olacaktır. Ayrıca işletme anında su kalitesi izelenceğinden suyun tahliye edilerek tazelenmesinin hangi aralıkta yapılacağı da belirlenir.

Avcılar-B.Çekmece sisteminde kurulması gereken bu SCADA sisteminin eleman sayıları belirlenirken sistemin şu anki büyüklüğü ve gelecekteki durumu tahmin edilerek karar verilmelidir. Sistemden verilen su miktarları otomasyon



sisteminde kullanılacak vana, debimetre, basınçölçer vb. cihazların miktarını ve ebatlarını değiştireceğinden maliyet buna göre belirlenir.

Ayrıca bu sistemde kullanılması tavsiye edilen bilgi iletim hattı GSM operatörüdür. Radyo dalgaları ile çalışan sistem su an İSKİ’de büyük ölçekteki SCADA merkezinde kullanılmaktadır. Ancak bununla iletimin veri büyüklüğü kısıtlı olmaktadır. Gelecekte su kalitesi izleme işlemi yapılabileceği de göz önünde bulundurulması ve GSM anlaşması bu dikkate alınarak yapılmalıdır. GSM teknolojisinin, radyo verici ve alıcı sistemine göre daha hızlı gelişmesinden ve ileri teknolojiye açık olduğundan iletişim sisteminin GSM olarak seçilmesi tavsiyeden öte gerekliliktir.

SCADA sistemi ile işletim sağlanır iken sisteme müdahale edecek ekiplerin mutlak surette operatör istasyonuna bilgi verme zorunluluğu olacaktır. Aksi takdirde RTU’ dan alınan bilginin ani değişimi kaçak, arıza gibi algılanacağından ve sistemin veri tabanına kaydedileceğinden, sisteme ait veri karakteristiği değiştirilmiş olur.

24 saat sürekli gözlem altında tutulan sisteme ait veriler merkezi ana bilgisayardan her sistem için zaman-veri grafiği yapılır. Sisteme ait pik değerlerin sebeplerinin analizi yapılarak bunu oluşturan sebepler yine veri tabanına operatörler tarafından girilmelidir.

SCADA’da kurulan Merkezi ana Bilgisayarın database programı, Abone Bilgi Sisteminin database programı ile aynı işletim şekline sahip olmalıdır. Abone Bilgi Sisteminde şu an Oracle database programı kullanılmakta olduğundan SCADA’da toplanan verilerde aynı yöntemle saklanmalı, rapor edilmeli ve sorgulanmalıdır.

7.3. Avcılar-B.Çekmece Sisteminde GIS’in Kurulumu ve Elde Edilen Dataların Oluşturulacak Modelde Kullanımı

7.3.1 GIS (Geographical Information System)

GIS, grafik ve sözel bilgilerin birbiriyle bağlantılı çalıştığı konumsal bir bilgi sistemini ifade eder. Konumsal olmayan diğer bilgi sistemlerinden temel farkı sözel

bilgileri veritabanında tutmanın yanı sıra, bu sözel bilgilere karşılık gelen harita, resim, vb. bilgileri grafik ortamında bulundurmasıdır[Yomralıoğlu,2000].

Coğrafi Bilgi Sistemleri, bilgiyi sözel ve grafik olarak bir arada tutmaya yarayan ve gerektiğinde çok hızlı/kolay bu bilgilere ulaşmayı sağlayan bir araçtır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin, CAD ve Database teknolojilerinin ayrı ayrı gelişimlerinin ardından, “neden bu iki ortamın birlikte çalışmayacağı” sorusu/merakı ile olmuştur. Günümüzde bu iki ortamın tamamen bağlantılı çalıştığı yeni ve daha güçlü GIS yazılımları ortaya çıkmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemi(GIS) aynı zamanda bir teknolojiyi ifade etmektedir. Bu teknoloji CAD, DATABASE, INTERNET gibi bilgi teknolojilerini aktif olarak kullanmaktadır.

Bu yönüyle bakıldığında GIS, mevcut bilgi teknolojilerinden azami ölçüde faydalanan, bunları bir arada kullanabilen ve bir anlamda sinerji oluşturan bir üst bilgi teknolojisidir.

Coğrafi Bilgi Sistemi konumsal bilgi sistemlerinin genel adı veya bir üst kavramı olup, diğer bütün konumsal bilgi sistemlerini kendi çatısı altında toplamaktadır: Kent Bilgi Sistemi, Çevre Bilgi Sistemi, Emlak Bilgi Sistemi, Trafik Bilgi Sistemi, Endüstriyel Kirliliğin Kontrolü Bilgi Sistemi vb.

Coğrafi Bilgi Sistemleri bilgiyi bir bütün olarak derlemeyi, bir arada tutmayı, saklamayı sağlamanın yanı sıra, mevcut bilgileri analiz etme ve karar-destek sistemi olarak kullanma gibi gelişmiş Yönetim (Management) fonksiyonlarına da sahiptir.

Coğrafi Bilgi Sistemi; Bilgi, Teknoloji, Sistem ve Yönetim kavramlarını ihtiva eden entegre bir yapıdır.



7.3.1.1. GIS' de Kullanılan Temel Kavramlar

Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojisi üç ana bilgi teknolojisi üzerine yapılandırılmıştır. Bu bilgi teknolojilerine ait temel kavramların açıklanması sistemin anlaşılmasını büyük ölçüde kolaylaştıracaktır.

◆ CAD(Bilgisayar Destekli Tasarım-Computer Aided Design)

Bilgisayar ortamında koordinatlı çizim, düzenleme imkanı sunan grafik ortamlardır.

CAD teknolojisi ile ilgili iki temel kavramın anlaşılması büyük önem arz etmektedir.

◆ Tabaka(Level/Layer) : Herbir farklı çizim elemanının/bileşeninin ayrı katmanda gösterilebildiği tabakalardır. Böylelikle çizim tamamlandıktan sonra istenilen tabaka kapatılıp, açılarak görsel kolaylıklar sağlanabilmektedir.



