

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ŞEHİR SUYU ŞEBEKE BASINCININ
SU TÜKETİMİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ

Yrd. Doç. Dr. Aydın ÇITLAK

HAZIRLAYAN

Şefik KOCAKAYA

TEMMUZ-2010

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞEHİR SUYU ŞEBEKE BASINCININ SU TÜKETİMİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şefik KOCAKAYA
(02120102)

Ana Bilim Dalı: Makine Mühendisliği
Programı: Enerji

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Mayıs 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Temmuz 2010

Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr. Aydın ÇITLAK (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri: Doç.Dr. İhsan DAĞTEKİN

: Doç.Dr. Muhammed Emin EMİROĞLU

TEMMUZ-2010

ÖNSÖZ

Su, hayatımızın olmazsa olmazlarından biridir. İnsan vücudunun yaklaşık yüzde yetmişi sudan meydana gelmektedir. Hayatımız için bu kadar önemli olan suyun kullanımına ve adil dağıtımına azami önem göstermek gerekir. Yerleşim yerlerinde suyun sağlıklı ve adil dağıtımı belediyeler tarafından yapılmaktadır. Belediyeler suyu kullanıcılara ulaştırırken suyun temiz ve sağlıklı olmasına son derece önem göstermelidirler. Bu çalışmada, suyun kullanıcılara adil, sağlıklı ve israf edilmeden dağıtımının sağlanabilmesi için su şebekesindeki basıncın su tüketimi üzerindeki etkisini incelemeye çalıştık.

Bu yüksek lisans tezinin hazırlanmasında, yönlendirilmesi ve tamamlanmasında her türlü yardımı esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Aydın ÇITLAK'a, ilgilerinden ve desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her zaman yanımda olan, yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Şefik KOCAKAYA
ELAZIĞ-2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	X
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. SU TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	10
2.1. Çevresel Faktörler.....	10
2.1.1. İklim.....	10
2.1.2. Nüfus ve Yaşam Standardı.....	10
2.1.3. Su Fiyatı.....	10
2.1.4. Tüketilen Su Miktarlarının Periyodik ve Güvenli Ölçümü.....	11
2.1.5. Bölgedeki Sanayi Durumu.....	11
2.1.6. Su Kalitesi ve Su Kayıpları.....	11
2.1.7. İşletme Basıncı.....	12
2.2. Konutlarda su tüketimi.....	12
2.2.1. Konutlarda Su Basıncının Belirlenmesi.....	13
2.3. Şebekelerde Faturalanamayan Su Kayıpları.....	14
2.3.1. Fiziksel olmayan kayıplar.....	14
2.3.2. Fiziksel kayıplar.....	14
3. BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ VANALAR.....	17
3.1. Pistonlu Basınç Düşürücü Vanalar.....	18
3.2. Diyaframlı Basınç Düşürücü Vanalar.....	22
3.2.1. Diyaframlı Vanaların Çalışma Prensipleri.....	22

3.3. Su Kaçaklarıyla İlgili Yapılan Bazı uygulamalar.....	27
4. DİYARBAKIR İLİ MURADIYE MAHALLESİNDE İŞLETME BASINCININ SU TÜKETİMİNE ETKİSİ.....	30
4.1. Muradiye Mahallesi Ekim 2009 Ayına Ait Su Tüketimi.....	31
4.1.1. Ekim 2009 I. Zaman Dilimine Ait Su Tüketimi-Basınç Grafikleri	34
4.1.2. Ekim 2009 II. Zaman Dilimine Ait Su Tüketimi-Basınç Grafikleri	36
4.1.3. Saatlik Bazda Su Tüketimi-Basınç Grafikleri.....	38
4.2. Muradiye Mahallesi Kasım 2009 Ayına Ait Basınç-Su Tüketimi	40
4.2.1. Kasım 2009 I. Zaman Dilimine Ait Su tüketimi-Basınç Grafikleri	44
4.2.2. Kasım 2009 II. Zaman Dilimine Ait Su tüketimi-Basınç Grafikleri ...	45
4.2.3. Saatlik Bazda Su tüketimi Basınç Grafikleri.....	47
4.3. Muradiye Mahallesi Mart 2010 Ayına Ait Basınç-Su Tüketimi	50
4.3.1. Mart 2010 Ayı I. Zaman Dilimine Ait Su tüketimi-Basınç Grafikleri ...	54
4.3.2. Mart 2010 Ayı II. Zaman Dilimine Ait Su tüketimi Basınç Grafikleri ...	56
4.3.3. Saatlik Bazda Su tüketimi Basınç Grafikleri.....	58
5. SONUÇLAR.....	62
KAYNAKLAR.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ÖZET

Dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının sınırlı oluşu, suyun daha ekonomik şekilde tüketilmesini zorunlu hale getirmektedir. Su tüketiminde; iklim, nüfus, su fiyatları, periyodik ölçüm, yaşam standardı, su kalitesi, arızalardan doğan su kayıpları ve işletme basıncı faktörleri etkindir. Şehir suyu şebekelerindeki yüksek basınç; fazla su tüketimine, hat bağlantı noktalarından kaçaklar oluşmasına, su hatlarındaki çatlaklardan kaçan suyun artmasına, sık armatür arızalarına ve bu arızalara bağlı su kayıplarına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, Diyarbakır ili Muradiye Mahallesi pilot bölge olarak seçilmiştir. Pilot bölgenin giriş hattına bir oda inşa edilmiştir. Hat üzerine bir adet debimetre bir adet basınçölçer ve bir adet basınç düşürücü vana montajı yapılmıştır. Farklı işletme basınçları farklı süreler için dikkate alınarak gerçek prototipte deneyler yapılmıştır. Elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Sonuç olarak, şebeke işletme basıncının su tüketimi üzerindeki etkisinin oldukça önemli olduğu belirlenmiştir. Böylece, işletme basıncının azaltılması ile hem su tasarrufu yapılabileceği hem de maliyetin azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.

SUMMARY

Limited water resources of our country and the world, the water makes it necessary to consume a more economical way. Water consumption, climate, population, water rates, periodic measurement, living standards, water quality, failures resulting from loss of water and operating pressure are the main factors. High pressure in city water supply, excessive water consumption, create leaks in the line to the port, the water line running from the cracks and defects due to the increase in water caused to water loss.

