

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İÇMESUYU ŞEBEKE SİSTEMLERİNDE SU KAYIP VE
KAÇAKLARININ TESPİTİ**

Çevre Mühendisi Zeynep KARACA

FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Gürdal KANAT

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR LİSTESİ	i
ŞEKİL LİSTESİ	ii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
ÖNSÖZ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
2. ŞEBEKE HATLARINDA KAYIP SU DEĞERLENDİRİLMESİ	4
2.1. İstanbul’da Su	4
2.2. Kayıp Suyun Tanımı	6
2.2.1. Fiziksel Kayıplar	7
2.2.2. Ticari Kayıplar	8
2.3. Su Bilanço Yönetimi	8
2.3.1. Mevcut Su Dağıtım Sisteminin Değerlendirilmesi:	8
2.3.2. Su Dengesinin Hesaplanması	10
3. ŞEBEKE HATLARINDA GÖRÜLEN SIZINTININ NEDENLERİ VE ETKİSİ	14
3.1. Sızıntının Nedenleri	14
3.1.1. Yetersiz Contalama	14
3.1.2. Şebeke Hatlarındaki Yapısal Hasarlar	14
3.2. Sızıntının Etkileri	16
4. SIZINTININ ARAŞTIRILMASI VE TESPİTİ	18
4.1. Sızıntıyı Bulma Yöntemi	18
4.2. Sızıntı Kaynaklarında Ölçüm Yöntemleri	18
4.2.1. Depolar	18
4.2.3. İsale Borular	19

4.2.3. Şebeke Sistemi.....	20
4.3. İçmesuyu Şebeke Sistemlerinde Sızıntı Tespiti.....	20
4.4.1. Bölgesel Ölçümleme Analizi.....	21
4.4.2. Alt Bölge Oluşturulması.....	21
4.4.3. Adım Testi.....	23
4.3.4. Sızıntı Noktalarının Tespiti ve Kullanılan Yöntemler.....	26
4.4. Basınç Yönetimi	31
5. VAKA ÇALIŞMASI	34
5.1. Sultanahmet Pilot Bölgesi	35
5.1.1. Fiziksel Kayıpların Tespiti	35
5.1.2 Ticari Kayıpların Tespiti.....	52
5.2. Fatih Pilot Bölgesi.....	62
5.2.1. Fiziksel Kayıpların Tespiti	63
5.2.2. Ticari Kayıpların Tespiti.....	85
5.3. Fatih Güney-Doğu Bölgesi.....	93
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR.....	102
ÖZGEÇMİŞ.....	105

KISALTMALAR LİSTESİ

AWWA	American Water Works Association
AWWS	Al Alamiyah Water Works Services
CARL	Current Annual Reel Losses
DMA	Districts Meter Area
DSİ	Devlet Su İşleri
GIS	Geographic Information System
ILI	Infrastructure Leakage Index
IWA	International Water Association
IWSA	International Water Supply Association
İSKABİS	İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KBS	Kamu Hesapları Bilgi Sistemi
MNF	Minimum Night Flow
NRW	Non-Revenue Water
PRV	Pressure Reduced Valve
TRKE	Teknik Reel Kayıp Endeksi
UARL	Unavoidable Annual Real Losses
UFW	Unaccounted for Water
BKV	Basınç Kırıcı Vana

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 13 Ocak itibariyle barajların doluluk oranlarının yüzde olarak karşılaştırılması (İSKİ, 2009).....	6
Şekil 4.1 Vanalar yardımıyla alt bölge ayrımı (Farley, M, 2001)	22
Şekil 4.2 Sayaçlar ile alt bölge ayrımı (Farley, M, 2001)	22
Şekil 4.3 Minimum gece debisi (McKenzie, RS., 2001)	23
Şekil 4.4 Adım testi vanaları (Farley, M, 2001)	24
Şekil 4.5 Dinleme çubuğu ve zemin mikrofonu elemanları (Farley, M., 2001).....	28
Şekil 4.6 Kaçağı gösteren grafiğin zirve noktası	29
Şekil 4.7 Sızıntı debisi ile basınç ilişkisi	33
Şekil 5.1 Sultanahmet pilot bölgesinin planı	36
Şekil 5.2 Kasım 2007-Ocak 2008 arasında debi eğrisi.....	37
Şekil 5.3 Alt bölge basınç eğrileri	39
Şekil 5.4 Alt bölge basınç eğrileri	40
Şekil 5.5 Alt bölge basınç eğrileri	41
Şekil 5.6 Basınç eğrileri (4. Alt bölge).....	41
Şekil 5.7 Adım testinin sonuçları	42
Şekil 5.8 Adım testi ölçümleri	44
Şekil 5.9 Adım testi sonucu	45
Şekil 5.10 Ön belirleme çalışmasının sonuçları	47
Şekil 5.11 P1 Noktası için model sonuçları.....	48
Şekil 5.12 P3 Noktası için model sonuçları.....	49
Şekil 5.13 P5 Noktası için model sonuçları.....	49
Şekil 5.14 P6 Noktası için model sonuçları.....	50
Şekil 5.15 P10 Noktası İçin Model Sonuçları	50
Şekil 5.16 PRV'lerin Etki Alanını Gösteren Harita	51
Şekil 5.17 Normal abone sayacına seri bağlantı yapılan pilot sayaç	54
Şekil 5.18 İkinci adım testi sırasında Sultanahmet pilot bölgesindeki giriş debisi	59
Şekil 5.19 Yüksek tüketimli abonelerin sayaç verileri	60
Şekil 5.20 Çalışmalardan önce ve sonra su kaçağı debisi (Kasım 2007- Mart 2008)	60
Şekil 5.21 Faturalandırılmayan su miktarındaki değişimler.....	62
Şekil 5.22 Basınç ölçüm noktaları	63
Şekil 5.23 Kasım 2007 – Ocak 2008 debi eğrisi	64
Şekil 5.24 Yüksek bölgenin eğrisi	66
Şekil 5.25 Alçak bölgenin eğrisi.....	67
Şekil 5.26 Fatih pilot bölgesi alt bölgeler içme suyu şebekesi	68
Şekil 5.27 Adım Testi Sonuçları	69
Şekil 5.28 Adım testi ölçümleri	72
Şekil 5.29 Birinci su kaçağı tespiti ve onarımı	73
Şekil 5.30 İkinci su kaçağının tespiti ve onarımı.....	74
Şekil 5.31 Üçüncü su kaçağının tespiti ve onarımı	74
Şekil 5.32 Dördüncü su kaçağının tespiti ve onarımı	75
Şekil 5.33 Şube yolu bağlantısında bulunan su kaçağı.....	76
Şekil 5.34 Abonenin bodrum katındaki su kaçağı.....	76
Şekil 5.35 Fatih pilot bölge permolog içme suyu şebekesi	77
Şekil 5.36 Fatih pilot bölgesi su kaçakları içme suyu şebekesi.....	78
Şekil 5.37 P1 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri	79
Şekil 5.38 P2 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri	80
Şekil 5.39 P3 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri	80

Şekil 5.40 P4 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri	81
Şekil 5.41 P5 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri	81
Şekil 5.42 P7 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri	81
Şekil 5.43 P8 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri	82
Şekil 5.44 P9 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri	82
Şekil 5.45 Hesaplanan ve ölçülen ortalama basınçların karşılaştırılması.....	83
Şekil 5.46 Seçilen noktalarda basıncın düşürülmesi	83
Şekil 5.47 PRVlerin etki alanını gösteren plan.....	84
Şekil 5.48 Fatih güney- doğu bölgesinde basıncın düşürülmesi	87
Şekil 5.49 Fatih güney-doğu sızıntı debisinin düşüşü	87
Şekil 5.50 Fatih üst bölgede (kuzey-batı) basıncın düşürülmesi	88
Şekil 5.51 Üst bölgede (kuzey-batı) monte edilen aktif basınç kontrol cihazı.....	88
Şekil 5.52 Fatih üst bölgede (kuzey-batı) debinin ölçülmesi	89
Şekil 5.53 Fatih bölgesinde ortalama debinin minimum gece debisiyle kıyaslanması	89
Şekil 5.54 Fatih son adım testi debisini gösteren grafik.....	90
Şekil 5.55 Fatih pilot bölgesi son adım testi sonuçları	91
Şekil 5.56 Şubat 2008-Mayıs 2008 tarihleri arasında su kaçağı debisindeki düşüş.....	91
Şekil 5.57 Faturalandırılmayan su kayıplarının değişimi	93
Şekil 5.58 Fatih Güney-Doğu Bölgesi Basınç Yönetimi Çalışması.....	94

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 İstanbul'un Arıtma Tesisleri ve Kapasiteleri (İSKİ, 2008)	4
Çizelge 2.2 Yıllara göre şehre verilen su ile faturalan suyun mukayesesi (İSKİ,2007).....	5
Çizelge 2.3 İstanbul 2007 yılı aylara göre kayıp su oranları(İSKİ,2007).....	6
Çizelge 2.4 Standart IWA su dengesi (IWA,2001)	10
Çizelge 5.1 Alt bölgelere dağılımı yapılmış veri kaydedicilerinin basınç ve sonuçları	38
Çizelge 5.2 Gece yüksek miktarda tüketim yapan sayaç endeksleri	43
Çizelge 5.3 Alt bölge yüksek tüketim abonelerinin toplam tüketimi	43
Çizelge 5.4 Kaçak Su Araştırmaları İçin Öncelikli Bölgelerin Tanımlanması	44
Çizelge 5.5 Aktif basınç kontrol ayarlaması	52
Çizelge 5.7 Normal aboneler için 25 adet tüketim profilinin sonuçları	55
Çizelge 5.8 Yüksek Tüketimli 25 Adet Tüketim Profilinin Sonuçları	56
Çizelge 5.9 Kasım.2007 kayıp su bileşenleri	58
Çizelge 5.10 Sultanahmet Mart 2008 su kayıp oranları	61
Çizelge 5.11 Alt bölge veri kaydedicilerinin ölçümleri	65
Çizelge 5.12 Gece Yüksek Tüketimli Kullanıcıların Sayaç Kayıtları	70
Çizelge 5.13 Gece yüksek tüketim yapan abonelerin tüketimi bölgelere göre ayrılması.....	71
Çizelge 5.15 Fatih şubat 2008 kayıp su bileşenleri	86
Çizelge 5.16 Fatih mayıs 2008 su kayıp oranları	92
Çizelge 5.17 Fatih Güney-Doğu Bölgesi sonuçları	94
Çizelge 6.1 %15 seviyesinde su kayıplarının dağılımı.....	98
Çizelge 6.2 İstanbul arıtma tesislerinde 2007 yılında sarf edilen malzemelerin ve enerjinin maliyeti	99
Çizelge 6.3 2007 Yılında İstanbul içmesuyu şebekesinde yapılan onarımlar	99

ÖNSÖZ

Çalışmanın titizlikle yönetilmesi ve sonuçlandırılmasında yoğun mesaisine rağmen hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Gürdal KANAT' a içten teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans eğitim sürecinde bilgi ve tecrübelerini benimle paylaştıkları için değerli amirlerimden İSKİ Abone İşleri Avrupa 2. Bölge Daire Başkanı Fayik ÖZCAN'a ve İSKİ Abone İşleri Avrupa 1. Bölge Daire Başkanı Maşallah TAYLAN'a, tez çalışmalarımda bana destek olan arkadaşlarım Yük. Müh. Ahmet GÜLEÇ, Melek KARACA, Melek CEMO ve Şinasi YILMAZ' a ve hayat boyu bana en büyük desteği sağlayan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çev.Müh. Zeynep KARACA

ÖZET

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

Kayıp su içmesuyu arıtma tesislerinde üretilen su ile faturalanan su miktarı arasındaki farktır. Fiziksel ve ticari kayıplardan oluşmaktadır. Bu çalışmada kayıp su miktarlarını belirleme yöntemleri ve kayıp su oranını azaltmak için uygulanan teknikler incelenmiştir.

İstanbul'un %27,85 olan kayıp su miktarının bileşenlerini tanımlamak ve yapılması gereken çalışmaları belirlemek için Sultanahmet ve Fatih pilot bölgelerinde vaka çalışması yürütülmüştür. Sultanahmet pilot bölgesinde yapılan çalışmalar sonucunda %14,60 olan kayıp su %5,78 oranına düşürülmüştür. Fatih bölgesinde sadece fiziksel kayıplar incelenmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda fiziksel kayıp oranı %16,97 den %3,46 ya düşürülmüştür.

Vaka çalışmalarının sonuçları İstanbul için örnek alınarak %27,85 olan kayıp su oranının %15'e düşürülmesi halinde elde edilecek kazançlar hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kayıp su, fiziksel ve ticari kayıplar, içmesuyu şebekesi, vaka çalışması.

ABSTRACT

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

Non revenue water is the difference between water amount produced at water treatment plant and the amount of water billed to the customer. Non revenue water has real loss and apparent loss components. During this study man has analyzed the technics; to determine the amount of non revenue water and how to minimize it.

To identify the details of the study and to clarify the components of the non revenue water; needed for Istanbul with 27,85% non revenue water, case studies has been accomplished at Sultanahmet and Fatih pilot regions.

At the end of the study in Sultanahmet non reveue water ratio has been decreased from 14,6% to 5,78%. In Fatih real losses been investigated and according to the study real losses has been dropped from 16,97% to 3,46%.

The results of the casestudies has been projected to Istanbul with 27,85% non revenue water and the revenue of the non revenue water has been calculated when it is decreased from 27,85% to 15%.

Keywords: Non revenue water, real and apparent losses, distribution network, case study.

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Su yeryüzünde canlılığın devamı için alternatifsiz doğal kaynaktır. Sadece yaşam için değil ülkelerin ekonomik kalkınması bakımından da önemlidir. Su varlıklarına göre ülkeler yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarına göre sınıflandırılmaktadır. 1.000m^3 den az olan ülkeler su fakiri, 2.000m^3 den az olanlar su azlığı, 8.000m^3 - 10.000m^3 arası ve fazlası olan ülkeler su zengini olarak sınıflandırılır. Ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.500m^3 civarındadır ve su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır(DSİ,2008).

Dünya nüfusunun artışı, sanayileşmenin ve kentleşmenin hızla büyümesi su tüketimini arttırmaktadır aynı zamanda küresel ısınma su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Su ihtiyacının artması ve mevcut su kaynaklarının yetmemesi su üreticilerini yeni kaynaklar bulmaya yöneltmiştir. Yeni kaynakların temininin parasal yükü su üreticilerini mevcut kaynaklarını korumaya yöneltmiştir. İçme suyu şebekelerinde meydana gelen kayıpların azaltılması artan su ihtiyacını karşılamak ve ekonomiye katkısı açısından önem kazanmıştır.

İçme suyu şebekelerinde kayıp su üretilen su ile faturalanan su arasındaki fark yani gelir getirmeyen su olarak tanımlanır. Kayıp suyun nedenleri fiziksel ve ticari kayıplar olarak ikiye ayrılır. Fiziksel kayıplar borulardaki kırılma ve sızıntılardan, fittings ve şube yollarındaki sızıntılardan kaynaklanmaktadır. Ticari kayıplar kaçak kullanım, sayaç hassasiyeti ve fatura kayıtlarındaki hatalardan kaynaklanmaktadır.

Su kaybının %10 civarında olması kabul edilebilir bir değerdir. Ancak dünyada genellikle bu değer %20–30 civarındadır. Eski şebeke sistemlerinde bu değer %50'lere ulaşmaktadır. Türkiye genelinde bu değer %45 oranında olduğu tahmin edilmektedir. İstanbul'da %28 (İSKİ,2008) dolaylarındadır.

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 su üreticileri ve araştırmacı firmalar su kaybını önlemeye yönelik teknikler geliştirmiş ve çeşitli cihazlar üretilmiştir.

Üretilen su ile nihai kullanıcıların tükettiği su arasındaki fark büyüdükçe üretim maliyeti ve bakım maliyeti artmaktadır. Dünya genelinde su sıkıntısı yaşanmaya başlayınca, su kaçakları kontrollerinin yapılması daha da önem kazanmıştır. Bu sebepten şebeke sistemlerinde kullanılan malzemeden, su işletim sistemlerine kadar yeni gelişmeler

kaydedilmiştir. Hem rezervlerin korunması ve hem halkın ucuza ve kesintisiz su kullanabilmesi açısından bu çalışma İstanbul için önem arz etmektedir.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Kısıtlı su kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması gerektiği açıktır. Suyun kaynağından kullanılacağı yere getirilmesi sırasında iletim ve dağıtım sistemlerinde su kayıpları meydana gelmektedir. Bu çalışma kapsamında içme suyu sistemlerinde meydana gelen kayıp suyun nedenleri ve etkileri irdelenmiştir.

Çalışmanın kapsamında, İstanbul şehir şebekesindeki kaçakların tespiti hedef alınmıştır. İstanbul'un Asya ve Avrupa yakasında bulunan 13 ayrı kaynaktan, birçoğu yenilenen ve geliştirilen isale hatları ile şehir de yaşayan insanların su ihtiyaçları karşılanmaktadır. İSKİ nüfus ve hayat standardına bağlı olarak artan su talebini karşılayabilmek için 2040 yılına kadar tamamlanması planlanan Melen Projesini küresel ısınmanın etkileri nedeniyle hızlandırmıştır. Yeni kaynaklardan su temininin zorluğu ve maliyetinin yüksek olması sebebiyle mevcut kaynakların verimli kullanılması önem kazanmıştır. 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, günümüz de 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.

İstanbul'un bölgelere ayrılıp incelenmesi, yeterli verilerin elde edilmesi yukarıda açıklanan durumlardan dolayı güç olduğundan, bu çalışma İstanbul'un sosyo-kültürel yapısını, yerleşim şeklini ve şebeke durumunu iki farklı açıdan temsil edebilen iki pilot bölge seçilmiştir. İSKİ Abone İşleri 1.Bölge Daire Başkanlığı'na bağlı Sultanahmet ve Fatih bölgelerinde konu ile ilgili iki vaka çalışması yapılmıştır. Bu vaka çalışmalarında pilot

bölgelerin su kaybı tespit edilerek nedenleri belirlenmiş ve kayıp oranının düşürülmesi için oluşturulan eylem planları uygulanmıştır. Kayıp su azaltma çalışmaları İstanbul geneline uygulanmasının gerekliliği ve elde edilecek fayda irdelenmiştir.

2. ŞEBEKE HATLARINDA KAYIP SU DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. İstanbul'da Su

İstanbul'a hizmet veren beş ana su arıtma tesisi bulunmaktadır. Bu tesislere ilave olarak; Haciosman, Kemerburgaz ve Keçesuyu'nda bazı küçük arıtma tesisleri bulunmaktadır. Her bir tesisteki arıtma tesislerinin kapasiteleri Tablo1'de belirtilmektedir. Şehre verilen su 950.918 metre isale borusu ve 15.248 metre şebeke borusu ile iletilmektedir.

Çizelge 2.1 İstanbul'un Arıtma Tesisleri ve Kapasiteleri (İSKİ, 2008)

Arıtma Tesisleri	Kaynak Kapasite (m ³ /gün)	İsale Kapasitesi (m ³ /gün)	Arıtma Kapasitesi (m ³ /gün)	Şehrin Su Talebi (m ³ /gün)
Kağıthane Tesisleri (Terkos+Alibeyköy ve Istranca Barajları)	1.430.000	1.808.000	700.000	400.000
İkitelli Fatih Sultan Mehmet Han (Terkos+Sazlıdere ve Istranca Barajları)		1.250.000	800.000	300.000
Ömerli Tesisleri (Ömerli+Darlık Barajı, Yeşilvadi Regülatörü, Şile Keson Kuyuları, Yeşilçay Regülatörü, Melen Çayı)	2.110.000	2.000.000	1.550.000	1.000.000
Büyükçekmece Tesisleri B. Çekmece Barajı	275.000	500 000	400 000	200.000
Elmalı Tesisi (Elmalı I ve Elmalı II Barajı)	40.000	110.000	40.000	36.000
Diğer (Bentler ve Kuyular, Şile ve Taşoluk Tesisi)	128.250	375.000	97.250	55.000
Toplam Kapasite (m³/gün)	3.983.250	6.043.000	3.587.250	1.991.000
Toplam Kapasite (m³/yıllık)	1.453.886.250	2.205.695.000	1.309.346.250	726.715.000

İstanbul' un kayıp su miktarı hesaplanırken şebeke sistemindeki debimetrelerin ölçüm değerleri kullanılır. Bu nedenle isale hatları üzerindeki depolardan oluşan sızıntılar ve depolardan tahliye edilen sular gibi Su Temini yapılarında oluşan kayıplar değerlendirmeye

alınmamaktadır. Şebekeye verilen su ile faturalandırılan su kıyaslanarak kayıp su miktarı kısmen belirlenebilmekte, üretilen toplam suya göre hesap yapılmadığı için maliyet analizi ve tahsilattan gelen gelir analizi kıyaslanamamaktadır. Yıllara göre müşteri adetlerindeki artış ve kayıp su oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir. 1994 yılında yapılan boru yenileme çalışmaları sonucunda %50 dolaylarındaki su kayıp miktarı %27'ye inmiştir.(Yüksel vd., 2004)

Çizelge 2.2 Yıllara göre şehre verilen su ile faturalan suyun mukayesesi (İSKİ,2007)

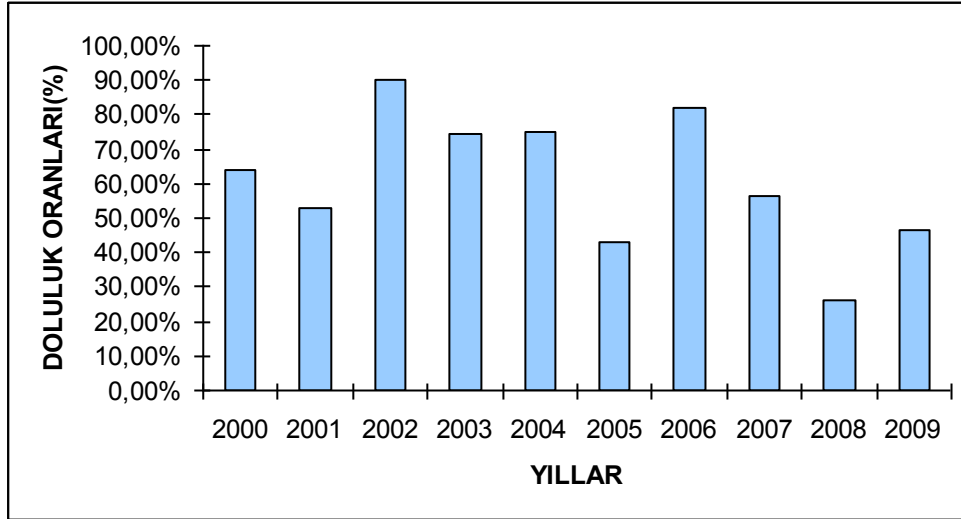
YIL	FATURALANAN TOPLAM M3	ŞEHRE VERİLEN SU M3	AKTİF MÜŞTERİ ADETLERİ	SU KAYBI %
1991	223.190.566	426.067.000	-	47,62%
1992	254.137.022	508.405.000	-	50,01%
1993	254.784.311	495.776.000	1.519.188	48,61%
1994	251.308.053	386.816.000	1.609.343	35,03%
1995	252.420.061	524.824.000	1.851.196	51,90%
1996	327.129.773	552.132.000	2.014.903	40,75%
1997	380.891.741	570.104.000	2.211.945	33,19%
1998	372.865.412	598.741.463	2.404.331	37,73%
1999	382.178.108	617.810.000	2.631.400	38,14%
2000	389.242.782	615.514.000	2.877.404	36,76%
2001	413.402.830	639.232.943	3.032.502	35,33%
2002	412.457.158	669.323.000	3.179.118	38,38%
2003	442.044.962	692.238.685	3.320.728	36,14%
2004	463.399.155	709.051.751	3.503.313	34,65%
2005	499.217.537	697.507.414	3.668.768	28,43%
2006	516.540.436	732.051.451	3.882.687	29,44%
2007	515.349.367	714.314.283	4.060.779	27,85%

Aşağıdaki çizelgede 2007 yılı içinde aylara göre şehre verilen su ve faturalandırılan suyun miktarları ve kayıp su oranları görülmektedir.

Çizelge 2.3 İstanbul 2007 yılı aylara göre kayıp su oranları(İSKİ,2007)

AYLAR	FATURA ADEĐİ	TAHAKKUKU YAPILAN M ³	BEDELSİZ TÜKETİM M ³	KARTLI SAYAÇ M ³	TEŞPİT EDİLEN KAÇAK SUM	HAMİDİYE M ³	TOPLAM M ³	ŞEHRE VERİLEN SU M ³	KAYIP SU %
OCAK	2.181.708	43.537.986	477.069	1.201.401	598	94.464	45.311.518	59.322.754	23,62%
ŞUBAT	2.082.312	39.246.578	430.097	1.190.330	16.127	91.328	40.974.480	53.490.695	23,40%
MART	2.505.956	41.632.256	556.370	1.293.543	21.210	109.200	43.612.579	58.724.456	25,73%
NİSAN	2.242.901	37.700.593	503.483	1.269.681	89.546	106.320	39.669.623	58.225.930	31,87%
MAYIS	2.368.646	43.423.259	540.313	1.318.438	26.247	118.000	45.426.257	62.657.748	27,50%
HAZİRAN	2.228.177	42.631.346	404.828	1.370.744	40.743	104.288	44.551.949	61.903.759	28,03%
TEMMUZ	2.290.350	43.568.636	525.409	1.317.290	2.911	105.440	45.519.686	63.648.041	28,48%
AĞUSTOS	2.344.012	43.214.702	562.148	1.304.780	3.455	104.048	45.189.133	61.434.224	26,44%
EYLÜL	2.314.000	39.580.275	398.536	1.286.541	8.420	81.266	41.355.038	60.120.704	31,21%
EKİM	2.324.293	41.182.775	796.105	1.681.127	9.577	80.035	43.729.619	60.572.544	27,81%
KASIM	2.376.724	41.011.644	392.564	1.277.767	2.611	47.534	42.732.120	56.412.954	24,25%
ARALIK	2.190.783	34.034.093	447.432	1.258.069	2.448	45.901	37.277.385	57.800.474	35,51%
TOPLAM	27.449.862	490.764.143	6.034.354	15.769.711	223.893	1.067.824	515.349.367	714.314.283	27,85%

Küresel ısınma nedeniyle 2007 yılında İstanbul'da yağış miktarının azalması baraj doluluk seviyelerinin %25 civarlarına düşmesine ve uzun vadede su sıkıntısı yaşanmasına neden olmuştur.



Şekil 2.1 13 Ocak itibariyle barajların doluluk oranlarının yüzde olarak karşılaştırılması (İSKİ, 2009)

2.2. Kayıp Suyun Tanımı

Arıtma tesislerinde üretilen ve dağıtımına sunulan su ile faturalandırılan su miktarı arasındaki fark kaydedilemeyen su veya kayıp su olarak tanımlanır.

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

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

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

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

2.2.1. Fiziksel Kayıplar

Fiziksel kayıplar; kullanılan malzemenin kalitesi, şebeke inşaatındaki işçilik kalitesi, şebeke yaşı, işletme basıncı ve şebeke bakımı ile doğrudan ilgilidir. Fiziksel kayıpları oluşturan nedenler;

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

2.2.2. Ticari Kayıplar

Ticari kayıplar illegal veya kontrolsüz kullanım ile sayaçların hassasiyetlerinden kaynaklanmaktadır. Fiziksel kayıplardan farkı, harcanan su kullanılmasına karşın gelir hanesine girmeyen sudur. Fiziksel kayıplara göre tespit edilmesi ve kontrol altında tutulması daha kolaydır. Ticari kayıpları oluşturan bileşenler;

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

2.3. Su Bilanço Yönetimi

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

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

2.3.1. Mevcut Su Dağıtım Sisteminin Değerlendirilmesi:

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

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

2.3.2. Su Dengesinin Hesaplanması

Su dengesinin hesabı için şebekeye giren ve tüketilen su ölçülür, kayıp su hesaplanır.

Çizelge 2.4 Standart IWA su dengesi (IWA,2001)

		Faturalandırılan İzin Verilen Tüketim	Ölçülen Faturalandırılan Tüketim	Faturalandırılan Tüketim
			Ölçülmeyen Faturalandırılan Tüketim	
GİREN SU	İZİN VERİLEN TÜKETİM	Bedelsiz Tüketim	Ölçülen Bedelsiz Tüketim	KAYIP SU (NRW)
			Ölçülmeyen Bedelsiz Tüketim	
		Ticari Kayıplar	İllegal Kullanım	
			Sayaç Hataları	
			Faturalama Kayıpları	
	KAYIPLAR	Fiziksel Kayıplar	İsale ve Şebeke Borularındaki Kaçaklar	
			Şube Yolu Bağlantılarındaki Kaçaklar	
			Depolardaki Taşkınlar ve Kaçaklar	

2.3.2.1. Şebekeye Verilen Su

Bu adımda tüm su kaynakları ve tedarik edilmiş suyun miktarı tanımlanmalı. Şebekeye girişte ölçüm yapan sayaçların kalibrasyonu yapılmalı. Depoların ve arıtma tesislerinin giriş ve çıkışta sayaç tesis edilmelidir. Pompa eğrileri kontrol edilmelidir(Farley ve Liemberger, 2004a).

2.3.2.2. Ölçülmüş Tüketim

Ölçülmüş tüketimi hesaplamak için faturalama kayıtları kullanılır. Tüketici profilleri konut ve ticari (konut olmayan) olarak tanımlanır. Bir ayın üstündeki veya üç aylık faturalama

dönemine göre düzenlenmiş fatura bilgilerini ortalama günlük debiye dönüştürülür. Yüksek tüketim ve düşük tüketim aboneleri takip edilmelidir.

2.3.2.3. Bedelsiz Tüketim:

Bedelsiz grubu oluşturan cami, mezarlık ve park, bahçe gibi kamuya ait ortak alanlar tanımlanır. Kullanılan su miktarının hesaplanabilmesi için sayaç takılması gerekmektedir.

2.3.2.4. Kaçak Kullanım (İllegal Kullanım):

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

2.3.2.5. Sayaç Hassasiyeti ve Sayaç Okuma Hataları:

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

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

2.3.2.6. Toplam Su Kaybın Hesaplanması

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

$$NRW = \text{Fiziksel Kayıplar} + \text{Ticari Kayıplar} + \text{Bedelsiz Tüketim} \quad (2.1)$$

Diğer bir ifadeyle;

$$\text{Su Kaybı (m}^3\text{)} = \text{Verilen su (m}^3\text{)} - \text{Faturalanan su (m}^3\text{)} \quad (2.2)$$

$$\text{Su Kaybı (\%)} = \frac{\text{Su Kaybı (m}^3\text{)} (\text{Faturalandırılmamış su hacmi})}{\text{Verilen Su (m}^3\text{)}} \quad (2.3)$$

$$\text{Su Kaybı (m}^3\text{/gün.km)} = \frac{\text{Su Kaybı (m}^3\text{)}}{\text{Şebeke Uzunluğu (km)} * \text{Gün}} \quad (2.4)$$

Bunun yanında hesaplanamayan su da bulunmaktadır (UFW).

$$UFW = \text{Fiziksel Kayıplar} + \text{Ticari Kayıplar} \quad (2.5)$$

Diğer bir ifadeyle ;

$$\text{Su Kaybı (m}^3\text{)} = \text{Verilen su (m}^3\text{)} - \text{Faturalandırılan su (m}^3\text{)} - \text{Bedelsiz tüketim (m}^3\text{)} \quad (2.6)$$

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

$$\text{Fiziksel Su Kaybı (L/gün.Bağlantı)} = \frac{1000 * \text{Su Kaybı (m}^3\text{)}}{\text{Bağlantı sayısı} * \text{Gün}} \quad (2.7)$$

$$\text{Lineer Gece Endeksi (m}^3\text{/gün.km)} = \frac{\text{Minimum Gece Debisi (m}^3\text{/gün)}}{\text{Şebeke Uzunluğu (km)}} \quad (2.8)$$

$$\text{Lineer Tüketim Endeksi (m}^3\text{/gün.km)} = \frac{\text{Aylık tüketim (m}^3\text{/gün)}}{\text{Şebeke uzunluğu (km)}} \quad (2.9)$$

$$\text{Lineer Bağlantı Endeksi (bağlantı/km)} = \frac{\text{Bağlantı sayısı}}{\text{Şebeke uzunluğu (km)}} \quad (2.10)$$

2.3.2.7. Şebeke Hatlarında Meydana Gelen Sızıntının Hesaplanması

Sistem Performans Göstergeleri

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

Altyapı Sızıntı Endeksi (ILI)

$$ILI = \text{CARL} / \text{UARL} \quad (2.11)$$

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

UARL: Mevcut şebeke basıncında teknik olarak ulaşılabilecek en düşük fiziksel kaybın yıllık hacimi ifade eder. UARL hesabı için IWA Water Losses Task Force (1996-99) yıllarında geliştirilmiş aşağıdaki (2.12) numaralı formül kullanılır. 5000 den fazla şube yolu bağlantısı, 25 metreden fazla basınç ve 20 şubeyolu/km den fazla şebekelerde bu hesaplama yöntemi kullanılır(Lambert ve Fantozzi, 2005).

$$\text{UARL (Litre/Gün)} = (18 \cdot L_m + 0,80 \cdot N_c + 25 \cdot L_p) \cdot P \quad (2.12)$$

- L_m = İsale Hattı Uzunluğu (km)
- N_c = Şube Yolu Bağlantılarının Sayısı
- L_p = Dağıtım Şebeke Hattı İle Abone Sayacı Arasındaki Toplam Uzunluk (km)
- P = Ortalama Basınç (m)

Teknik Reel Kayıp Endeksi (TRKE) :

$$\text{TRKE} = \text{Verilen Su} - \text{Ticari Kayıplar} - \text{Faturalandırılmayan Ölçülmüş Su} \quad (2.13)$$

3. ŞEBEKE HATLARINDA GÖRÜLEN SIZINTININ NEDENLERİ VE ETKİSİ

3.1. Sızıntının Nedenleri

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

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

3.1.1. Yetersiz Contalama

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

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

3.1.2. Şebeke Hatlarındaki Yapısal Hasarlar

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

3.1.2.1. Korozyon:

Birçok metalik borunun hasara uğrama sebebi korozyondur. Metaller oksitlenerek cevher haline dönmek isterler. Korozyon çelik borunun demir kısmının oksitlenip karbonu terk ettiği doğal bir olaydır. Bu prosese grafitizasyon adı da verilir (AWWA, 1987). Korozyon nedenli metalik borular dayanıklılığını kaybeder. Korozyonun şiddeti toprak tipine ve diğer

çevre şartlarına bağlıdır. Boru çevresini saran toprak kuru ve özdirenci yüksek ise korozyon yavaş ilerlemektedir.. Nemli toprakta düşük direnç sebebiyle korozyon hızlanacaktır. Ayrıca galvanik etki yaratması sebebiyle farklı metallerle temas sonucu korozyon hızlanmaktadır. Meydana gelen korozyon ürünleri ayrıca boru iç duvarlarında birirmektedir, akış kapasitesini, basıncı ve su kalitesini düşürmektedir (AWWS, 2002).

3.1.2.2. Erozyon:

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

3.1.2.3. Aşırı Yük :

Aşırı dış yükler boru kırıklarının oluşmasını tek başına en büyük nedenidir. Dış yüklerin olduğu durumlar (a) yanlış kurulum uygulamaları veya malzeme kalitesinin yetersizliği, (b) yüzeydeki yatağın veya yük koşullarının değişmesi, (c) kazı çalışmalarının etkisi.

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

1. üretimin hatalı olduğunu,
2. borular nakliye esnasında zarar görmüş olabileceğini,
3. boruların uygunsuz döşenmiş olabileceğini gösterir.

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

3.1.2.4. İç Basınç:

Su borusundaki ani basınç değişiklikleri sebebiyle (koç darbesi) boru içi hasarlar meydana gelir..

Yangın musluklarının test esnasında veya yangın anında kullanıldıktan sonra ani kapatılması su kabarmasına neden olur. Pompaların kapatılması veya açılması durumunda da meydana gelebilir. Koç darbesi etkilerini minimuma indirmek için uygun vanaların kurulumu, güvenli işletme prosedürleri ile basınç kontrolü sağlanmalıdır..