* Altlık(Reference) : Çizimin gerçek elemanı olmayıp, sadece arka planda görüntülenene yardımcı çizim dosyalarıdır.

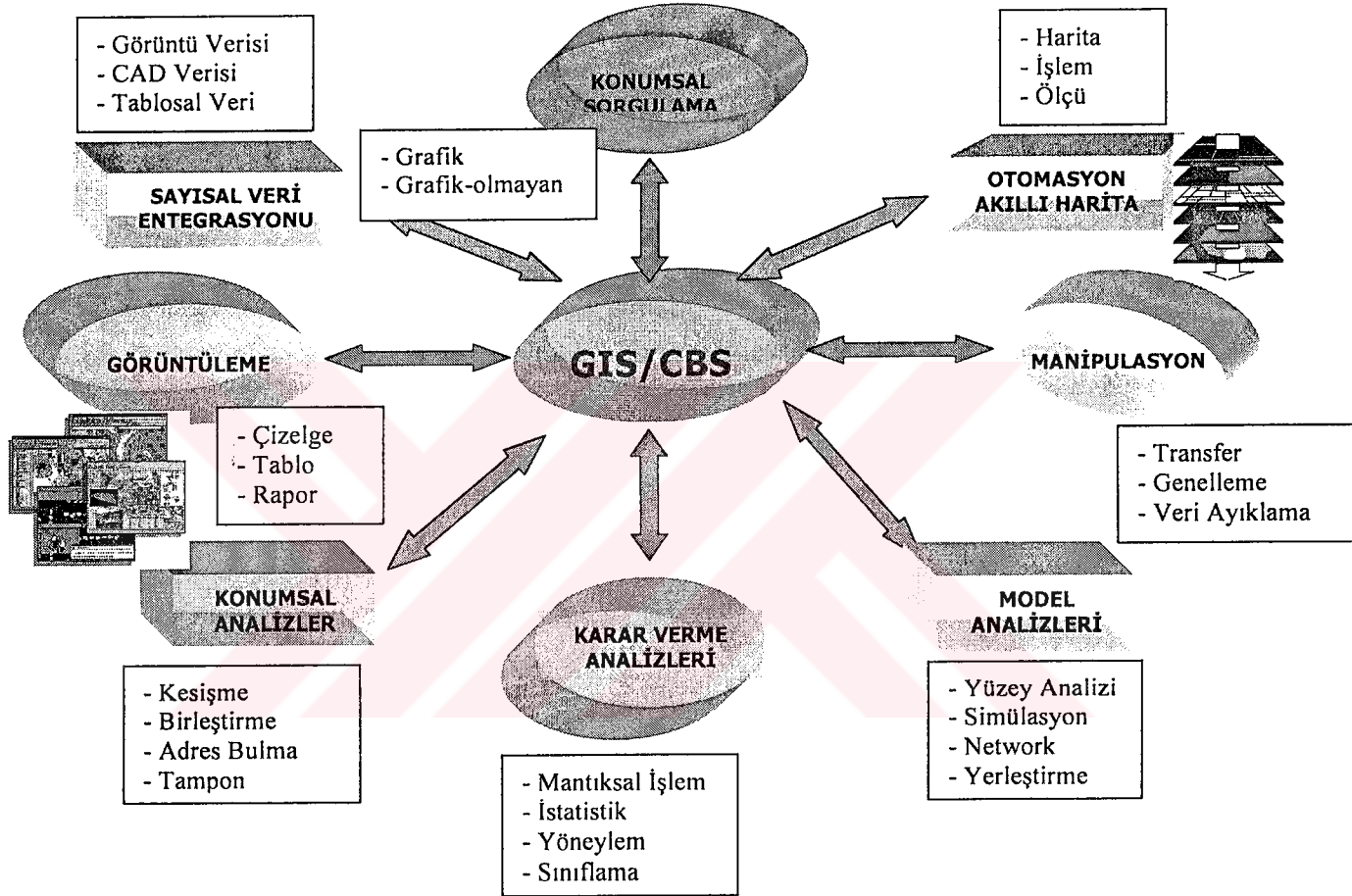
◆ Database(Veritabanı)

Veritabanı, birçok kullanıcı tarafından kullanılan birbirleriyle ilişkili geniş bir veri kümesinin düzenlenmesi, depolanması ve sorgulanması için oluşturulan bir sistemdir ya da kolayca erişilebilecek, yönetilebilecek ve güncellenebilecek şekilde bir araya getirilen düzenlenmiş olan bir veri topluluğudur.

◆ Internet/Intranet

Coğrafi Bilgi Sistemleri tarafından üretilen bilgilerin paylaşımı için kullanılan temel teknolojilerden biri olan Internet dünyadaki bilgisayarların birbirine

bağlanmasını sağlayan, bilgisayarlar, yönlendiriciler ve kablo bağlantılarından oluşan global bir ağıdır. Intranet ise, kullanıcıları birbirine bağlamak için Internet’le aynı teknolojiyi kullanan dahili bir ağıdır, yani kurum içi intranet uygulamasıdır.



Şekil 7.7 Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Fonksiyonları

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin işletme aşamasında kullanılan ve somut faydalar sağlayan temel fonksiyonlara ait genel tanımlar aşağıda verilmiştir:

Network Analizleri

Birbirleri ile bağlantılı şebeke şeklinde teşkil edilmiş grafik objeler üzerinde yapılan analizlerdir. Herhangi bir adres için en kısa yolun bulunması, yolların gün

içindeki zamana bağlı olarak trafik yoğunluklarını dikkate alınıp en kısa sürede istenilen adrese gidilmesi için hangi güzergahın seçilmesi ya da bir şebeke üzerinde mevcut bir vananın kapatılması ile nerelerin su alamayacağı, bir elektrik direğinde arıza meydana geldiğinde arızalar giderilinceye kadar nerelerin elektriklerinin kesileceği gibi analizlerin yapıldığı uygulamalardır.