In this study, Muradiye region of Diyarbakir was chosen as the target region. input line of the target area was built in a room. On the line, a flow meter, a pressure gauge and a pressure reducer valves units were mounted. Different operating pressures, taking into account the actual prototype for various periods in the experiments were done. The results obtained were evaluated and interpreted. As a result, the impact on network operation pressure of the water consumption was found to be very important. Thus, the pressure reduction can be done to save water, it also concluded that costs were reduced.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Farklı ülkelerdeki şebeke sisteminde su kayıp oranları (2003).....	5
Şekil 1.2. Bazı Asya ülkelerinde şebeke sistemindeki su kayıpları.....	6
Şekil 1.3. Büyükşehir belediyelerindeki şebeke Sisteminde su kaybı (2007).....	7
Şekil 3.1. Pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar (ön kapak).....	18
Şekil 3.2. Pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar (vana gövdesi).....	18
Şekil 3.3. Pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar (pistonlar).....	19
Şekil 3.4. Pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar (bağlantı tüpü ve vana gövdesi).....	19
Şekil 3.5. DN400'lük 6 pistonlu basınç düşürücü vana.....	20
Şekil 3.6. DN400 lük 6 pistonlu basınç düşürücü vananın şebekeye bağlanmış şekli.....	20
Şekil 3.7. Montajı Yapılmış Bir Basınç Düşürücü Vana (tek pistonlu).....	21
Şekil 3.8. Baypaslı basınç vanası.....	21
Şekil 3.9. Bir diyaframlı basınç kontrol vanası gösterimi.....	22
Şekil 3.10. Örnek bir diyaframlı basınç kontrol vanası resmi.....	22
Şekil 3.11. Diyaframlı basınç kontrol vanası üzerine etki eden basınç ve alanlar.....	23
Şekil 3.12. Diyaframlı basınç kontrol vanası üzerine etki eden basınç, kuvvet ve alanlar.....	24
Şekil 3.13. Diyaframlı basınç kontrol vanasını oluşturan parçalar.....	25
Şekil 3.14. Diyaframlı basınç kontrol vanasına resmi.....	26
Şekil 3.15. Diyaframlı basınç kontrol vanası kesit resmi.....	26

Şekil 3.16. 4 mm çapında 4 delikten yıllık yapılacak tasarruf	27
Şekil 3.17. 4 mm çapında 5.700 delikten yıllık yapılacak tasarruf	27
Şekil 3.18. Alçak basınç altında hattan kaçan su miktarı (1 bar).....	28
Şekil 3.19. Yüksek basınç altında hattan kaçan su miktarı (7 bar).....	28
Grafik 4.1. I. ve II. 12 günlük zaman dilimindeki su tüketim grafiği (Ekim 2009).	31
Grafik 4.2. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.....	32
Grafik 4.3. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.....	33
Grafik 4.4. Bir aylık toplam debinin günlere göre dağılımı grafiği (Ekim 2009).....	33
Grafik 4.5. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (09.10.2009 cuma).....	35
Grafik 4.6. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (11.10.2009 pazar).....	35
Grafik 4.7. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (13.10.2009 salı).....	36
Grafik 4.8. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (23.10.2009 Cuma).....	36
Grafik 4.9. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (25.10.2009 Pazar).....	37
Grafik 4.10. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (27.10.2009 Salı).....	37
Grafik 4.11. İki saatlik zaman süresi için su tüketimi-basınç grafiği.....	38
Grafik 4.11a. Bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).....	38
Grafik 4.12. İki saatlik zaman süresinde su tüketimi-basınç grafiği.....	39
Grafik 4.12a. Bir günlük (24 saatlik) su tüketimi grafiği (saatlik toplam).....	39
Grafik 4.13. I ve II. zaman dilimindeki farklı basınçlarda su tüketim grafiği (Kasım 2009).....	40
Grafik 4.14. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.....	41
Grafik 4.15. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği....	42
Grafik 4.16. Bir aylık toplam su tüketiminin günlere göre dağılımı (Kasım 2009).....	42
Grafik 4.17. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (13.11.2009 Cuma).....	44
Grafik 4.18. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (15.11.2009 Pazar).....	44
Grafik 4.19. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç su-tüketimi grafiği (17.11.2009 Salı).....	45

Grafik 4.20. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (20.11.2009 Cuma).....	45
Grafik 4.21. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (22.11.2009 Pazar).....	46
Grafik 4.22. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (25.11.2009 Salı).....	46
Grafik 4.23. I. zaman dilimindeki iki saatlik basınç su-tüketimi grafiği (basınç düşüşü).....	47
Grafik 4.24. I. zaman diliminde iki saatlik basınç-su tüketimi grafiği (basınç yükselişi).....	47
Grafik 4.24a. Bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).....	48
Grafik 4.25. II. zaman diliminde iki saatlik basınç-su tüketimi grafiği (basınç düşürme işlemi iptal edilmiş).....	48
Grafik 4.26. II. zaman diliminde iki saatlik basınç su tüketimi grafiği.....	49
Grafik 4.26a. bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).....	49
Grafik 4.27. Mart 2010 ayına ait basınç su tüketimi grafiği.....	50
Grafik 4.28. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.....	51
Grafik 4.29. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği....	52
Grafik 4.30. Bir aylık toplam debinin günlere göre dağılımı grafiği (Mart 2010).....	53
Grafik 4.31. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (05.03.2010 Cuma).....	55
Grafik 4.32. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (07.03.2010 Pazar).....	55
Grafik 4.33. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (09.03.2010 Salı).....	56
Grafik 4.34. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (19.03.2010 Cuma).....	57
Grafik 4.35. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (21.03.2010 Pazar).....	57
Grafik 4.36. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (23.03.2010 Salı).....	58

Grafik 4.37. I. zaman diliminde iki saatlik zaman süresi için su tüketimi-basınç grafiği.....	58
Grafik 4.38. I. zaman diliminde iki saatlik basınç-su tüketimi grafiği (basınç yükselişi).....	59
Grafik 4.38a. Bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).....	59
Grafik 4.39. II. zaman diliminde iki saatlik basınç-su tüketimi grafiği (basınç düşürme işlemi iptal edilmiş).....	60
Grafik 4.40. II. zaman diliminde iki saatlik basınç su tüketimi grafiği.....	60
Grafik 4.40a. bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).....	61