3.1.2.5. Sıcaklık Etkisi:

Sıcaklık şehir şebekesini iki şekilde etkilemektedir:

- a. Büzülme ve genleşme noktalarında gerilim yaratması
- b. Buzlanma sırasında topraktaki nemin genişlererek dış kuvvet olarak baskı yaratması (Moser, 2001).

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

3.1.2.6. Şebeke Yaşı :

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

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

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

3.2. Sızıntının Etkileri

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

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

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

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

4. SIZINTININ ARAŞTIRILMASI VE TESPİTİ

4.1. Sızıntıyı Bulma Yöntemi

Su kaçağının yerinin ve miktarının tespitinde pasif ve aktif olmak üzere iki yöntem bulunmaktadır. Eğer kaçak su toprağın üzerine çıkıyorsa yani görülebiliyor veya şikayetler ile tespit ediliyorsa, buna “pasif yöntem” denir. Zemine çıkmayan toprak altında kalmış fark edilmeyen su kaçaklarının sistemli çalışmalarla bulunması aktif yöntemdir. Su kaçağı bulma yöntemlerinden bazıları bölgedeki toplam kaçak miktarını bulmak için bazıları ise boru hattındaki kaçağı bulmak içindir.

Su idareleri su tüketiminin aşırı gözüktüğü bölgede su dağıtım sistemini alt bölgelere ayırır. Önceden tanımlanmış bölgelerde sızıntıya neden olan boru kırık ve hasarların yeri tespit edilir. Sızıntıyı bulmak için uygulanan ilk adım direk metot sızıntı sesinin dinlenmesidir. Duyulabilir sızıntıyı bulmada elektronik dinleme cihazları kullanılır. Bu cihazlar sadece kaçağın yerini tespit etmek için kullanılır miktarı hakkında bilgi vermez. Duyulabilir sızıntıyı bulmaya ilave olarak sızıntı bulmanın birçok indirekt yolu vardır. Bunlar sızıntının yerini tam olarak saptamada daha etkin yöntemlerdir.

Sızıntıyı sıfıra indirmek pratik olarak mümkün değildir. Şebeke sistemlerinde bulunması ve tamiri kolay olmayan çok fazla sayıda sızıntı vardır(Morais ve Almedia, 2007).

4.2. Sızıntı Kaynaklarında Ölçüm Yöntemleri

4.2.1. Depolar

Depolardaki sızıntılar “seviye düşüş” (reservoir drop) testi ile tespit edilir. Amaç depo giriş ve çıkış vanaları kapalı iken test süresinde su seviyesindeki düşüş miktarını tespit etmektir.

Depo doluyken giriş ve çıkış vanaları kapatılır. Zamanla su seviyesindeki düşüş ölçülür. Eğer depo bölmeli ise her bir kısım ayrı izlenmelidir. Susuzluğa neden olmamak için şebekede su ihtiyacının en az olduğu gece saatlerinde test yürütülür. Test en az 4 saat sürdürülür 12 saat ve üstü süre tercih edilebilir.

$$\text{Sızıntının Miktarı (m}^3\text{/saat)} = \frac{(d1-d2)*A}{T} \quad (4.1)$$

D1: İlk Derinlik (m)

D2: Son Derinlik (m)

A: Deponun Yüzey Alanı (m³)

T: Test Süresi (saat)

4.2.3. İsale Borular

Suyu kaynaktan şebeke borularına iletme görevini yapan ana isale borularındaki sızıntıyı tespit etmenin iki yöntemi vardır.

a. By-Pass Yöntemi

Bu metodu kullanmak için ana borular kullanım dışı bırakılmalıdır. Test yapılacak borudan herhangi bir bağlantı olmamalı, varsa da test süresince kapalı tutulmalıdır.

Uygulanacak adımlar;

Araştırmanın yapılacağı mesafe vanalar arasındaki mesafeye bağlıdır. Bu mesafe 1-5 km arasında olmalıdır. Çalışılacak hat belirlendikten sonra testin yapılacağı boru aralığındaki her iki uçtaki vana kapatılmalı ve sızdırmazlığın sağlandığından emin olunmalıdır. Ana vanaya yakın yerlere bypass yapılarak 25 mm debi ölçer konulmalıdır.

Testin başlangıcında ve bitiminde sayaç okumaları kaydedilmelidir. Test süresi mümkün olduğunca uzun tutulmalı en az 1 saat olmalıdır. Testin başlangıcındaki ve bitişindeki sayaç okumaları arasında fark varsa çalışılan hatta kaçağın olduğunu gösterir,

$$\text{Sızıntı (litre/saat)} = \frac{\text{Test Boyunca Sayaçtan Geçen Debi(litre)}}{\text{Test Süresi (saat)}} \quad (4.2)$$

Ana borularda sızıntı litre/km/saat olarak ifade edilir.

$$\text{Sızıntı (litre/km/saat)} = \frac{\text{Test Boyunca Sayaçtan Geçen Debi(litre)}}{\text{Test Süresi (saat)} * \text{Boru Uzunluğu (km)}} \quad (4.3)$$

b. Çift Sayaç Ekleme

Test altındaki ana borunun iki ucuna sayaç yerleştirilir. Eğer çalışma yapılan hatta bağlantı varsa bağlantıya sayaç takılarak ana borudan çekilen miktar (tüketilen) kontrol edilmelidir. Test süresi iki gündür. Sayaçtan kaynaklanan hataları ortadan kaldırmak için 1. gün sonunda sayaçlar değiştirilir. Test başlangıcında ve sonucunda veri kaydediciler okunarak sızıntı L/km/saat cinsinden hesaplanır. By pass yöntemine göre su kesintisi yapılmadığı için avantajlıdır.

4.2.3. Şebeke Sistemi

Şebeke sisteminin karmaşıklığı ve büyüklüğünden dolayı sızıntıyı direk ölçmek her zaman mümkün olmamakta, tek sayaçla beslenen küçük şebekelerde ölçülebilmektedir. Şebeke sistemlerinde sızıntı, sisteme veya sistemin bir bölümüne giren gece debisi (MNF) hesaplanarak çıkarılır. Depoyla beslenen bölgelerde “seviye düşüş testi” veya şebeke sistemini temsil edebilecek bir alt bölgeyi izole ederek gece tüketimi ölçülür.

Sızıntı debisini hesaplamak için tüketimin en düşük olduğu gece saatlerinde izole edilmiş alt bölgeye giren debi yani minimum gece debisi ölçülür. Su tüketiminin en az olduğu zaman gece 2-4 saatleri arasındır. Bu saatlerde tüketim çok az olduğu için bölgeye verilen debinin büyük kısmı sızıntı debisidir. Gece su kullanan yüksek tüketim abonelerinin sayaçları izlenerek kullandıkları su hesaplanmalıdır. Minimum gece debisinden gece kullanıcılarının tüketimi çıkarılarak net gece debisi hesaplanmalıdır(Morrison, 2004).

Seviye düşüm test metodu depo sızıntısını hesaplamak için kullanılan yöntemin benzeridir. Bu yöntemdeki fark deponun çıkış vanası kapatılmaz. Depo giriş vanası kapatılarak depodaki su seviyesi gece boyunca gözlemlenmelidir. Seviyedeki düşüş gece tüketimi ve sızıntıyı verir. Çalışmaya başlamadan önce vanaların sızdırmazlığı kontrol edilmiş olmalıdır.

Eğer bu sistemler kesintili ise bölgeyi daha iyi anlayabilmek ve emin olmak için geçici olarak sürekli tedarik sistemine çevrilmelidir. Sistem tanklar doldurularak gece debi ölçümleri alınmadan önce (48 saat için) denge halinde tutulur.

Seçilmiş bölgelere giren debiyi izleme araçları

- a. Mevcut bölge sayaçları
- b. Test için özellikle tesis edilmiş sayaçlar
- c. Geçici olarak kurulmuş probe sayaçlar

4.3. İçmesuyu Şebeke Sistemlerinde Sızıntı Tespiti

Sızıntı bulma çalışmaları birbirini takip eden adımlardan oluşur. Şebeke üzerindeki ayarlanabilir vanalar sayesinde birbirinden izole edilecek alt bölgelere ayrılır ve her alt bölge girişine sayaç tesis edilir. Daha sonra geleneksel adım testinin varyasyonlarından uygun olanı uygulanır.

Adım testi sonucunda sızıntının yüksek olduğu alt bölgeler derecesine göre sıralanarak araştırma yapılacak bölgeler ve sırası belirlenir. Daha sonra alt bölgelerde ön belirleyiciler (prelakatör), korelatör ve zemin mikrafonları yardımıyla sızıntının tam yeri tespit edilir.

4.4.1. Bölgesel Ölçümleme Analizi

Bu analiz sürekli veya geçici alt bölgelerin seçimini ve daha sonra bölgeler içindeki debilerin ilişkilendirilmesini içerir. En kabul gören yaklaşım gece debisini ortalama günlük debi yüzdesi şeklinde hesaplamaktır. Eğer yüzde büyükse sızıntı potansiyeli yüksektir. Sızıntının tam olarak yerini tespit edebilmek için yüksek gece ve günlük debi oranları tüm bölgelerde tanımlanmalı ve programlanmalı. İlk olarak sızıntının yeri tespit edilerek onarılmalı, debi olması gereken normal orana dönmelidir. Onarımdan sonra tekrarlama olasılığına karşılık bölge izlenmeye devam edilebilir.

Debi analizi, alan içindeki sızıntının seviyesini hesaplar. Sadece sızıntıyı azaltma çalışmaları için değil farklı bölgelerin sızıntı seviyelerini mukayese etmek ve yapılan sızıntı bulma çalışmalarının faydalarını izlemek için analizler yapılır(Morrison, 2004).

4.4.2. Alt Bölge Oluşturulması

Alt bölgelerin (DMA) girişinde tesis edilen debimetrelerden veri kaydediciler yardımıyla alınan ölçümler gözlemlenir. Alt bölgelerin tasarımı yapılırken hedeflenen sızıntı seviyesi araştırılmasında, bölgenin coğrafyası, konut yoğunluğu ve su kalitesi dikkate alınmalıdır.

DMA yaklaşımı ile şebeke sistemi kontrol edilebilir alanlara bölünerek bu alanlara giren debi ölçülür ve kırıkların yerleri tespit edilir(Morrison, 2004).

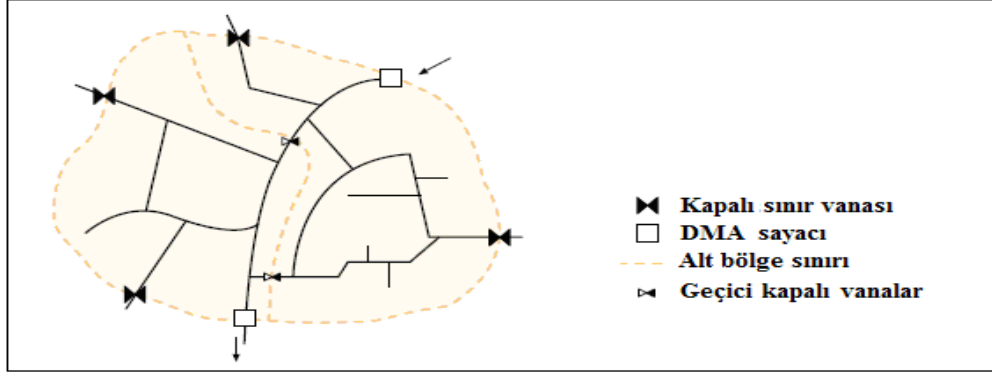
Alt Bölgenin boyutu içerdiği konut sayısı ile ifade edilir. DMA'nın boyutu bölgenin coğrafi özellikleri, hidrolik şartlar, daha önceki sızıntı kontrol tekniği ve çalışma sonucunda hedeflenen sızıntı seviyesine bağlıdır(Brothers vd., 2004).

Uygulamada DMA'lar içerdiği hane sayısına göre üç kategoriye ayrılır:

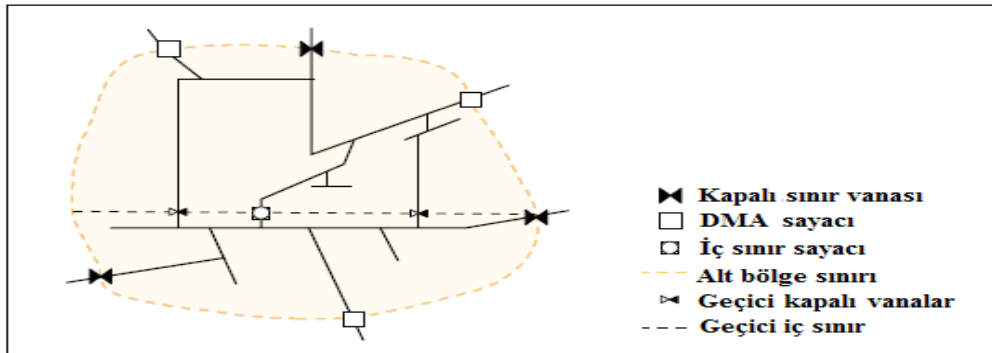
- Küçük: <1000 konut
- Orta: 1000-3000 konut
- Büyük: 3000-5000 konut.

Büyük şehirlerde konut yoğunluğu sebebiyle DMA'lar 3000 konuttan daha büyük olabilir. Kırsal alanlarda tam tersi durum söz konusudur. Alt bölge tek bir köyden ya da köylerden oluşabilir (geniş coğrafi alandaki küçük sayıda hane).

Eğer bir DMA 5000 Haneden daha büyükse, gece debisinden küçük sızıntıları ayırmak zordur ve bulmak daha uzun zaman alır. Çalışmanın verimli olamayacağı geniş DMA'lar geçici olarak vanaları kapatarak daha küçük alt bölgelere bölünebilir. DMA'lar daha küçük alt bölgelere vanalar veya sayaçlar vasıtasıyla ayrılabilir. Aşağıdaki şekil 4.1 de vanalar vasıtasıyla, şekil 4.2 de sayaçlar vasıtasıyla alt bölgelerin bölünmesi gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Vanalar yardımıyla alt bölge ayrımı (Farley,.M,2001)



Şekil 4.2 Sayaçlar ile alt bölge ayrımı (Farley,.M,2001)

Tasarım aşamasında tam konut sayımı gerekli değildir ama daha sonra sistem işletildiğinde net gece akışlarını hesaplamak için önemlidir. DMA boyutunu 500 ile 3000 konut arasında tanımlanmasını sağlamaya yetecek bilgi sağlanmalıdır. Coğrafi Bilgi Sistemi, fatura kayıtları, kod sonrası bilgiler ya da cadde bazında araştırmalar ile konut sayısı elde edilir.

Alt bölge sınırları belirlenirken tecrübeler ve mevcut durum değerlendirilmeli, düşük basınç alanları ve sınırları oluştururken vanaların kapatılmasından veya yöntemin uygulanmasından olumsuz etkilenecek alanların önceden belirlenmesi gerekmektedir.

Bir sınır sadece DMA' nın geniş tasarım kriterlerine uymakla kalmamalı aynı zamanda olabildiğince az borudan geçmelidir. Sınır, doğal coğrafi ve hidrolik sınırları kullanarak “en

az direnç hattını” takip etmelidir. Amaç kurulum, işletim ve bakım maliyetini minimize etmektir.

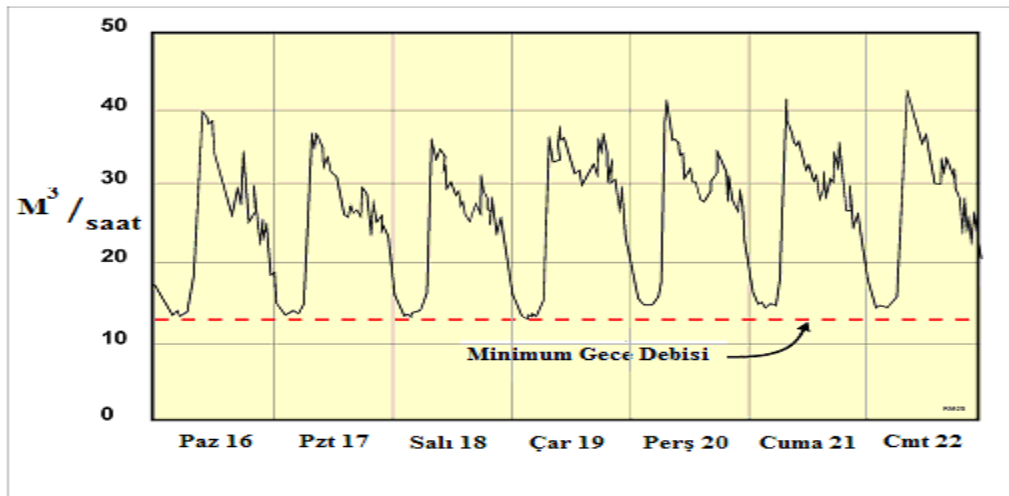
Mümkün olduğunda, ana dağıtım boruları (300 mm çaptan büyük olanlar) maliyetli ölçer kurulumlarından kaçınmak ve daha da önemlisi akım bilgisinin doğruluğunu iyileştirmek için DMA’ lardan çıkarılmalıdır. Bir DMA’ya giren geniş akış oranı tekrar sistemin diğer parçalarına dağıldığında, bu ilçedeki talep tahmini doğruluğu görece olarak zayıftır. Bu giren akış ve çıkan akış değişikliklerinin DMA talebinde büyük değişiklikler uygulaması sebebidir.

Sınırlar oluşturulduğunda kapatılan vanalar nedeni ile istenen şebeke basıncı muhafaza edilemiyorsa bunların yerine debimetre takılması en uygunudur.

4.4.3. Adım Testi

Adım testi şebeke sistemindeki bir alan içinde su kaybını ve yerini tespit etmenin debiye dayalı etkili bir metottur. Yüksek sızıntı alanlarını tanımlamak için özellikle çok uygun bir yöntemdir. Ayrıca geleneksel dinleme metodunun daha verimsiz olduğu ve sızıntı sesini absorplayan plastik borularda bu yöntem daha etkilidir (Lawrence, 2000). Adım testi bölgeleri birbirinden ayrılarak izole edilmesini içerir. Bölge sayaçları debi bilgilerini kaydeder. Eğer izole edilmiş bölgede sızıntı varsa debide önemli bir düşüş gözlenir. Düşüş sızıntının hacmi konusunda fikir verir. Adım testi altındayken bölgedeki tüketicilerin bilinmesi önemlidir.

Adım testi kullanımım en az olduğu gece saatlerinde gerçekleştirilir. Oluşturulan alt bölge girişine tesis edilmiş debi metreden geçen debi sızıntı debisi ve gece kullanıcılarının kullandığı suyun debisidir. Adım testi sırasında gece kullanıcılarının sayaçları okunarak tükettikleri debi bulunur ve kalan debi sızıntı debisi bulunur.



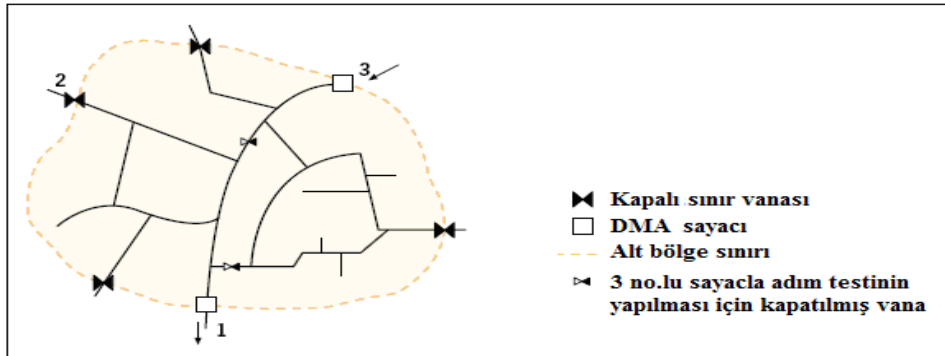
Şekil 4.3 Minimum gece debisi (McKenzie, RS.,2001)

Adım testinin amacı bölgenin ya da şebeke hattının en yüksek su kaybı yaşanan bölümlerini yani araştırmada öncelikli bölümlerinin belirlenmesidir.

Her bir alan için ana borunun girişine debimetre yerleştirilir. Tekniğin prensibi vanaları sırasıyla kapatarak sistematik olarak alanın boyutunu küçültmek aynı zamanda sayaçtaki debi değişimlerinin kaydedilmesidir. Debideki büyük düşüş en son kapatılan alandaki borularda sızıntı olduğunu gösterir.

İki tip adım testi bulunmaktadır. Geleneksel olanda vanalar sırasıyla kapatılır, çalışma sayaca en uzak bölgeden sayaca doğru yürütülür. Test tamamlandığında vanalar açılır. Bu teknik diğerine göre daha az kullanılır çünkü vanaları kapatarak su ihtiyacı engellenir ve kapatıp açmak suyun kirlenmesine neden olur. Son teknik, debimetre ve data toplayıcılardaki gelişmelerin yardımı ile kısa adımlar serisi şeklinde uygulanır, DMA'nın bölgeleri kısa süreliğine izole edilir. Bu teknik sayaca yerleştirilmiş uzaktan kumandalı (remote) sayaç okuma cihazları, radyo veya cep telefonu kullanımına ihtiyaç duyar. Debi miktarları saha operatörlerine ulaştırılır.

Bazı yüksek tüketim aboneleri gece önemli miktarda su tüketebilmektedir. Bu aboneler tespit edilerek adım testi yürütülürken sayaç okumaları yapılmalıdır. Normal abone ve yüksek tüketim abonelerin gece su sarfiyatı bölge girişindeki debi okumalarından çıkarılmalıdır.



Şekil 4.4 Adım testi vanaları (Farley, M, 2001)

a. İzolasyon Yöntemi: Bu yöntemde test boyunca kapalı vanalar olan bölümlerine su verilmemektedir.

- Döngüsel vanaları kapama
- Sayaçtan en uzak adım vana ile başlayarak, vanaları sırasıyla kapama
- Eğer herhangi bir adımdaki vana tam kapalı değil ise bir sonraki vana kapatılana kadar debide bir değişim olmayacaktır.

- Vanalar sırasıyla düzenli olarak sayaca doğru kapatıldığında debi sıfır olacak şekilde uygulanır.
- b. Aç-Kapa Yöntemi: Bu yöntemde de alt bölge vanaları her adımda kapatılır ama sayaç okumaları kaydedildikten hemen sonra tekrar açılır. Gece su kullanan aboneler için izolasyon yönteminin dezavantajını ortadan kaldırır. Adımlardan birinde bir patlak tanımlanır ise tekrar su verildiğinde suyun havalanma ve renginde bozulma ihtimali göz önüne alınmalıdır.
- c. Geri Besleme Yöntemi: Bu yöntem; izolasyon yönteminde olduğu gibi kapamanın benzer etkileri ile kullanılır. Fakat bir vana her kapatıldığında diğeri peşinden açılır, ilk olarak sınırdaki vanaların kapatılması ile başlanır. Suyun şebekenin diğeri bir bölümünden beslenmesine olanak sağlanır.

Adım testinin dezavantajları:

- Gece yürütüldüğü için mesai ücretinin fazla olması ve devamındaki günlerde personelin izin kullanması.
- Çalışmanın planlandığı bölgedeki abonelere önceden haber verilmesinin gerekliliği nedeni ile zaman kayıplarının oluşması.
- Zayıf borularda patlamalara ve suyun kirlenmesine neden olur.

Tipik bir Alt Bölge Adım Testi aşamaları;

- Şebekenin incelenmesi: Çalışılacak bölge incelenerek boruların uzunlukları, malzemesi ve çapları kontrol edilerek coğrafi bilgi sistemindeki eksik veriler güncellenir. Asfalt altında kalmış vanalar tespit edilerek ulaşılabilir konuma getirilir. Vanaların açık kapalı konumları tespit edilir. Alt bölgeler oluşturularak sıfır basınç testi ile kontrol edilir.
- Şebeke girişine sayaç veya debimetre tesis edilir. Alt bölgelerin giriş vanalarının sızdırmazlığı kontrol edilir.
- Adım testi alanının hazırlanması: Alandaki konut sayısı çıkarılır. Veri tabanı incelenerek bedelsiz tüketiciler ve gece su tüketicileri tespit edilir (bar, otel..).
- Teste başlamadan önce bütün sınır vanalar kapatılır,
- 2 dakika aralığa programlanmış veri kaydediciler sayaçlara yerleştirilir,

- Debimetreden en uzak noktadan başlanarak çalışma yürütülür ve vana kapama zamanları ve debimetre okuma verileri kaydedilir. Her adımın debimetredeki etkiyi görme süresi kadar olması gereklidir.
- Çalışma bittikten sonra kapatılmış vanalar tekrar açılır.

4.3.4. Sızıntı Noktalarının Tespiti ve Kullanılan Yöntemler

Bu teknik adım testine göre daha pratik olduğu için kullanımı daha yaygındır. Gerekli ekipman birçok imalatçıdan elde edilebilir. Adım testi sonucunda sızıntı miktarı belirlenen bölgeler akustik sızıntı bulma cihazları ile araştırılır. Ön belirleyiciler kullanılarak sızıntı sinyali veren bölgelerde korelatör kullanılarak hangi iki vana arasında kaçak suyun olduğu tespit edilir. Onarım yapılacak noktayı belirlemek için en son zemin mikrofonu kullanılır. Alt bölgenin büyüklüğüne göre cihazların kullanımı değişebilir. Sadece adım testinin sonuçlarına göre değil özel durumlarda da bu cihazlar kullanılabilir.

4.3.4.1 Ön Belirleyiciler (Ses Kaydediciler)

Vana ve hidrantlara monte edilen ön belirleyiciler istenilen saat aralıklarında su kaçağının boru üzerinde oluşturdıkları titreşimleri kaydederler. Bu cihazlar sızıntının sesini tüm seslerden filtreleyebilirler yani sürekli olan sesleri kaydeder tüketimden kaynaklanan süresiz sesleri silerler.

Seçilen bölge içinde kaydedici cihazlar, vanaların veya yangın hidrantlarının üzerine yerleştirilir. Belirlenen süre sonunda içindeki bilgiler alıcı cihaz sayesinde toplanır. Cihazlar arasındaki iletişim radyo frekansı ile sağlanır. Alınan bilgiler alıcı cihaz ekranından okunur.

Geniş alanlardaki çalışmalar için de kullanılabilir. Kesin sızıntı nokta tayini için uygun olmamaktadır. Kaydediciler en az 6 tane fittingse (vana veya yangın hidrantın) 200-500 metre aralıklarla yerleştirilirler ve gece boyunca bırakılır. üniteler normal olarak programlandığında; Borudaki ses verilerini gece 2-4 saatleri arasında toplar (Hunaidi ve Wang,2006). Bu aşamada üç tane kodlama vardır,

L: su kaçağı var

NL: su kaçağı yok

W: ölçümleri tekrarla

Kullanımın kolay olması bir avantaj olmasına karşın pahalı bir uygulamadır.

Van der Kleij ve Stephenson yaptıkları araştırmada geçici ve kalıcı olarak yerleştirilen kaydedicilerin ekonomik bir alternatif olmadığını belirtmişlerdir. Kaydediciler kalıcı olarak kullanıldıklarında ekonomik geri dönüşümünün 25 yıl olduğu tespit edilmiştir. Kaydediciler geçici olarak kullanıldığında yani bir çalışma alanından diğerine taşındıklarında akustik aramaya göre 3 kat daha az verimli olduğu belirtilmiştir. Van der Kleij ve Stephenson ses kaydediciler ve genel dinleme araştırmaları tarafından bulunan sızıntı sayısını raporlamış detaylı olarak dinleme araştırmaları sonucunda ses kaydedicilerin %40 yanlışlığı tespit edilmiştir(Hunaidi ve Wang,2006).

4.3.4.2. Dinleme Cihazları

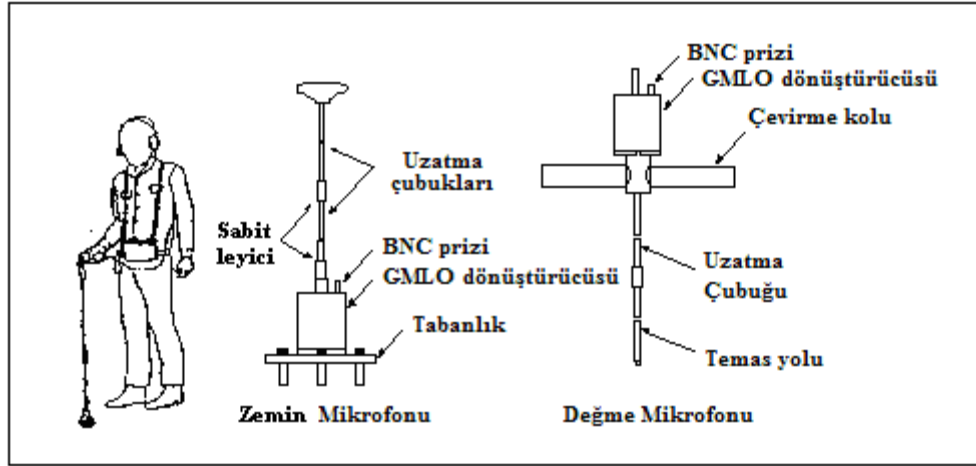
Sounding DMA'nın dinleme ile sistematik olarak araştırılmasıdır. Sızıntı sesini duymak için vanalarda, hidrantlarda, kör tapalarda veya boru hattı boyunca zeminde dinleme yapılır. Dinleme ile arama DMA'nın bütününde kapsamlı arama olarak veya sızıntı bulma çalışmasının devamında yerini tespit etmek amacıyla yürütülür.

Dinleme araştırması çeşitli tipte ekipmanlar kullanılarak yürütülür.

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

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

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



Şekil 4.5 Dinleme çubuğu ve zemin mikrofonu elemanları (Farley,M.,2001)

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

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

4.3.4.3. Korelatörler

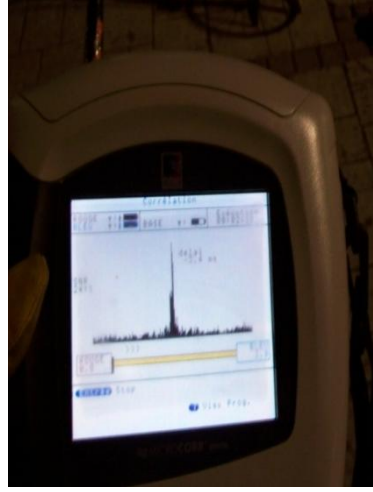
Akustik sızıntı bulma aletlerinin içinde en gelişmiş olanıdır. Taşınabilir özellikte olan bu cihazlar ses seviyesine göre değil sesin hızına göre çalışır. Büyük çaplı ve plastik borularda oluşan sesin şiddetini arttırmak için hidrafon kullanılabilir. Korelatörün son versiyonları sızıntının yerini birçok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

Korelatör iki modda kullanılır.

1. Boru hattının bölümlerinde sızıntıları bulmak için arama aracı olarak;
2. Sızıntının tam yerini tanımlamak için yerini saptama aracı olarak kullanılabilir.

Sızıntının durumunun belirlenmesi; iki sızıntı sinyalindeki maksimum korelasyonun zamanla değişimine; sızıntı sesinin yayılma hızına ve algılanan noktaların arasındaki mesafeye dayanılarak; ölçülen ses kablosuz sistemle korelatöre iletilir. Korelatörler araştırma modunda kullanıldıklarında sensörler arasındaki mesafe şebeke dağıtım sistem haritalarından okunabilir. Kesin nokta tayini metodunda kullanıldıklarında yerinde doğru bir şekilde ölçüm

yapılmalıdır. Yayılma hızları çeşitli boru tipleri ve boyutları korelatörde programlanmıştır. Metalik olmayan borular için kesin noktasal doğruluğunun yerinde ölçümünde geliştirilmesi gerekmektedir(Hunaidi ve Wang,2006).



Şekil 4.6 Kaçağı gösteren grafiğin zirve noktası

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

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

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

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

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

$$L = \frac{(V \cdot T_d)}{2} \quad (4.4)$$

L: Su kaçağının bulunduğu nokta

V: Boru üzerindeki titreşimin hızı

Td: Su kaçağının mesafesine göre gecikme zamanı

Çevredeki seslerden etkilenmez. Adım testinden farklı olarak tüm gün yürütülebilir. Fakat pahalı olması dezavantaj olabilir.

4.3.4.4. Sızıntı Tespitinde Diğer Yöntemler

Akustik metotlar başarısız olduğu zaman akustik olmayan diğer metotlar kullanılır.

Gaz Enjeksiyonu

Bu teknikte helyum veya hidrojen gibi toksik olmayan, suda çözünmeyen ve havadan daha hafif gazlar izole edilmiş boru hattına enjekte edilir. Sızıntının olduğu noktadan gaz çıkar, toprak ve zemin kaplamasından sızar, bu nokta yüksek hassaslıktaki gaz dedektörü ile tespit edilir(Hunaidi ve Wang,2006).

Bu teknik diğerlerine göre daha az kullanılır çünkü çoğu durumda diğer teknikler başarılıdır. Bu teknik düşük basınçla çalışan ve metal olmayan borulardaki sızıntılar bulunamadığında kullanılır. İnert gaz boruya enjekte edilir ve sızıntı noktasında solüsyondan ortaya çıkar. Gazı enjekte ve izlemek için gerekli ekipman ve personel nedeniyle korelatöre göre uygulaması daha zordur. En yaygın kullanılan gazlar sülfür hekzaflorüd (SF6) ve endüstriyel hidrojendir (%95 nitrojen, %5 hidrojen). SF6 tekniğinin başlıca dezavantajı boru hattı boyunca 1m aralıklarla zemine gaz çıkışının izlenmesi için izleme çukurlarının açılması zorunluluğudur.

Hidrojen kullanmanın avantajı izleme hızıdır. Gazın toprağa hızlı nüfus etmesi (asfalt ve betonda daha yavaş) ve yüzeye yükselmesi sebebiyle izleme çukuru ihtiyacı elimine olmaktadır. H2 tekniği şu durumlar için kullanılır:

-Borudan yer altına sızan küçük sızıntılarda,

-Boruya göre yüzeye daha yakın olan ve tahmin edilemeyen dönüşleri olabilen şube yolu bağlantıları için.

İz gaz şebekeye menbadaki hidrant yardımıyla enjekte edilir. Operatör boru hattı boyunca sensöre yürür. Sensör elle taşınabilir veya yüzey mili (probe) şeklindedir.

Elle taşınabilir sensör kolay ulaşılabilir borular veya fittingsler de izlemek için kullanılır. Surface probe yer yüzüne yakın gazı izlemek için boru boyunca kullanılır.

Bazı su kaçaqları yol üstüne çıksa da çoğunlukla tam arızanın olduğu yerden çıkmayıp yumuşak zeminde yürüyerek zayıf bulduğu kaplamadan yüzeye çıkmaktadır. Bu gibi arıza yerleri özel aletlerle dinlenerek tespit edilir.

Smart Ball

Sensörün borunun içine girebilmesi için iki giriş noktasının tesisatı, izleme ekipmanları için giriş noktaları gerekmektedir.

Sensör borunun içinden geçerken boru içindeki akustik etkinliği tespit eder. Veriler top sayesinde boru boyunca kaydedilir ve boruya bağlı alıcılara gönderilir. Bu cihazla bir seferde 25 km lik boru hattı incelenebilir. Bu yöntem şebeke sistemi için uygun değildir, Ø 250 mm ve daha büyük ana borularda uygulanabilir. Tüm boru cinslerinde kullanılabilir.

Sahara

Basıncı ana borularda sensör kafasının geçebileceği tesisat hazırlanır, sonda su ile beraber boru boyunca taşınır ve boru veya bağlantılardaki kaçaqlardan gelen akustik sinyaller analiz edilerek yeri tespit edilir. 0,5-5,0 metre arasındaki derinlikteki borularda kullanılabilir. Ø250-1800 arasındaki çaplarda bütün boru cinslerinde kullanılabilir. Bir seferde 2 km lik mesafe araştırılabilir.