Topoloji Analizleri(Konumsal Analizler)

Grafik ve grafik olmayan bilgilerin bir amaca yönelik olarak sonuçlarının irdelenip yorumlanması gibi işlemlere topoloji(konumsal) analiz adı verilir. Farklı özellikteki harita bilgilerinin üst üste bindirilerek ilişkilendirilmesi, havza koruma alanlarının oluşturulması, bir derenin 100m'lik mutlak koruma alanlarının belirlenmesi, kamulaştırma işlemine tabi olacak arazilerin alan ve maliklerinin tespiti vb. uygulamalar konumsal analiz uygulamalarıdır.

Senaryo Üretimi/Yönetimi

Planlanan bazı projelerin veya doğal olayların gerçekleşmesi halinde meydana gelecek durumun daha önceden gerçekleşmiş gibi gözlenebilmesi işlemleri senaryo üretimi/yönetimi olarak tarif edilebilir. GIS, coğrafi varlıkların çevreleriyle olan ilişkilerini de dikkate alarak bilgisayar ortamında oluşturacağı gerçek modellerle senaryo üretimi/yönetimi işlemlerini gerçekleştirme imkanına sahiptir. Deprem, su taşkını, erozyon gibi doğal olaylar ile su havzalarının korunması vb önem arz eden konularda bu çalışmalar muhtemel etkilerin önceden tespiti ve gerekli önlemlerin alınması açısından büyük önem taşımaktadır.

Tematik(Konulu) Harita Üretimi

Grafik ortamdaki objelerin veritabanındaki değerleri ile bağlantılı olarak konulu, görsel haritaların oluşturulmasıdır. Belediye sınırları içerisindeki konutların hangilerinin emlak vergisi, su ya da elektrik faturalarını ödeyip ödemediği harita üzerinde değişik renklerle gösterilmesi vb. görsel analizler bu fonksiyona örnek olarak verilebilir.

Karar-Destek Sistemleri

Karar-destek sistemleri, ileri mühendislik modelleri, analiz teknikleri, kompleks veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri(GIS) ve kullanıcı grafik ara yüzlerinin

birlikte kullanıldığı entegre sistemleri ifade etmektedir. Bu sistemler, karar mercilerine su ve doğal kaynakların yönetiminde, büyük miktarda mekansal veriyi(harita) kullanarak, oldukça kapsamlı ve disiplinler arası bir yaklaşım getirme olanağı sağlamaktadır.

7.3.2. GIS'in Sağladığı Faydalar

Coğrafi Bilgi Sistemi, CAD-Database-Internet gibi bilgi teknolojilerini (IT-Information Technology) en üst düzeyde kullanabilen güçlü ve fonksiyonel bir araçtır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temel faydaları şu şekilde özetlenebilir:

◆ GIS'lerinin en önemli özelliği, tasarım ve kurulum aşamasında kurum/kuruluşa ait bütün sözel ve grafik bilgileri öncelikle bir araya getirerek Sayısal (Digital) Kütüphane, e-kütüphane oluşumuna büyük katkı sağlamasıdır. Böylelikle kurum/kuruluşa ait bütün raporlar, haritalar, resimler vb. bilgiler elektronik bir havuzda toplanmış, istenildiğinde ulaşılması çok kolay bir hale getirilmiş olmaktadır.

◆ GIS'nin diğer bir yapısal faydası, tasarım aşamasında mutlaka yapılması gereken sistem analizi ile bütün bilgilerin bir sistem dahilinde derlenmesi ve değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

◆ Bilgiye ulaşmanın kişilere bağımlı olduğu bir sistemden, bilginin herkese belirli yetkilerle açık olduğu sisteme geçilerek daha şeffaf ve sürekli bir yapı oluşturulmaktadır. Böylelikle belirli kişilerce sahip olunan bilgiler kurum/kuruluşun ortak bilgisi haline dönüştürülmüş olmaktadır.

◆ Bilgiye bilgisayar ortamından hızlı bir şekilde ulaşabilmek zaman ve personel tasarrufunu beraberinde getirmekte, dolayısıyla maliyet optimizasyonu sağlanmaktadır.

◆ Coğrafi Bilgi Sistemleri oluşturulduktan sonra bütün bilgilere çok kolay ve hızlı ulaşmak mümkün olmaktadır. Sözel bilgidan grafik(harita, resim,)

bilgiye, grafik bilgiden sözel bilgilere kolaylıkla ulaşılabilir. Bilginin paylaşımı, güncelleme çalışmalarına da ivme kazandırmaktadır.

◆ Coğrafi Bilgi Sistemi oluşturma en önemli kısmı verilerin toplanıp, bir araya getirilmesi ve düzenlenmesidir. Bütün grafik ve grafik olmayan dataları GIS disiplini içerisinde bir veritabanında topladıktan sonra, ikinci aşamada,

- Network Analizleri, Topoloji Analizleri, Tematik Harita Üretimi,
- Modelleme, Senaryo Üretimi/Yönetimi, Karar-Destek Sistemleri oluşturma

vb.

fonksiyonların kullanılması mümkün olmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinden asıl fayda bu fonksiyonların aktif olarak kullanılmasıyla sağlanabilmektedir.