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. Ekim 2009 ayı I. ve II. zaman dilimlerine ait günlük su tüketimi (m ³).....	34
Tablo 2. Kasım 2009 ayı I. ve II. zaman dilimlerine ait günlük su tüketimi (m ³).....	43
Tablo 3. Mart 2010 ayı I. zaman dilimine ait günlük su tüketimi (m ³).....	53
Tablo 4. Mart 2010 ayı II. zaman dilimine ait günlük su tüketimi (m ³).....	54

SEMBOLLER LİSTESİ

Atm	: Atmosfer
Bar	: 10 metre su sütununa denk basınç
f	: Kuvvet
h	: Saat
mSS	: Metre su sütunu
mm	: Milimetre
m³	: Metre küp
m²	: Metre kare
p	: Basınç
Q	: Su debisi
ΔP	: P1-P2 Basınç farkı

1.GİRİŞ

Dünyamızın dörtte üçü sularla kaplıdır. Bu özelliği ile mavi gezegen olarak bilinir. Ancak bu özelliğe sahip olmasına rağmen bu suyun %97,5'i okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak bulunur. Geriye kalan %2,5'u tatlı sudur. Tatlı suyunda temel kaynağı okyanus ve denizlerdir. Tuzlu suyun buharlaşarak, atmosferde tekrar yoğunlaşması (yağmur, kar, dolu vb.) tatlı suyu oluşturur. Bu yoğunlaşan suyun %90'nı yeryüzünde hiç kullanılmadan deniz ve okyanuslara geri döner. Dünyadaki bu tatlı su kaynaklarının %70'i de Antarktika ve Grönland'da buz (katı fazı) halinde, geriye kalan kısmın büyük bir bölümü derin yer altı su küresinde bulunmaktadır [1].

Bugün, 1900 yılına kıyasla su tüketimi dünyada 10 kat artmıştır. 2025 yılında su tüketimi ise; tarımda %17, sanayide %20 ve evsel tüketimde %70 artacağı öngörülmektedir. Su tüketimi çok hızlı bir şekilde artarken dünyada çevre kirliliği ve sanayileşmeden dolayı temiz su kaynakları hızla azalmaktadır. 1950 yılında kişi başına düşen su miktarı 16.800 m³ iken bu miktar 2000 yılında 7.300 m³'e düşmüştür. Dünya nüfusunun yaklaşık 8 milyarı bulmasının beklendiği 2025 yılında ise kişi başına su tüketiminin yaklaşık 4.800 m³'e kadar düşeceği tahmin edilmektedir.

Birleşmiş Milletler (BM) verilerine göre Dünya'da 1.4 milyar insan temiz içilebilir sudan mahrumdur. 470 milyon insan su kıtlığı çeken bölgelerde yaşamakta olup bu sayının 2025'te 6 kat artması beklenmektedir. Her yıl 250 milyon insan sudan kaynaklanan salgın hastalıklara yakalanmakta ve yaklaşık 10 milyon kişi hayatını kaybetmektedir. BM, 22 Mart Dünya Su Günü (2005) dolayısıyla yaptığı açıklamada kirliliğe bağlı sebeplerden dolayı Dünya'da her gün 4 bin çocuğun (20 saniyede 1 çocuğun) öldüğü ve 400 milyon çocuğun da hayatta kalabilmek için ihtiyaç duydukları asgari temiz su imkanından yoksun oldukları belirtilmiştir. Az gelişmiş ülkelerde bir kişinin günlük içme, yemek pişirme ve temizlik için kullandığı su miktarı yaklaşık 10 litredir. Afrika ve Asya'daki bir kadın günde ortalama 6 km yol kat ederek evine 20 litre su taşımaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) (United Nations Environment Programme) güvenli atık su arıtma hizmetinden yoksundur [2].

UNEP'in 2002 yılında yayınladığı 3. Küresel Çevre Raporu'na göre dünyada 2.4 milyar insan ise paralel olarak mevcut kaynakların bilinçsizce kirlenmesi, dünya nüfusunun artışı ve insanlığın refah seviyesine bağlı su tüketiminin artması suyu stratejik bir kaynak haline getirmektedir. İnsanoğlu için 20. yüzyılda petrol ne kadar önem arz etmiş ise, 21.

yüzyılda da suyun, o kadar önem arz edeceği görülmektedir. Günümüzde dünyanın birçok yerinde su kaynaklarına sahip olabilmek için sıcak ve soğuk savaşlar verilmektedir. Bu sebeplerden dolayı, çağımızın en büyük sorunlarından birisi de su yönetimi ve buna bağlı olarak su kaynaklarının korunması olacaktır.

Türkiye’de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³ toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³’lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³’lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³’lük suyun 28 milyar m³’ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yer üstü suyu potansiyeli 193 (158+28+7) milyar m³ olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 (69-28) milyar m³ de dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 (193+41) milyar m³ olarak hesaplanmıştır. Ancak, günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde, çeşitli amaçlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yurt içindeki akarsulardan 95 milyar m³, komşu ülkelerden yurduмуza gelen akarsulardan 3 milyar m³ olmak üzere yılda ortalama toplam 98 milyar m³’tür. 14 milyar olarak belirlenen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ olmaktadır [10].

Çoğu kez zannedildiği gibi Türkiye su zengini bir ülke değildir. Aksine gerekli önlemler alınmaz ise gelecekte su sıkıntısı çeken bir ülke olacaktır. Ülkenin su sıkıntısına düşmesine neden olacak faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz. Sorunlu coğrafya nedeniyle su kaynaklarını kontrol etme güçlüğü, yağış ve su kaynaklarının dengesiz dağılımı ve su havzasına dayalı bütünleştirilmiş su yönetimi uzun vadeli planlaması yerine, kısa vadeli, bölgesel, ayrı planlar vasıtasıyla su kaynaklarından yararlanılmasıdır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1600 m³’dür. Diğer ülkeler ve dünya ortalamasıyla kıyaslanırsa, Türkiye kişi başına kullanılabilir su miktarı bakımından su azlığı çeken ülkeler arasında görülebilir. Kişi başına 5000 m³ ve fazla su potansiyeli olan bir ülke “su zengini” olarak kabul edilir. 2023 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2023 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1125 m³/yıl civarında olacağı tahmin edilebilir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi ile su kaynakları üzerine olabilecek

baskıları tahmin etmek mümkündür. Ayrıca tüm bu tahminler mevcut kaynakların hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı politikalar çerçevesinde kullanması gerekmektedir [1].