4.4. Basınç Yönetimi

Sızıntı debisi ve basınç arasında fiziksel bir ilişki vardır. Laboratuvar ve şebeke sistemlerinde yapılan testler sonucunda kanıtlanmıştır. Boru kırıklarının sıklığı basıncın bir fonksiyonudur. Basınç yönetimi NRW azaltma stratejilerinin başlıca elemanlarından biridir. Eğer basınç düşürülürse sızıntının artış oranı da düşecektir(Farley ve Limberger, 2004b).

PRV' ler bölge sayacından sonra DMA' nın içinde konumlandırılırlar. PRV akış yönünde sayaçtan sonra konumlandırılmalıdır çünkü vanadan kaynaklanan türbülans sayacın doğruluğunu etkilememelidir(Farley ve Limberger, 2004b).

Basınç düşürücü vanaların; su dağıtım sistemine etkili olarak hizmet etmesi için düzenli kontrole ve bakıma ihtiyacı vardır.

Şehir suyu şebekelerindeki yüksek basınç; fazla su tüketimine, sık armatür arızalarına ve bu arızalara bağlı su kayıplarına neden olmaktadır. Karabük' de 5 kişilik bir ailenin yaşadığı

konutta yapılan çalışmada şebeke basıncının 7 bardan 3 bara düşürülmesi ile %7,8 su tasarrufunun sağlanabileceği belirlenmiştir(Yılmaz, 2005)

Basınç kontrolü ile sızıntıyı azaltmak basit ve yapılması en hızlı yöntemdir. Şebeke sisteminde basınç kontrolü sızıntının arama çalışmalarını kapsamamaktadır. Pumping headsler azaltılarak, basınç kırıncı depolar kurarak veya basınç düşürücü vanalar kullanarak basınç azaltılır(Queensland Department,2000)

Su Kaçağının Debisini Bulmak İçin Bir Formül

- Aralarındaki klasik bağıntıya göre hız V, debinin katsayısı Cd ve basınç P:

$$V = C_d \times (2gP)^{0.5} \quad (4.5)$$

- Öyleyse su kaçağının debisi Q :

$$Q = S (\text{Yüzey}) \times V = C_d \times S \times (2gP)^{0.5} \quad (4.6)$$

(CdxS) Değişimleri

Gerçekteki durum :

- (Cd x S) ürünü sabit değildir; Basınçtan dolayı değişebilir.
- S (yüzey) kısmı için su kaçakları PVC, polietilen, kauçuk veya kurşun için sabit değildir.
- Cd katsayısı da küçük su kaçakları için sabit değildir.

(CdxA) küçük su kaçakları için

- Küçük su kaçakları için Cd'de hızlı değişimler gözleniyor (<25 litre/saat)
- Küçük su kaçakları için deliğin yüzeyinde hızlı değişimler gözleniyor (kurşun conta, çatlak, vs.)

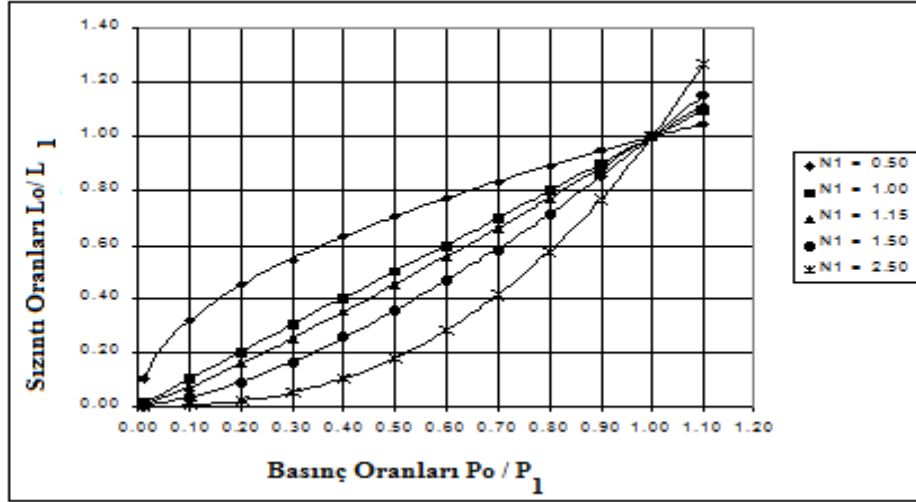
Su kaçaklarının debisi ile basınç arasında pratiğe dayanan bağıntı:

- Alttaki formül sayesinde yaklaşık olarak su kaçağının debisi ile basınç arasında bir değer biçebiliriz:

Q(kaçak) PN₁ göre değişim gösterir

$$Q_1/Q_0 = (P_1/P_0)N_1 \quad (4.7)$$

- 0.5 ve 2.5 arasında küçük bölgeler için N₁ değişim gösterir



Şekil 4.7 Sızıntı debisi ile basınç ilişkisi

5. VAKA ÇALIŞMASI

İstanbul'un yerleşim ve ekonomik çeşitliliğinin zenginliğini temsil edebilmesi için yerleşim alanlarını temsil etmesi için Fatih bölgesi ve iş yerleri bakımından zengin turistik bir bölge olan Sultanahmet bölgesi vaka çalışması için seçilmiştir.

Yapılan çalışmalar fiziksel kayıplar ve ticari kayıplar için iki bölüme ayrılabilir. Fiziksel kayıpların tespiti için şebeke incelemesi yapılarak mevcut hattın özellikleri, vanaların ve yangın hidrantlarının yerleri tespit edilmiştir.

Sultanahmet bölgesi sahada yapılan incelemeleri takiben birbirinden bağımsız 4 alt bölgeye bölünmüştür. Pilot bölge girişine ultrasonik portatif debimetre tesis edilmiş, 22.11.2007 tarihinde ölçümlere başlanmıştır. Bölgenin kritik noktalarına 13 adet basınç ölçer tesis edilerek 10.11.2007-21.01.2008 tarihleri arasında basınç değişimi izlenmiştir.

Fatih bölgesi birbirinde bağımsız 5 alt bölgeye bölünmüştür. Bölge iki giriş noktasından beslenmektedir. Bir tanesine ultrasonik debimetre diğerine debi ölçerken aynı zamanda basınç ölçümü de yapabilen elektromanyetik debimetre tesis edilmiştir. 14.02.2008 tarihinde debi ölçümlerine başlanmıştır. Fatih bölgesinde 8 noktaya basınç ölçer kurularak şebeke modellemesi için bölgenin basınç değerleri 10.02.2008-29.03.2008 tarihleri arasında kaydedilmiştir.

Her iki bölgede adım testi yürütülerek bölgelerin fiziksel kayıp su oranları bulunmuş ve sızıntı arama çalışmaları başlatılmıştır. Ön belirleme çalışması, korelatör ve zemin mikrofoni ile sızıntı arama çalışmaları yürütülmüştür. Basınç ölçümleri Epanet 2.0 hidrolik şebeke modeli kullanılarak kalibrasyonu yapılmıştır. Günlük ortalama basıncın PRV kullanılarak düşürülmesi, minimum gece debisinin dolayısı ile sızıntı miktarının düşmesi ve boru patlamalarında düşüş hedeflenmiştir.

Ticari kayıpların tespiti için sadece Sultanahmet bölgesinde inceleme yapılmıştır. Veri tabanındaki abone bilgilerinin doğruluğunu tespit etmek için tüketici anketleri yapılmıştır. Anket yapılarak abone bilgilerinin veri tabanından alınan bilgilerle kıyası yapılmış ve abone sayaçları kontrol edilmiştir. Abone sayaçlarının doğruluk hassasiyetini ölçmek için normal tüketim abonelerinden 25 ve yüksek tüketim abonelerinden 25 sayaç örneği seçilerek pilot sayaçlara daha hassas ölçüm yapan C klas sayaçlar kullanılarak doğruluk testi yapılmıştır. Bedelsiz tüketimi belirlemek için bölgede bedelsiz kullanıcılar belirlenmiş ve takip altına alınmıştır.

Yapılan kayıp su arama çalışmalarının sonunda tekrar adım testi yapılarak elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

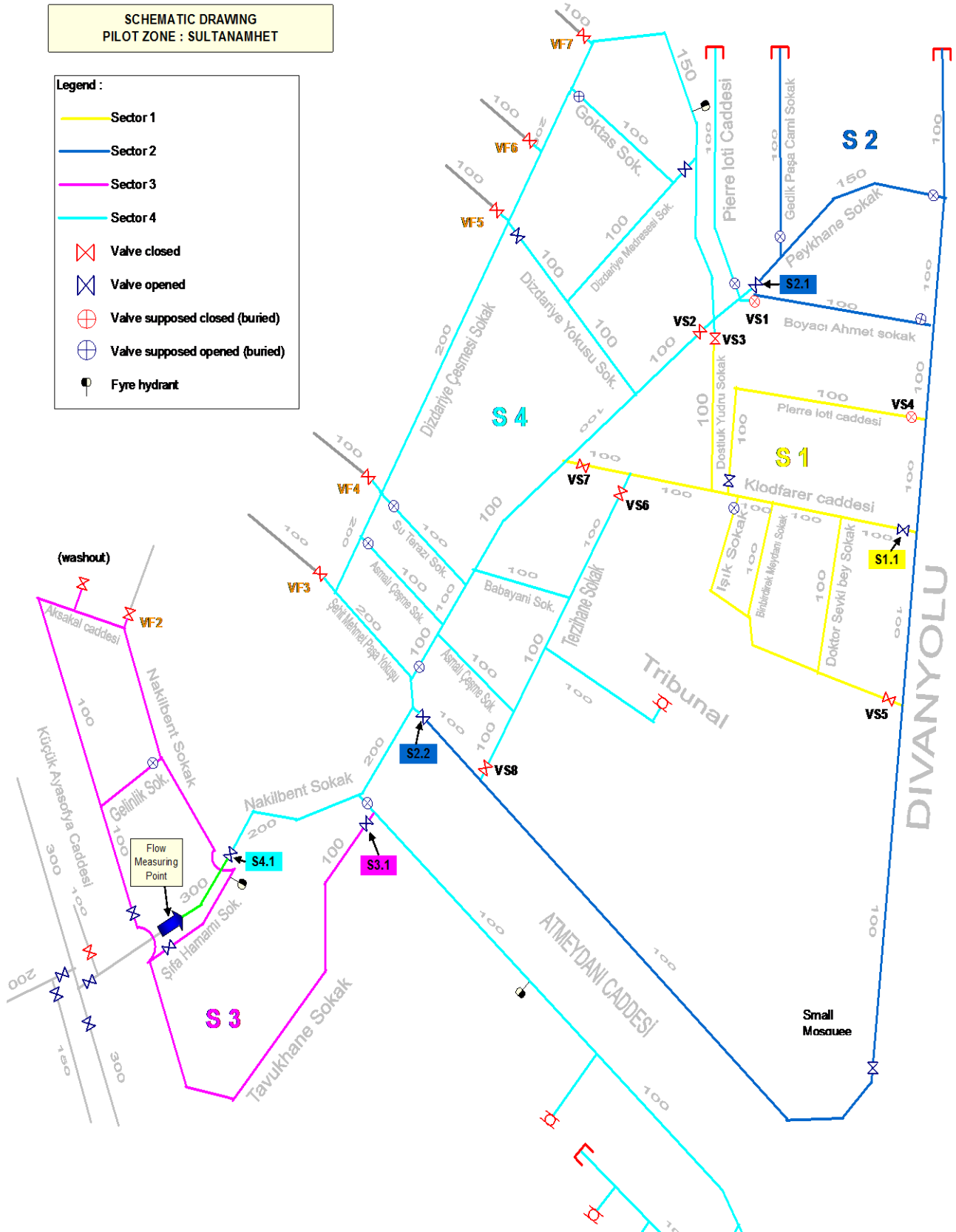
5.1. Sultanahmet Pilot Bölgesi

Bölge Ø300 düktil font boru ile tek giriş noktasından beslenmekte, çıkış noktası yoktur yani kapalı bir bölgedir. Depo ve pompa istasyonu bulunmamakta su ihtiyacı sürekli ve cazibeli beslenme şekliyle karşılanmaktadır. Basınç 30 ila 70 metre arasında değişmektedir. Çalışılan bölgenin şebeke ağı 5,3 km uzunluğunda 100,150,200 ve 300 mm çaplarında düktil font (DF) borulardan oluşmaktadır. Bölgede kayıtlı toplam 746 abone bulunmaktadır. Tüm şebeke sistemi 1990 lı yıllarda yenilendiği için yeni hat olarak kabul edilmektedir.

5.1.1. Fiziksel Kayıpların Tespiti

Şebekenin İncelenmesi

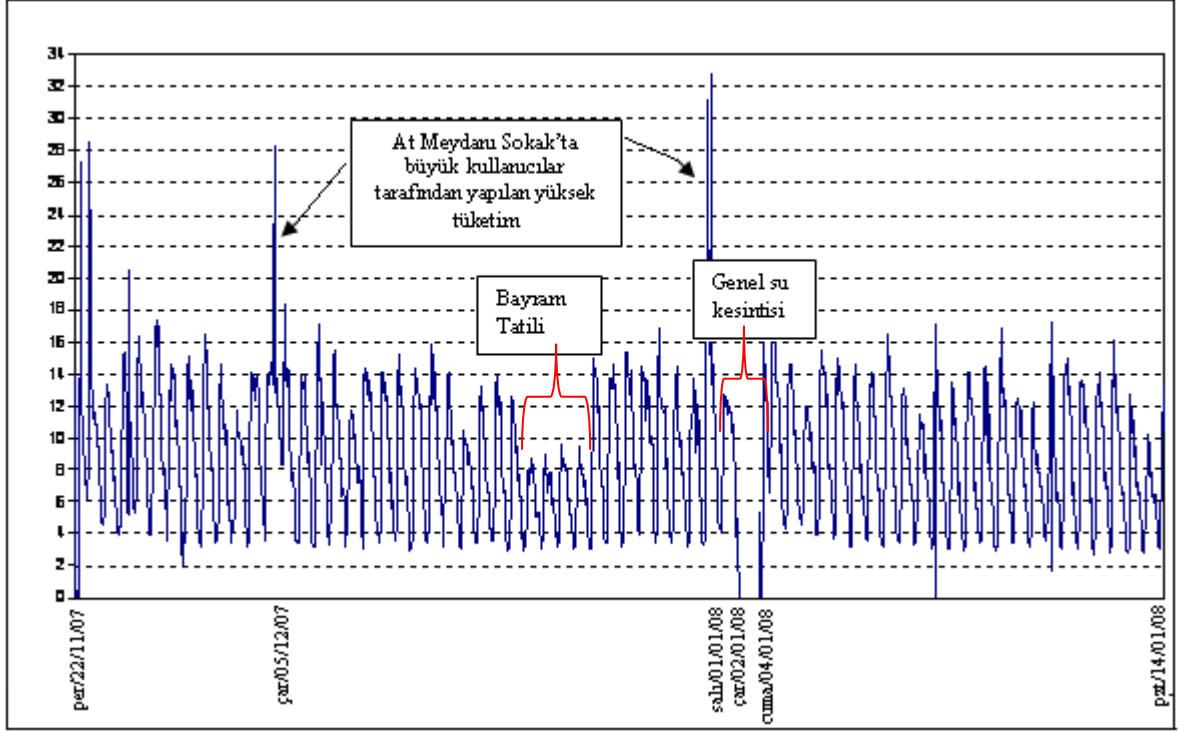
- Sahada yapılan çalışmalar sonucu GIS bilgileri güncellenmiştir.
- Arızalı iki adet sınır vanası (VF4 ve VF7) tam kapanmadıkları için değiştirilmiştir.
- En düşük kotta bulunan Aksakal Sokak'a deşarj vanası tesis edilmiştir.
- 9 adet vana buşaklesi asfalt seviyesine getirilmiştir..
- Çalışmalar sırasında kapalı olduğu tespit edilen Firuzağa Camii'ndeki 100 mm.lik vananın açılması ile Divanyolu ve Klodfarer'in üst tarafının daha iyi beslenmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.1 Sultanahmet pilot bölgesinin planı

Debi ve Basınç Ölçümleri

Şekil 5.2’de Sultanahmet pilot bölgesinin debimetre okumaları verilmiştir. Tüketim hafta içi hafta sonuna göre daha yüksektir. Gece kaydedilen minimum debi düşüktür. Turistik bir bölge olduğu için azami debi öğle saatlerinde gözlemlenmektedir.



Şekil 5.2 Kasım 2007-Ocak 2008 arasında debi eğrisi

Gün boyunca 15'er dakikalık dönemlerle çeşitli debi zirveleri görülmektedir. Bu yüksek debiler (Sultanahmet Parkı'ndaki çeşme gibi) Atmeydanı Caddesi üzerindeki tüketicilerden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda bu bölgede kaydedilen basınçlar da yaklaşık olarak 2 barlık bir düşüş göstermektedir.

Kurban Bayramında abonelerin tatile çıkmaları ve işyerlerinin kapalı olması sebebiyle 19-23 Aralık 2007 tarihleri arasında günlük ortalama debi, Aralık ortalaması olan $743 \text{ m}^3/\text{gün}$ yerine $557 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak kaydedilmiştir.

2 Ocak-3 Ocak 2008 tarihleri arasında İstanbul genelinde uygulanan su kesintisi, bir gün önce abonelerin kesinti nedeniyle su stoku yapmalarından dolayı 32 l/sn'ye ulaşan yüksek tüketimi açıklamaktadır. Ortalama debi $803,7 \text{ m}^3/\text{gün}$ dür.

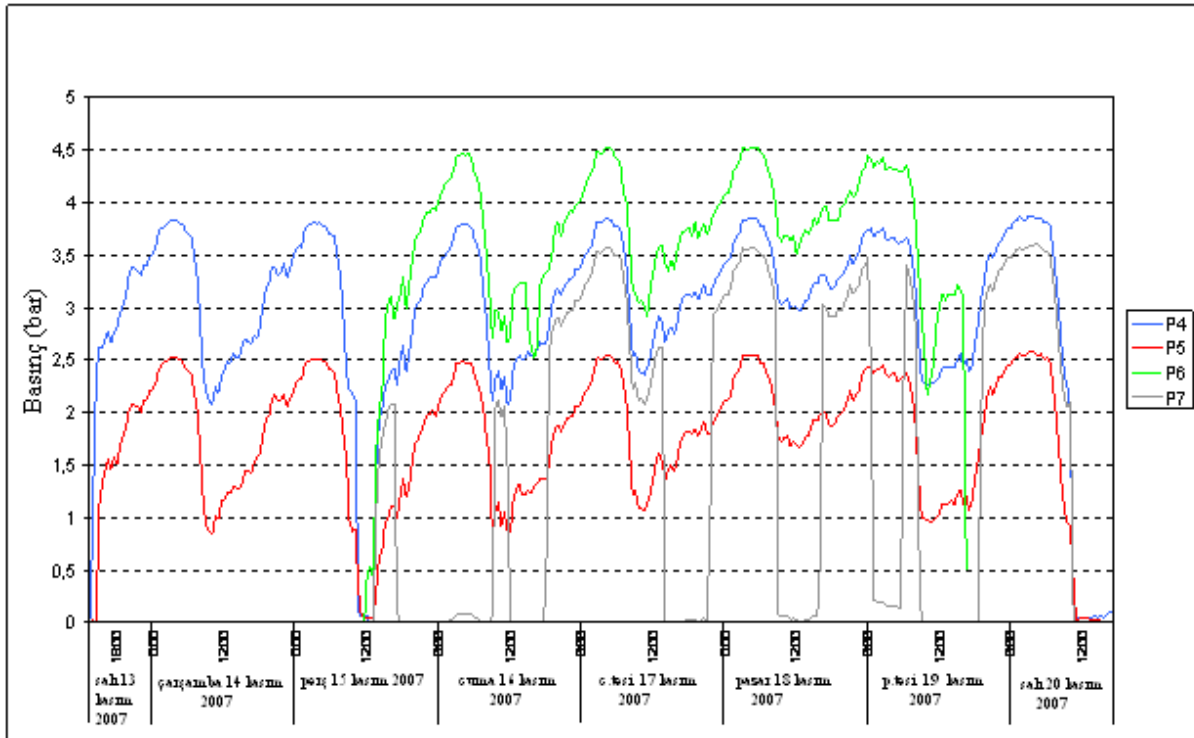
Çizelge 5.1 'de alt bölgelere göre dağılımı yapılmış 12 veri kaydedicisinin kaydettikleri basınçları ve sonuçları gösterilmektedir. Takılan 13 basınç kaydedicisinden P2 noktasındaki kaydedicinin sonuçları, bina içi tesisat borusundaki tıkanıklık nedeniyle kullanılamamıştır. Bir binaya bina içindeki basınç düşüşünü görmek için P4 veri kaydedici sayaçtan sonra ve P5 veri kaydedici binanın en üst katına (4.kat) monte edilmiştir.

Çizelge 5.1 Alt bölgelere dağılımı yapılmış veri kaydedicilerinin basınç ve sonuçları

Alt Bölge Numarası	S1				S2			S3			S4	
Veri Kaydedici Numarası	P4	P5	P6	P7	P11	P12	P13	P8	P9	P10	P1	P3
Veri Kaydedicinin Adresi	Klodfarer Cad. No. 27- 2 Giriş	Klodfarer Cad. No. 27-2 4. kat	Klodfarer Cad. No. 41	Pier Loti Otel	Divanyolu Cad. No.5 Fıruzağa Cami	Divanyolu Cad. No. 31	Peykhane Sok. No19	Tavukhane Sok. No. 23	Şifa Hamamı Sok. No 4-18	Nakilbent No.49	Kabasakal Sok. Arşiv	Dizdariye Çeşmesi Sok. No. 61
Veri Kaydedicinin bulunduğu kat	0	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	-1
Binanın Deniz Seviyesine Göre Yüksekliği (m)	49	49	43	53	40	53	51	33	24	17	35	27
Veri Kaydedicinin Deniz Seviyesine Göre Yüksekliği (m)	49	62	44	53	41	53	51	42	25	18	36	26
Minimum Ortalama Basınç (bar)	2,20	1,00	3,00	2,00	4,15	2,85	3,00	4,30	5,95	6,70	4,90	6,00
Maksimum Ortalama Basınç (bar)	3,85	2,50	4,50	3,56	4,80	3,50	3,70	4,60	6,25	6,95	5,35	6,40
Başlama Tarihi	13 Kasım	13 Kasım	15 Kasım	15 Kasım	06 Aralık	06 Aralık	06 Aralık	10 Kasım	10 Kasım	10 Kasım	22 Kasım	21 Kasım
Bitiş Tarihi	20 Kasım	20 Kasım	19 Kasım	20 Kasım	21 Ocak	19 Ocak	21 Ocak	13 Kasım	13 Kasım	13 Kasım	21 Ocak	21 Ocak

Gece ve gündüz arasındaki en önemli basınç farkları bölgede birçok otel ve restoran gibi işletmelerin bulunmasından dolayı 1. alt bölgede bulunmaktadır ve yaklaşık 1,5 bardır. 3. ve 4. alt bölgelerde yerleşimin konutlardan oluşması sebebiyle gece ve gündüz arasında daha az basınç farkı gözlemlenmiştir. Pilot bölgenin diğer alt bölgelerine kıyasla daha alçak irtifada olduklarından 3. Alt bölgenin kötü düşük yerlerinde ve 4. Alt bölgenin tamamında basınç değerleri yüksektir. (6 ila 7 bar).

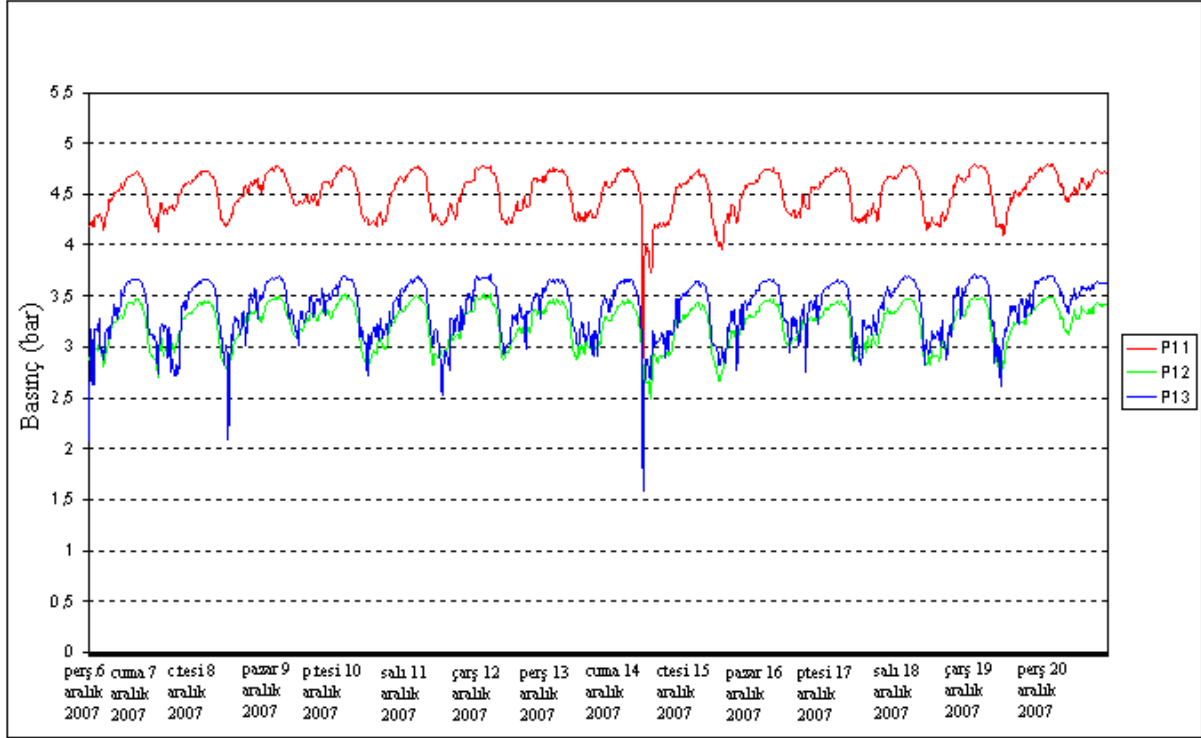
Şekil 5.3'te 1.alt bölgede kurulmuş P4, P5, P6 ve P7 numaralı basınç değişim eğrileri gösterilmektedir. 1. alt bölgede yüksek kotlarda tüketimin yüksek olduğu saatlerde basınç bazı binaların üst katlarında kritik seviyelere düşer (örn. 1 bar). Bu durumun nedeni bu bölgenin sadece tek bir hattan beslenmesidir. Bu bölgeyi besleyebilecek olan 10 ve 18 numaralı vanalar açılarak su ihtiyacı karşılanabilir. P7 no.lu basınç veri kaydedicisi bazen sıfır bar basınç değeri kaydetmiştir çünkü veri kaydedici ön ödemeli kartlı sayaçtan sonra monte edilmiştir. Bir binanın dördüncü katına yerleştirilen P5 no.lu basınç veri kaydedicisi tüketimin yüksek olduğu saatlerde çok düşük basınç değeri (1 bar) vermiştir.



Şekil 5.3 Alt bölge basınç eğrileri

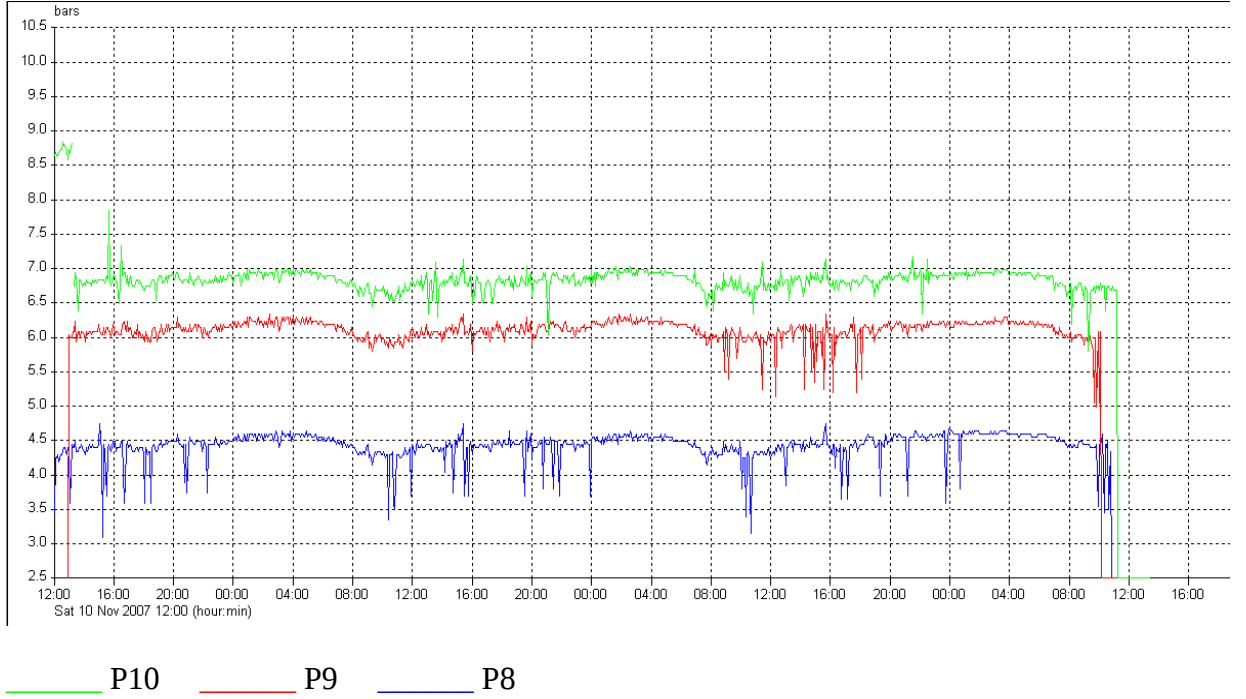
Binaların girişine yerleştirilen basınç kaydediciler makul değerler vermiş (2 ila 2,5 bar arasında) olsa da bu değerler ortalama 5 katlı olan binaların tüm katlarına yeterli basınçta su vermek için yeterli değildir. Gece basıncı ise yeterlidir.

Şekil 5.4'te 2.alt bölgenin basınç eğrileri verilmiştir. P12 ve P13 no.lu basınç kaydediciler tüketimin en yüksek ve en düşük olduğu saatlerde normal değerler vermiştir. Öte yandan P11 no.lu kaydedici diğerlerine göre daha düşük kotta konumlandığı için daha yüksek basınç değeri vermiştir.



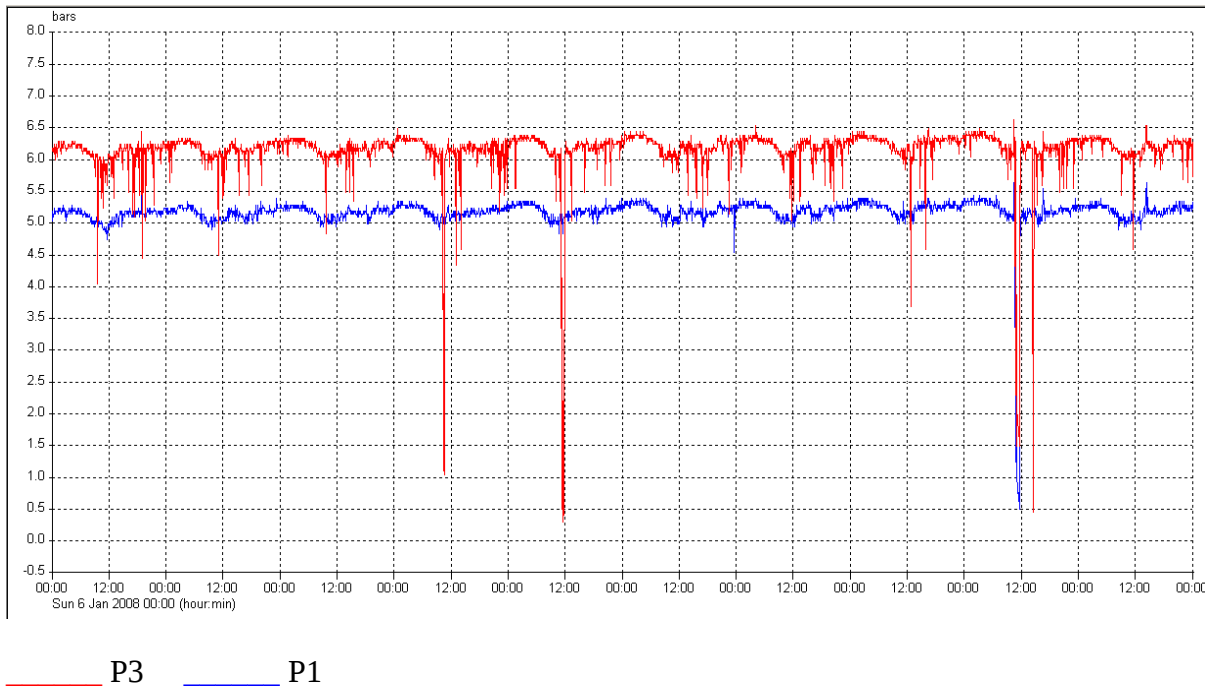
Şekil 5.4 Alt bölge basınç eğrileri

Şekil 5.5'te 3.alt bölgenin basınç eğrileri verilmiştir. P10 ve P9 no.lu basınç ölçerlerde kaydedilen basınç değerleri gece ve gündüz fazla yüksektir. Gece ve gündüz arasında az fark bulunmaktadır. Çoğunlukla konutların bulunduğu bu alt bölgenin tamamı yalnızca tek bir 100 mm.lik borudan beslenmektedir. 3. alt bölgenin en yüksek noktası olan P8'de, ortalama basınç 4,3 ila 4,6 bar arasında değişmektedir.



Şekil 5.5 Alt bölge basınç eğrileri

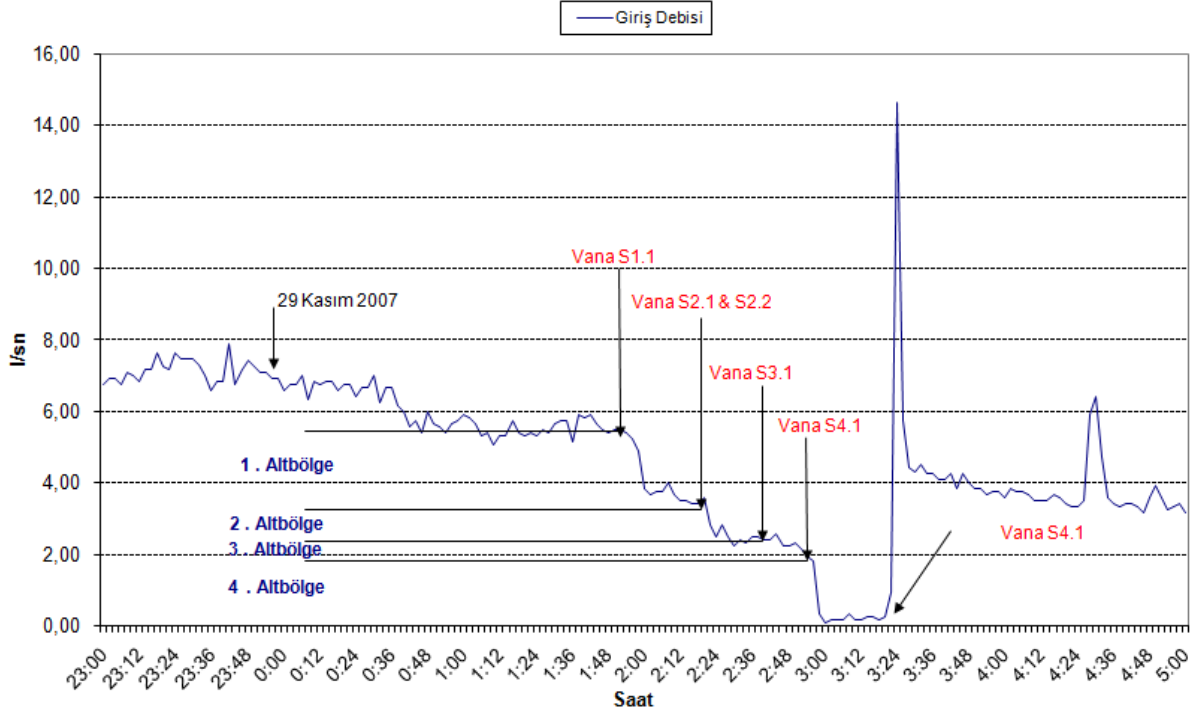
Şekil 5.6'da 4. alt bmlgenin basınç eğrileri verilmiştir. Dördüncü Alt bölge şebekesinin tamamında 4,9 ila 6,4 bar arasında seyreden basınç oldukça yüksektir. Bu alt bölge esas itibarıyla yerleşim alanıdır.