Avcılar-B.Çekmece sisteminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kurumsal anlamda kullanılmasıyla elde edilmesi öngörülen faydalar şöyle sıralanabilir:

- ◆ yönetim bilincinin geliştirilmesi, yönetmeliklere uyumun sağlanması
- ◆ hizmet düzeylerinin veya diğer hedeflenmiş performansın ölçülmesi ve raporlanması
- ◆ etkilenen aboneleri belirlemek gayesiyle şebeke kesintilerinin planlanması ve aynı zamanda plansız kesintilerin etkilerinin belirlenmesi
- ◆ bütçe kontrolünde ve yatırım planlamada yeni gelişmeler sağlanması
- ◆ Verilere daha hızlı ve doğru erişim kurularak verimlilik ve performans artışının sağlanması ve aynı zamanda müşteri ile temas eden personeli daha fazla

bilgilendirmek suretiyle müşterilere klasik haritalar esas alınarak verilen hizmetten daha iyi hizmet verilebilmesi

◆ kullanım izni bulunan kullanıcıların herhangi bir veriyi hızlı ve belirli bir zamanda temin edebilmesi

◆ israfın önlemesi amacıyla şebeke modellemesi(simülasyon ve şebeke analizi dahil) ve optimizasyonu çalışmalarına taban teşkil etmesi

◆ SCADA Ara yüzünün entegrasyonu ile ortak bir veritabanı kullanma avantajına sahip olunması ve SCADA tarafından verilen bir alarm sonucu iş-emri ve yönlendirme-ve-sevkiyat sistemleri sayesinde anında ilgili iş emri çıkarılması

◆ herhangi bir yerin geçmişi, varlıkları ve nitelikleri için yazıcıdan çıkış verebilmesi

◆ verilerin kolaylıkla güncelleştirilme ve revize imkanı sağlayabilmesi

◆ işletme ve stratejik planlama konularında yapılacak çalışmalara yardımcı olmak gayesiyle tesisler için bir stok ve bilgi sisteminin oluşturulabilmesi

◆ sistemle ilgili tahminlerin yapılabilmesi ve mali performansın kontrol edilmesini sağlayabilmesi

GIS'nin etkin bir biçimde uygulanması ile aşağıdaki sorulara daha tatminkar biçimde cevap verilebilecektir:

- sahip olduğumuz varlıklar nelerdir?
- nerelerdedir?
- hangi şartlarda bulunmaktadır?
- verimliliği nasıldır?
- değeri nedir?
- kaç adet abone ile bağlantı vardır?
- faturalama ne kadar yaygın ve etkindir?
- bölgeden bölgeye gelir toplama oranları nelerdir?

GIS imkanlarından tam olarak yararlanılması ile, hem rutin hem de acil işletme faaliyetleri, bir “İş Emri Yönetim Sistemi” kullanılarak etkin bir şekilde belirlenebilmekte, izlenebilmekte ve yönetilebilmektedir. Bu müşteri tabanlı çözüm, kağıda dayalı işlemleri basitleştirmekte, verilerin mevcudiyetini ve erişimini arttırmakta ve erişim süresini önemli derecede azaltmaktadır. Sistem görüntü, ses ve

yazı dahil kullanılan bütün veri çeşitlerini destekleyebilmektedir. Aktivitelerin izlenmesi ile ilgili tüm ihtiyaçlar etkin ve verimli yönetim için sisteme entegre edilebilmektedir. Ev bağlantısı, düzenli bakım, kaçak tarama, vb. gibi iş emirleri sisteme dahil edilebilmektedir.

7.3.3. Bilgi Sistemi Tasarımı

Altyapı bileşenlerinin sistem analizi bitirildikten sonra GIS tabanlı bilgi sistemi tasarımı aşamasına geçilmelidir. Coğrafi Bilgi Sistemleri tasarımı aşağıdaki aşamada gerçekleştirilmelidir.

Veritabanı(Database) Tasarımı :

Coğrafi Bilgi Sistemi tasarımında herbir projeye ait veritabanı içinde çok sayıda tablo tanımlanır. Bu tabloların raporlama vb. bir amaç için bütünleşmeleri zorunlu hale gelmektedir. Bu bütünleşme veritabanının içindeki tablolar arasında kurulan ilişkilerle sağlanır..

İlişkisel veritabanında tablolar arasında ilişki kurularak anlamlı verilere kolayca erişilmesi hedeflenmelidir. Tablolar arasında verileri bağlamak için üç tür ilişki tasarlanır. Bu ilişki biçimleri şunlardır:

Bir-e-Bir ilişki, Bir-e-Çok ilişki, Çok-a-Çok İlişki

Aralarında bir-e-çok ilişki bulunan iki tabloda, ana tabloda yer almayan bir kayda(ana anahtara sahip) alt tabloda bilgi girilmesi(yabancı anahtara sahip) alt tablolarda kayıtları(hareketleri) bulunan kaydın ana tablodan silinmesi gibi tutarsız durumlara karşı veritabanının korunması işlemi yine ilişkisel bütünlük sayesinde sağlanır.. İlişkisel veritabanlarında ana tabloya bağlı alt tablo kayıtlarının yanlışlıkla silinmesi engellenmektedir.

İlişkisel bütünlük içinde veritabanı işlemlerine kısıtlama getirilirken; yine ilişkisel bütünlük içinde basamaklama işlemleri ile ana tablodan ana tabloya ya da alt

tablolarla doğru değişiklik ve slime işlemlerinin yansıtılması işlemleri gerçekleştirilebilir.

Veritabanı olarak uygulama geliştirme çalışmalarında MS Access, sistem paylaşımı, yönetimi ve diğer birimler ile entegrasyon için Oracle yazılımı kullanılması daha doğru bir seçimdir. Oracle tasarlanan SCADA,GIS ve Abone Bilgi Sisteminin ortak database yazılımı olarak seçilmelidir kibu üç sistem kolaylıkla birbirlerine entegre olabilsinler.