Birbirleriyle bağlantılı ve etkileşim içerisinde olan parçalardan oluşmuş, organize ve bütünlük arz eden, belirli ve tanımlanmış ilişkileri olan bir mekanizmayı sistem olarak tanımlayabiliriz. İletim hattı ile depolara getirilen suyun dağıtıldığı boru sistemine, su dağıtım (içme suyu) şebekesi veya kısaca şebeke denir. Bir su dağıtım sistemi; besleme boruları, servis boruları, ana ve tali dağıtım boruları, basınç artırıcı pompalar, vanalar, yangın muslukları, basınç kırıcı tesisler ve servis bağlantılarından oluşur. Ancak bir şebekede bulunacak elemanlar, sistemin özelliklerine bağlı bulunduğundan, genel bir şebeke tanımı vermek mümkün değildir.

Su dağıtım şebekelerinin amacı, ihtiyaç duyulan suyu yeterli miktarda, istenilen basınçta ve kullanılabilir bir kalitede tüketiciye ulaştırmaktır. Dağıtım şebekesinin planlanmasında; su kaynaklarının durumu, topografya, maliyet ve şehrin gelecekteki gelişmesi göz önüne alınacak önemli hususlardır. Şebekeler, her binada yeteri kadar basınçlı suyu sağlayacak şekilde planlanır. Sokakların planları, topografik durum, su ileme tesisleri ve su haznelerinin yerleri; su dağıtım sisteminin tipini ve bunun içindeki akımın karakterini belirler [4].

Kullanma suyu şebekelerinin amacı; yeterli miktarda, istenen basınçta ve kullanılabilir özelliklere sahip suyu sağlıklı bir şekilde tüketiciye ulaştırmaktır. Kullanma suyu şebekelerinin projelendirilmesinde su kaynaklarının durumu, bölgenin topografik yapısı, yerleşim yerinin gelişimi, suyun şebeke borularında oluşturacağı akış hızı ve işletme basıncı, maliyeti ve depolama şekilleri ve benzer faktörler dikkate alınmalıdır [7].

Türkiye'de her yıl içme suyu şebeke sistemine 6.5 milyar ton arıtılmış su verilmektedir. Bu suyun %51'i fiziki ve fiziki olmayan usullerle şebeke sisteminde kaybolmaktadır. Türkiye'de şebeke sistemlerinden her yıl yaklaşık olarak 3.3 milyar ton arıtılmış su nihai tüketiciye ulaşmadan kaybolmaktadır. Arıtılmış suyun sadece %49'nun nihai tüketiciye ulaşması su bedelini yükseltmektedir. Büyükşehirlerden Mersin, %65'e yakın su kaybı ile ilk sırada, Ankara'da %50 – 58, İstanbul'da %30 – 35, İzmir'de ise %44 civarındadır. Bazı illerde şebeke sistemindeki su kaybı %80 oranındadır. Bu fevkalade yüksek bir değerdir. Gelişmiş ülkelerde şebeke sisteminde su kaybı %10 – 20 arasında değişmektedir. Şebeke sistemindeki su kaybı için kabul edilebilir sınır değer

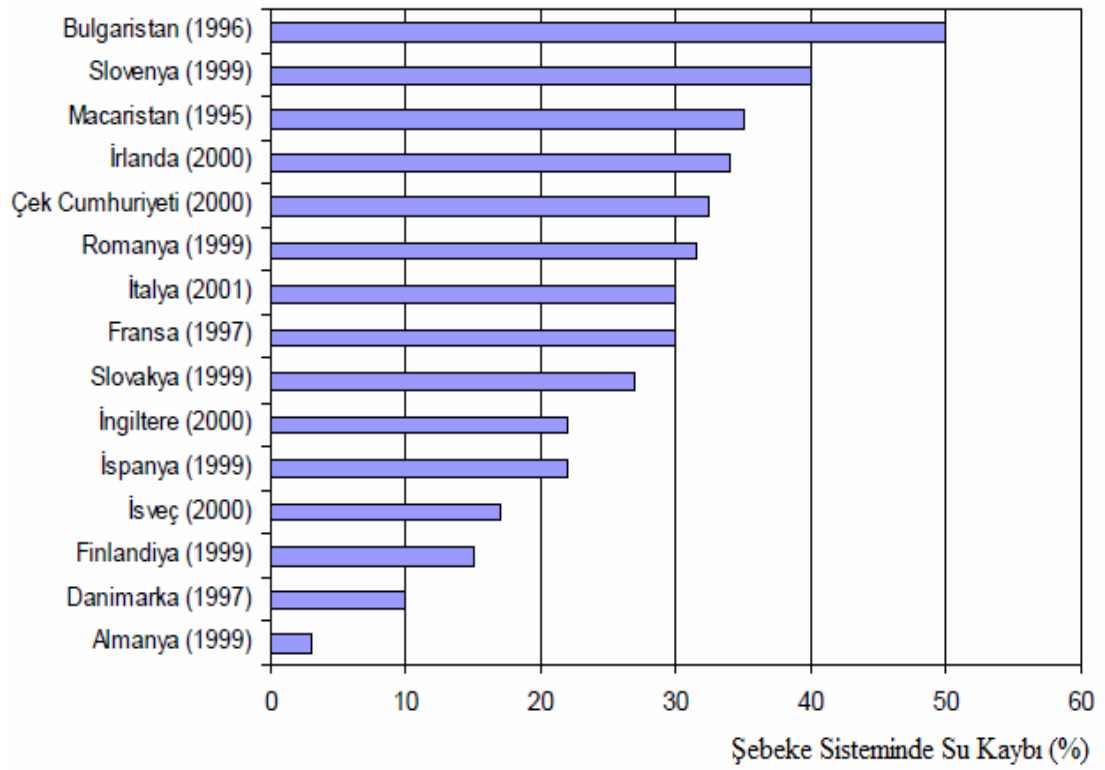
%10'dur. Şehirlerimizdeki su kayıplarını kabul edilebilir seviyeye getirmek için daha çok çaba sarf edilmelidir [15].