Şekil 5.6 Basınç eğrileri (4. Alt bölge)

Adım Testi

Bölge girişindeki debimetreden en uzak alt bölge vanasından 1.alt bölgeden başlayarak sırasıyla 2. alt bölge, 3. alt bölge ve son olarak 4. alt bölge vanası kapatılarak adım testi yürütülmüştür. Aşağıdaki tablo....da adım testi çalışması süresinde debimetre okumaları gösterilmektedir. Adım testi gerçekleştirilirken gece su kullanıcıları takip edilmiştir.



Şekil 5.7 Adım testinin sonuçları

Veri tabanı üzerinde yapılan inceleme sonucunda 29 adet abonenin yüksek tüketim abonesi olduğu tespit edildi. Adım testi esnasında bu abonelerden hangilerinin izleneceği gece sayaçları kontrol edilerek tespit edilmiştir. Aşağıdaki çizelge 5.2 gece yüksek miktarda su tüketen abonelerin tüketimlerini göstermektedir.

Çizelge 5.2 Gece yüksek miktarda tüketim yapan sayaç endeksleri

Sayaç No	KBS	Alt bölge	1. Okuma	Saat	2.Okuma	Saat	Tüketim (l/sn)
26204	2130510	1	37 295,800	2:04	37 295,979	3:14	0,043
22075604	2130518	1	5 515,339	2:07	5 515,485	3:18	0,034
2084497	2130990	1	13 219,689	1:48	13 219,877	3:03	0,042
22080597		1	351,680	1:53	351,889	3:07	0,047
177177		1	7 847,463	1:14	7 847,463	2:15	0,000
21043044	2130529	1	4 918,210	1:56	4 918,211	3:10	0,000
367736	2130981	1	16 516,800	1:50	16 517,408	3:05	0,135
342403	2131035	2	18 657,460	1:35	18 657,514	2:38	0,014
23086432	2131033	2	391,353	1:37	391,356	2:39	0,001
2079343	2130484	2	8 715,434	2:07	8 715,434	3:12	0,000
2082729	2132257	3	19 066,121	1:19	19 066,428	2:26	0,076
2081634	2132235	3	6 232,243	1:23	6 232,248	2:30	0,001
1916429		3	983,941	1:27	983,941	2:32	0,000
19167		4	6 349,022	1:32	6 349,022	2:35	0,000
2074447	2130856	4	3 207,834	1:43	3 207,905	2:43	0,020
2077648	2132947	4	6 134,814	1:49	6 134,864	2:47	0,014
2823153	2130829	4	1 222,366	1:52	1 222,366	2:57	0,000
787823	2130851	4	10 116,977	1:55	10 117,239	3:00	0,067
22083035	2130808	4	768,766	2:04	768,766	3:09	0,000
361471	2130465	4	25 088,787	2:01	25 088,800	3:07	0,003
2085956		4	10 748,202	2:10	10 748,330	3:15	0,033
22073046		4	2 817,107	1:38	2 817,167	2:56	0,013
9061614	2131040	4	25 209,690	1:05	25 210,450	2:07	0,204
23087767	2131001	4	150,033	1:27	150,250	2:49	0,044
2074594	2131021	4	4 668,610	1:24	4 668,850	2:46	0,049
529011		4	3 266,300	1:12	3 266,537	2:34	0,048
50255435		4	102,484	1:17	102,571	2:38	0,018
1544		4	34 787,672	1:20	34 788,416	2:22	0,200
9566340		4	71 621,380	1:25	71 621,380	2:25	0,000
Pilot Bölgede Yüksek Tüketim Abonelerinin Toplam Gece Tüketimi							1,107

Alt bölgeleri sızıntı seviyelerine göre derecelendirmek için her alt bölgede abonelerin kullandığı su miktarını belirlemek gerekir. Aşağıdaki Çizelge 5.3’de gece yüksek tüketim yapan abonelerin tüketimi bölgelere göre ayrılmıştır.

Çizelge 5.3 Alt bölge yüksek tüketim abonelerinin toplam tüketimi

1. Alt bölge	7	Abone	0,301 (l/sn)
2. Alt bölge	3	Abone	0,015 (l/sn)
3. Alt bölge	3	Abone	0,078 (l/sn)
4. Alt bölge	16	Abone	0,713 (l/sn)

Su Kaçağı Debisinin Hesaplanması

Yüksek tüketim aboneleri gibi normal kullanıcılar için ölçüm yapılmamakta konut tiplerine, nüfus yoğunluğuna ve pilot bölge abonelerinin tüketim etkinliklerine bakılarak bölgenin referans debisini 1., 2. ve 4. alt bölgelerde 0,4 l/sn/km ve 3. alt bölgede de 0,3 l/sn/km olarak değerlendirilebilir.

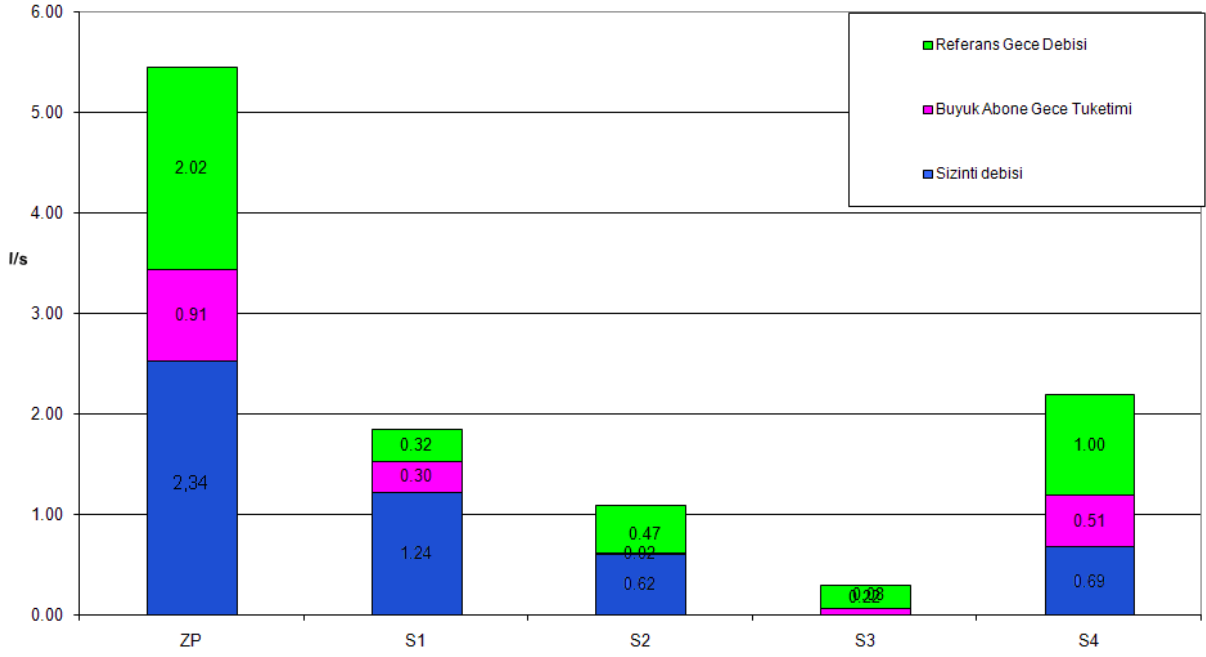
Aşağıdaki çizelge 5.4'te gece okumalarından, normal abone ve gece kullanıcılarının kullandıkları debi çıkarılarak alt bölgelerin kaçak debi miktarları bulunmuş ve araştırmalar için öncelik sıraları belirlenmiştir.

Çizelge 5.4 Kaçak Su Araştırmaları İçin Öncelikli Bölgelerin Tanımlanması

	Uzunluk	Referans Debisi		Alt bölge Debisi	Yüksek Tüketim Aboneleri	Kaçak Debisi		Öncelik Sırası
	km	l/sn/km	l/sn	l/sn	l/sn	l/sn	l/sn/km	
Pilot Bölge	5,22	0,39	2,02	5,46	1,11	2,34	0,45	
1. Altbölge	0,81	0,4	0,32	1,86	0,3	1,24	1,53	1
2. Altbölge	1,17	0,4	0,47	1,1	0,02	0,62	0,53	2
3. Altbölge	0,74	0,3	0,22	0,3	0,08	0	0	4
4. Altbölge	2,5	0,4	1	2,2	0,71	0,49	0,19	3

Şekil 5.8 Adım testi ölçümleri

Şekil 5.9'da adım testi sonucunda alt bölgelerin referans debileri, yüksek tüketim abonelerinin debileri ve sızıntı debileri gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Adım testi sonucu

Sızıntının seviyesi sırasıyla 1., 2. ve 3. bölgelerdir, su kaçağı arama çalışmaları bu sıra takip edilerek yürütülmelidir.

Ortalama Sızıntı Debisinin Hesaplanması:

Ortalama kaçak debisini basınç ilişkisinden ve gece kaçağından ampirik şekilde bulmak için:

$$Q_1 = Q_0 (P_1 / P_0)^{N_1}$$

Q_1 : Bölgedeki ortalama kaçak debisi (5.1)

Q_0 : Gece kaçak debisi ; test sırasında 2,34 l/sn olarak kaydedildi

P_1 : Şebeke ortalama basıncı; bölgede ortalama 3,8 bar olarak kaydedildi

P_0 : Gece basıncı; gece 4,64 olarak kaydedildi

N_1 : şebekenin büyüklüğüne göre 0,5 ila 2,5 arasında değişen bir katsayı seçilir. Küçük bölgelerde (şu anki gibi) katsayı 2,5 alınır.

$$Q_1 = 2,34 \times (3,8 / 4,65)^{2,5} = 1,41 \text{ l/sn}$$

Kasım ayında ortalama debi 9,68 l/sn ölçülmüştür.

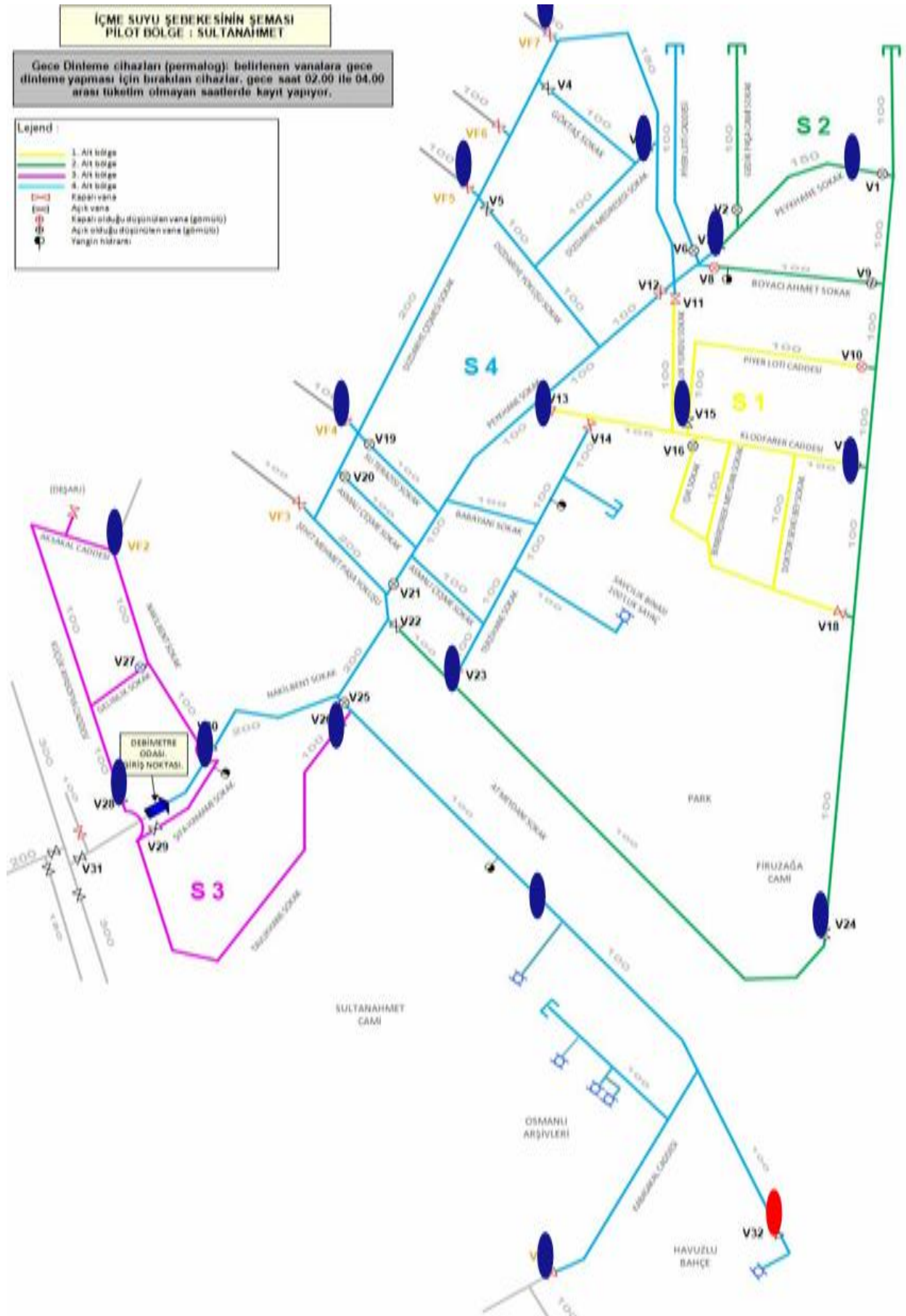
Kaçak debisi / Ortalama debi = fiziksel kayıpların yüzdesi (5.2)

$$1,41 / 9,68 = \% 14,6$$

Şebekedeki fiziksel kayıpların yüzdesi bölgeye gelen suyun % 14,6'sıdır.

Sızıntı Tespiti ve Tamir Çalışmaları

Birinci ve ikinci alt bölgede sızıntı debisinin diğer bölgelere göre yüksek olması ve iki bölgeninde küçük olması ön belirleyicileri kullanmadan gece akustik korelatör ve zemin dinlemesi sayesinde kaçağın yeri tespit edildi. 1.alt bölgede hat vanasında, 2. Alt bölgede şube yolu bağlantısında kaçak bulunmuştur. 4. Alt bölge büyüklüğü göz önüne alınarak ön belirleme çalışması yürütülmüştür. Şekil 5.10'daki planda ön belirleme çalışmasının sonuçları görülmektedir. Kaçak sinyali veren noktada akustik korelatör ve zemin mikrofoni kullanılarak şube yolu bağlantı fittings malzemesinde kaçak su bulunmuştur.



Şekil 5.10 Ön belirleme çalışmasının sonuçları

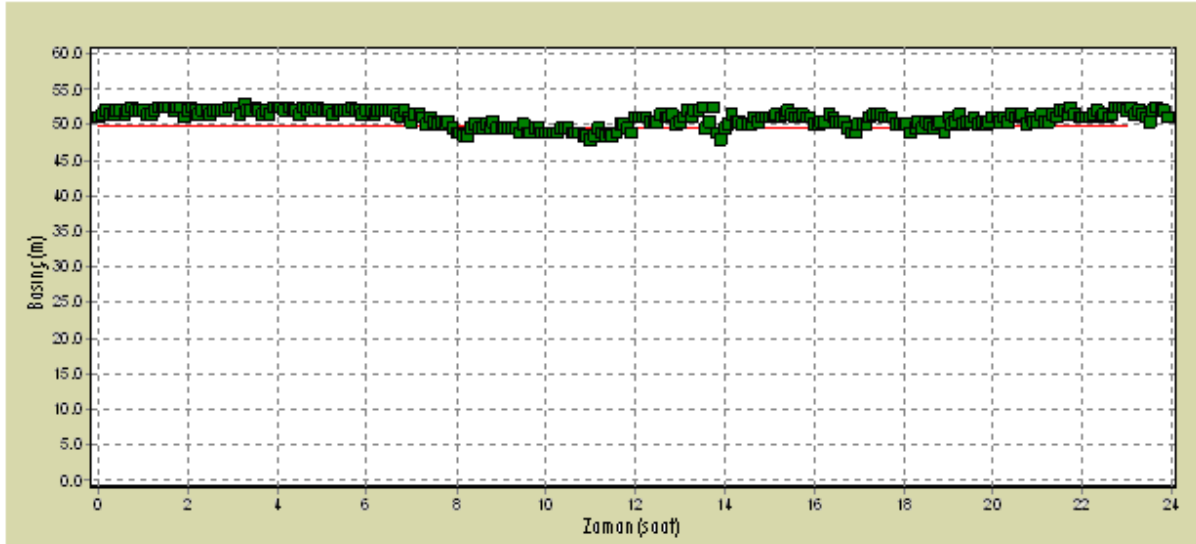
Mavi ile işaretli olanlar kaçak yok sinyali, kırmızı ile işaretli olanlar kaçak var sinyali vermişlerdir. Bu etap ilk iki kaçak onarıldıktan sonra uygulandığı için bu kaçaklar ön belirleyiciler tarafından algılanmadı.

Şebeke Modellemesi Ve Basınç Yönetimi

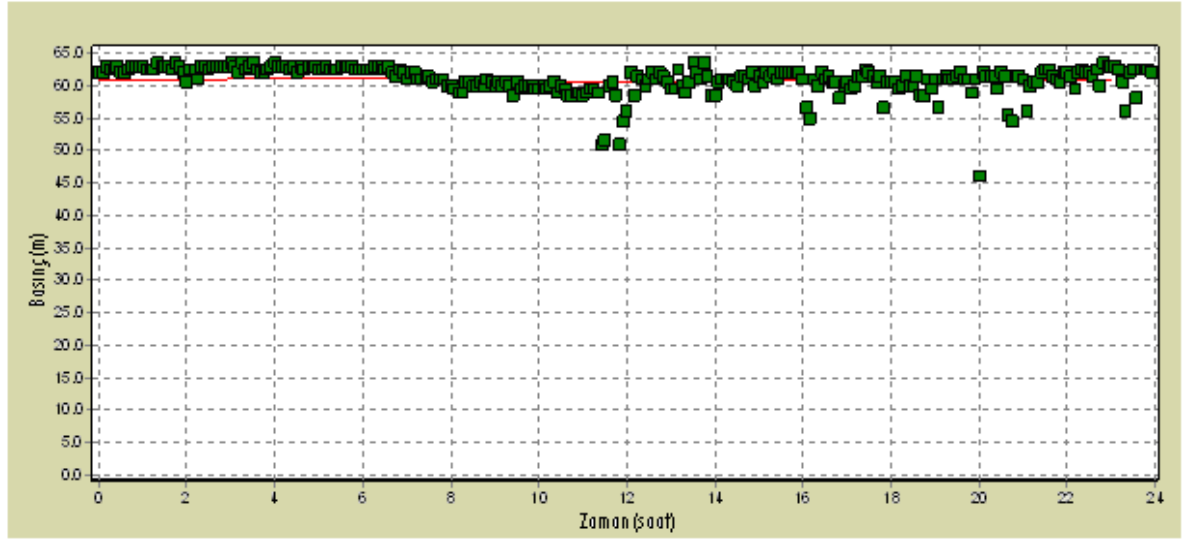
Kotlar, (Küçük Ayasofya Caddesi ile Aksakal Sokak'ın kesiştiği yerde) 11,33 m. ila (Divanyolu Caddesi'nde) 53,7 m. arasında değişmektedir. Bölgedeki max. kot farkı 41 metredir.

Modelin Kalibrasyonu:

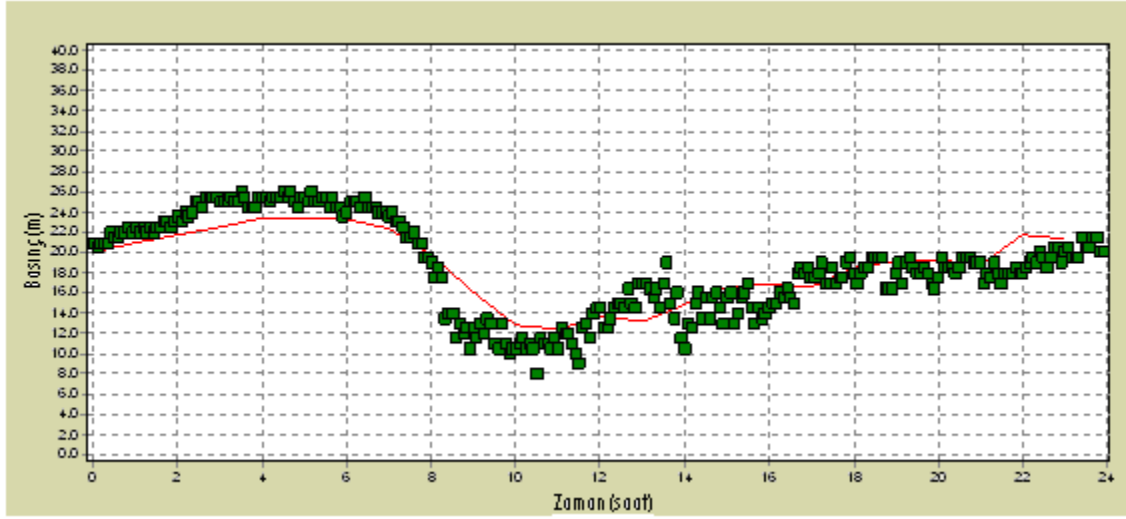
Aşağıdaki şekillerde yeşil kareler ölçülen basınç değerlerini, kırmızı çizgiler ise hesaplanan basınç değerlerini göstermektedir. Her iki eğrinin eğilimi benzerdir bu durum modelin eksiksiz olduğunu gösterir.



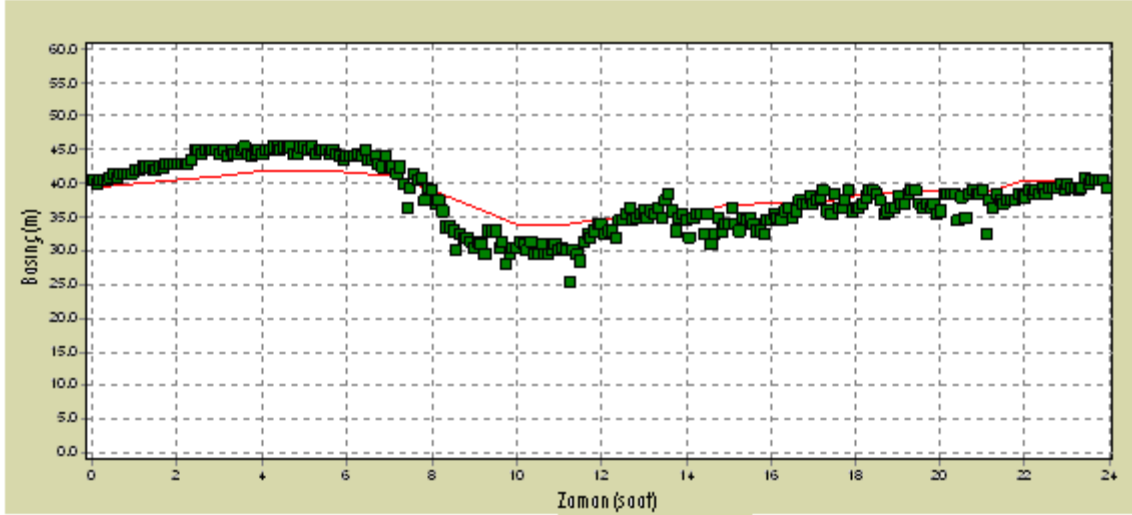
Şekil 5.11 P1 Noktası için model sonuçları



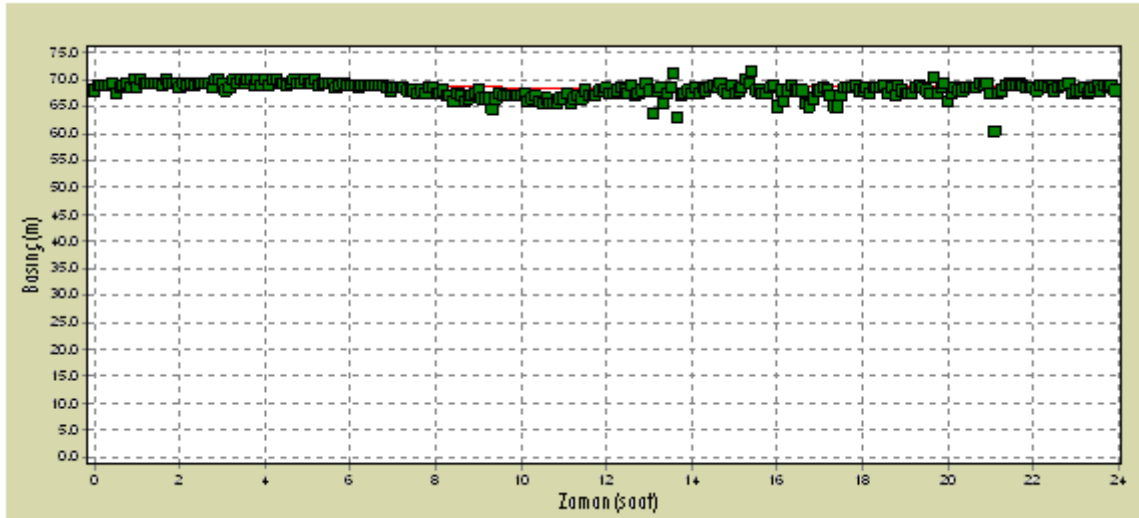
Şekil 5.12 P3 Noktası için model sonuçları



Şekil 5.13 P5 Noktası için model sonuçları



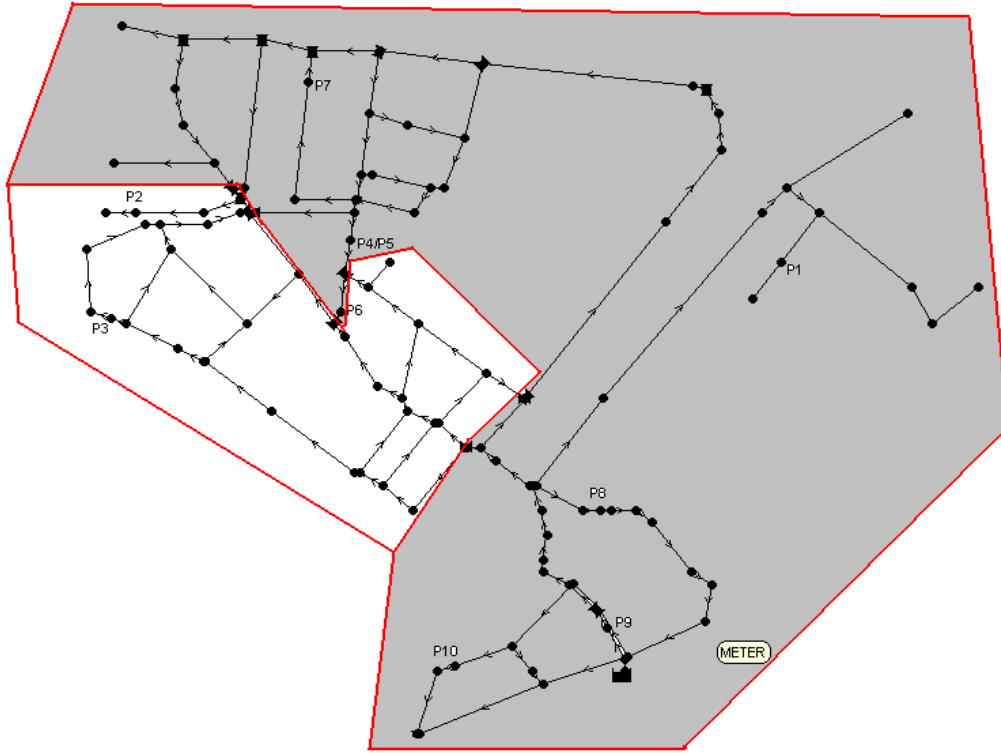
Şekil 5.14 P6 Noktası için model sonuçları



Şekil 5.15 P10 Noktası İçin Model Sonuçları

Boruların çapları dağıtılacak su miktarı için fazla büyük olduğundan yol boyunca çok az basınç kaybı bulunmaktadır. Dolayısıyla suyun hızı düşüktür: 0.2 m/sn ila 0.1 m/sn arasında. Gözlemlenen basınçtaki azami değişim Klodfarer Caddesi P5'teki, şebekenin kritik noktasında 16 m'dir.

Hedef tüm şebekede basıncı olabildiğince düşük tutabilmektir. Tüketimin en yüksek olduğu saatlerde kritik noktadaki basınç 3.0 barda tutulmalıdır. Bu amaçla pilot bölgeyi iki alt bölgeye ayıracak, iki adet basınç düşürücü vana (pressure reduce valve, PRV) monte edilmesi uygun görülmüştür. Şekil 5.16' da PRV lerin etki alanları gösterilmiştir.



Şekil 5.16 PRV'lerin Etki Alanını Gösteren Harita

1. 200 mm.lik boruya takılacak 100 mm.lik PRV, 30 m basınca ayarlanacaktır. Bu vana Atmeydanı Caddesi ile Peykhane Sokak köşesine yerleştirilecek ve beyaz renkle gösterilen bölgenin basıncını kontrol edecektir.
2. Şifa Hamamı Sokak'taki pilot bölgenin girişinde bulunan 300mm.lik boruya yerleştirilecek 150 mm.lik PRV ise 50 m. basınca ayarlanacaktır. Bu vana gri renkle belirtilen bölgenin basıncını kontrol edecektir. Ancak tüketimin en yüksek olduğu saatlerde minimum basıncı 30 m.de tutabilmek için, bu vanaya saatlere göre ayarlama yapabilen Aktif Basınç Kontrolü (actif pressure control, ACP) sistemi monte edilmesi gerekir. Böylelikle elektronik kontrol cihazıyla beraber çalışan bu hidrolik sistem aracılığıyla basınç gündüz ve gece ihtiyaçlarına göre düzenlenebilir. Aşağıda Çizelge 5.5, aktif basınç kontrol ayarlarını göstermektedir.

Çizelge 5.5 Aktif basınç kontrol ayarlaması

Saat	Aktif Basınç Kontrolünün Ayarlanması (m)
00:00 – 02:00	44
02:00 – 08:00	43
08:00 – 09:00	49
09:00 – 10:00	50
10:00 – 15:00	52
15:00 – 20:00	50
20:00 – 24:00	45

Ayrıca bu bölgelerdeki basıncı kontrol edebilmek için pilot bölgede V7, V8, V11, V13, V14 ve V23 numaralı vanalar kapatılmalıdır.

5.1.2 Ticari Kayıpların Tespiti

Veri Tabanı Analizi

Veri tabanındaki abone bilgilerinin doğru olduğu tespit edilmiştir.

Sultanahmet bölgesinde abone tiplerinin çeşitliliği debinin değişken olmasına nedendir çünkü normal abonelerin fatura okumaları 55günde bir, yüksek tüketim abonelerinin 30 günde bir yapılmakta kartlı sayaç kullananlar ön ödemeli işlem yapmaktadır. Aşağıdaki çizelgede okuma döngüleri ile tükettikleri su miktarlarına göre bölgedeki aboneler 3 kategoriye ayrılmıştır:

Çizelge 5.6 Pilot bölge abone tipleri

Abone tipi	Abone sayısı	Ortalama faturalanan miktar (m ³ /gün)	Abone başına faturalanan miktar (m ³ /gün)	Faturalama yüzdesi (%)	2007 Kasım faturalanan (m ³ /gün)
55 günde bir okunan sayaçlar	572	143,4	0,251	%17,0	120,4
30 günde bir okunan sayaçlar	88	471,5	5,358	%55,9	321,5
Kartlı sayaçlar	86	229,1	2,664	%27,1	201,2
Pilot bölgenin tamamı	746	844,0	1,1	%100,00	643,1

Bazı tüketimler ile aboneler için, kimi özel durumlar da söz konusudur. Bu tür durumları aşağıdaki şekilde açıklayabiliriz:

- Okumaların %4,5 kıyas fatura kesilenlerdir. Kıyasların ortalama hacmi okuma başına 138 m³’tür. Başka bir ifadeyle Sultanahmet pilot bölgesinin tüketiminin %4,2’sidir.

- 16 adet abone geçici olarak kapalı iken, 12’si kapalı gözükmeye rağmen anket esnasında su tüketimine devam ediyorlardı.

- 103 adet abonenin su tüketimleri 50 l/gün’den düşüktür. Bu miktarı genelde “çok düşük” olarak kabul edilebilir.

Tüketici Anketi

- 2 adet sayaçsız şube yolu bağlantısı tespit edilmiş, (bu abonelerin Kasım 2007’de tüketimleri 1,2 m³/gün.)
- 34 tane sayacın okunamayacak durumda olduğu,
- Doğru bir ölçüm için tam olarak yatay pozisyonda olması gerekirken, 26 adet sayacın eğik pozisyonda olduğu,
- 7 adet sayaçta ve bir sayaçtan önce bağlı olan su deposunda su kaçağı tespit edilmiştir.

Anketler sırasında su tüketimi çok düşük gözüken 103 abonenin içinden şüpheli 27 adet abonenin sayaçlarının kontrolü yapıldı. 5 litrelik bir su şişesiyle su ölçümleri alındı. Bu sayede 3 adet hiç çalışmayan sayacın yanı sıra 2 adet de tüketilen suyun ancak yarısını ölçen sayaç tespit edildi. Kıyas yöntemiyle çalışmayan sayaçlardan kaynaklanan su kaybı 1,3 m³/gün olarak tespit edilmiştir.

Sayaç Parkurunun Analizi – Tüketim Profilleri

Pilot bölge abonelerinin sayaçlarının hassasiyetini ölçmek için normal abone grubundan 25 abone sayacı, yüksek tüketim grubundan 25 abone sayacı seçilmiştir. Şekil 5.17’de normal abone sayacına seri bağlanan pilot sayacın kurulumu gösterilmektedir.



Şekil 5.17 Normal abone sayacına seri bağlantı yapılan pilot sayaç

572 aboneden oluşan normal abone grubunun içinden seçilen 25 örnek (yani %4) pilot bölgeyi tam olarak temsil eder:

- Aylık tüketimi $15\text{m}^3/\text{ay}$ 'ı geçmeyen ve 2'si depo sahibi 13 konut
- Aylık tüketimi $15\text{m}^3/\text{ay}$ 'dan fazla olan ve 2'si depo sahibi 12 konut

174 yüksek tüketim kullanıcısı (ön ödemeli kartlı sisteme sahip olan ya da olmayan) içinden 25'örnek yani %14'ü örneklem olarak seçilmiştir.

- 5 “karma” profil: içinde daireler ve dükkânlar bulunan binalar
- 2 okul profili (Teknik Lise ve Ticaret Lisesi)
- 3 adet devlet binası (Türk İslam Eserleri Müzesi Md., Sağlık Bakanlığı İl Sağlık Md. ve Adliye)
- 3 Öğrenci Yurdu
- 3 işyeri (büro)
- 3 restoran
- 6 otel

Aşağıdaki Çizelge 5.7 normal abonelerin, Çizelge 5.8 ise yüksek tüketim abonelerinin sayaçları ile pilot sayaç arasında kaydedilen hacim farkını göstermektedir.