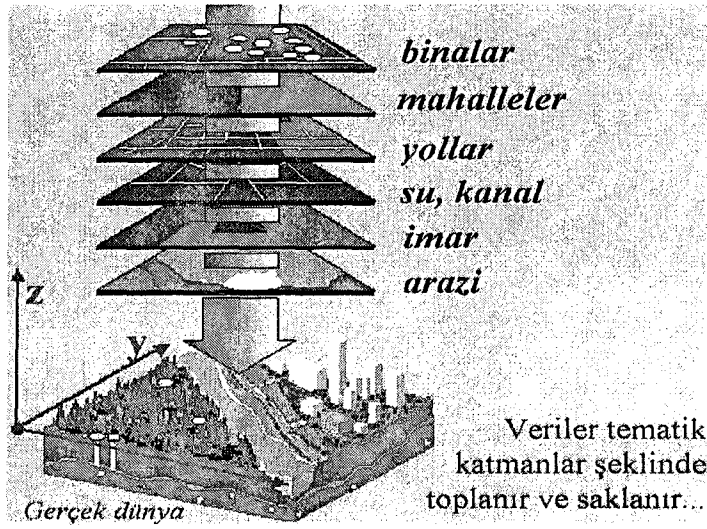
Grafik Ortam Tasarımı :

Grafik ortamda kullanılacak bütün harita altlıkları(Fotogrametrik Halihazır haritalar, Ortofoto Haritalar, Uydu Görüntüleri, İmar planları, Kadastral Haritalar, Arazi Kullanım Planları, vb.), altyapı tesisleri(içmesuyu, atıksu, yağmursuyu) ve üstyapı tesisleri(arıtma tesisleri, depolar, terfi merkezleri vb.) bilgilerinin temini ve standardizasyonu planlanmalıdır.

Grafik bilgilerin temini iki şekilde tasarlanabilir.

- ◆ Kağıt paftalar halinde bulunan Verilerin Sayısallaştırılması
- ◆ Sahadan jeodezik yöntemlerle Veri toplanması(Yersel Ölçüm, Fotogrametri, GPS, Uydu görüntüleri)

Grafik ortam çalışmalarında kullanılan temel CAD yazılımı Microstation/J, GIS yazılımı MS Geographics ve haritacılık-raster işlemleri yazılımı ise MS Decartes gibi bir yazılım şekli seçilebilir. Bu yazılımlar birbirleriyle tam entegrasyon içinde çalışmalıdır.Grafik veriler Şekil 7.8.de gösterildiği gibi tematik katmanlar şeklinde toplanıp saklanır.



Şekil 7.8. Grafik verilerinin GIS ortamında saklanması

7.3.4. GIS'in Avcılar-B.Çekmece Sisteminde Kullanımı

GIS sistemi, İSKİ'de şu anda kullanılmaktadır. Ancak sadece alt yapı bilgilerinin bir kısmı, özellikle Avcılar-B.Çekmece sisteminin az bir bölümünde yetersiz bir uygulamayı mevcuttur. Sistemden sadece altlık olarak halihazır paftalar, imar paftaları ve ortofotolar(uydu fotoğrafları) mevcuttur. Özellikle Esenyurt, Bahçeşehir, Beylikdüzü, Çatalca gibi yerleşim birimlerine ait pek bir bilgi bulunmamakta ve sorgulama yapılamamaktadır. Ayrıca bu GIS sisteminden sadece grafiksel veri sorgulamakta kullanılmakta, veritabanındaki diğer bilgiler sorgulanamamaktadır.

Oysa GIS sisteminde grafiksel tasarımın yanında gelişmiş bir bilgisayar ile hızlı ve verimli bir şekilde sorgulama yapılabilir. Oysa GIS sisteminde grafiksel tasarımın yanında gelişmiş bir bilgisayar ile hızlı ve verimli bir şekilde sorgulama yapılabilir.

Öncelikle eksik olan paftalar sisteme girilmelidir. Sisteme girildikten sonra buralara ait olan içmesuyu, atıksu, yağmursuyu, doğalgaz, elektrik, telefon şebeke hatları sayısal olarak işlenmelidir. Bu işlemler bitirildikten sonra sisteme konumsal bilgilerin dışında kayıp suların kontrolünde kullanılacak olan veriler girilmelidir.

Kadastral paftalardan sayısal yerleri belirli olan binaları hakkında içmesuyu sözleşme bilgileri girilebilir. Bu da her binaya ait su kullanım bilgileri hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlar.

Ayrıca yine kadastral bölgelerin içmesuyu şebeke hatlarının beslenme yapısı hakkında bilgi, ada-parcel bazında bilgide GIS sistemine aktarılabilir. SCADA'nın yapısı bu şekilde GIS ortamına aktarılmış olur. Ancak burada sorgulama yapılamaz. Bunun için ayrı bir bilgisayar yazılımı yapıp GIS ile entegre çalışması sağlanmalıdır.

7.4. Avcılar-B.Çekmece Pilot Bölgesinde Abone Bilgi Sistemi, SCADA Sistemi ve GIS'in Birleştirilerek Elde Edilen Sistem İle Kayıp Suların Kontrolü

Yukarıda sırası ile şebekenin test edilerek optimum işletme şeklinin tesbiti, SCADA sisteminin kurulması ve GIS'in Avcılar-B.Çekmece içmesuyu şebeke sistemine uygulanması anlatıldı. Bu işlemlerin hepsi tek başına sistemin kontrol altına alınmasını, dolayısı ile kayıp suların kontrolünün sağlanmasını gerçekleştirir. Ancak her birinin birbirinden bağımsız olarak işletilmesi aynı zamanda yönetimde karmaşayada yol açar. Bu yüzden kayıp suların kaynağının belirlenmesinde, bunların kontrol edilmesinde, izlenmesinde, gerekli düzenlemelerin yapılmasında tek bir yönetim merkezine ihtiyaç vardır. Bu tek yönetim merkezi işletme anında Abone Bilgi Sistemi, SCADA ve GIS'i bir noktadan kontrol edebilmelidir.

Bu üç sistemin yukarıda söz edilen karmaşayı önlemek için birbirine entegre edilmesi büyük bir kolaylık sağlayacaktır. Bu da bilgisayar ortamında uygun bir programla mümkün kılınabilir.