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

Belediye su yönetimleri tüketiciye sağlıklı, temiz ve hijyen su ulaştırmak için önceliklerini şebeke sistemindeki su kayıplarını önlemeye, su kaynaklarını korumaya ve atık suların arıtılmasına önem vermelidirler. Sadece içme suyu şebeke sistemini yapmak yeterli değildir. Şebeke sisteminin periyodik olarak bakımının yapılması ve izlenmesi şarttır. Özellikle kayıpların yüksek olduğu şebeke sistemlerinde su kesintisi olduğu zamanlarda şebeke dışından çatlak ve deliklerden şebeke içine istenmeyen sular sızar. Buda tüketiciye sunulan içme suyunu sağlığa zararlı hale getirir.

Uluslararası Su Servisi Birliğinin (IWSA, Integrated Waste Services Association) 1991 yılında yaptığı bir çalışmaya göre gelişmiş ülkelerde su kaybı %8–24, yeni sanayileşen ülkelerde %15–24 ve gelişmekte olan ülkelerde %24–45 arasında olduğu rapor edilmiştir. AWWA (American Water Works Association) Kayıp Tespit Etme ve Sorumlu Komitesine göre şebeke sisteminde su kaybı %10'un altında olmalıdır. Bu değer kabul edilebilir sınır değeridir. Şebeke sisteminde kayıp oranı %10–25 arasında ise kabul edilebilir bir seviyededir. Kayıp oranı %25'in üstünde ise mutlaka gerekli önlemler alınmalıdır.

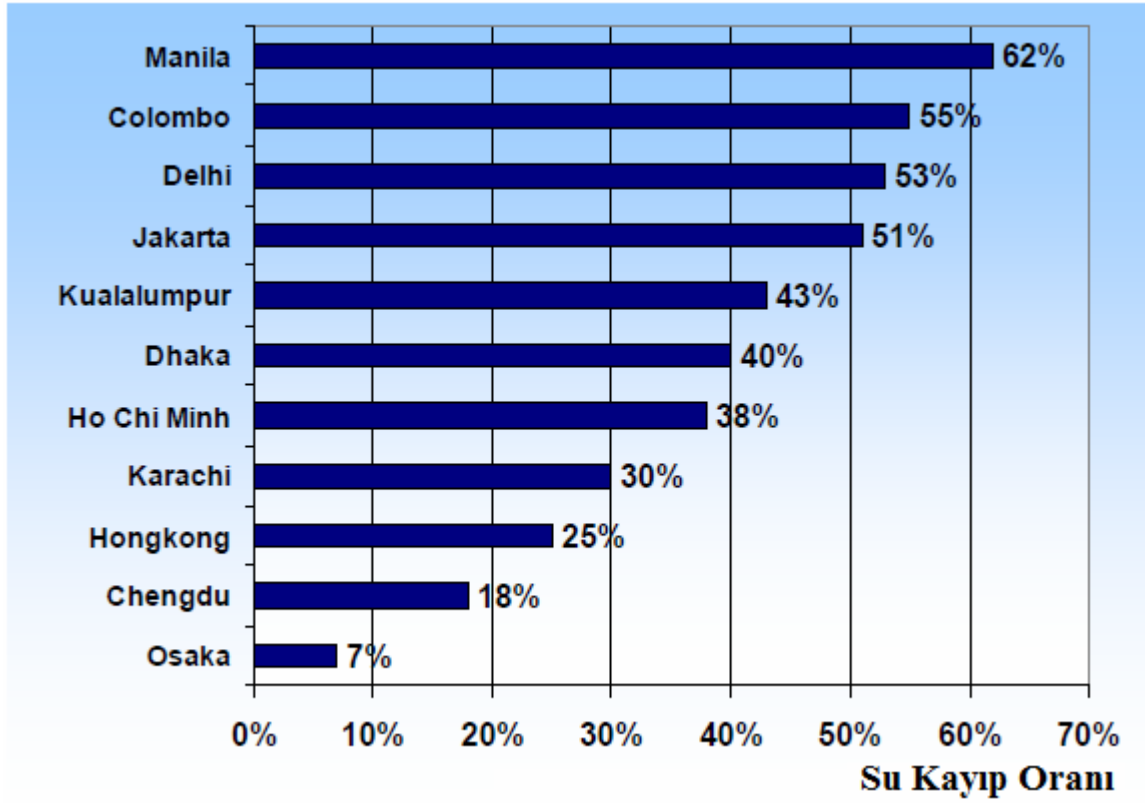
Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP, United Nations Environment Program official)'nın yaptığı bir çalışmaya göre Avrupa'daki farklı ülkelerde su kayıp oranları Şekil 1.1'de verilmiştir. Bu verilere göre su kayıp miktarları Almanya, Danimarka ve Finlandiya gibi gelişmiş ülkelerde %15 değerinin altında kalırken Macaristan, Slovenya ve Bulgaristan gibi ülkelerde %35 – 50 civarında seyretmektedir. 2007 yılı verilerine göre İngiltere'deki şebeke sistemindeki su kaybı %15'dir [11].



Şekil 1.1. Farklı ülkelerdeki şebeke sisteminde su kayıp oranları (2003).

Avrupa ülkelerinin sadece bir kaçında temin edilen su, içme suyu yanında sulama amacı ile kullanılmaktadır. Örneğin Romanya’da temin edilen suyun %10-15’i tarımda sulama amacı ile kullanılmaktadır. İtalya, Türkiye, Portekiz ve Yunanistan gibi ülkelerde yeni su temin projeleri planlanmaktadır. Çünkü bu ülkelerde sulama suyu sistemi kötü durumdadır.