Çizelge 5.7 Normal aboneler için 25 adet tüketim profilinin sonuçları

Kontrat Numarası	Adres	Apt. No	KBS No	Pilot Sayaç (m ³)	Mevcut Sayaç (m ³)	Hata%
5,552	DİZDARIYE MEDRESESİ	8	2130792	2,3677	1,2466	89,9%
8,181	DİZDARIYE ÇEŞME SK	61	2130860	1,2068	0,7774	55,2%
2,388,770	PİYERLOTİ CD	41	2130772	1,0621	0,6924	53,4%
8,183	DİZDARIYE ÇEŞME SK	61	2130860	1,1737	0,8583	36,7%
3,133,564	KÜÇÜK AYASOFYA	16	2132278	4,1158	3,1373	31,2%
5,693	DİZDARIYE ÇEŞME SK	25	2130884	2,0020	1,6567	20,3%
8,257	DİZDARIYE ÇEŞME SK	57	2130861	0,9588	0,8087	18,6%
6,706	ASMALI ÇEŞME SK	26	2137850	0,1679	0,1420	18,2%
1,556,106	DİZDARIYE ÇEŞME SK	43	2130876	1,4991	1,4348	4,5%
6,316	DİZDARIYE ÇEŞME SK	11	2133074	2,5205	2,4183	4,2%
5,271	DİZDARIYE MEDRESESİ	8	2136651	1,3738	1,3303	3,3%
5,687	DİZDARIYE ÇEŞME SK	25	2130884	1,9300	1,8737	3,0%
2,717,955	BOYACI AHMET SK	31	2130499	0,2618	0,2604	0,5%
1,972	TAVUKHANE SK	18	2132298	1,7300	1,7373	-0,4%
5,327	DİZDARIYE ÇEŞME SK	32	2130785	1,2645	1,6328	0,5%
7,759	DİZDARIYE ÇEŞME SK	39	2130878	0,6122	0,6199	-1,2%
6,320	DİZDARIYE ÇEŞME SK	11	2133074	2,1629	2,1971	-1,6%
9,763	KATİP SİNAN SK	3	2130774	1,5271	1,5621	-2,2%
1,175,469	DİZDARIYE MEDRESESİ	8	2130792	1,1578	1,1907	-2,8%
1,556,110	DİZDARIYE CEMSESİ	43	2130876	2,1796	2,2454	-2,9%
8,350,915	DİZDARIYE MEDRESESİ	8	2136651	1,0812	1,1164	-3,2%
9,770	KATİP SİNAN SK	3	2130774	1,7467	1,8125	-3,6%
5,690	DİZDARIYE ÇEŞME SK	25	2130884	0,4600	0,4799	-4,1%
7,510,628	PİYERLOTİ CD	41	2130772	1,8963	1,9822	-4,5%
7,784,349	PİYERLOTİ CD	41	2130772	1,1863	1,2654	-6,3%
				38,0046	34,4816	10,2%

Sayaçların neden olduğu eksik faturalama, 55 günde bir sayaçları okunan normal aboneler için %10,2 olarak hesaplanmıştır.

Yanlış ölçüm yapan ilk 8 sayaç değiştirilmiştir. Yukarıdaki ölçümlere bakıldığında, toplam kazancın 1 m³/gün'den daha fazla olacağı görülmektedir.

Çizelge 5.8 Yüksek Tüketimli 25 Adet Tüketim Profiline Sonuçları

Abone Tipi	Contrat No	KBS No	Pilot Sayaç (m3)	Mevcut Sayaç (m3)	Hata %
ECOLE	1,544	2132990	27.9614	16.2180	72.4%
MIXTE	5,413	2132241	3.5907	2.7201	32.0%
FOYER ETUDIANT	5,144	2130817	17.9090	13.7022	30.7%
BATIMENT PUBLIC	3,658	2131040	238.4300	201.9384	18.1%
HOTEL	3,927	2130484	44.9110	38.7020	16.0%
LIEU DE TRAVAIL	2,665,652	2130832	1.1298	0.9894	14.2%
HOTEL	1,219,025	2130512	45.5970	40.1712	13.5%
MIXTE	3,335	2130885	3.6471	3.2985	10.6%
RESTAURANT	8,317,148	2130484	37.1022	33.9183	9%
MIXTE	4,274	2130880	2.1468	1.9657	9.2%
FOYER ETUDIANT	5,049	2130817	60.4115	57.3859	5.3%
BATIMENT PUBLIC	11,594	2131043	13.5367	12.9378	4.6%
ECOLE	8,289	2132268	14.1802	13.5917	4.3%
RESTAURANT	7,865,354	2130969	27.7587	26.7292	3.9%
HOTEL	7,318,143	2,132,257	89.3498	86.5532	3.2%
HOTEL	8,996,198	2130518	22.1356	21.5242	2.8%
LIEU DE TRAVAIL	7,688,444	2130971	18.6059	18.1951	2.3%
LIEU DE TRAVAIL	6,799,668	2130457	10.6788	10.5142	1.6%
FOYER ETUDIANT	5,145	2130817	60.2825	59.6526	1.1%
RESTAURANT	9,951	2132939	8.6626	8.5818	0.9%
HOTEL	8,783,962	2130981	62.5028	62.4092	0.1%
MIXTE	1,060	2130519	8.8246	8.8145	0.1%
HOTEL	7,982,553		26.9499	27.1197	-0.6%
BATIMENT PUBLIC	1,913,368	2130465	37.4020	38.5890	-3.1%
MIXTE	1,886	2130506	0.9323	0.9727	-4.2%
			884.6389	807.1946	9.6%

Çalışma sonucunda eksik ölçüm oranının %9,6 olduğu söylenebilir. Çalışmalar sonucunda %10 oranında eksik ölçüm yapan ilk 8 sayaç değiştirilmiştir.

Sonuç olarak, pilot bölgede eksik ölçümler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. Normal aboneler ortalama %10,2'lik bir kayıpla pilot bölge tüketiminin %17'sini temsil etmektedir.

Ticari kayıp= %10,2* %17=%1,73

2. (Kartlı sayacı olan ve olmayan) yüksek tüketimli kullanıcılar %9.6'lık bir kayıpla, pilot bölge tüketiminin %83'ünü temsil etmektedir.

Ticari kayıp= %9.6* %83=%7.97

Pilot bölgedeki eksik ölçümlerden kaynaklanan ticari kayıp mevcut faturalamaların %9,7'si oranındadır.

İzin Verilen Faturalanmayan Tüketim (Bedelsiz Tüketim):

Sultanahmet bölgesinde faturalanmayan ölçülmüş tüketim İSKİ kanal temizlik çalışmalarında harcanan miktardır. Bölgede hizmet suyu kullanımı yoktur. Sokakların temizliği, umumi çeşmeler ve havuzlar veri tabanına bağlı sayaçlar tarafından ölçülmektedir.

Kasım ayı süresince özellikle deşarj vanasının açıldığı 25 Kasım tarihinde birçok su kesintisi yaşandı. Bu kesinti süresince giren debi miktarı hiç sıfıra düşmemiş ancak 5,51/sn'de durmuştur. Çünkü bölgenin giriş vanası düzgün çalışmamaktadır. Deşarjın başladığı saat olan 15:20'de boruda bulunan su, deşarj vanasından akmıştır. Debimetreyle yapılan ölçüme göre 122 m³ su kayıp sudur.

Giriş vanası tamamen kapanmadığı için debi 5,5 l/sn'de sabitlendi. Deşarj vanası 19:22'ye kadar açık kaldı. 5,5 l/sn güçle, 4 saat 02 dakika boyunca deşarja giden suyun hacmi 78 m³'ü buldu.

Deşarj için Kasım ayında kullanılan toplam hacim 200m³'tür. Bu, günde 6,63m³'lük bir debiye denk gelir ve bu da Kasım ayı boyunca bölgeye giren hacmin %0,8'idir.

Çalışmanın Sonuçları

Başlangıçtaki su kaybı oranının hesaplanması - Kasım 2007:

Kasım ayı üretimi = 836 m³/gün

Kasım ayı satışı = 643 m³/gün

Kasım ayı kayıp su miktarı:

$$836-643 = 193 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$(836-643)/836*100 = \%23,1$$

Şebekenin uzunluğu 5,3 km olduğuna göre, kayıp:

$$193 \text{ m}^3/\text{gün} / 5,3 \text{ km}^3 = 36,4 \text{ m}^3/\text{gün}/\text{km}$$

Çizelge 5.9 teknik analizlere göre Kasım 2007 kayıp bileşenleri açıklanmış ve detaylandırılmıştır.

Çizelge 5.9 Kasım.2007 kayıp su bileşenleri

	%	L / s	M ³ / gün	M ³ /gün /km
Üretilen	%100	9,68	836	157,7
Faturalanan	%76,11	7,44	643	121,3
Fiziksel kayıplar	%14,6	1,41	122,1	22,9
Ticari kayıplar	%8,49	0,75	70,9	12,3
- Eksik ölçen sayaçlar	%7,5	0,72	62,7	11,8
- Hiç çalışmayan sayaçlar	%0,49	0,02	4,1	0,3
- Kaçak kullanım	%0,49	0,01	4,1	0,2
Hizmet suları (bedelsiz tüketim)	% 0,8	0,08	6,7	1,2
Toplam kayıplar	%23,09	2,23	193	36,4

Fiziksel kayıplar ticari kayıplardan fazladır. İllegal kullanım düşüktür. Bu nedenle Sultanahmet İstanbul'un usulsüz su kullanımının iyi bir fotoğrafını vermemektedir.

C-Sınıf sayacın takılmasının sonuçları

Tüketim profilleri B sınıf yerine C sınıf sayaçların takılmasının daha uygun olacağı sonucuna varıldı.

Basınç Yönetimi

Model belirlenerek Basınç Düşürücü Vanalar takıldıktan sonra, Sultanahmet'te basınç düşürme çalışması yapıldı ve bir takım sorunlarla karşılaşıldı.

1. Basınçla İlgili Problemler

Vanalar bu kadar düşük basınca ayarlı olmadıklarından +/-1 bar'dan daha fazla hata verdiler (İstenilen ve ölçülen değerler arasındaki fark). Basıncın sadece 1 bar düşürülmesi gereken bir bölge için, bu yaklaştırma hatası kabul edilemez büyüklüktedir.

Basınç Düşürücü vanaların testi esnasında yüksek kotlardaki otellerde düşük basınç sorunları meydana geldi ve bazı abonelerde bağlantı sorununun olduğunu ortaya çıkardı. Bu nedenle basınç testleri yapılması uygun bulunmuştur.

Buradan basıncın, otellerdeki misafirlerin aynı anda su kullandıkları anlar dışında, gün boyunca yeterli olduğu ortaya çıkmıştır.

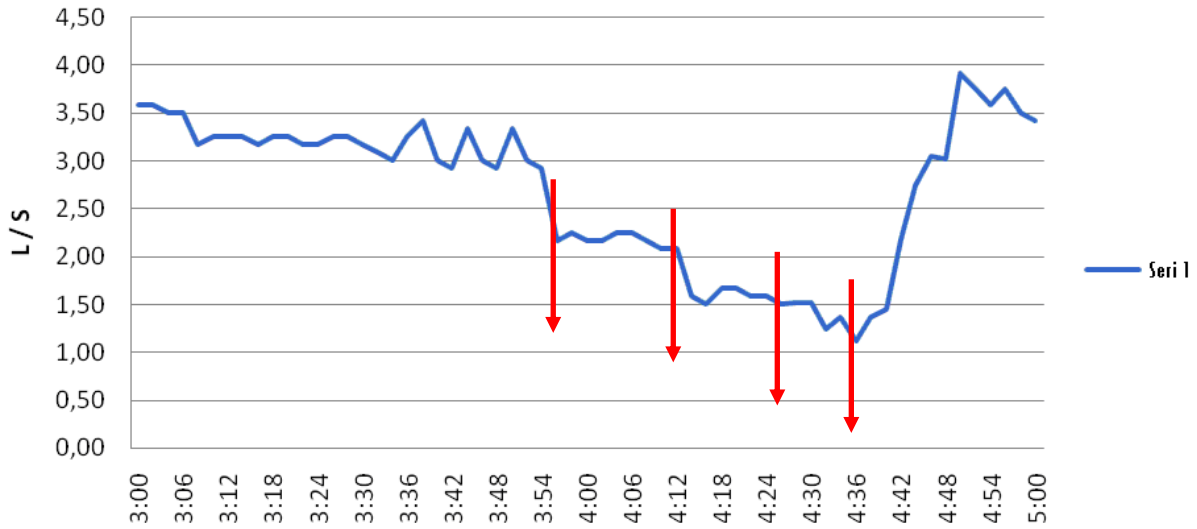
Otellerden bir tanesinde, her birinde duş ve tuvalet bulunan, 2., 3. ve 4. katlara dağılmış 27 oda ve 5. katta da çamaşır makinesinin de bulunduğu restoran var.

Basit bir hesaplama, aynı anda bazı duşlar da kullanıldığında 5. kattaki çamaşır makinesinin çalışabilmesi için 6 barlık basınca ihtiyaç duyulduğu görülür.

Burada bina içi tesisatta sorun vardır ve bağlantı boyutları tekrar ele alınmalıdır.

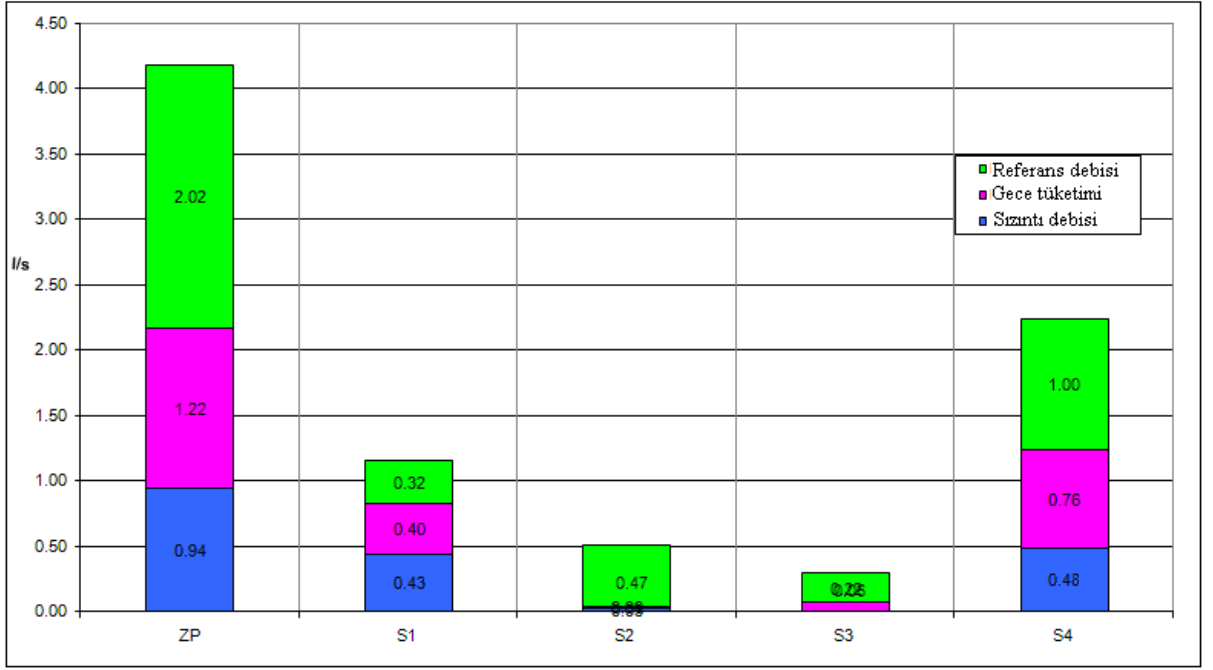
Ayrıca Aktif Basınç Kontrol cihazı bağlandığından, minimum gece debisi beklendiği kadar düşmemiştir.

Son Adım Testi



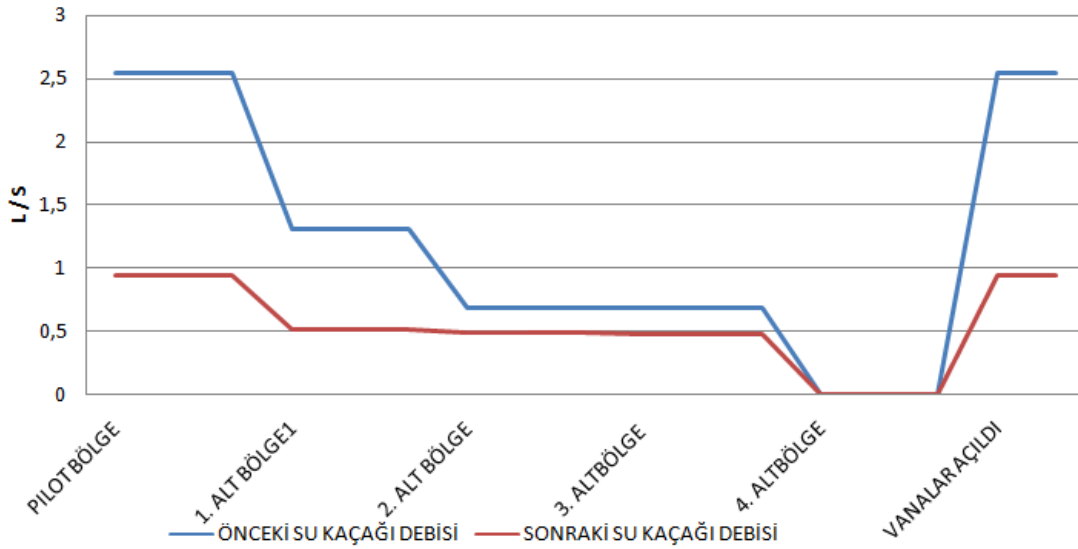
Şekil 5.18 İkinci adım testi sırasında Sultanahmet pilot bölgesindeki giriş debisi

Bölgenin girişinde okunan debi, kısmen gece yüksek kullanımlı abonelerin tüketimine bağlıdır. Sızıntı debisini hesaplayabilmek için yüksek tüketimli abonelerin sayaçları tekrar okundu.



Şekil 5.19 Yüksek tüketimli abonelerin sayaç verileri

Bu miktarları toplamdan çıkararak, projenin başında ve sonunda gerçekleştirilen adım testlerindeki ilk ve son su kaçağı debileri karşılaştırılabilir.



Şekil 5.20 Çalışmalardan önce ve sonra su kaçağı debisi (Kasım 2007- Mart 2008)

Kaçak debisinin gelişimini ve karşılaştırılmasını gösteren bu grafik, bize mevcut toplam kaçak debisinin 0,94 l/sn olduğunu gösterir

$$Q_1 = Q_0 (P_1 / P_0)^{N1}$$

$$Q_1 = 0,94 \times (3,8 / 4,65)^{2,5} = 0,56 \text{ l/sn (ortalama)} \quad (5.3)$$

Pilot bölgenin ortalama debisiyle, kaçak debisi arasındaki ilişki, bölgenin tespit çalışmalarından önceki ve kaçakların onarımından sonraki fiziksel kaçakların oranını belirlememizi sağlar.

$$\text{Kaçak debisi / ortalama debi} = \text{Fiziksel kayıpların oranı} \quad (5.4)$$

$$0,56 / 9,68 = \%5,78$$

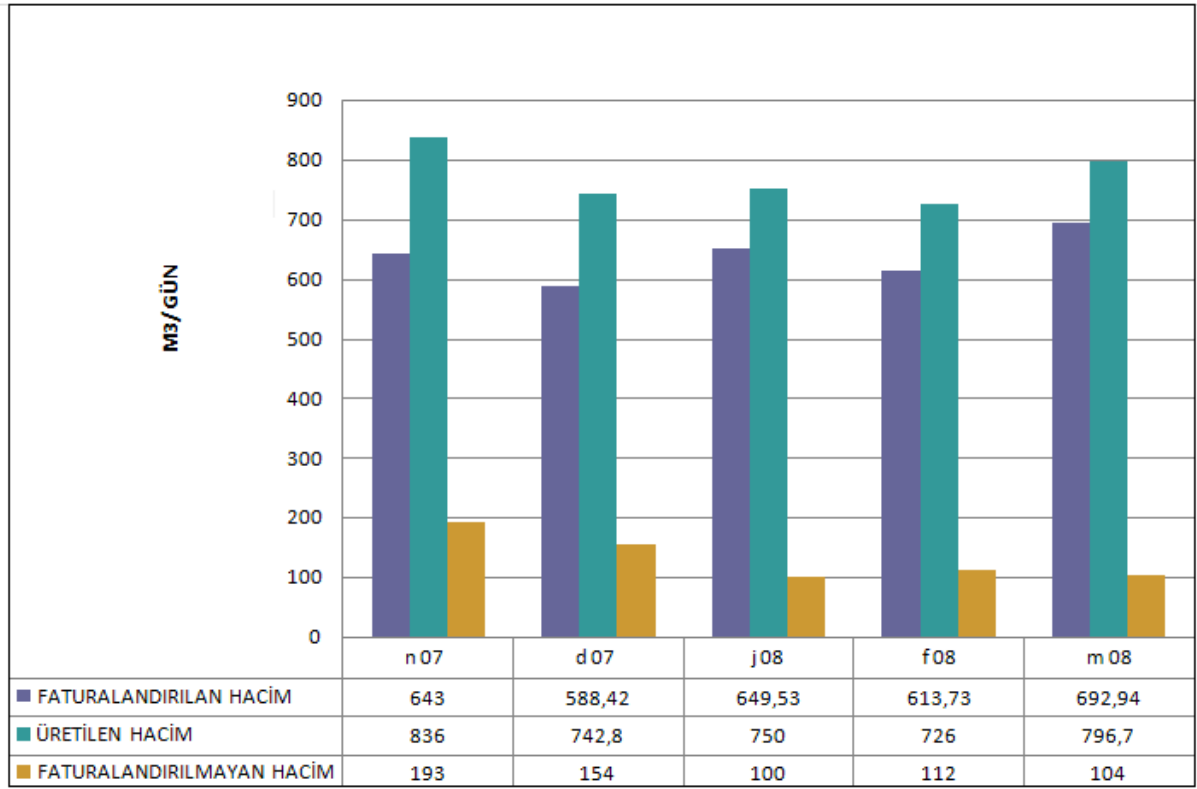
Sonuç olarak fiziksel kayıplar, bölgeye giren debinin %5,78'i oranındadır.

Eksik faturalama mevcut sayaçların değiştirilmesiyle azaltılmıştır.

Çizelge 5.10 Sultanahmet Mart 2008 su kayıp oranları

MART 2008		m ³ / gün	l/sn
Üretim	% 100,00	796,7	9,2
Faturalanan	% 86,97	692,9	8,0
Fiziksel Su Kayıpları	% 5,78	46,0	0,5
Ticari Kayıplar	% 6,40	51,0	0,6
- Eksik ölçen sayaçlar	% 6,28	50,0	0,6
- Hiç çalışmayan sayaçlar	% 0,06	0,5	0,0
- Kaçak kullanım	% 0,06	0,5	0,0
Bedelsiz Tüketim	% 0,84	6,7	0,1
Toplam Kayıplar	% 13,03	103,8	1,2

Aşağıda çalışmanın sürdürüldüğü 5 aylık faturalandırılan, üretilen ve kayıp su hacim değişimleri verilmiştir.



Şekil 5.21 Faturalandırılmayan su miktarındaki değişimler

Faturalanmayan Hacim (%) 23,09 20,75 13,33 15,42 13,03

Yapılan çalışmalar sonucunda Kasım ayında % 14,6 olan fiziksel kayıplar % 5,78'e , ticari kayıplar % 8,49'dan % 6,40'a düşürülmüştür.

5.2. Fatih Pilot Bölgesi

Bölgenin genel özellikleri.

Fatih bölgesinin genel özellikleri:

- 100 ve 150mm arasında çapları olan Düktil Font (DF) 13,8 Km boru
- 3,4 ile 10,2 Bar arası basınç
- Depo yada pompa istasyonu mevcut değil
- Bölge 2 giriş noktasından besleniyor, çıkış yok (kapalı sistem)
- 8.209 abone.

5.2.1. Fiziksel Kayıpların Tespiti

Şebekenin İncelenmesi

İki vana ve bir deşarj vanası monte edildi 19 vana buşaklesi yükseltildi ve 2 bozuk vana değiştirildi.

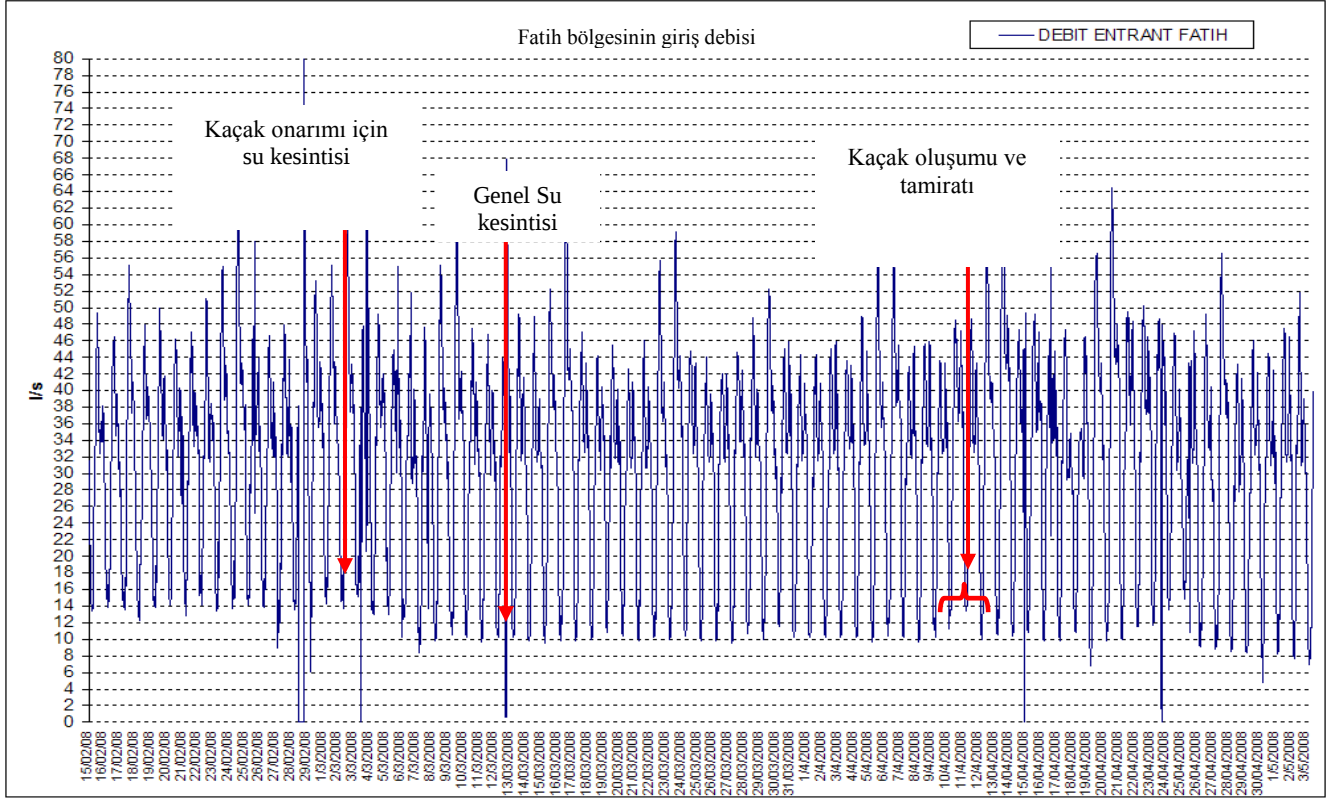
Sahadaki bir çok hattın İSKABİS'e işlenmemiş olduğu tespit edilince GIS formatında tekrar güncellendi. Yapılan şebeke incelemesi sonucunda şebekenin dağılımının yeterince iyi olmadığına karar verildi. Pilot bölge birbirinden boyut açısından çok farklı iki alt bölgeden oluşmaktadır. Bu nedenle Pilot Bölgeyi iki eşit alt bölgeye bölecek şekilde yeni bir yapılandırmaya karar verildi.

Debi ve Basınç Ölçümleri



Şekil 5.22 Basınç ölçüm noktaları

Fatih bölgesindeki tüketim, yerleşim alanlarındaki tüketim tipine uygundur. Hafta boyunca tüketim miktarı büyük farklılıklar göstermez. Ortalama debi 31,4 l/sn'dir. Şekil 5.22'de Fatih pilot bölgesinin debimetre okumaları verilmiştir.



Şekil 5.23 Kasım 2007 – Ocak 2008 debi eğrisi

Debi eğrisi incelendiğinde bütününde debide bir düşüş gözlemlenir. Bu da sürdürülen kaçak arama ve onarımı çalışmalarıyla açıklanabilir. Debi ölçme çalışmaları esnasında birkaç su kesintisi yaşanmıştır.

Kaçağın ortaya çıkışı gece sayımları incelendiğinde görülmektedir. Su kaçağının onarımı ortaya çıkışından üç gün sonra gerçekleştirildi.

Çizelge 5.11 alt bölgelere göre dağılımı yapılmış 8 veri kaydedicisinin kaydettiği basınç sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 5.11 Alt bölge veri kaydedicilerinin ölçümleri

Alt bölge Numarası	Yüksek bölgeler				Alçak bölgeler			
Veri kaydedici Numarası	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Veri kaydedicinin Adresi	Fevzi Paşa Cad. No :373 <i>Kritik Nokta</i>	Fevzi Paşa Cad. No: 273	Sofalı Çeşme Sok. No:77	İpek Sokak No:12	Hirkai Şerif Cami	Melek Hoca Cad.	Kabakulak Sok. No:25	Karabulut Sok. No:24
Veri kaydedicinin bulunduğu kat	0	0	0	4	0	0	0	0
Binanın deniz seviyesine göre yüksekliği (m)	77	61	51	53	51	45	62	64
Veri kaydedicinin deniz seviyesine göre yüksekliği (m)	77	61	51	65	51	45	62	64
Minimum Ortalama Basınç (bar)	3,8	6,4	5,3	2,4	5,5	6,5	5,1	3,90
Maksimum Ortalama Basınç (bar)	8,2	8,7	8,8	4,5	9,5	9,6	8,2	8,1
Başlama tarihi	5 Şubat	6 Şubat	5 Şubat	15 Nisan	5 Şubat	5 Şubat	27 Şubat	12 Mart
Bitiş tarihi	12 Mayıs	26 Şubat	12 Mayıs	12 Mayıs	12 Mayıs	3 Mart	25 Mart	25 Mart

Kaydedilen veriler kendi aralarında ve her bir basınç noktasındaki yüksekliklerle tutarlıdır.

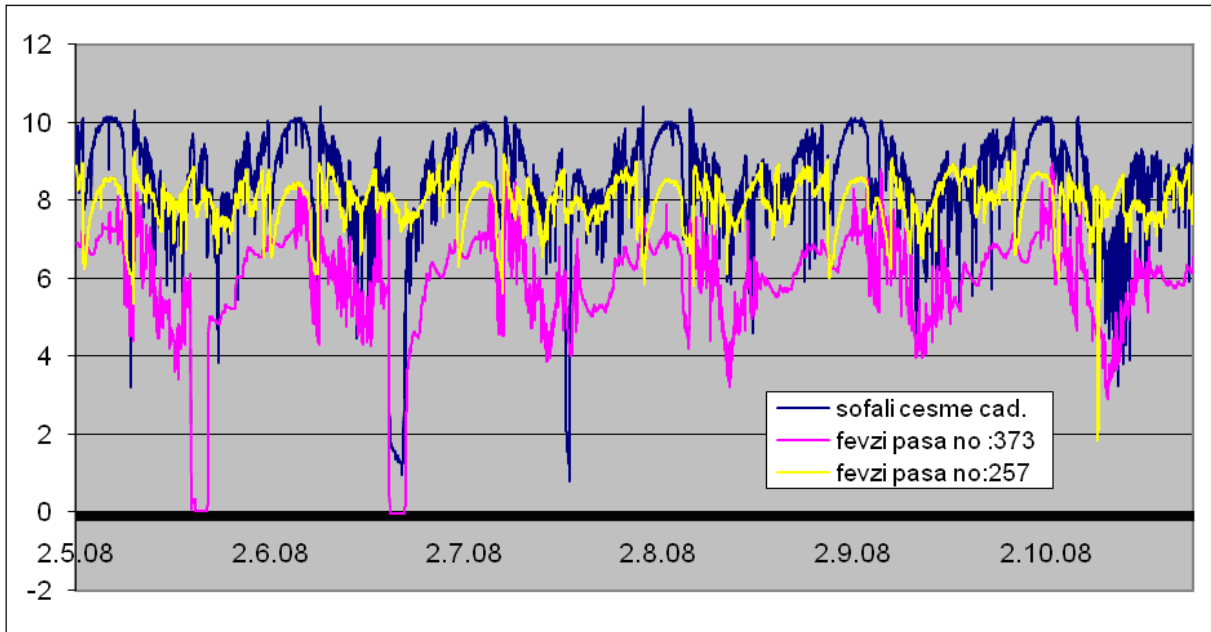
Tüketimin yoğun olduğu saatlerde kaydedilen minimum ve maksimum basınç verileri yüksek kotlarda ortalama basınç, alçak kotlarda ise yüksek basınç göstermektedir.

Alçak bölgelerde gün boyunca çok yüksek basınç gözlemlenmektedir (10 ila 9 bar). Yüksek ve alçak bölgelerdeki kritik noktaların basınç eğrileri Şekil 5.24'te verilmiştir.

Yüksek bölgelerde üç kritik basınç noktası belirlendi:

1. P1: Sofalı Çeşme Sok. No: 77
2. P2: Fevzi Paşa Cad. No: 373
3. P3: Fevzi Paşa No: 257

P2, sektörün ve pilot bölgenin en yüksek noktasıdır.