Bu program seçilirken İSKİ'nin halihazırda kullanılan Oracle yazılımını destekleme şartı öngörülmelidir. Abone Bilgi Sisteminin veritabanı Oracle tarafından yapıldığı daha önceden vurgulanmış idi. SCADA ve GIS'in veri tabanı seçilirken Oracle tarafından yapılması öngörülmüştü. Öyle ise bu üç sistemin veri tabanı ortak olarak seçilmiş olacağına göre bundan sonraki karar hangi programın altlığında bunların entegre edilmesi gerektiği olacaktır. Abone Bilgi Sistemi ile tahakkuk(fatura) bilgileri alınmakta, SCADA sistemi ile tüketim şekli ve sistemin kontrolü sağlanmakta, GIS ile de sistemin alt yapı bilgileri en küçük birleşene kadar gözlemlenebilmektedir.

GIS sistemine alt bir program olarak bu entegre programın yazılması durumunda , SDACA ve Abone Bilgi Sistemine ait veriler network üzerinden alınabileceği gibi her türlü sorgulama yapılabilir. GIS'in ana program olarak seçilmesinin sebebi görselliğinin yanında, sayısal noktaların konum belirtme ve belirtilen konuma dair veri saklayabilme özelliği olmasıdır. Kadastral paftalarla sokak adı, bina numarası gibi bilgiler en doğru şekilde saptanabilmektedir. Bu bilgiler yardımı ile her binaya ait bir imleç yerleştirilerek Delphi programı ile sorgu ekranı açılabilir. Bu programa ait kullanım durumu Şekil 7.9 .'da gösterilmektedir.

Burada Abone bilgi sistemine alınacak bilgiler; sözleşme bilgileri, fatura bilgileri, tahakkuk bilgileridir. Ancak bundan önce bu bilgilerin konumu belirtilen noktada sorgulanabilmesi için, Abone Bilgi Sisteminde her sözleşmenin hangi noktadan beslendiğinin bilgisi girilelidir ki sorgulama yapılabilir.

Tüketim bilgileri, su alma yapısı, arıza raporları da SCADA sistemindeki verilerden alınacaktır. Bu bilgiler RTU'lerden alınan bilgiler ve Abone Bilgi Sistemindeki Abone bazındaki arıza kayıtlarından derlenir.

Sistemdeki her noktanın sorgulanması yapılabildiği gibi ayrıca bölgesel ve sokak bazında bu sorgulamalar yapılabilir bir şekilde geliştirilmelidir. SCADA'nın operatör istasyonundaki bilgisayarlar ile bu program kullanılabileceği gibi, tüm sistemin en üst noktasına yerleştirilen bir veya birkaç bilgisayar ile de kullanılabilir.

Bu geliştirilen program sayesinde normal işletme anındaki basınç değerleri, tüketim miktarındaki değişimler, tahakkuk miktarındaki değişimler, kısacası su yönetiminin ihtiyaç duyduğu tüm bilgiye kısa ve en doğru yoldan ulaşılabilir olacaktır.

Kayıp suların her fatura dönemindeki değeri, uzun ve yoğun çalışma gerektirmeden bu program sayesinde öğrenilebilecektir. Bu da anında önlem almaya ve yeni politikalar geliştirmeye imkan sağlayacaktır. Sistemin ilk kurulduğu andan itibaren geçen zaman süresinde zamansal olarak bir arşivleme sağlanacağından kayıp suların azaltılması ve kontrol edilmesi için uygulanan politikaların geçerliliği ve kıyaslaması da gerçekleştirilecektir.



Şekil 7.9. Abone Bilgi Sistemi ve SCADA ile entegre edilmiş GIS'in görünümü

Yukarıda anlatılan tüm işlemler yönetimlerin ileriye dönük yatırımlar yapmasında yol göstericilik yapacaktır. Fakat bu sistemin maliyeti hiçte azımsanacak olmayacaktır. Ancak kayıp suların idarelere ve ülkenin kullanılabilir su rezervine verdiği zararlar göz önüne alındığında bu çözüm kaçınılmaz olacaktır.

Bu şekilde bir çözümlemeye gidilmesi su idareleri için uzun zaman alabilir. Ancak uygun personel istihdamı ve yeterli bütçe ayrıldığında kısa zamanda uygulanabilir.



8. SONUÇ

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

İSKİ master plan doğrultusunda İstanbul şehrinin 2040 yılına kadarki su sorununu çözdüğünü her sıklıkla dile getirmesine rağmen 2040'tan sonraki yıllar için aslında mevcut'un hoyrat kullanılması ile su sorunları baş gösterecektir. Gelecek planlanırken yeni kaynak yaratmak yerine, mevcut kaynakları optimum kullanmaya gitmek daha masrafsız olacağı aşikardır. Bütün bunlar göz önüne alındığında her şeyden önce suyun ölçsüz 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.

Üretilen su hiç israf edilmeden halkın ihtiyacını karşılamalı, kayıplar tespit edilerek en asgari seviyede tutulmalı ve bu konuda sürdürülebilir bir politika geliştirilmelidir.

Bu çalışmada öncelikle kısmen izole edilebilmiş olan ve pilot bölge seçilen Avcılar-Büyükçekmece bölgesinde halkın ihtiyacını karşılamak maksadıyla şebekeye verilen yıllık miktar ve buna mukabil abonelerin kullandığı toplam su miktarı tespit edilmiştir. Şebeke sistemine verilen suyun ancak %66, 96 sı aboneler tarafından kullanılmaktadır. Geriye kalan %33,04'lük kısım ise tamamen kayıptır. Bu %33,04'lük kısmın nerelerden kaynaklandığı bu çalışmada hesap edilmeye çalışılmış



ve toplam şebekeye verilen suyun %7,04'lük kısmının sebebi bilinen kayıp olduğu tespit edilmiştir. Bu miktarın önüne geçilebileceği düşünülse de ciddi çalışmalar gerektirmektedir. Geriye kalan %26'lık kısım ise sebebi bilinmeyen gerçek kayıplardır. Bunların önüne geçmek oldukça zor ve maliyet gerektiren bir konudur. Ancak gelecekte ihtiyaç duyulan su, gelecekteki yatırımlar ve mevcut kayıplardan oluşan mali verimsizlik düşünüldüğünde bunların acilen çözülmesi gerektiği bir gerçektir.