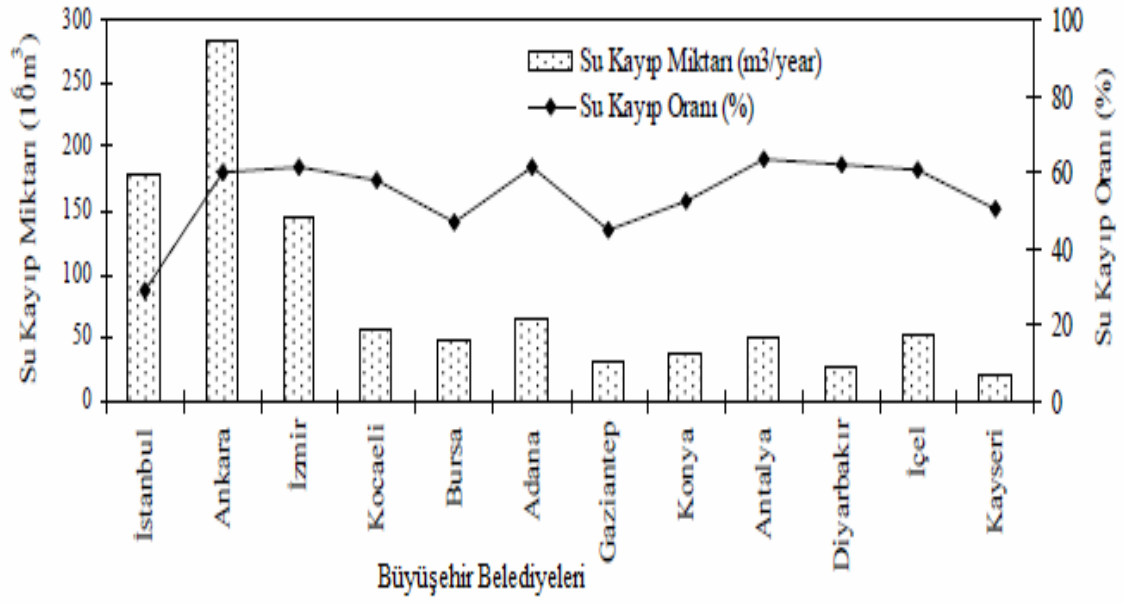
Bazı Asya ülkelerindeki şehirlerde faturalandırılmayan su kaybı oranı Şekil 1.2’de verilmiştir. Şekil 1.2’den Manila, Delhi, Cakarta ve Colombo gibi şehirlerde şebeke sistemindeki su kaybının %50’nin üzerinde olduğu görülmektedir. Osaka Şehri’nde ise içme suyu şebeke sisteminde su kaybı %10’nun altında olduğu anlaşılmaktadır. Bunun anlamı içme suyu şebeke sistemindeki su kayıpları %10’un altına düşürülebilir.



Şekil 1.2. Bazı Asya ülkelerinde şebeke sistemindeki su kayıpları.

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

Ülkemizdeki büyükşehir belediyelerinin şebeke sistemindeki su kaybı miktarları Şekil.1.3’te verilmiştir.



Şekil 1.3. Büyükşehir belediyelerindeki şebeke sisteminde su kaybı (2007).

Çoğu ilimizdeki şebeke sistemindeki su kaybı oranının %40'ın üzerinde olduğu görülmektedir. Bazı illerimizde ise su kaybı oranının %70 üzerinde olduğu anlaşılmaktadır [3]. Hâlihazırda birçok bölümünü yenilenmesine rağmen, Diyarbakır ili Diski Genel Müdürlüğü'nün resmi verilerine göre iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıp yaklaşık %50 civarındadır. Yıllık iletim ve dağıtım hattına 58 milyon metreküp su beslemesi yapılmaktadır. Basit bir hesaplama yıllık iletim ve dağıtım hatlarında oluşan kayıp 28 milyon m³ sudur [5].

Yapılan bazı deneylerde; hat basıncı 6 bar olan bir şebekede basıncın 4 bara düşürülmesi suretiyle 4 mm çapında 4 delikten yapılacak tasarruf yılda 6000 m³ olacaktır. Yine 4 mm çapında 5.700 delikten yapılacak tasarruf yılda 9.000.000 m³ olacaktır. Yine Avustralya Gold Coast'da yapılan bir araştırmada şehir şebeke basıncının 7 bar'dan 5 bar'a düşürülmesi sonucu, 21.6 m³/h Olan su tüketiminin 10.8 m³/h'te düşürüldüğü görülmüştür. Buda basıncın su tüketimi üzerinde ne denli etkili olduğunu ortaya koymaktadır [6].

Kentler için içme ve kullanma suyunun temin, dağıtım, yetki ve sorumluluğu belediyelere verilmiştir. Son verilere göre yaklaşık ülke nüfusunun %40 büyük şehir belediyelerinde yaşamaktadır. Ülkemizde 15 adet büyük şehir belediyeleri, ülke genelinde belediyeler tarafından toplanan suyun %53'ünü toplamakta ve yine ülke genelinde belediyelerce dağıtılan suyun % 46'sını dağıtmaktadır. Ülkemizde belediyelerce sunulan içme ve kullanım sularının yarısını yöneten 15 büyük şehir belediyeleri, istihdam

bakımından da, bu alanda kullanılan istihdamının yaklaşık yarısını yönetmektedirler.

Belediyelerin en büyük gelir kaynakları su abonelerinden alınan kullanma suyu, atık su, hizmet ve vergilerinden oluşan gelirlerdir. Belediyelere bu yönüyle ürettikleri hizmette kalite, istihdam ve cari harcamalarında kolaylık sağlayan bu kaynak, aynı zamanda belediyelere su kaynaklarının korunması, su tüketimi konusunda halkın bilinçlendirilmesi, su tasarrufuna ve verimli kullanımı sağlayacak proje yatırımlarının uygulanması sorumluluklarını da yüklemektedir.

Şebekeler projelendirilirken şehir yerleşiminin coğrafik durumundan dolayı oluşan yükselti farkları gözetilerek basınç katları oluşturulur. Daha sonra alt bölgeler ve en son olarak da mahalleler oluşturularak projelendirme yapılır [7]. Dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının sınırlı oluşu, suyun daha ekonomik şekilde tüketilmesini zorunlu hale getirmektedir. Su tüketiminde iklim, nüfus, su fiyatları, periyodik ölçüm, yaşam standardı, su kalitesi, arızalardan doğan su kayıpları ve işletme basıncı faktörleri etkindir. Şehir suyu şebekelerindeki yüksek basınç; fazla su tüketimine, sık armatür arızalarına ve bu arızalara bağlı su kayıplarına neden olmaktadır.