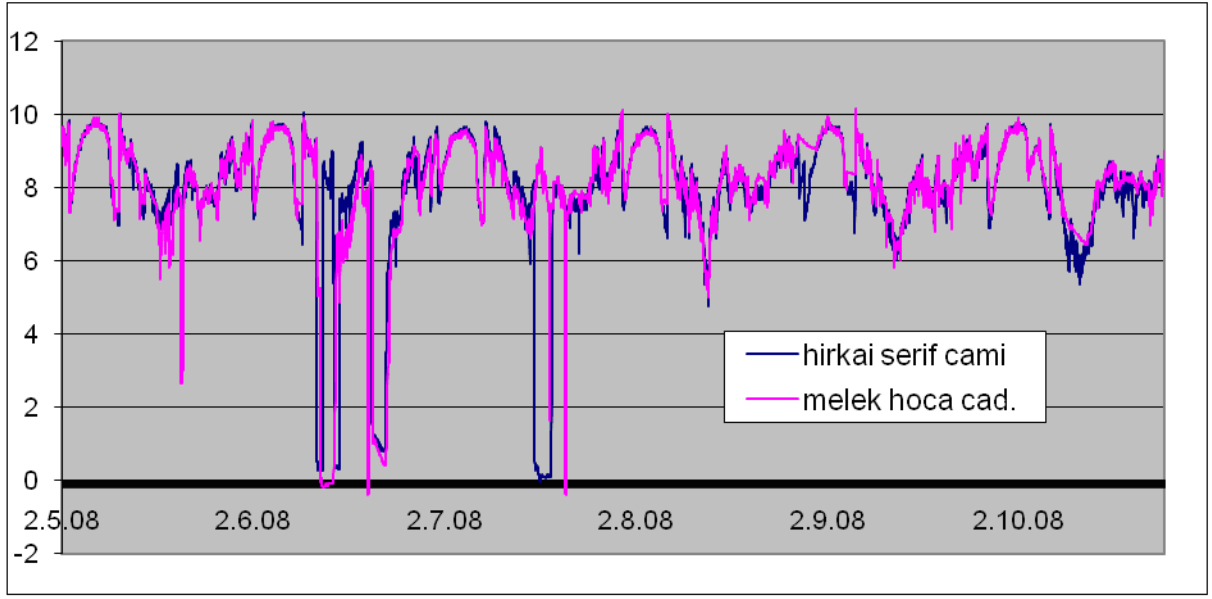


Şekil 5.24 Yüksek bölgenin eğrisi

Alçak bölgelerde iki basınç noktası belirlendi:

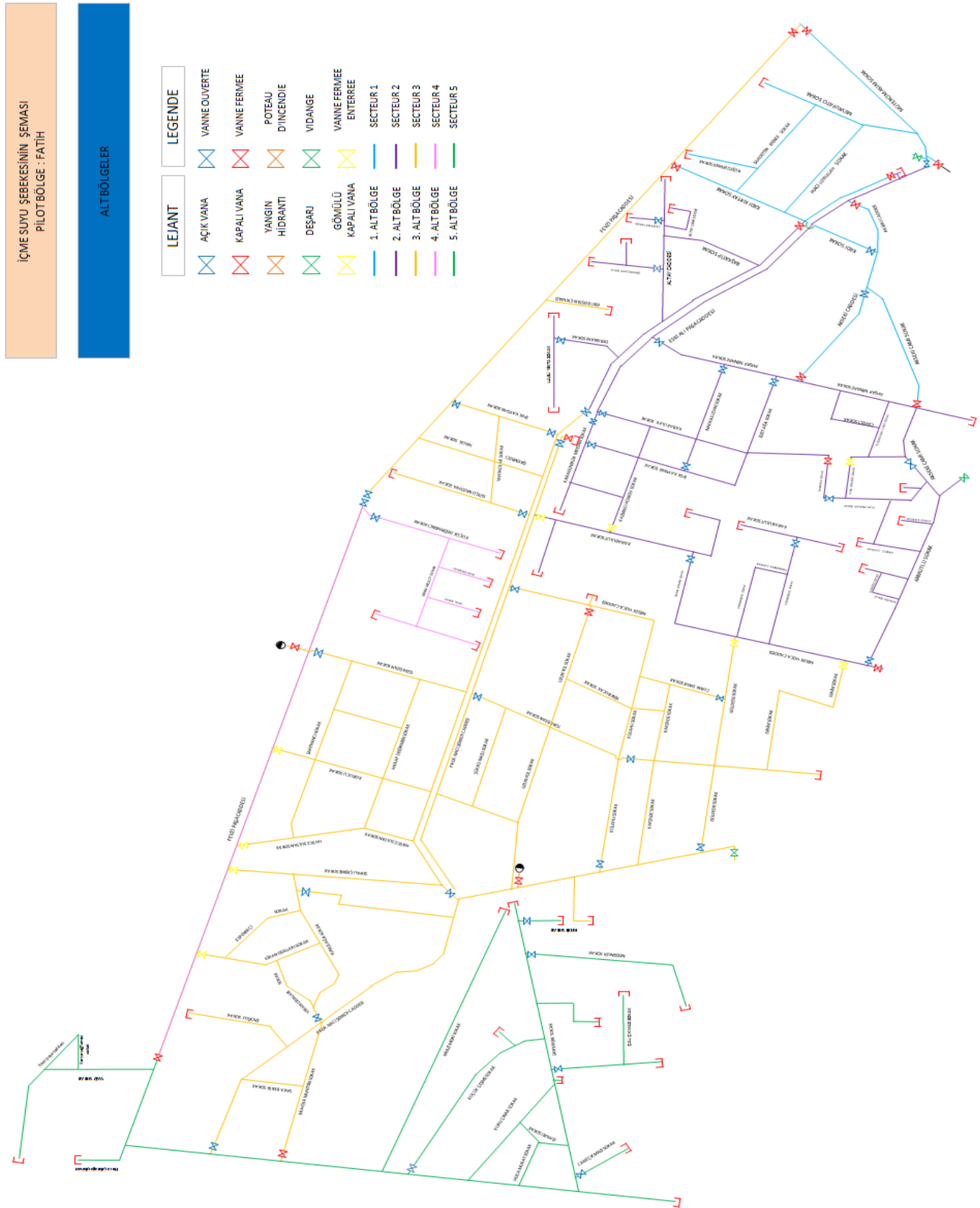
1. P4: Hirkai Şerif Camii
2. P5: Melek Hoca Cad.

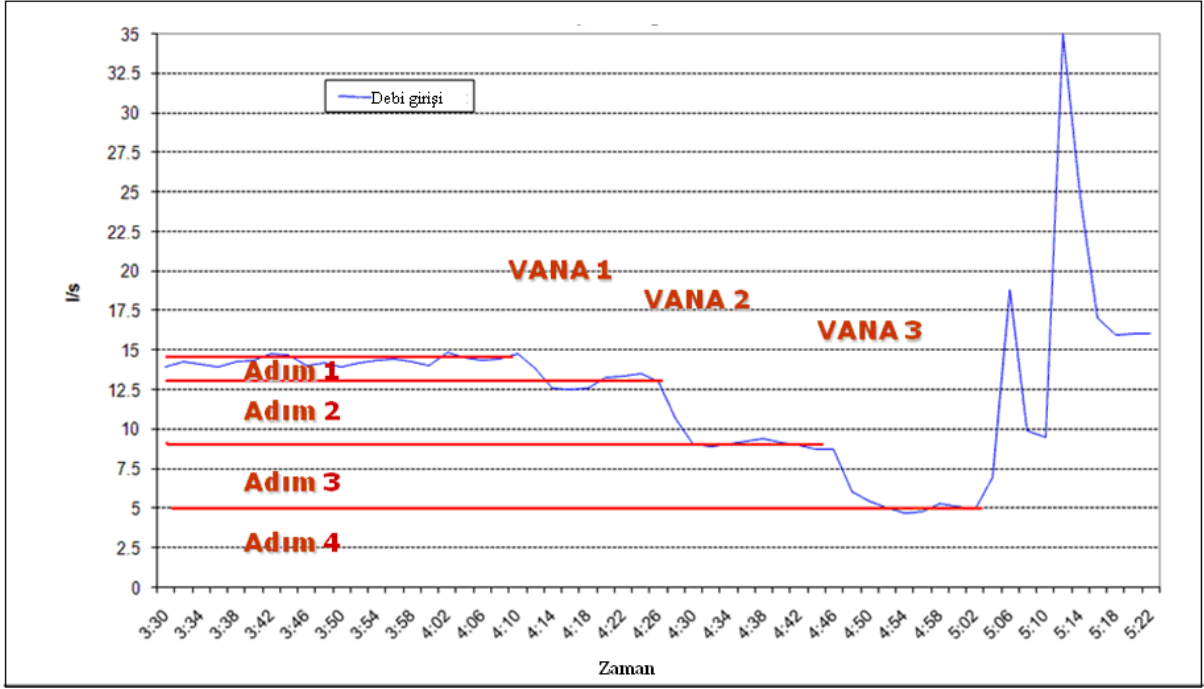
P4 ve P5 hem sektörün hem de pilot bölgenin en alçak noktalarıdır:



Şekil 5.25 Alçak bölgenin eğrisi

Adım Testi





Şekil 5.27 Adım Testi Sonuçları

32 yüksek tüketimli kullanıcının adım testi süresince gece okumaları yapılmıştır. Veri tabanı üzerinde yapılan inceleme sonucunda gece su kullanan 32 yüksek tüketim abonesinin sayaçları adım testi yürütülürken izlenmiştir. Çizelge 5.12’de gece yüksek miktarda su tüketen abonelerin ölçümlerini göstermektedir.

Çizelge 5.12 Gece Yüksek Tüketimli Kullanıcıların Sayaç Kayıtları

SAYAÇ SERİ NO	KBS	Alt Bölge	1. OKUMA	SAAT 1	2. OKUMA	SAAT 2	Tüketim (l/sn)
22073697	1940057	1	1356,896	02:47	1357,0159	03:52	0,0307
3176765	1952923	1	1713,7483	02:56	1713,8028	03:59	0,01442
13049	2503370	1	2416,7466	20:21	2418,3128	06:39	0,0422
2074920	1952018	1	5266,41	20:26	5266,8546	07:06	0,0116
507296	1953041	1	8031,6265	20:30	8031,9684	07:09	0,0089
1838433	1952656	1	542,0028	19:59	543,7908	06:42	0,0463
1067671	1952656	1	317,7992	20:02	317,8092	06:43	0,0003
22077621	1951282	2	1060,2842	20:48	1060,9041	07:23	0,0163
2527099	1933636	2	789,1155	19:52	789,1172	06:57	0,0000
157069	1975046	2	2755,2728	19:34	2756,1222	06:22	0,0218
959404	1975046	2	2794,3066	17:07	2795,0609	06:24	0,0158
1554458		2	16,6266	20:10	16,6295	06:49	0,0001
726401	1946883	3	2700,2175	19:12	2700,6215	07:41	0,0083
787616	1947455	3	21466,6625	02:24	21466,9759	03:27	0,0829
1597910	1975018	3	81,8352	19:17	82,2745	07:38	0,0099
1518198	1946317	4	227,4805	02:06	227,5488	03:21	0,0152
2355690	1950188	4	2556,6778	20:52	2557,2574	06:27	0,0168
136580	1950878	4	3753,018	19:45	3754,056	07:27	0,0246
2079543	1940013	4	3130,2782	02:35	3130,2806	03:41	0,0006
2241054	1975023	4	7545,9608	19:20	7546,1304	07:33	0,0039
22075226	2512980	4	41416,0011	02:15	41416,0018	03:32	0,0002
2804982	1945618	4	3101,4889	01:47	3101,4889	03:06	0,0000
2354970	1974963	4	7524,3924	19:05	7529,9168	07:50	0,1204
949638	2515624	4	4107,172	20:58	4108,2236	08:11	0,0260
4484018		4	762,6936	02:02	762,7302	03:19	0,0079
1143375	1949337	4	0,3415	20:42	0,3415	10:15	0,0000
1049807	1947396	4	98,613	17:37	98,613	08:07	0,0000
1641464	1948884	5	19162,5541	19:26	19163,9725	06:34	0,0354
364932	1975376	5	1251,1227	01:52	1251,1497	03:08	0,0059
1550236	1946014	5	85,9448	17:00	86,0832	08:03	0,0026
777145	1947978	5	5271,4186	21:02	5271,9779	08:13	0,0139
2086208	1948566	5	3361,3038	01:56	3361,6225	03:14	0,0681

Alt bölgeleri sızıntı seviyelerine göre derecelendirmek için her alt bölgede abonelerin kullandığı su miktarını belirlemek gerekir. Aşağıdaki Çizelge 5.13’de gece yüksek tüketim yapan abonelerin tüketimi bölgelere göre ayrılmıştır.

Çizelge 5.13 Gece yüksek tüketim yapan abonelerin tüketimi bölgelere göre ayrılması

Alt Bölge 1	7 Abone	0,15
Alt Bölge 2	5 Abone	0,05
Alt Bölge 3	3 Abone	0,10
Alt Bölge 4	12 Abone	0,22
Alt Bölge 5	5 Abone	0,13

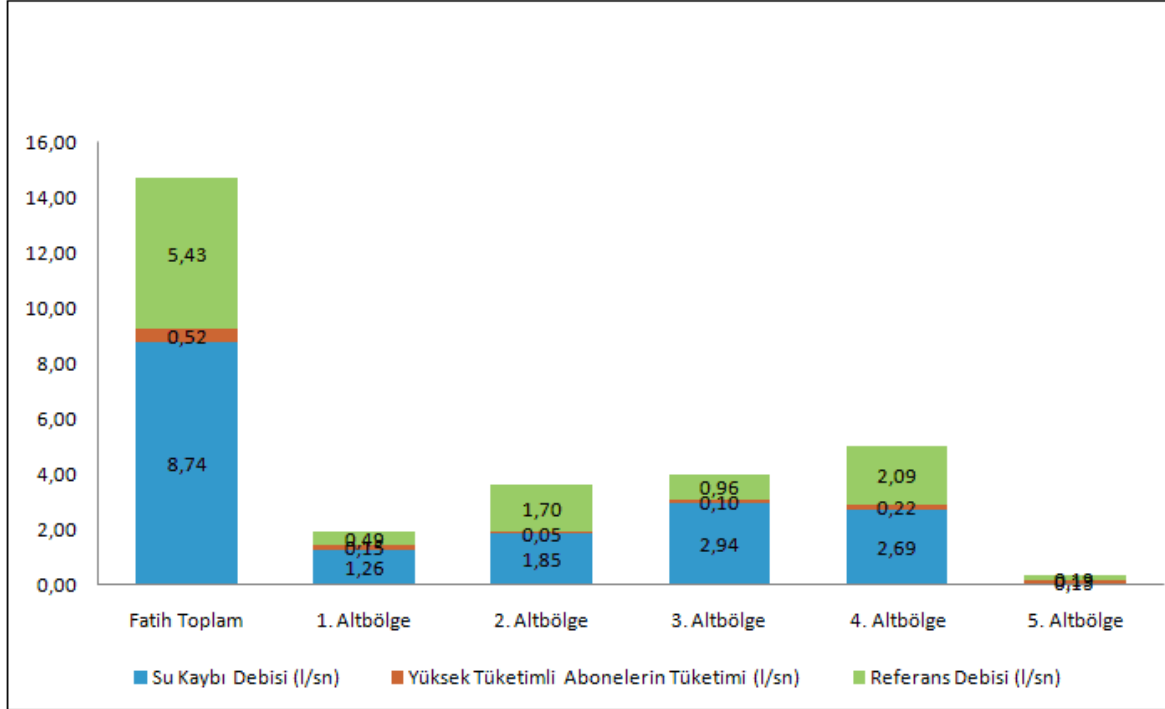
Su Kaçağı Debisinin Hesaplanması:

Su kaçağı debisini l/sn’den l/km/sn’ye çevirerek kaçak endeksinin en yüksek olduğu yerler tespit edilir ve kaçak tespiti çalışmaları için öncelikli alt bölgeler belirlenir. Adım Testi esnasında abonelerin referans debisi 0,4 l/sn/km kabul edilir.

Çizelge 5.14 Kaçak Su Araştırması İçin Öncelikli Bölgelerin Tanımlanması

	Uzunluk	Referans Debisi		Alt bölge Debisi	Büyük Kullanıcıların Sayaçlarında Okunan Hacim	Kaçak Debisi		Öncelik
	Km	l/sn/km	l/sn	l/sn	l/sn	l/sn	l/sn/km	
Pilot Bölge	13,865	0,39	5,43	14,69	0,52	8,74	0,63	
1. Altbölge	1,215	0,4	0,49	1,90	0,15	1,26	1,04	2
2. Altbölge	4,259	0,4	1,7	3,60	0,05	1,85	0,43	4
3. Altbölge	2,405	0,4	0,96	4	0,10	2,94	1,22	1
4. Altbölge	5,219	0,4	2,09	5	0,22	2,69	0,52	3
5. Altbölge	0,765	0,25	0,19	0,32	0,13	0	0	5

Şekil 5.28’da adım testi sonucunda alt bölgelerin referans debileri, yüksek tüketim abonelerinin debileri ve sızıntı debileri gösterilmiştir.



Şekil 5.28 Adım testi ölçümleri

Sızıntı seviyesi sırasıyla 3., 1., 4., 2. ve 5. bölgelerdir. Kaçak su arama çalışmaları bu sıraya göre yapılır.

Ortalama Su Kaçağı Debisinin Hesaplanması:

$$Q_1 = Q_0 (P_1 / P_0)^{N_1}$$

Q_1 : Bölgedeki ortalama kaçak debisi (5.5)

Q_0 : Gece su kaçağı debisi; test sırasında 8,74 l/sn olarak kaydedildi

P_1 : Şebeke ortalama basıncı; bölgede ortalama 6,98 bar olarak kaydedildi

P_0 : Gece basıncı; gece 8,45 olarak kaydedildi

N_1 : Şebekenin büyüklüğüne göre 0,5 ila 2,5 arasında değişen bir katsayı

Küçük bölgelerde (bu çalışmada olduğu gibi) katsayı 2 alınır.

$$Q_1 = 8,74 \times (6,98 / 8,45)^{2,5} = 5,42 \text{ l/sn}$$

Kaçak debisi / Ortalama debi = Fiziksel kayıpların yüzdesi (5.6)

$$5,42 / 31,94 = \%16,97$$

Fiziksel kayıplar bölgeye verilen suyun % 16,97'sidir.

Sızıntı Tespiti ve Tamir Çalışmaları

Birinci Su Kaçağının Tespiti:

1. alt bölgenin büyüklüğü göz önünde bulundurularak ön belirleyiciler kullanılmış, daha sonra korelatör ve zemin mikrofonu kullanılarak kaçağın tam yeri tespit edilmiştir.

Kaçağın 1. alt bölgedeki Altay Caddesi'nde 150 mm'lik borudaki manşonun contasından kaynaklandığı tespit edildi. Kaçağın tam yeri aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 5.29 Birinci su kaçağı tespiti ve onarımı

İkinci Su Kaçağının Tespiti:

Ön belirleyicilerden sonra korelatör ve zemin mikrofonu kullanılarak tespit edilmiştir. Kaçak, Sarmaşık Sokak'ta 150mm'lik boru üzerindeki bir kör tapa contasında tespit edilmiştir. Kaçağın yeri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.30 İkinci su kaçağının tespiti ve onarımı

Üçüncü Su Kaçağının Tespiti:

İkinci kaçak onarılırken, bir PTT menholünde fark edilmiştir. Zemin dinlenerek kaçağın 3. alt bölgedeki Sarmaşık Sokakta bir bağlantıdan geldiği anlaşıldı. Kaçağın yeri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.31 Üçüncü su kaçağının tespiti ve onarımı

Dördüncü Su Kaçağının Tespiti:

4. alt bölgedeki vanalar birbirlerinden çok uzak olduklarından, yapılan ön belirleme çalışması alt bölgenin tümünün incelenmesine izin vermedi. Dolayısıyla, ön belirleme cihazlarının kurulamadığı yerlerde zemin dinlemesi yoluna başvuruldu.

Kaçak Prof. Naci Şensoy adresinde bir şube yolu bağlantısında bulundu. Kaçağın tam yeri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 5.32 Dördüncü su kaçağının tespiti ve onarımı

Beşinci Su Kaçağının Tespiti:

Ön belirleyicilerden sonra korelatör ve zemin mikrofonu kullanılarak tespit edilmiştir. Kaçak alt bölgenin dışında, 1. alt bölgede Fevzi Paşa Caddesi'nde bulunmuştur. Kaçağın yeri aşağıdaki planda işaretlidir:

Kaçak tespit çalışmaları ile Adım Testinin sonuçlarına da uygun olarak, 1. alt bölgede bir, 3. alt bölgede iki, 4. alt bölgede bir ve bölge dışında bir olmak üzere toplam 5 kaçak tespit edilmiştir.

Altıncı Su Kaçağının Tespiti:

Bir abonenin susuzluk şikayeti üzerine abone bağlantısında kaçak tespit edildi. Bu kaçağın ortaya çıkışı ve onarımı bölgenin giriş debisi grafiğinde görülmektedir.

Bu deneyim, tecrit edilmiş bölgelerin debilerini sürekli takip etmenin faydalarını göstermektedir.

Yedinci Su Kaçağının Tespiti:

Bir abonenin zemin katından su geldiğinden şikayetçi olması üzerine, kaçak su ekibi geleneksel fuit dinleme metodu ile kaçağı aradı ve sonuç elde edilemedi. Pilot çalışmada kullanılan zemin mikrofonu ile dinleme yapıldı ve kaçağın yeri tespit edildi.

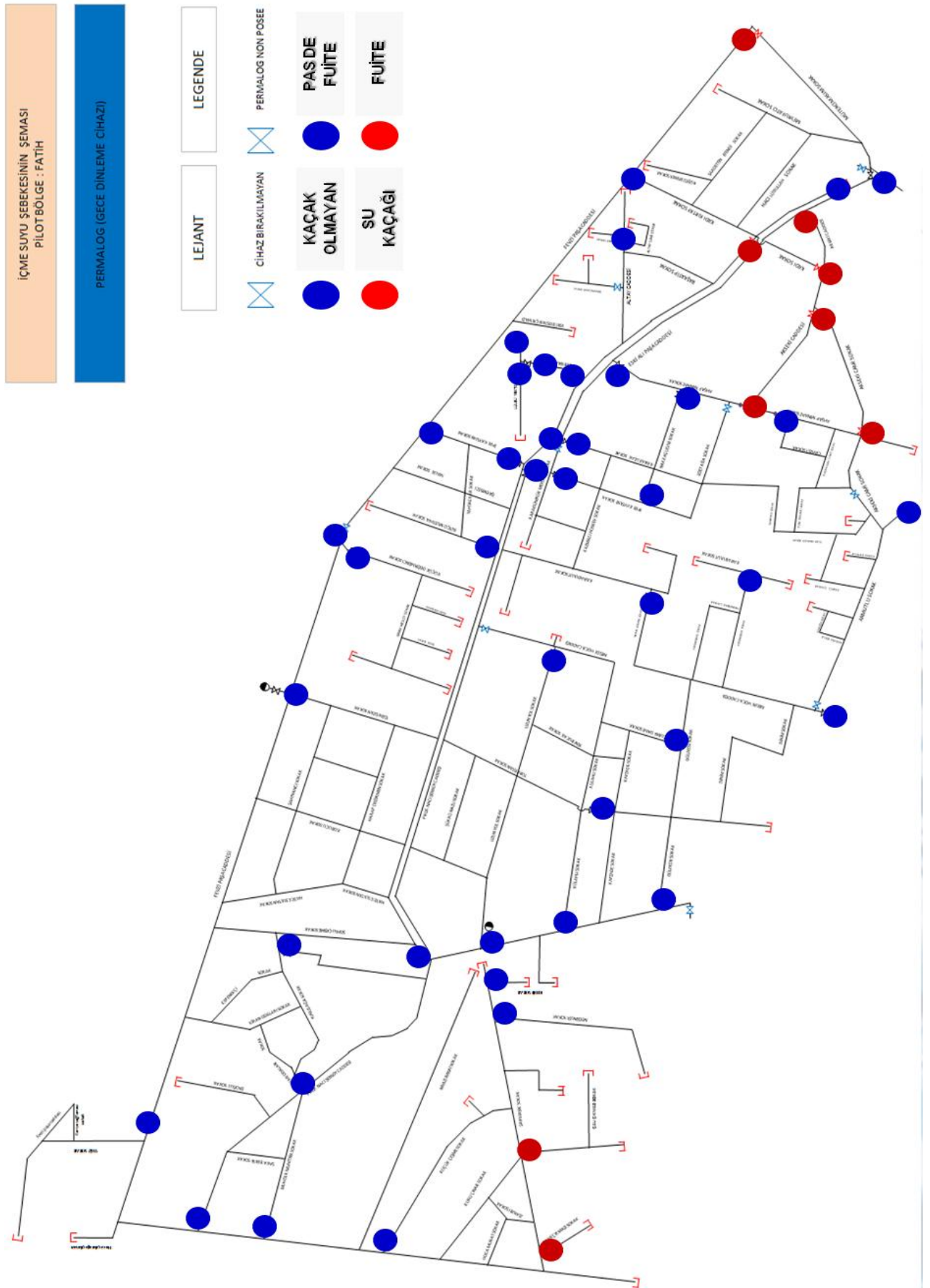
Kaçaktan gelen ses çok az olduğundan, kullanılan araçlar, metotlar ve personelin eğitimi kaçağı bulmak için yetersiz kaldı.



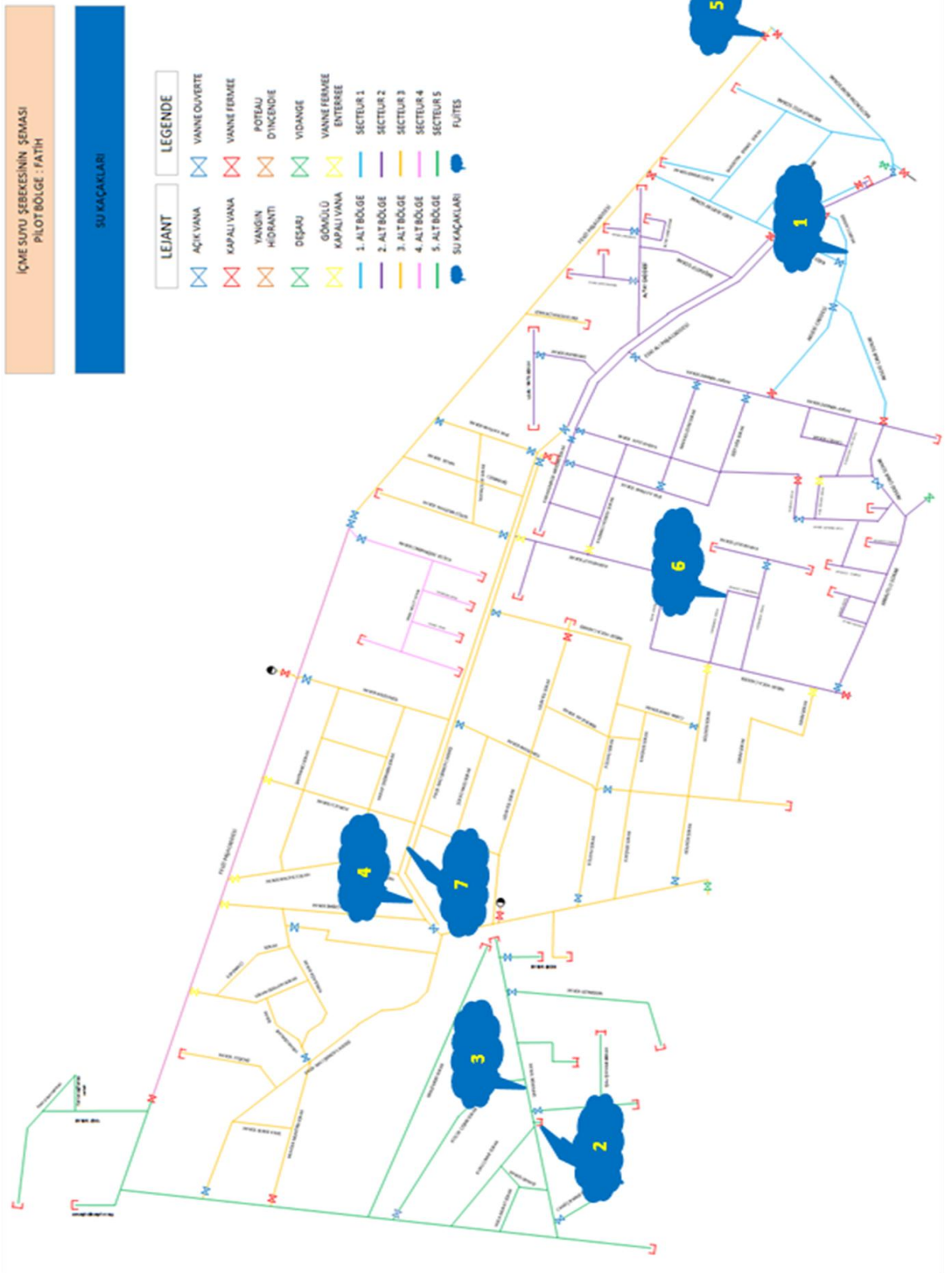
Şekil 5.33 Şube yolu bağlantısında bulunan su kaçağı



Şekil 5.34 Abonenin bodrum katındaki su kaçağı



Şekil 5.35 Fatih pilot bölge permolog içme suyu şebekesi



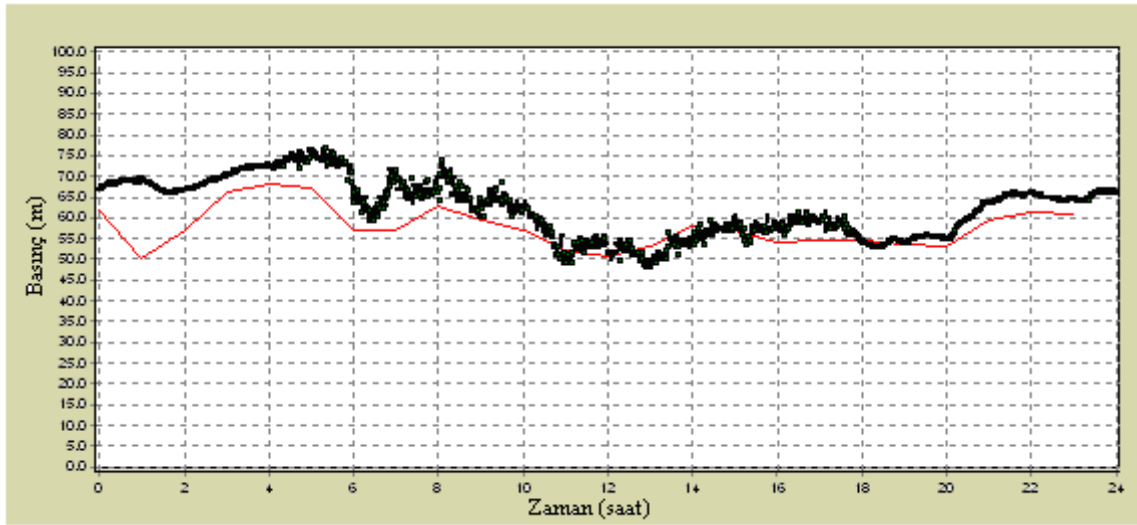
Şekil 5.36 Fatih pilot bölgesi su kaçaqları içme suyu şebekesi

Şebeke Modellemesi ve Basınç Yönetimi

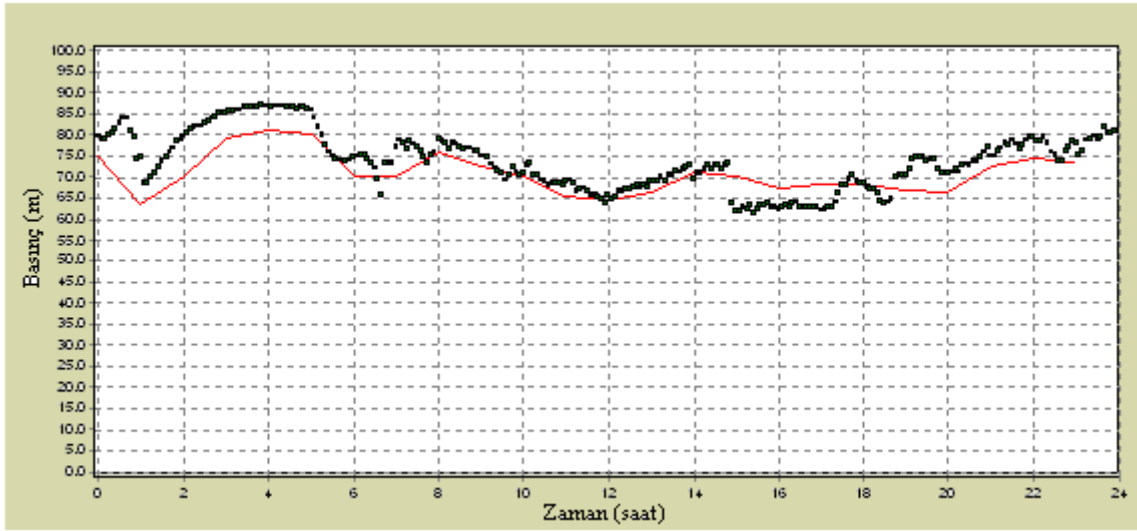
Basınç modellemesi gerçekleştirilmiş ve basınç düşürücü vana takılmasına karar verilmiştir

- Boruların çapları içlerinden geçen suya göre fazla büyük olduğundan, çok az kayıp gözlemlenmektedir
- Azami basınç: 95 m (P8)
- Asgari basınç: 45 m (P8)
- 24 saat üzerinden azami değişiklik: 30m (P7 için)

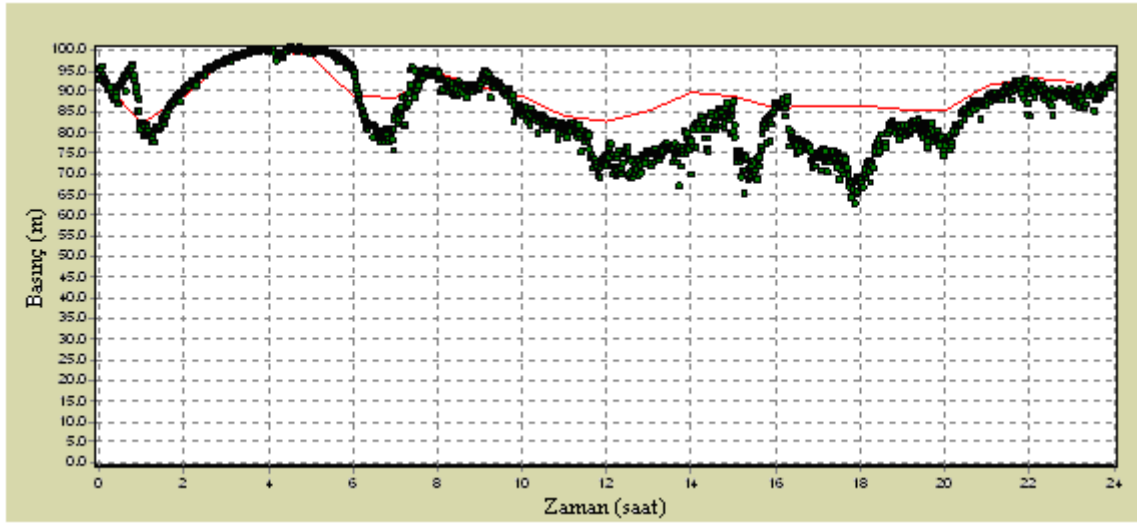
Aşağıdaki şekillerde yeşil kareler ölçülen basınç değerlerini, kırmızı çizgiler ise hesaplanan basınç değerlerini göstermektedir. Her iki eğrinin eğilimi benzerdir bu durum modelin eksiksiz olduğunu gösterir.