Toplam tahakkuk etmeyen miktar olan 18.353.827 m³ su ülkemizde birçok şehrin toplam su ihtiyacı civarındadır. Bu miktar İstanbul geneli düşünüldüğünde hiçte azımsanacak bir miktar değildir. Kaldı ki bu suyun maliyeti İSKİ gibi kuruluşlara çalışan sayısının fazlalığı su temini ve iletiminin zorluğu vs. sebepleri ile maliyet olarak ham su elde etmekten çok yüksek bir meblağı teşkil etmektedir. Dolayısı ile İSKİ'nin master plan çerçevesinde 2040 yılı hesaplamaları yapmaktan ziyade bu konu üzerine hassasiyetle düşmesi gerekmektedir. Ayrıca İSKİ gibi yerel yönetimlerin su idarelerinde halihazırda kullanımda olan Abone Bilgi Sistemi ve SCADA gibi sistemler GIS ile entegre edilmiş bir CAD ve Database uygulaması ile desteklenmelidir. Bu şu an yapılmayıp göz ardı edilse bile ileride mutlak suretle yapılması gerekli bir çalışma olacağı kesindir. Bu çalışmada anlatılan şekilde incelemelerin ve uygulamaların yapılmayıp ertelenmesi, kaybolan her zaman bölümünde gelecekteki su rezervlerini azaltmak ve ekonomik olarak milli serveti zayi etmektir.

Bu konu üzerine İSKİ vb. su idareleri uzman kurum veya kuruluşlardan destek almalı, kendi personelinden uzman kadro teşkil etmeli ve sürdürülebilir, geliştirilebilir bir politika belirlemelidir. Yurtdışında bu konu ile ilgili yapılan çalışmaları kendisinin belirlediği pilot bölgeler üzerinde denemeli ve en iyi sonucu veren, şartları en iyi sağlayan yöntemi seçmelidir.

Kayıp ve kaçaklarla ilgili yapılması gereken çalışmalar yapıldığı takdirde İSTANBUL içme suyu şebekesi, dünya standartları sağlamış olacaktır.

KAYNAKLAR

AWWA (American Water Works Association)“Leaks in Water Distribution Systems” A Technical /Economic Overview” Report,1987

AWWA, “Network maintenance through analysis of the cost of water” July 1995

Oktar B. ve Latifoğlu A., “İçme Suyu Dağıtım sistemlerinde Su Kayıpları Kontrolü”Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre müh. Bölümü Beytepe, Ankara, 2003

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

Demir A., “Konya içme Suyu Şebekesinde Su Kayıplarının Belirlenmesi” Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,2001

Hunaidi O., National Research of Canada, October 2000

Farley M., “Reducing Water Losses in Vietnam”,Sustainability of Water and Sanitation system, 21st. WEDC Conference, Kampala, Uganda, 1995

Heasted Press “Advanced Water Distribution Modeling and Management” 2001

Weimer D., German National Report; “Water Losse Management And Techniques” 2001

İşıldak U., “Su işletmesi ve Şebekesinin Su Kayıpları” Su Kanalizasyon Sempozyumu, 10-11 Şubat, Ankara, 1999

İSKİ, İstanbul Su Temini, Kanalizasyon ve Drenaj, Atık su Arıtma ve Uzaklaştırma Master Planı; Nihai Rapor Cilt 2, 1999

İSKİ, Su İsale ve Dağıtım Daire Başkanlığı Brifing Raporu,2003

İSKİ, 2001 Yılı Faaliyet Raporu,2001

Kayhaan A., Teheran Evening Daily; Iran June 21, 1997

Moyer E.E., Economics of leak detection., A case study apporach Am. Water Work Assoc.. Denver, Colo., 1985

Yomralıoğlu T., “Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamaları” S.49.Trabzon, 2000

Roberts H.F., “Better Accounting for Unaccounted-for Water” Journal of the Institution of Water Engineer and Scientists,1985

Roberts, H.F “ Tomorrow’s Technology For Today’s Problems” American Water Works Assacation Journal, 77,6,s.59-65, 1985

Şahin M., “İçme Suyu Rehabilitasyonu Projesinde Su Kayıplarının Kontrolü ve Su Dengesi Oluşturulması” Su Kanalizasyon Sempozyumu, Ankara, 10-11 Şubat 1999

Şendil U., “Şehir Şebekesinde Su Kaçakları Tespiti” Su ve Kanalizasyon Sempozyumu Şubat 1999 Ankara

TODAİE, Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi Ankara, 2004

Topacık D., Turan M. ve Çitil E., “Su Kaçağı Kontrolünün Organizasyonu ve Ekonomik Analizi” içme suyu Sempozyumu 7-10 Ekim,1996

Topacık D., Turan M. ve Çitil E., “Greater İstanbul Water Supply Project, Phase II, Interim Report of ITU Consultant Group”April,1996

Yurdusev M.A., “Su İhtiyacı Tahminlerinde Talep Kontrol Önlenmesinin Kullanılması” Su ve Kanalizasyon Sempozyumu, Şubat 1999

WAA, (Water Authorities Association) ,Leakage Control Policy and Practice, 1 Queen Anne’s Gate, London, 1985

www.izsu.gov.tr, İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Resmi Web Sitesi, 2003



ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Antakya'da doğdu. İlk ve orta öğretimini Antakya'da tamamladıktan sonra 1993 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne başladı. 1998 yılında bu üniversiteden mezun olup İSKİ'de alt yapı kontrol mühendisi olarak çalışmaya başladı ve halen devam etmektedir.