YILMAZ S, konutlarda su şebeke basıncının su tüketimine etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmada, konutlarda tesisat uç malzemelerinde kullanılan armatürlerin değişik basınçlarda ve değişik kesit açıklıklarında tükettikleri su miktarları deneysel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen deney sonuçları değerlendirilerek düzenlenmiş ve deneye tabii tutulan her armatür için basınç-debi grafikleri çizilmiştir. Deney sonuçlarından yararlanılarak teorik olarak değişik basınçlardaki su tasarruf miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmada, Karabük ilinde 100 m²'lik kullanım alanına, 5 kişilik aileye ve 7 bar şehir şebeke basıncına sahip bir konutta normal şebeke basıncında ve basınç düşürücü vana takılarak düzenlenen 3 bar basıncında gerçekleşen birer yıllık su sarfiyatları belirlenmiştir. Bu sonuçlar armatürlerden elde edilen deney sonuçları ile karşılaştırılıp, teorik su tasarruf oranları hesaplanmıştır. Elde edilen tasarruf oranları kullanılarak yapılan hesaplamalarda, şebeke su basıncının 7 bardan 3 bara düşürülmesi ile (kullanıcı şikayeti olmaksızın) %7,8 oranında su tasarrufunun sağlanabileceği belirlenmiştir [7].

Kayseri İli Örneği, PALA B. ve LATİFOĞLU A. içme suyu şebekelerinde oluşan su kayıpları üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, Kayseri İli içme suyu şebekesinde faturalanamayan su kayıplarının nedenleri tespit edilmiş ve bu nedenlerin etkinlik dereceleri istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir. Çalışmalar, şebekeyi temsil edebilecek farklı gelişim yılları ve yerleşim özellikleri olan üç pilot bölgede yapılmıştır.

Şebekede faturalanamayan su kayıplarına doğrudan veya dolaylı olarak etkisi olabilecek değişkenler seçilmiş ve her bir pilot bölge için değişkenlerin değerleri şehrin istatistiksel verilerinden, imar planlarından ve şebeke ölçüm sonuçlarından yararlanılarak hesaplanmıştır. Verilere uygulanan faktör analizleri sonucunda faturalanamayan su kayıplarına en fazla fiziksel kaçakların ve serbest tüketime dahil olan parklardaki kullanımların neden olduğu görülmüştür. Faktör analizi kapsamında oluşturulan korelasyon matrisi, fiziksel kaçakların, sistem yaşı, günlük ve gecelik basınç değerleri ile yüksek korelasyonlar oluşturduğunu ortaya çıkarmıştır. Su kaybına iki derecede sayaçlardan kaynaklanan kayıt hatalarının neden olduğu bulunmuştur. İçme suyu şebekesinde yapılan tamirler sırasında oluşan su kayıpları ve camilerin ücrete dahil olmayan su kullanımları, faturalanamayan kayıplara en az etken olan değişkenler olarak hesaplanmıştır [8].

Bu çalışmada işletme basıncının su tüketimine olan etkisi seçilen bir mahallede yapılan çalışmalarla incelenmiştir. Bu çalışma, Diyarbakır İli Bağlar ilçesi Muradiye mahallesinde yapılmıştır. Muradiye Mahallesi 12.000 nüfusu ve 2500 abonesi olan bir yerleşim alanıdır. Bu çalışmada günün farklı saatlerinde ve ayın farklı günlerinde farklı basınçlar altında mahalledeki su tüketimlerinin basınca bağlı olarak değişimleri ve elde edilen tasarruf miktarları incelenmiştir.

Bu çalışmaya başlamadan önce mahallenin ana giriş hattı üzerine bir oda inşa edildi. Oda içinden geçen hat üzerine bir adet debimetre bir adet basınç düşürücü vana ve bir adet basınçölçer monte edildi. Hat üzerinden alınan su debisi ve basınç değerleri oda içinde bulunan bir adet data kayıt cihazı tarafından kayıt altına alındı. Daha sonra bu veriler bir adet modem ve telsiz aracılığıyla ana bilgisayara gönderildi. Söz konusu veriler 3 dakikalık periyotlar halinde işlendi. Toplanan bu veriler sayesinde basıncın debi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir.

2. SU TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Su tüketimini etkileyen faktörleri, çevresel faktörler, konutlarda su tüketim davranışları ve şebeke kayıpları şeklinde sıralayabiliriz.

2.1. Çevresel Faktörler

Su tüketimini etkileyen çevresel faktörler:

- İklim,
- Nüfus,
- Su fiyatları,
- Tüketilen su miktarlarının periyodik ve güvenli ölçümü,
- Yaşam standardı,
- Bölgedeki sanayi durumu,
- Su kalitesi,
- Su kayıpları,
- İşletme basıncı şeklinde sınıflandırılabilir.

2.1.1. İklim

Aşırı kurak ve sıcak mevsimler su tüketimi artırır. Aynı şekilde aşırı soğuk iklime sahip bölgelerde servis ve dağıtım borularında suyun donmaması için muslukların çok az açık bırakılması su tüketimini artırmaktadır.

2.1.2. Nüfus ve Yaşam Standardı

Kentleşmeye bağlı nüfus yoğunluğu ve buna paralel olarak da insanların yaşam standartları yükselir. Su tüketimindeki artış nüfus ve yaşam standardı ile doğru orantılı olarak artış gösterir. Nüfusu kalabalık ve yaşam standardı yüksek kentler, düşük olanlara nazaran daha fazla su tüketirler.

2.1.3. Su Fiyatı

Kentlerde su fiyatlarının pahalı oluşu ister istemez su tüketimini azaltır. Buna karşılık su fiyatının çok ucuz olması da su tüketimini artırır. Bu iki parametrenin belirlenmesinde bölgenin sahip olduğu su kaynakları potansiyeli, bu kaynakların bulunduğu yerin kente olan konumu ve kentin gelir seviyesi ile doğrudan ilişkisi vardır.

2.1.4. Tüketilen Su Miktarlarının Periyodik ve Güvenli Ölçümü

Tüketilen su miktarlarının periyodik ve güvenli ölçümü ancak düzgün iş planlamaları ile mümkündür. Tüketilen su miktarlarını ölçmekle yetkili olan kurumlar belediyelerin su idareleridir. Aylık bazda yapılan ölçümler metreküp bazında tüketiciye faturalandırma yapılır. Bu şekilde aylık olarak yapılan ölçümler en sağlıklı olanı gibi görünmektedir.