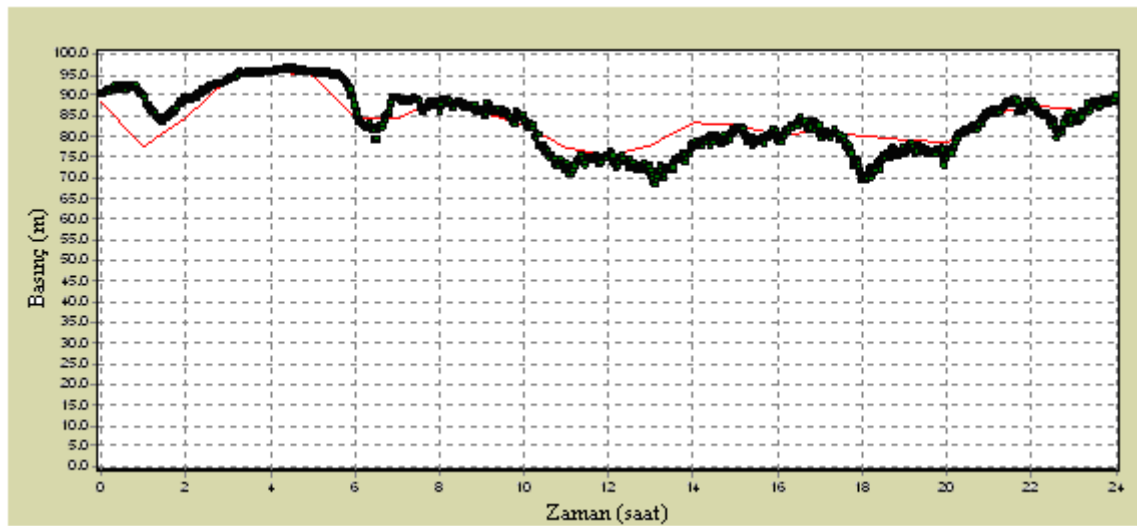
Şekil 5.37 P1 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri



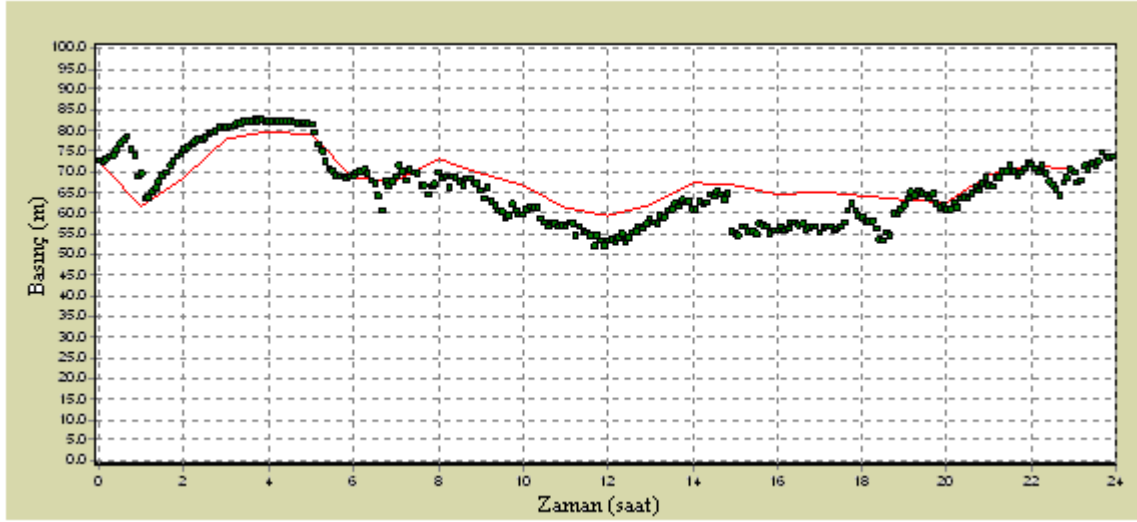
Şekil 5.38 P2 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri



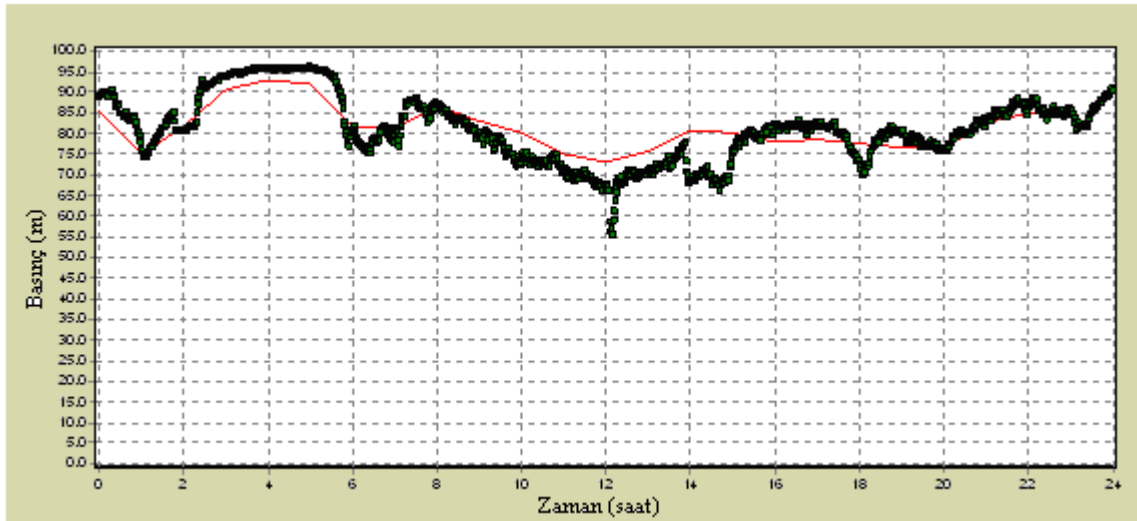
Şekil 5.39 P3 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri



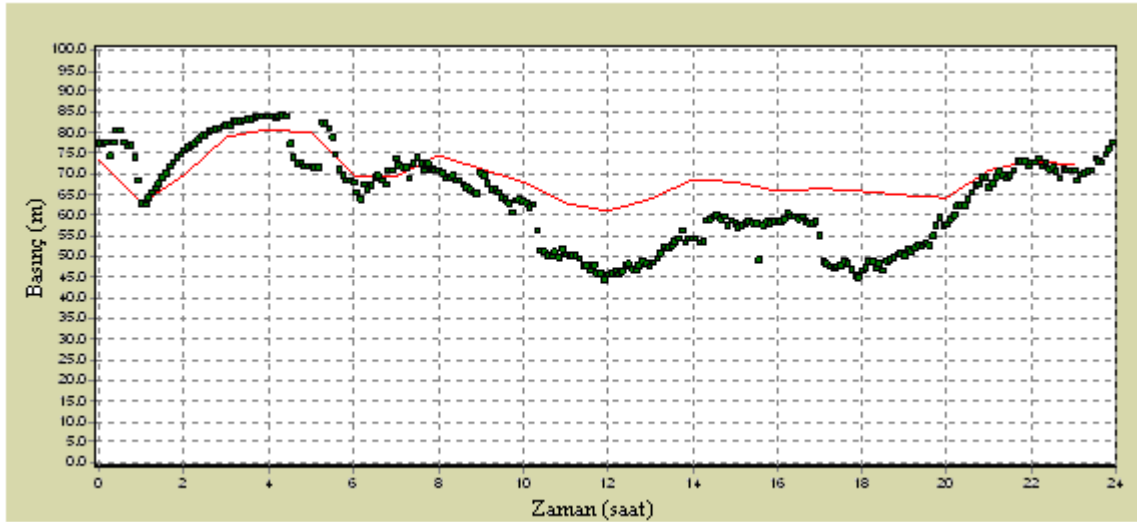
Şekil 5.40 P4 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri



Şekil 5.41 P5 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri

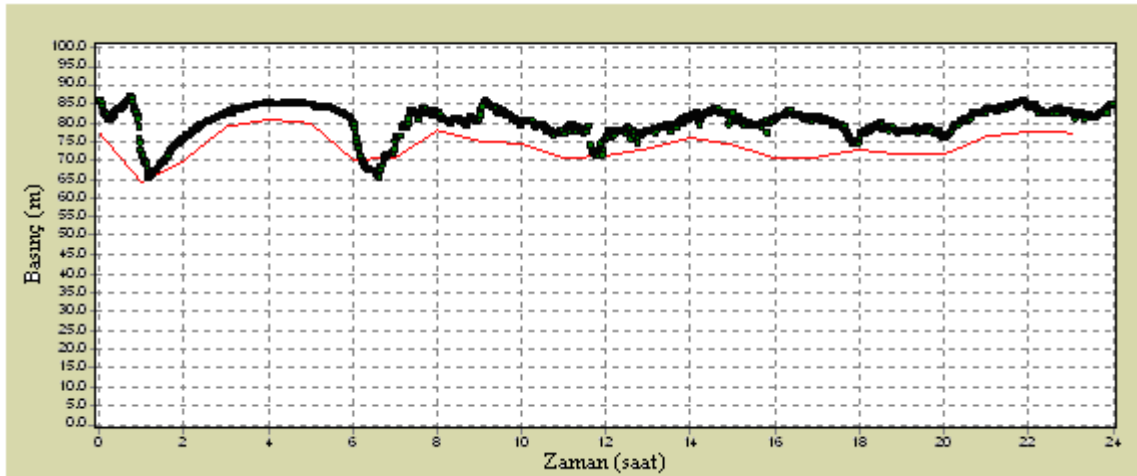


Şekil 5.42 P7 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri



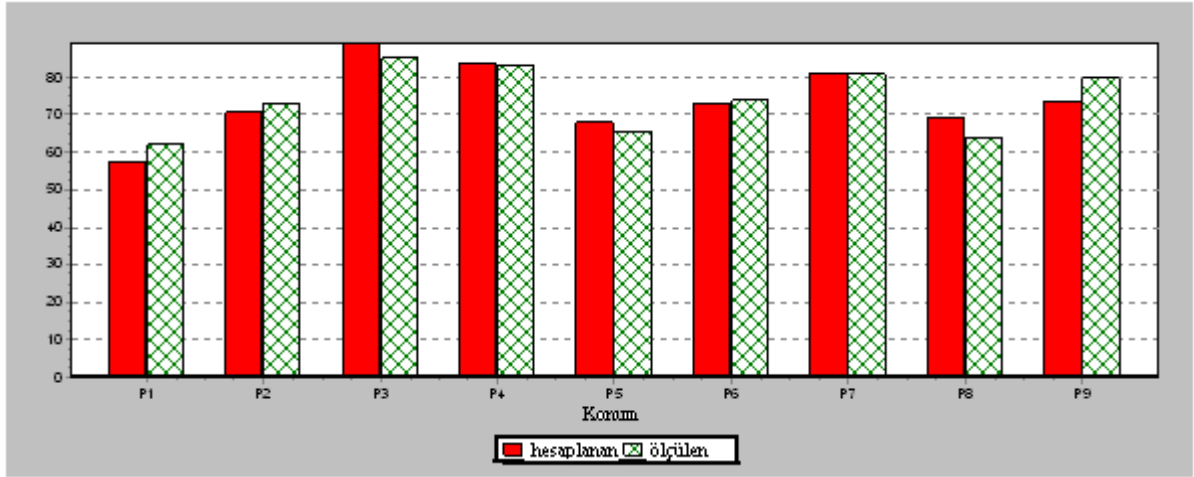
Şekil 5.43 P8 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri

Simülasyon yapılan ve gözlemlenen noktalar arasında tutarlı bir korelasyon var. Sadece P8 noktası tüketimin en yüksek olduğu anda 2 barlık bir fark göstermektedir. Bu duruma sahada tespit edilememiş kayıp ve kapalı bulunan bir vana ya da basınç ölçülen binanın borusunda bir tıkanıklık neden olmuş olabilir.



Şekil 5.44 P9 Noktasında gözlemlenen ve hesaplanan basınç değerleri

Ölçülen ve hesaplanan noktalar karşılaştırıldığında, modelin oldukça doğru yapıldığı sonucu çıkarılabilir. Aşağıda tüm noktalar için hesaplanan ve ölçülen ortalama basınçların grafiksel karşılaştırılması verilmiştir.



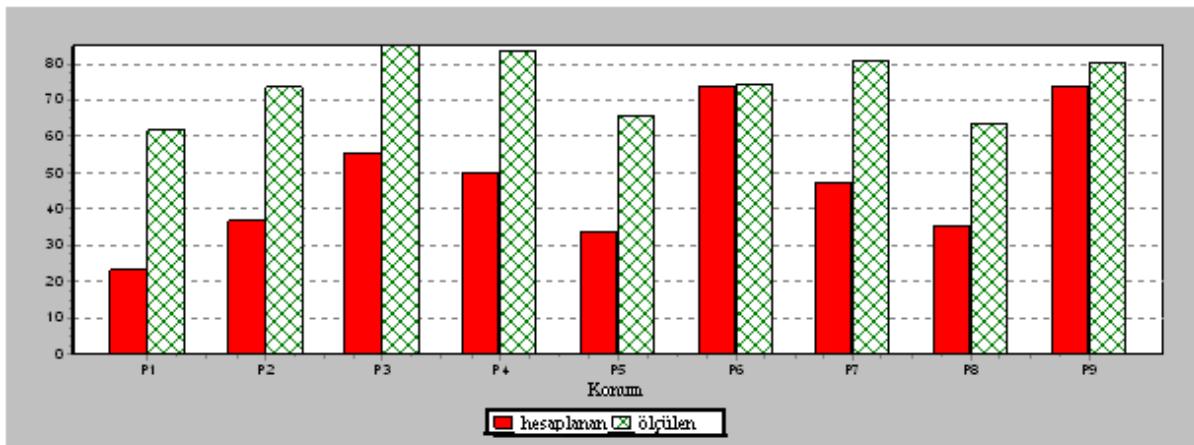
Şekil 5.45 Hesaplanan ve ölçülen ortalama basınçların karşılaştırılması

Pilot bölge, her birinde birer Basınç Düşürücü Vana olacak şekilde iki kısma ayrılabilir ve tüketimin en yüksek olduğu saatlerde kritik noktalardaki basınç 3,0 barda tutacak şekilde ayarlanabilir. Şekil 5.47 'de PRVlerin etki alanını gösteren plan verilmiştir.

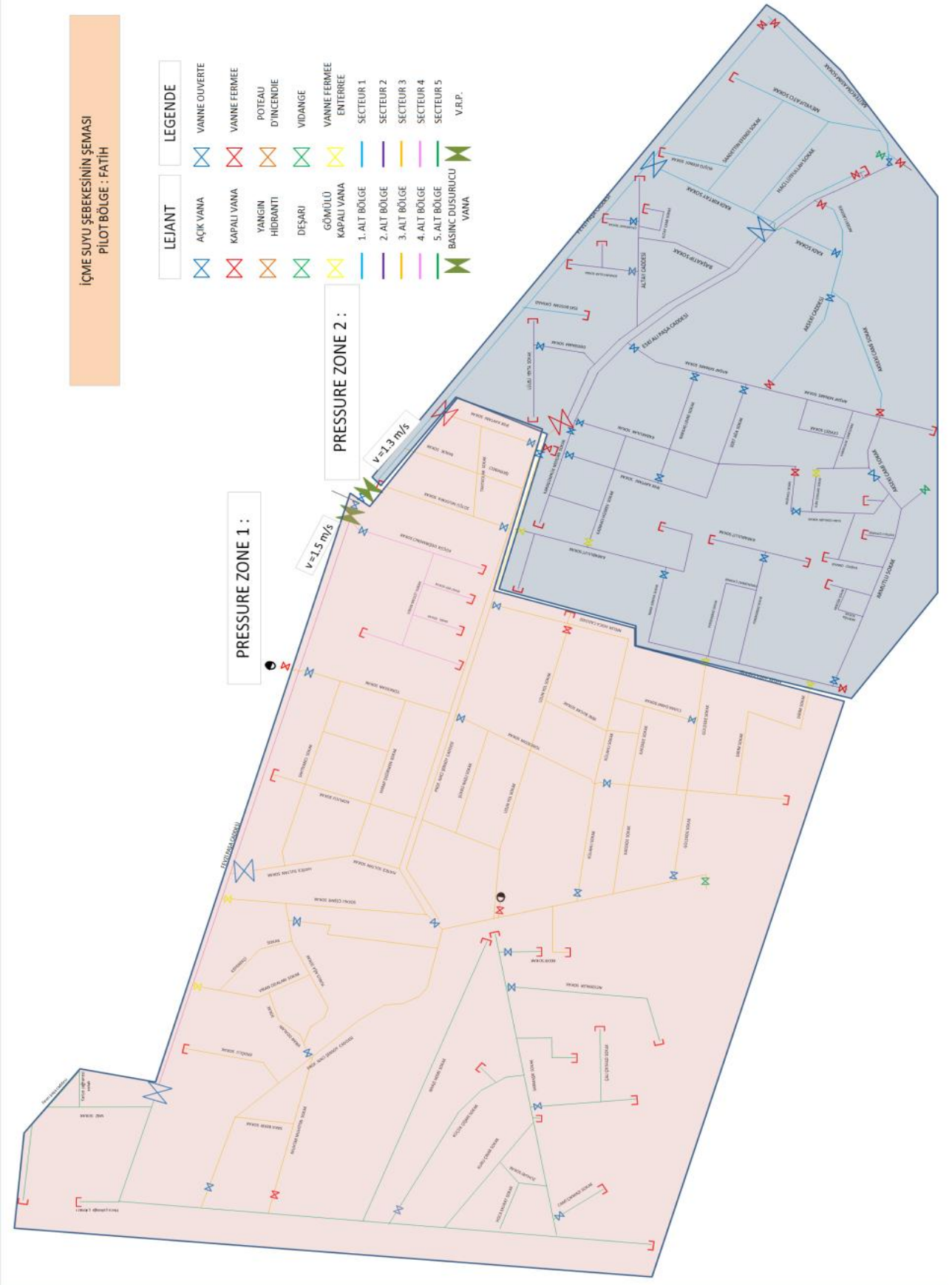
Bölgenin Kuzey-Batı kısmını kontrol etmek üzere, gündüz 5,5 bar, gece de 4 bara ayarlanacak 150 mm.lik PRV, şebekenin üst kısmına su verecek.

Bölgenin Güney-Doğu kısmını kontrol etmek üzere, sürekli 4,5 bara ayarlanacak 150 mm.lik PRV, şebekenin alt kısmına su verecek.

Bu iki PRV'nin takılması şebekenin ortalama basıncının 72,7 m'den 44,6m'ye düşmesini sağlar.



Şekil 5.46 Seçilen noktalarda basıncın düşürülmesi



Şekil 5.47 PRVlerin etki alanını gösteren plan

5.2.2. Ticari Kayıpların Tespiti

Veri Tabanı Analizi

Fatih bölgesinde veri tabanı analizi yapılmamıştır.

Eksik Faturalama:

1. Normal tüketimli aboneler ortalama kaybın %10,2 olduğu pilot bölgenin toplam tüketiminin %35,0'i oranındadır. Yani, ticari kayıp $\%10,2 * \%35,0 = \%3$
2. Yüksek tüketimli aboneler (ön ödemeli kartlı sayaç kullanan veya kullanmayan), %9,6'lık ortalama kayıp oranıyla toplam tüketimin %65,0'ine tekabül ederler. Yani bu abonelerin neden olduğu ticari kayıp $\%9,6 * \%65,0 = \%6$ 'dır

Pilot bölgede eksik faturalamadan kaynaklanan ticari kayıp, mevcut faturalanan miktara göre %9 oranındadır.

Vaka Çalışmasının Sonuçları:

Fatih bölgesi yerleşim alanı olduğu için yıl içinde çok az değişkenlik gösterir.

Başlangıçtaki Kayıpların Tanımı Ve Çözümlerin Sunumu

Başlangıç kayıp oranlarının hesaplanması – Şubat 2008:

$$\text{Şubat ayı üretimi} = 2.756 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Şubat ayı faturalanan miktar} = 2.078 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Yani, başlangıçtaki kayıp oranı} = 2.756 - 2.078$$

$$= 658 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$= \%23,88$$

Yapılan teknik ve ticari incelemelerden sonra Şubat 2008 için kayıpların dağılımı Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5.15 Fatih şubat 2008 kayıp su bileşenleri

ŞUBAT 2008		m ³ /gün	l/sn
Üretim	%100,00	2756,0	31,9
Faturalanan	%74,67	2078,0	24,1
Fiziksel Su Kayıpları	%16,97	467,7	5,4
Ticari Kayıplar	%7,63	210,3	2,4
- Eksik ölçen sayaçlar	%6,75	186,0	2,2
- Hiç çalışmayan sayaçlar	%0,44	12,1	0,1
- Kaçak kullanım	%0,44	12,1	0,1
Bedelsiz Tüketim	%0,73	20,0	0,2
Toplam Kayıplar	%24,60	678,0	7,8

Sonuçlar Sultanahmet ile benzerdir, fakat fiziksel kayıplar daha yüksektir.

Yapılan çalışmalar aşağıda belirtilmiştir:

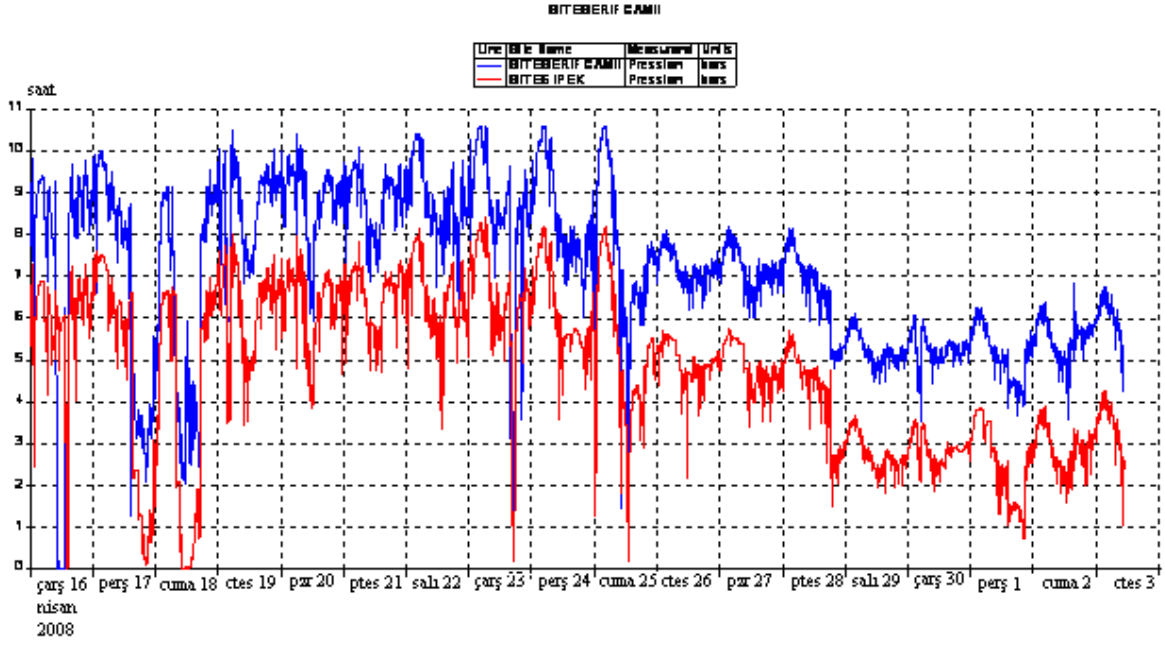
- 7 su kaçağı onarıldı.
- Biri aktif basınç kontrol sistemli 2 basınç düşürücü vana bağlandı.

Basınç Yönetiminin Sonuçları

Fatih Pilot Bölgesinin Aşağı Bölgesinde (Güney-Doğu) Basınç Yönetimi :

Bu bölgede giriş basıncı kademeli olarak önce 9 bardan 7 bara sonra da 4,5 bara düşürülmüştür.

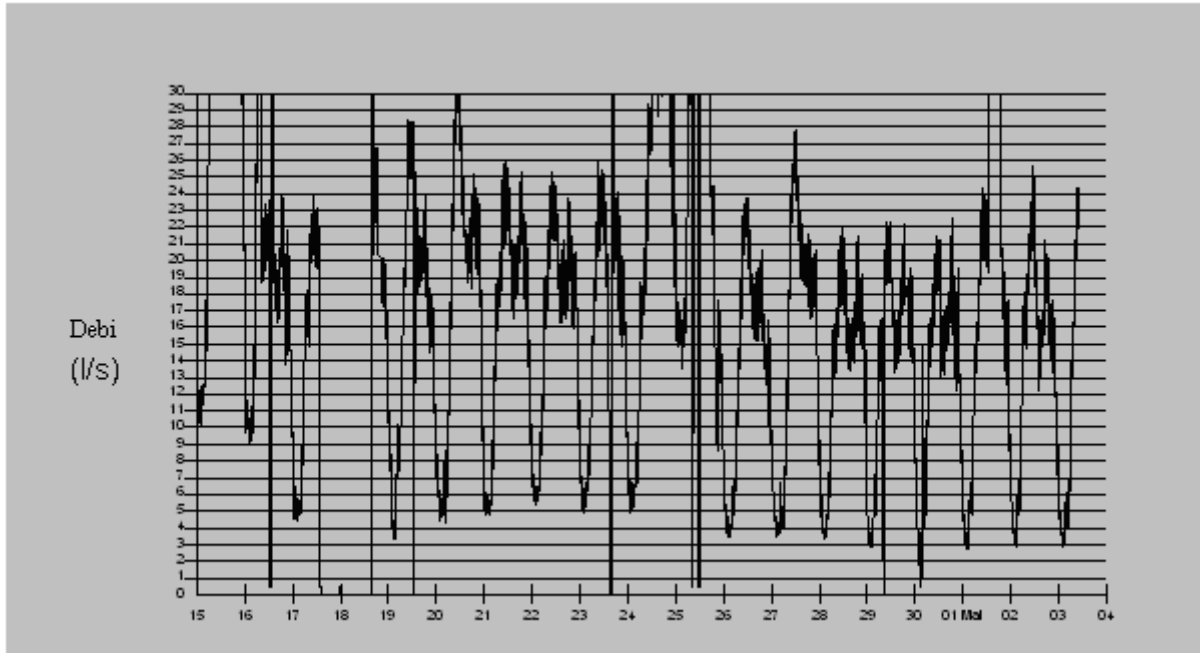
Basıncın Düşürülmesi



Şekil 5.48 Fatih güney- doğu bölgesinde basıncın düşürülmesi

Girişteki basınç düşürücü vananın 4,5 bara ayarlanması ile bir binanın altıncı katındaki kritik noktada minimum basıncı 2,2 bar basınca düşmüştür. Sonuçlar yeterince iyi olduğu için, basıncı daha fazla düşürmeye gerek duyulmadı.

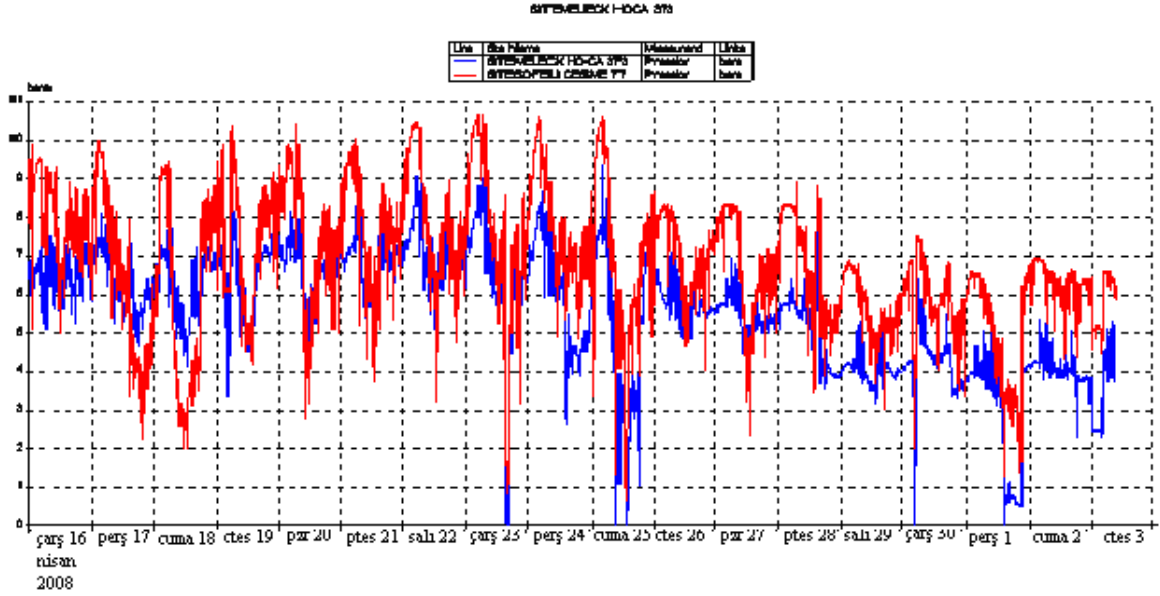
Bu bölgede minimum gece debisi 5,5 l/sn'den 3,0 l/sn'ye düşmüştür.



Şekil 5.49 Fatih güney-doğu sızıntı debisinin düşüşü

Fatih Pilot Bölgesinin Üst Bölgesinde (Kuzey-Batı) Basınç Yönetimi:

Bu bölgede giriş basıncı önce 8 bardan 7 bara düşürülüp sonra da 5,5 bara düşürülmüştür.



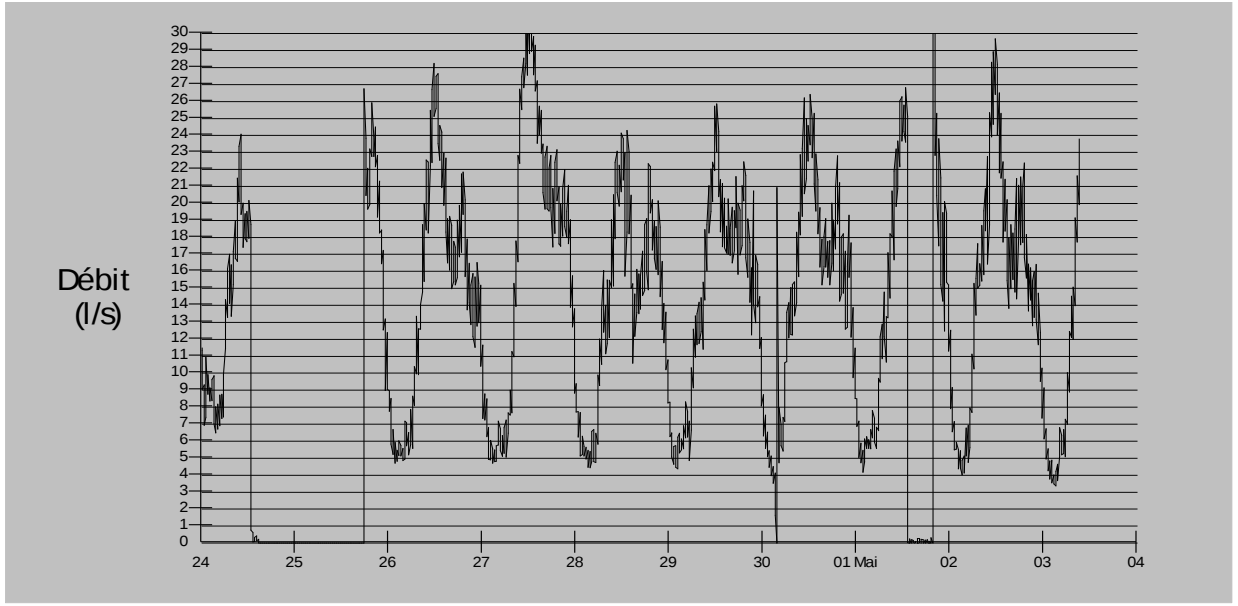
Şekil 5.50 Fatih üst bölgede (kuzey-batı) basıncın düşürülmesi

Girişe yerleştirilen basınç düşürücü vananın 5,5 bara ayarlanmasıyla kritik noktada minimum 3,5 bar basınç gözlenmiştir. Ayrıca gece basıncı 4,0 bara düşürmek üzere bir aktif basınç kontrol cihazı da yerleştirilmiştir.

Bu bölgede minimum gece debisi 5 l/sn'den 3,5 l/sn'ye düşmüştür.



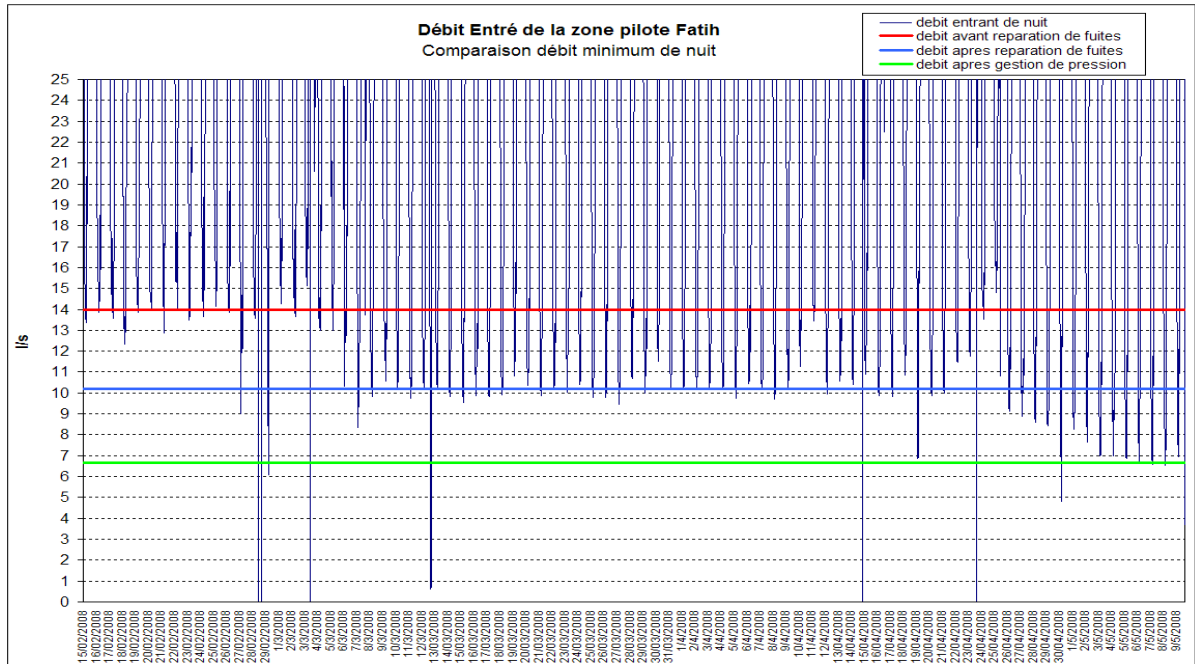
Şekil 5.51 Üst bölgede (kuzey-batı) monte edilen aktif basınç kontrol cihazı



Şekil 5.52 Fatih üst bölgede (kuzey-batı) debinin ölçülmesi

İki grafiği birbirine ekleyerek analiz ettiğimizde minimum gece debisinin ortalama 10 l/sn'den 6,5 l/sn'ye düştüğünü görebiliriz. Bu %35'lik bir düşüşü ifade etmektedir.

Bölge dâhilinde şebekeye giren debi eğrisinin alt kısmı dikkatlice incelendiğinde, su kayıplarının azaldığını görmek mümkündür.

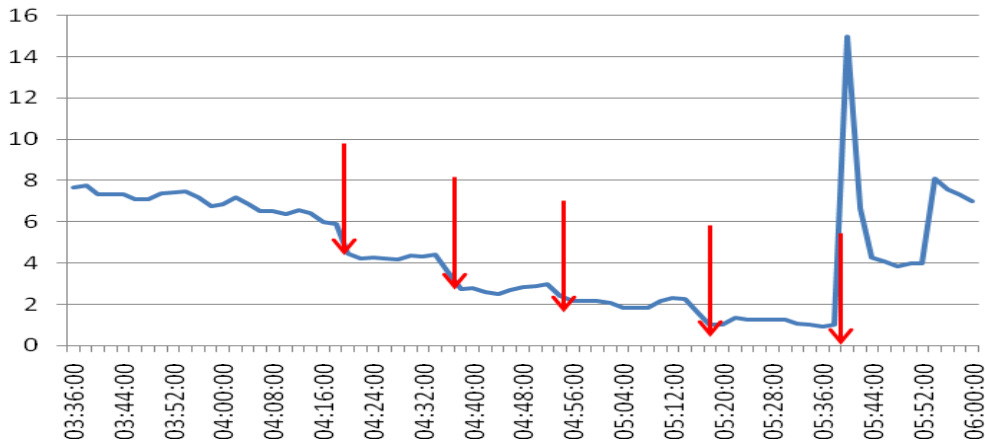


Şekil 5.53 Fatih bölgesinde ortalama debinin minimum gece debisiyle kıyaslanması

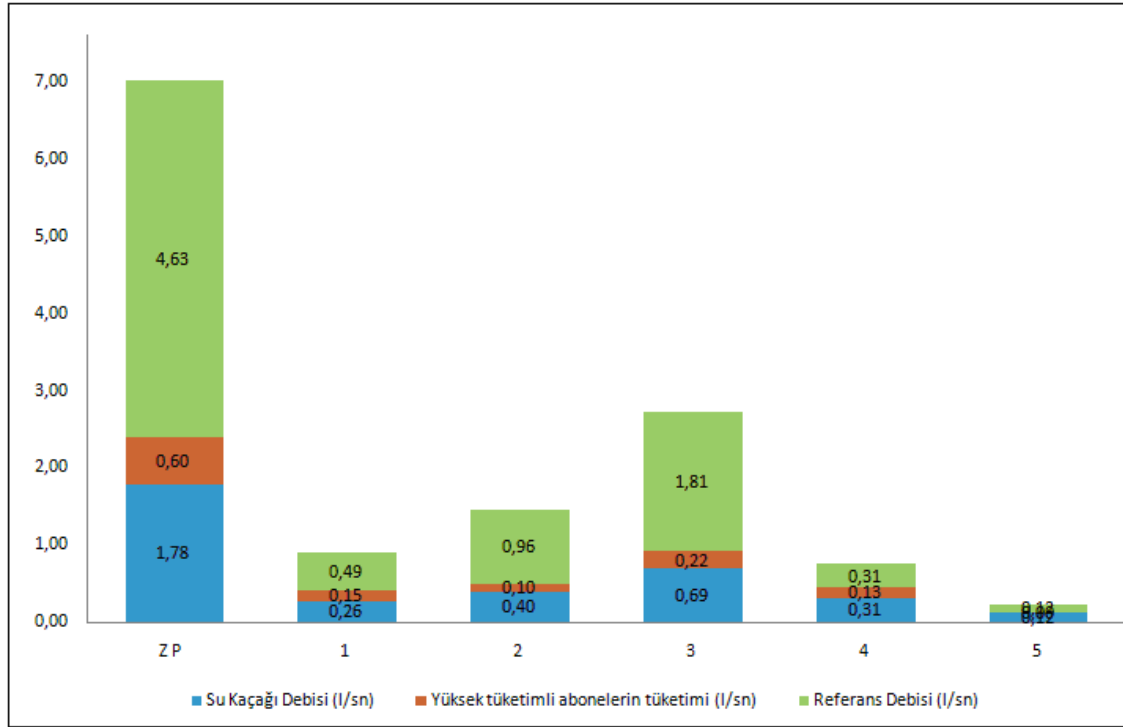
Kaçakların tespiti, onarımı ve basıncın kontrol edilmesi sayesinde, minimum gece debisi 7,54 l/sn kadar düşmüştür.