EKLER

EK-A İstanbul'un Beslenme Yapısı ve Su İletim Hatları

EK-B Avcılar-B.Çekmece Su Dağıtım Şeması



B y k k kmece Su Dağıtım Sistemi

Ek-A5 İstanbul
Beslenme Yapısı ve Su
Hattı Hatları

B y k k kmece – Kır   -
 akmaklı Isale Hattı, Su
Hazinesi ve   mesuyu
 ebekesi

Yakuplu Su Hazinesi,
Terfi Merkezi ve
 ebekesi

Özel ��aretler				
Açıklama	Mevcut	İnşaat	Planlanan	
Arıtma Tesisi				
Depo				
Pompe İstasyonu				
Isale Hattı				
Müdürlük				
Teknik ��etik				

İkizelli Su
Dağıtım Sistemi

Arnavutköy İcmesuyu
Temini Projesi

İkitelli – Altınşehir
İsale Hattı, Su Deposu,
Pompa İstasyonu ve
Şebeke Hattı

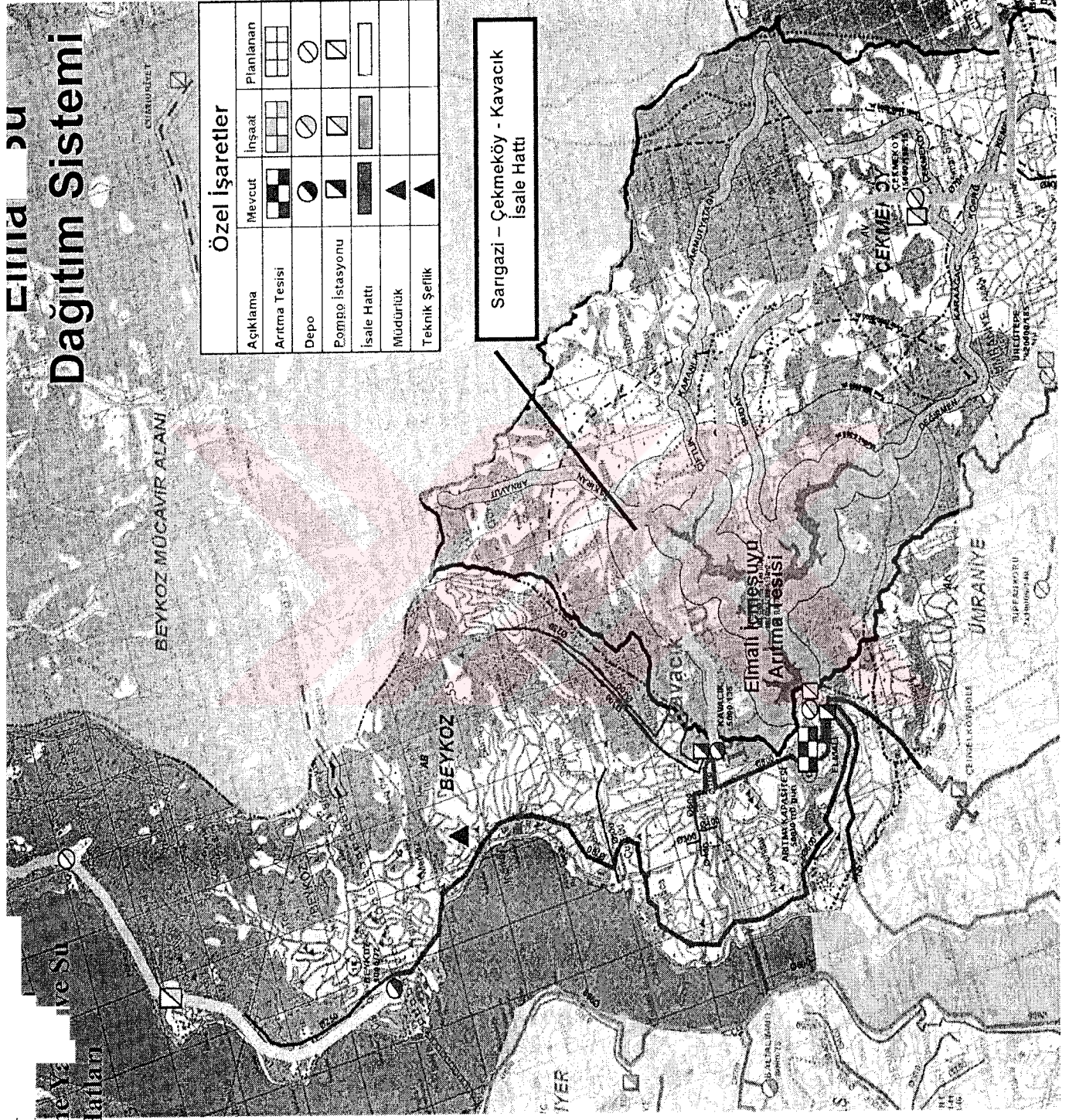
Özel İşaretler

Açıklama	Mevcut	İnşaat	Planlanan
Arıtma Tesisi			
Depo			
Pompa İstasyonu			
İsale Hattı			
Müdürlük			
Teknik Şeflik			

Kağıthane Su Dağıtım Sistemi

Ayazağa - Bahçeköy İsale Hattı,
Su Deposu ve Pompa İstasyonu

Özel İşaretler			
Açıklama	Mevcut	İnşaat	Planlanan
Artırma Tesisi			
Depo			
Pompa İstasyonu			
İsale Hattı			
Müdürlük			
Teknik Şeflik			



EK-A1 İstanbul
Beslenme Yapısı ve Su
Hattı Hatları

Ömerli Su
Dağıtım Sistemi

Sargazi - Çekmeköy - Kavacak
İsale Hattı

Çamlıca - Salacak
İsale Hattı

Pendik - Küçükyalı
İsale Hattı

Özel İşaretler

Açıklama	Mevcut	İnşaat	Planlanan
Aritma Tesisi			
Depo			
Pompa İstasyonu			
İsale Hattı			
Müdürlük			
Teknik Şeflik			

EK-B Avcılar-B.Çekmece Su Dağıtım Şeması