Son Adım Testi

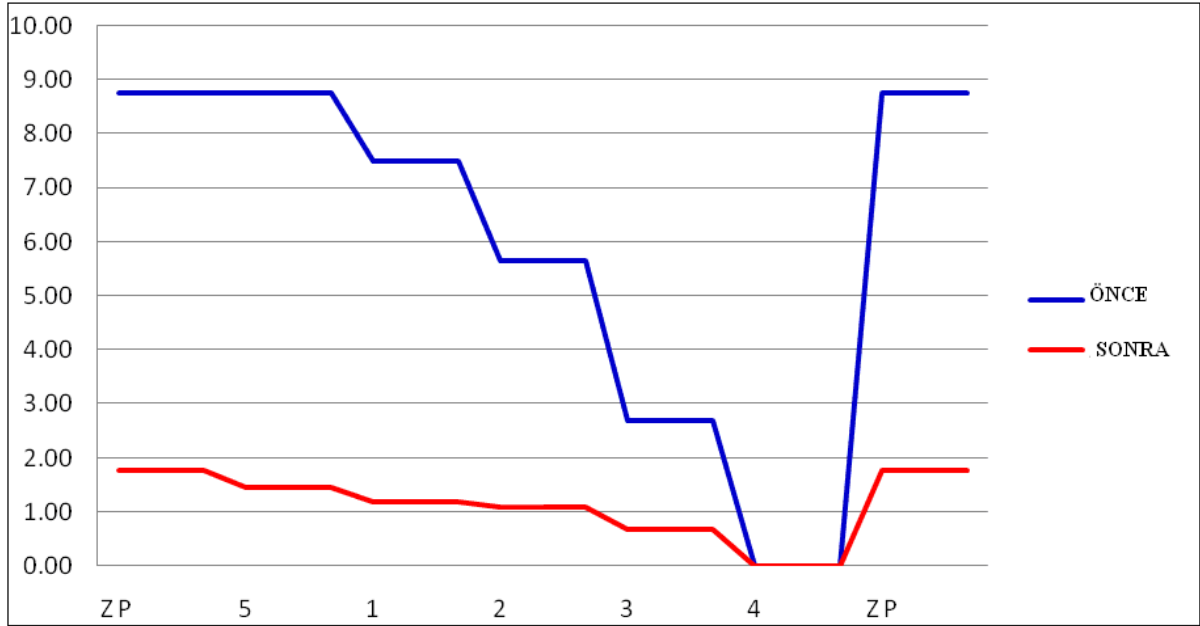
Sultanahmet'te olduğu gibi, kaçak tespitinin etkisini ölçebilmek için adım testi tekrarlandı. Sultanahmet'tekin tersine, burada test basınç düşürücü vanalar ve aktif basınç kontrolüyle yapıldı. Bu yöntem çok daha iyi sonuç verdi. Her bir ok bir vananın açılıp kapanmasını göstermektedir. Bölgenin vanalarının konfigürasyonu (basınç ayarlaması ve debilerin dağılımı için) değiştirildiğinden, adımların sırası ilk adım testinden farklıdır.



Şekil 5.54 Fatih son adım testi debisini gösteren grafik



Şekil 5.55 Fatih pilot bölgesi son adım testi sonuçları



Şekil 5.56 Şubat 2008-Mayıs 2008 tarihleri arasında su kaçağı debisindeki düşüş

Fatih Pilot bölgesinin toplam kaçak debisi = 1,78 l/sn.

(gece şartlarıyla ölçülmüştür. (P1=4,2 Bar))

$$Q_1 = 1,78 \times (3,33 / 4,2)^{2,5} = 0,99 \text{ l/sn}$$

Kaçak debisi / ortalama debi = fiziksel kayıpların yüzdesi

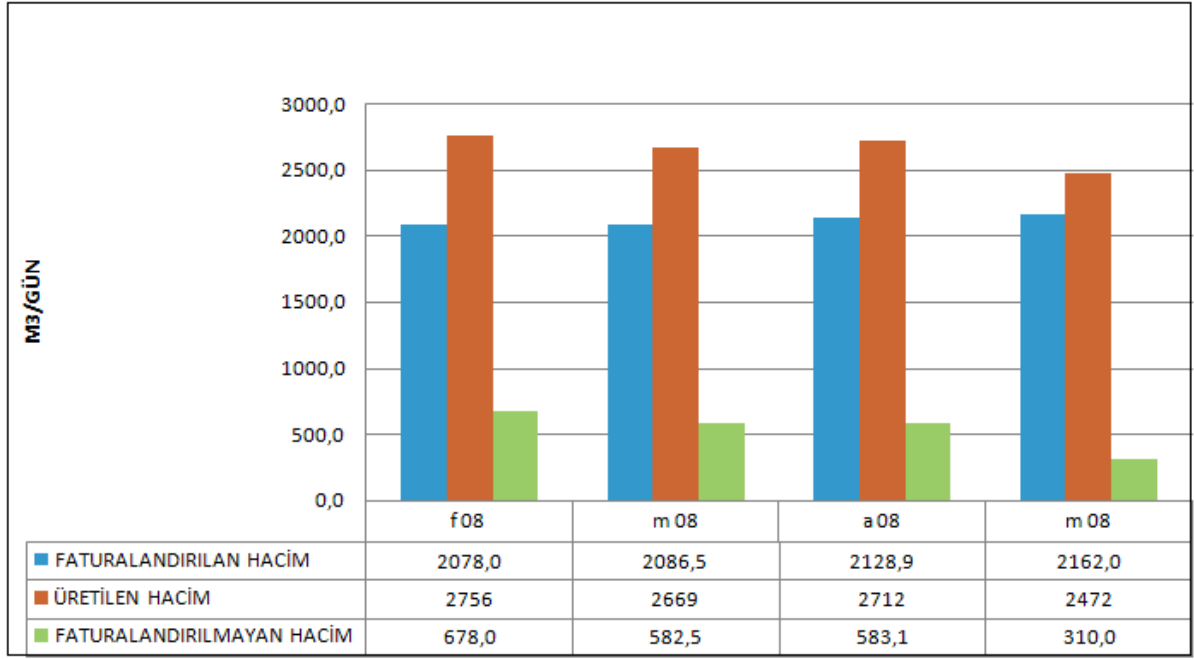
$$0,99 / 28,62 = \%3,46$$

Çizelge 5.16 Fatih Mayıs 2008 su kayıp oranları

MAYIS 2008		m ³ /gün	l/sn
Üretim	% 100,00	2472,0	28,6
Faturalanan	% 86,25	2162,0	25,0
Fiziksel Su Kayıpları	% 3,46	85,5	1,0
Ticari Kayıplar	% 9,08	224,5	2,6
- Eksik ölçen sayaçlar	% 7,74	191,3	2,2
- Hiç çalışmayan sayaçlar	% 0,67	16,6	0,2
- Kaçak kullanım	% 0,67	16,6	0,2
Bedelsiz tüketim	% 1,21	30,0	0,3
Toplam Kayıplar	% 12,54	310,0	3,6

Sultanahmet Pilot Bölgesinde olduğu gibi, Fatih Pilot Bölgesinde de yapılan çalışmalar sayesinde su kaybı oranında büyük bir iyileştirme gerçekleştirildi.

İSKİ ticari kayıplar için gerekli çalışmaları gerçekleştirdi, fakat bu çalışmaların yeni olmasından dolayı bunların sonuçları grafiğe henüz yansımamıştır. Bundan dolayı grafikte ticari kayıpların hacmi aynı iken oran olarak yükselmiş görünmektedir. (Bugüne bakarak girişteki su debisinin, ilk ölçümler yapıldığından daha az olduğunu da göz önünde bulundurmak gerekmektedir.)

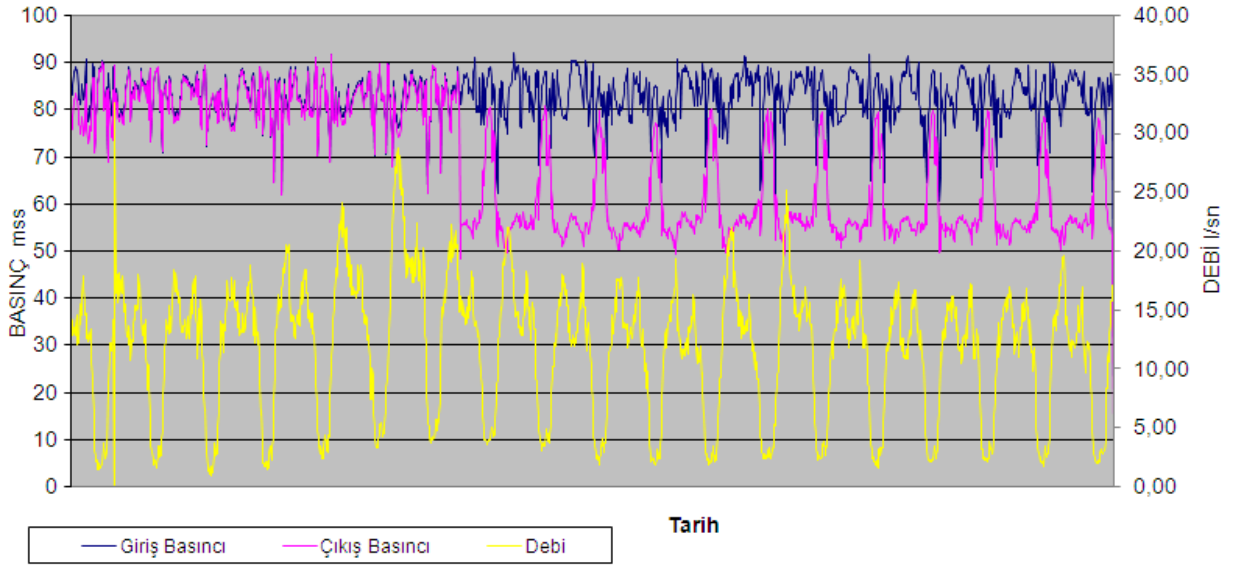


Şekil 5.57 Faturalandırılmayan su kayıplarının değişimi

Faturalanmayan Hacim (%) 24,06 21,82 21,50 12,54

5.3. Fatih Güney-Doğu Bölgesi

Fatih güney-doğu bölgesinde yapılan çalışmalardan bir sene sonra Mayıs 2009 tarihinde basınç düşürücü vananın çalışma performansı incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda vana 1. hafta devre dışı bırakılmış, 2. Hafta 5,5 bara ayarlanmıştır. 2. Hafta sonucunda debi ve basınç düşürücü vanadan veriler transfer edilmiştir. Şebeke basıncını düşürerek sızıntı debisini azaltmak hedeflenmiş. Şekil 5.58 de basınç kırıcı vana (BKV) giriş basıncı, çıkış basıncı ve debimetre ölçüm değerleri gösterilmiştir.



Şekil 5.58 Fatih Güney-Doğu Bölgesi Basınç Yönetimi Çalışması

Basınç kırıcı vana gündüz saatlerinde basıncı düşürürken kullanımın azaldığı gece saatlerinde basıncı sabitlenen basınca ayarlayamamıştır. Ortalama debide düşüş olmuş fakat gece minimum gece debisi düşürülememiştir. Yapılan çalışmada basınç kırıcı vana filtresi malzeme kaçırdığı için vananın çalışmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.17 Fatih Güney-Doğu Bölgesi sonuçları

	BKV devrede değilken	BKV devrede iken	Kazanç
	11-18 Mayıs 2009	18-25 Mayıs 2009	
Giriş Basıncı (mss)	62 - 91.7	61.9 - 91.8	-
Çıkış Basıncı (mss)	62 - 91.6	48.1 - 88	-
Sabitlenen BKV çıkış basıncı (mss)	-	55	
Ortalama Debi (l/s)	12,61	11,54	1,07 l/s
Toplam tüketim (m³)	7290,56	6375,8	130,68 m³/gün
Minimum Gece Debisi (l/s)	2,62	2,73	

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Su kaynaklarının azalması ve nüfusun artışıyla beraber suya olan talebin artması dünyadaki su üreticilerini kayıp su oranını azaltmaya yönlendirmiştir. Yeni kaynaklara yönelmenin mali yükünün büyük olması ve kaynakların uzak mesafelerde bulunması ve yetersizliği mevcut su kaynaklarını korumanın önemini göstermiştir. Tüm dünyada su üreticileri kayıp su oranlarını azaltma politikasını benimsemiştir.

Kayıp su oranını azaltmak için öncelikli olarak kayıp su miktarı ve bileşenleri tanımlanmalıdır. Fiziksel kayıplar ve ticari kayıplar tespit edilmeli ve nedenleri irdelenmelidir. Kayıp su miktarı istenen seviyelere indirildikten sonra bu seviyeyi korumak için şebeke sistemi sürekli izlenmelidir. Tüm bu çalışmalar yapılırken mutlaka konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalar takip edilip elde edilen sonuçlar ile kıyas yapılmalı ve yeni gelişmeler takip edilmelidir.

İstanbul’ da 1994 yılında başlatılan içmesuyu boru hatlarının yenileme çalışmaları ile %50’lerdeki kayıp su oranını zamanla %27,85 (2007) seviyelerine indirilmiştir. Yinede İstanbul’un kayıp su oranı dünya standartlarının üstündedir. İstanbul’un %27,85 olan kayıp su oranını düşürebilmek için yapılması gereken çalışmalara örnek Sultanahmet ve Fatih bölgelerinde kayıp suyun tanımlanması ve azaltılması çalışmaları yürütülmüştür. Sultanahmet bölgesinde fiziksel kayıplar ve ticari kayıplar , Fatih bölgesinde ise sadece fiziksel kayıplar incelenmiştir. İki pilot bölgede yapılan çalışmalarda ülkemizde ve dünyada yapılmış diğer çalışmalarla benzer prosedürler takip edilmiş ve benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Fiziksel kayıpların tespiti için öncelikle bölgeler izole alt bölgelere bölünmüştür. Pilot bölge girişine debimetre tesis edilerek şebekeye verilen su miktarı ölçülmüştür. Faturalandırma bilgileri kullanılarak izole bölgede faturalandırılabilen su miktarı hesaplanmıştır. Sultanahmet bölgesinde kayıp su oranı %23,09, Fatih bölgesinde ise %24,6 oranındadır. Minimum gece debisi izlenerek kayıp suyun büyük kısmının fiziksel nedenlerden (fiziksel kayıp) kaynaklandığı tespit edilmiştir. Adım testi çalışması ile alt bölgelerin sızıntı miktarları belirlenmiş öncelik sırasına göre sızıntı bulma cihazları ile araştırma yapılmıştır. Ön belirleme, korelatör ve zemin mikrofoni kullanılarak Sultanahmet bölgesinde 3 gizli su kaçağı, Fatih bölgesinde 7 gizli su kaçağı tespit edilmiş ve onarılmıştır.

Fiziksel kayıpları; şebeke boru kırıkları, şebeke borularındaki conta sızıntıları, şube yolu fittings malzemelerdeki sızıntılar ve şube yollarındaki patlaklar oluşturmaktadır. İstanbul’un altyapısı 1994’de başlanan yenileme çalışmalarıyla şebeke hatlarının büyük çoğunluğu düktil demir borularla yenilenmiştir. Fakat 15.540.978 metre şebeke borusunun 1.776.193 metresi

asbest çimento boru, PVC ve pik döküm borulardan oluşmaktadır, 13.701.291 metre düktil demir, 63.495 metre HDPE borudan oluşmaktadır. Boru yenileme çalışmalarının tek başına şebeke hatlarında meydana gelen sızıntı nedenli kayıpları azaltmakta yeterli olmadığı görülmüştür. İstanbul’da 2007 yılında şebeke borularında 14.812 adet boru kırığı onarımı yapılmış ve 435.419 metre arızalı şube yolu borusu değiştirilmiştir. Şebeke kat ayrımlarının yapılmaması ani basınç artışlarına, buna bağlı olarak da arızaların ve sızıntının artmasına neden olmaktadır.

Sultanahmet bölgesinde yapılan sızıntı arama çalışmaları sonucunda vana contasında, şube yolu bağlantısında ve şube yolu bağlantısında toplam 3 tane sızıntı bulunmuştur. Fatih bölgesinde bulunan 7 arızadan 4 tanesi şube yolunda, 1 tanesi manşon contasında, 1 tanesi körtapa conta bölgesinde meydana geldiği tespit edilmiştir.

Pilot bölgelerin kritik noktalarına basınç ölçer kurularak şebekenin basınç değişimi izlenmiştir. Sahada yapılan basınç ölçümlerinin kalibrasyonu hidrolik şebeke modeli kullanılarak yapılmıştır. Her iki bölgedeki alçak kotlarda basıncın yüksek olduğu tespit edilmiş, basıncın sızıntıya etkisi sebebiyle basınç düşürücü vana kurularak şebeke basıncı optimum seviyeye indirilmiştir. Şebeke basıncının indirilmesi ve onarımların yapılmasının ardından fiziksel kayıplar Sultanahmet bölgesinde %14,6’dan % 5,78’e düşürülmüş, Fatih bölgesinde %16,97’den %3,46’ya indirilmiştir. Aynı şekilde Zimbabve’de oluşturulan izole bölgelerde ortalama 77 m. olan şebeke basıncı PRV kullanılarak 50 m.ye düşürülmüş ve sızıntı debisi % 25 azaltılmıştır (Marunga, 2006). İzmir’de %2001 yılında % 60 olan kayıp su 1500–2000 konut içeren izole bölgeler oluşturularak ve şebeke basınç modellemesi yapılarak 2004 yılına kadar 270 bölge oluşturulmuş ve pilot bölgelerde yapılan çalışmalar uygulanarak kayıp su % 41 oranına düşürülmüş (Kabakçı, 2003).

Sultanahmet bölgesinde fatura bilgilerinin incelenmesi ve yapılan anket çalışması sonucunda 2 illegal (kaçak bağlantı) kullanım tespit edilmiştir. İlegal kullanım şebekeye verilen suyun % 0,49’ unu oluşturmaktadır. Pilot bölgede elde edilen sonuç İstanbul için temsil edici değildir. Çünkü illegal kullanım abonelerin gelir seviyelerindeki çeşitliliğe göre değişiklik göstermektedir. Örneğin Diyarbakır’da % 70 olan kayıp suyun asıl nedeninin illegal kullanım olduğu tespit edilmiş cezai işlemler sonucunda 1 ay içinde kayıp su % 15 azaltılmıştır. İlegal kullanımla mücadele edilerek yapılan çalışmalar ile 2004 yılında kayıp su oranı % 40 civarında düşürülmüştür (Songur,2006). İstanbul’da abonelerin ortalalama gelir seviyelerinin semtlere göre değişiklik göstermesi sebebiyle bu oran tüm şehri temsil etmez.

Ayrıca yüksek tüketim grubuna giren ve illegal su kullanan iş yerlerinin dağılımı normal abone grubuna göre kayıp oluşumunda daha etkili olmaktadır.

İstanbul genelinde olduğu gibi Sultanahmet ve Fatih bölgelerinde de bedelsiz kullanıcıların tüketimleri takip edilmekte ve kayıp su hesaplanırken bilinen olarak değerlendirilmektedir. Fakat şebeke deşarj vanalarında debi ölçümü yapılmadığı ve kayıt altına alınmadığı için deşarj zamanlarında harcanan su bilinmemektedir. Sultanahmet bölgesinde çalışılan sürede iki kere deşarj yapılmıştır.

Ticari kayıpların asıl nedeni sayaç okuma hatalarıdır. Kullanılan sayaçlar B klaktır. Pilot bölgede sayaçların hassasiyetini ölçerken daha hassas olan C klas sayaç kullanılmıştır. Normal aboneler için %10,2, yüksek tüketim aboneleri için %9,2 eksik ölçüm yapıldığı tespit edilmiştir. İstanbul'da 2006 yılından itibaren 10. yaşını dolduran sayaçlar değiştirilmeye başlanmış ve hemen hemen tamamlanmıştır. Fakat eski sayaçlar tekrar B klas sayaçlarla değiştirildiği için çok verimli bir sonuç elde edilememiştir. İSKİ 2008 performans programında sayaçların %15'inin daha hassas ölçüm yapan C klas sayaçlarla değiştirilmesi 2012 yılına kadar tüm sayaçların değişiminin tamamlanması planlanmış henüz gerçekleştirilmemiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen kayıp su oranını sürekli azaltmak veya korumak için izole bölgeler sürekli izlenebilir alt bölgeler haline getirilmeli ve kayıp su yönetimi fiziksel ve ticari kayıplar için uygulanmalıdır. İstanbul şebeke sisteminde sadece kayıp ve kaçak su arama şefliğinin yaptığı periyodik dinleme çalışmaları yürütülmekte ve yeterli olmamaktadır. Örnek olarak; Singapur' da 1989 yılında kayıp suyu azaltmak amaçlı alt bölgelerde çeşitli çalışmalar yapılmış ve düşen kayıp suyu korumak için alt bölgelerin izlenmesine devam edilmiştir. Ticari kayıplarını azaltmak için daha hassas sayaç kullanmaya başlanmış, normal abone sayaçlarını 7 yılda bir, yüksek tüketim sayaçlarını 4 yılda bir değiştirilmesi kararı alınmıştır. Bedelsiz kullanıcılar takip edilmeye başlanmış, yangın musluğu ve deşarj vanalarına sayaç tesis edilerek tüketimler takip edilmeye başlanmıştır. Tüm bu çalışmalar sayesinde kaçak su oranını 1994 yılında %6 seviyesine düşürmüştür (McIntosh,2003).

Sultanahmet pilot bölgesinde yapılan çalışmalar sonucunda %14,60 olan kayıp su %5,78 oranına düşürülmüştür. Fatih bölgesinde yapılan çalışmalar sonucunda fiziksel kayıp oranı %16,97 oranından %3,46 ya düşürülmüştür. Her iki bölgede de benzer sonuçlar elde edilmiştir. İstanbul'un % 27,85 olan kayıp su oranı ilk etepta %15 e düşürülmesi planlanmıştır. Pilot bölgelerde yapılan çalışmaların yanı sıra, İstanbul'un geneline dair elde

edilen bilgiler ve sayaçlar üzerinde yapılan testler sayesinde, İstanbul'un 2007 senesi için genel su kayıp dağılımını ve kayıp su oranının %15 e düşürülmesi durumunda (Çizelge 6.1) üretilen ve faturalanacak su miktarı aşağıdaki şekilde özetlenir ise:

Çizelge 6.1 %15 seviyesinde su kayıplarının dağılımı

	ÖNCE		SONRA	
	%	m ³ / yıl	%	m ³ / yıl
ÜRETİM	%100,0	714.314.283	%100,0	630.243.910
SATIŞ	%72,15	515.349.367	% 85	535.707.324
FİZİKİ KAYIP	%18,6	132.862.457	% 8,6	48.820.473
TİCARİ KAYIPLAR	%9,25	66.074.071	% 6,4	45.716.114
KAYIPLARIN				
TOPLAMI	% 27,85	198.936.528	% 15	94.536.587

Ticari kayıpların azalması gelirin artmasını, fiziksel kayıpların azaltılması ise maliyetin düşmesini sağlar. Kayıp suyu azaltmak için pilot bölgelerde olduğu gibi öncelikle fiziksel kayıpların basınç yönetimi ile azaltılması benimsenmelidir. Ticari kayıplar için mevcut sayaçların daha hassas sayaçlarla değiştirilmesi gereklidir.

Basınç yönetimi ve su kaçağı arama çalışmaları ile fiziksel kayıp su oranının %18,6 dan %8,6 ya düşürülmesi üretimin 714.314.283 m³/yıldan, 630.243.910 m³/yıla düşmesi sağlanacaktır. Bunun anlamı yılda 84.070.373 m³ daha az üretim yapılacaktır. Üretimin azalması ile elde edilecek mali kazancı hesaplamak için İstanbul'a hizmet veren 5 arıtma tesisinde kullanılan kimyasal maddeler ve elektrik enerjisi maliyeti yaklaşık olarak hesaplanabilir;

Çizelge 6.2 İstanbul arıtma tesislerinde 2007 yılında sarf edilen malzemelerin ve enerjinin maliyeti

KULLANILAN KİMYASAL VE ENERJİ	HARCANA MİKTAR	BİRİM FİYATI	TOPLAM FİYAT
ALÜMİNYUM SÜLFAT	25.662 TON/YIL	450 TL	11.547.900 TL
KLOR	2.838 TON/YIL	450 TL	1.277.100 TL
POLİ ELEKTROLİT	110 TON/YIL	5.250 TL	577.500 TL
OZON	548 TON/YIL	450 TL	246.600 TL
ENERJİ	169.961.150 KWH/YIL	0.1685 TL	28.638.454 TL
TOPLAM HARCANAN		TOPLAM	42.287.554 TL

2007 Yılında arıtma tesislerinde üretilen su 714.314.283m³/yıldır. İçmesuyu arıtma tesislerinde üretilen su için harcana tutar 42.287.554 TL/yıl olarak hesaplanmıştır.

Suyun m³ yaklaşık birim maliyeti;

$$\frac{42.287.554 \text{ TL/yıl}}{714.314.283 \text{ m}^3/\text{yıldır}} = 0.059 \text{ TL}$$

Arıtma maliyetindeki düşüş;

$$84.070.373 \text{ m}^3 * 0.059 \text{ TL} = 4.960.152 \text{ TL}$$

Basınç yönetimi ile şebeke boruları ve şube yollarındaki arızalarda düşüş yaşanacaktır. 2007 yılında İstanbul genelinde 14.812 adet şebeke boru kırığı, 435.419 metre arızalı şube yolu ve 11.711 adet priz arızası onarılmıştır.

Çizelge 6.3 2007 Yılında İstanbul içmesuyu şebekesinde yapılan onarımlar

ARIZA TİPİ	YAPILAN MİKTAR	İSKİ BİRİM FİYATI	TOPLAM
Şebeke Boru Kırığı Onarımı	14.812 adet	573.96 TL	8.501.495,52 TL
Şube Yolu Onarımı	435.419 metre	51.86 TL	22.580.829,34 TL
Ana Musluk Onarımı	11.711 adet	194.52 TL	2.278.023,72 TL
TOPLAM TUTAR			33.360.348,58 TL

2007 yılında şebekelerdeki arızaları gidermek için 33.360.348 TL harcanmıştır. Şebeke boru kırıklarının çoğu yenilenmesi tamamlanmamış açb ve PVC borularda meydana gelmektedir. Bu eskimiş borular ve şube yolu malzemesi ani basınç değişimlerinde hasara uğramaktadır. İstanbul genelinde kat ayrımları yapılırsa arızaların büyük oranda düşeceği öngörülmektedir.

Ticari kayıpların azaltılmasını hedefleyen eylem planı sayesinde (sayaç değişimi, kaçak bağlantıların tespiti, arızalı sayaçların değişimi, veri tabanının analizi), satışlar 515.349.367 m³/yıldan 535.707.324 m³/yıla yükselecektir. Yani yılda 20.357.957 m³ daha fazla su satış yapılacaktır. İstanbul'da ortalama su satışı 3 YTL/m³ olduğundan, ticari kayıpları azaltma programının hayata geçmesinden sonra, mali olarak kazançların aşağıda, Çizelge 6.3'te verilen şekilde olması öngörülmektedir:

$$20.357.957 \text{ m}^3/\text{yıl} * 3 \text{ YTL/m}^3 = 61.073.871 \text{ TL/yıl}$$

Sonuçlara bakıldığında, böyle bir programın hayata geçirilmesi sayesinde kazançların toplamı

$$4.960.152 \text{ TL} + 61.073.871 \text{ TL/yıl} = 66.034.023 \text{ TL/yıl}$$

olması öngörülmektedir.

Üç aşamadan oluşan Melen projesinin 1. aşamasının inşaat çalışmalarına 2001 yılında başlanmış 2010 yılında bitmesi planlanmıştır. 2007 yılında İstanbul'da yağış miktarının azalması baraj doluluk seviyelerinin %25 civarlarına düşmesine neden olmuştur. Su sıkıntısı İSKİ'nin acil olarak yeni kaynaklara yönelmesine neden olmuş ve Melen Projesi hızlandırılmıştır. Maliyeti 1.18 Milyar Dolar olan Melen projesine İSKİ, 190 Milyon TL'lik bir yatırım gerçekleştirmiştir. Yeni projelerin yatırım maliyeti ve su kaybının azaltılmasıyla elde edilecek gelir düşünülürse İstanbul'un kayıp su miktarını azaltmak için gerekli çalışmalara başlanmalıdır.

Yapılan incelemeler sonucunda İstanbul'da fiziksel kayıpların ticari kayıplardan fazla olduğuna, fiziksel kayıpların azaltılması ile içmesuyu arıtma ve şehre iletme maliyetlerinin düşeceği, basınç yönetimi sayesinde her yıl arızalar için harcanan para azaltılacak, ticari kayıpların azaltılması ile faturalanan miktar arttırılarak gelir elde edilecektir. Ayrıca planlanan projeleri hızlandırarak arttırılan mali yük azaltılacaktır.

Su kayıp ve kaçaklarının azaltılması su üretici firmanın önceliği olmalı ve bir an önce faaliyete geçirmeli. Beklenen her gün milli servetin zayı olması demektir.

İstanbul'un %27 olan kayıp su oranını dünya standartlarına çekmek için yapılması gerekenler öncelik sırasına göre aşağıda sıralanmıştır;

- Kayıp suyu tüm yönleriyle inceleyen ilgili birim kurulmalı, uzun ve kısa vadeli hedefler belirlenmelidir.
- Şebeke basınç yönetimi yapılmalı. Kat ayırımı çalışmaları tamamlanarak su şebekesinin uygun basınçta çalışması sağlanmalıdır.
- Yapım ve onarım çalışmalarında işçilik ve malzeme kalitesi artırılmalı.
- Mevcut sayaçlar C klas sayaçlarla değiştirilmelidir.
- Yangın hidratlarının kontrol altına alınmalı ve sayaç takılmalıdır.
- Vanalar kontrol edilmeli, kayıp vanalar bulunmalı ve bozuk olanlar değiştirilmelidir.
- Arıtma tesislerinin giriş ve çıkışına debimetre konularak tesislerdeki kayıp su miktarıda belirlenmelidir.
- Deşarj vanaları mühürlenmeli, deşarj tarih ve süreleri bilgisayar ortamında takip edilmeli veya sayaç tesis edilmelidir.
- Düzenli olarak veritabanı analiz edilerek çok düşük tüketimli aboneler takip edilmelidir.
- Borcundan dolayı suyu kapatılan müşteriler izlenmelidir.
- Mevcut hatları ve sanat yapıları GİS sistemine işlenmelidir.
- İstatistiksel çalışmalarda kullanılabilir kaçak su ve boru kırıkları ile ilgili yapılan tüm onarım çalışmaları kayıt altına alınmalıdır.
- Su kaçağı arama ekiplerinde çalışacak personel cihazları kullanabilecek ve okuduğu değerleri değerlendirebilecek şekilde eğitilmelidir.
- Medya ve posta aracılığı ile aboneleri su sarfiyatını azaltmaya yönlendirmek fayda sağlayacaktır.
- Ev içinde tasarrufu sağlamak için suyu daha az kullanan aletler yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

AWWA, (2001), “ Rehabilitation of Water Mains, Manual of Water Supply Practices M28, AWWA, Denver.

AWWA, (1987), “ External Corrosion Introduction to Chemistry and Control”, Manual Practice M27, AWWA, Denver.

Brothers, K.J., Eng, P., Chair, (2004), “International Approach to Water Loss Reduction in Halifax, Nova Scotia, Canada”, IWA Loss Task Force.

Christodoulou, S., Charalambous, C., Adamou, A., (2008), “ Rehabilitation and Maintenance of Water Distribution Network Assets”, IWA, Cyprus.

Decker, C.W., (2006), “ Managing water losses in Amman's renovated network: a case study”, Management of Environmental Quality: An International Journal, Amman, 94-108.

Demir, A.,(2001), “Konya İçme Suyu Şebekesinde Su Kayıplarının Belirlenmesi”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, Konya.

Farley, M.,(2001), “Leakage Management and Control a Best Practice Training Manual”.

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

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

Gerlingen, D.W., (2001), “ Water Loss Management and Techniques”, German National Report, Berlin.

Girard, M. And Stewart, R.A., (2007), “ Implementation of Pressure and Leakage Management Strategies on the Gold Coast, Australia:Case Study”, Journal of Water Resources Planning and Management, May-June 2007.

Havlik, V.,(2006), “Vulnerability of Water Distribution Systems to Leakage, Security of Water Supply Systems: From Source to Tap”, Springer , Netherlands, 51-63.

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

Kabakçı, A., Karadoğan, H., (2003), "İzmir İçme Suyu Sistemi Kaçak Azaltma Pilot Çalışması", VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Ekim 2003.

Lambert, A.O. and Fantozzi, M., (2005), "Recent Advances in Calculating Economic Intervention Frequency for Active Leakage Control, and Implications for Calculation of Economic Leakage Levels", Water Science and Technology: Water Supply, IWA , 263-271.

Lawrence, S. A., Fields, K.A., Chen, A.S. and Tafuri, A.N., (2000), "Options for Leak and Break Detection and Repair of Drinking Water Systems", Battelle Press, Columbus, Ohio.

Marunga, a., Hoko, Z., Kaseke, E., (2006), "Pressure Management as a Leakage Reduction and Water Demand Management Tool: The Case of the City of Mutare, Zimbabwe", Elsevier, 763-770.

McIntosh, A.B., (2003), "Asian Water Supplies Reaching the Urban Poor", Asian Development Bank, August 2003.

McKenzie, R.S. and Bhagwan, J.N., (2001), "Leakage Management, Introduction to WRC Tools to Manage Non- Revenue Water", Paper presented to the IWA Managing Leakage Conference, Cyprus, November 2002.

Morais, C.D., Almedia, A.T., (2006), "Group Decision-making for Leakage Management Strategy of Water Network", Elsevier.

Morrison, J., (2004), "Managing Leakage by District Metered Areas", IWA 'Water21', February 2004

Moser, A.P., (2001), "Buried Pipe Design", Mc Graw Hill, New York.

Mugabi, J., Kayaga, S., Njiru, C., (2006), "Strategic Planning For Water Utilities In Developing Countries", Elsevier.

Oktar, B., Latifoğlu, A., (2003), "İçmesuyu Dağıtım Sistemlerinde Su kayıpları Kontrolü", Hacettepe Üniversitesi , Ankara.

Orhan, A.H., Eyduran, E., Özdemir, T., (2006), "Cost of Leakage", Journal of Applied Science Research, 276-278.

Queensland Department of Natural Resources, “Improving Water Use Efficiency in Queensland’s Urban Communities”, November 2000, 87-96.

Sakura,A., Noriah, A.B.,(2006), “ Economic Implications of Non Revenue Water (NRW) and Reduction Strategy State of Pahang Case Study”, National Conference-Water for Sustainable Development Towards a Developed Nation by 2020, 13-14 July 2006.

Songur,M., Dabanlı, A.,(2006), “Su Kaçaklarının İzlenmesi ve Tespiti İçin Çalışmalar”, 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 13-16 Eylül 2006, İstanbul.

Tabesh, M., Yekta A.H.A., Burrows, (2008),“ An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems”, Springer.

Tumuheirwe, S. and Lutaaya, M., (2005), “ Challenges of Managing Non-Revenue Water Experience From a Water Utility in Uganda”, 31st WEDC International Conference, Uganda.

Woo, H., Ahn, H., Kim, J., Cho, W., (2005), “ Non Revenue water Reduction Projects for Local Governments of Korea”, Leakage Conference 2005.

Yuksel,E., Eroğlu,V., Sarıkaya,H.Z., Koyuncu,İ., (2004), “Current and Future Strategies for Water and Waste Water Management of İstanbul City”, Environmental Management, 186-195.

Yılmaz,S., (2005), “ Konutlarda Su Şebeke Basıncının Su Tüketimine Etkileri”, Teknoloji, 157-166.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 06.08.1981

Doğum yeri İstanbul

Lise 1996-1998 Pendik Lisesi

Lisans 1999-2005 Yıldız Üniversitesi İnşaat Fak.
Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2006-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

2005-Devam ediyor İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
Abone İşleri Asya Bölğ. Daire Başk. Kontrol Müh.