Bazı bölgelerde su tüketim miktarları götürü usulde ödenir. Aboneler bu usulde tükettikleri su miktarından bağımsız olarak sabit ücret ödeyeceklerinden fazla su tüketirler. Dağıtılan suyun bedeli düzenli bir periyoda bağlı (aylık, 1.5 aylık, vb.) olarak fatura edilir. Bu kullanılan yöntem sağlıklı olmamakta ve bedeli tahsil edilen sudan çok daha fazlası tüketilmektedir.

2.1.5. Bölgedeki Sanayi Durumu

Tüketim bölgelerindeki sanayi kuruluşlarının durumu ve sayısı su tüketimini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Bu artış aynı zamanda sanayinin türüne göre de değişiklikler gösterir.

2.1.6. Su Kalitesi ve Su Kayıpları

Kaliteli ve içilebilir özellikteki sulara talep daha fazla olacağından suyun kalitesinin su tüketimini artırıcı etkisi vardır. İletim ve dağıtım hatlarında oluşan

arızalar nedeniyle su kayıplarının olması su maliyeti açısından su fiyatlarını yükseltir. Bu fiyatın yükselmesi su tüketimini azaltıcı etki sağlar. Ancak direkt olarak toprağa kaybolan suyu da tüketilmiş su gibi düşünürsek şebeke kaçaklarının su tüketimini artırdığı görülür. Eski şebekelerde su kayıpları oldukça fazladır. Halen ülkemizin birçok kentinde kurşun kalafat birleştirmeli döküm borulardan oluşan şebeke ağları mevcuttur. Ülkemizdeki deprem gerçeği düşünüldüğünde en ufak yer sarsıntılarında bu tip borularda büyük su kaçaklarına neden olmaktadır. İsale hatlarında %5, yeni şebekelerde %7 ve mevcut kurulu şebekelerde %10 kayıplar kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Ancak eski şebekelere sahip birçok ilde %30-50 oranlarında kayıplar saptanmıştır.

2.1.7. İşletme Basıncı

İnsanların değişik amaçlar (el-yüz yıkama, duş, banyo, vb.) için tüketecekleri su miktarları belirlidir. Tesisat uç malzemeleri armatürlerinde kesitler sabittir. Ancak kullanıcı tarafından isteğe bağlı olarak değiştirilir. Bu kesit değişimlerinde şebeke basıncı standart basınç değerlerinin üzerinde ise su tüketimi basınç artışına paralel artacaktır. Dolayısıyla gerçek kullanım değerlerinin üzerinde su kullanımı gerçekleşeceğinden, bu su israf edilen sudur.

2.2. Konutlarda Su Tüketimi

Su tüketimini etkileyen genel faktörlerin yanı sıra, konutlarda su tüketimini etkileyen diğer faktörleri:

- konutların özellikleri,
- konutlarda yaşayan kişi sayısı,
- su tüketim ve armatür kullanım bilinci,
- tesisat uç malzemelerinin ve armatürlerin kalitesi şeklinde sınıflandırabiliriz.

Standartlarda geçerli olan ve hesaplamalara esas kabul edilen değerler konutlarda kişi başına, günlük; duşsuz banyosuz olması durumunda 60 - 80 litre, duşlu 80 - 100 litre ve banyo kuvetli 100 - 150 litre su tüketim değerleri öngörülmüştür. Konutların diğer ıslak

mekanlarındaki (mutfak, tuvalet, çamaşır ve bulaşık makinesi vb.) su tüketimleri eşdeğer kabul edilmektedir [4].

Yapılan araştırmalar sonucunda, konutlarda bozuk muslukların toplam su tüketimini %5 kadar artırdığı, kullanım hatalarından kaynaklanan su kayıplarının da önemli bir yer tuttuğu belirlenmiştir. Örneğin, diş fırçalarken açık bırakılan bir musluktan dakikada 15 - 20 litre su kaybı olmaktadır. Konutlarda kullanılan armatürlerin kalitesi, periyodik servis bakımları ve teknolojik tasarımları su tüketimini önemli ölçüde azaltır. Örneğin yakın zamana kadar konutlarda tuvaletlerin yıkanmasında kullanılan basınçlı yıkayıcıların (bas), yerine, rezervuarlar tercih edilmeye başlanmıştır. Bu tercihin sebepleri ise; Rezervuarların, her yıkamada ortalama 9 litre standart su tüketmeleri, yavaş dolup hızlı boşalmaları, daha az arıza yapmaları ve yıkama görevlerini yerine getirirken aynı zamanda da su tasarrufu sağlamaları ile açıklanabilir.

2.2.1. Konutlarda Su Basıncının Belirlenmesi

Konutlarda tesisat uç malzemelerinde ve armatürlerinde gerekli olan basınç ve debi beraber tayin edilir. Basıncı ve debiyi belirleyen parametreler; kullanılan armatürlerin cinsi, kullanım yerlerinin özellikleri ve boru çaplarıdır. Kullanım yerlerinin özelliklerine göre bu yerlerdeki armatürlerden akacak su miktarları bellidir. Bu debilerin sağlanabilmesi ve korunabilmesi için firmalar, armatür tasarımlarında sabit işletme basınçları kabul ederek armatürün kesit açıklık oranına göre maksimum ve minimum su debilerini vermektedir. Bunun içinde gerekli minimum basınç değerinin 10mSS (yaklaşık 1 bar) az olmaması gerekmektedir.

Konutlarda yaşayan insanların hangi su basınç değerlerine nasıl tepkiler veriliyor? Denilerek soru sorulan bir anket çalışmasında; 4 - 5 mSS basıncını istisnasız çok düşük bulmuşlar, 8 - 10 mSS su basıncını en uygun, 10 - 25 mSS su basınç değerini kabul edilebilir ve bunun üzerindeki su basınç değerlerini de artış miktarlarına bağlı olarak nahoş olarak değerlendirmişlerdir.

şehir suyu şebekelerinde arızaların oluşmaması için genellikle statik basıncın 80mSS'nu geçmemesi istenir. Konutlarda kotlar ve kayıplar düşüldükten sonra, kullanım noktalarında dinamik basıncın 20 - 30 mSS' olması gereklidir. Buradan şu değerlendirmeyi çıkarmak mümkündür. En ideal su basıncının son kullanım (armatür) noktalarında 10 mSS,

konut girişinde ise maksimum 25 mSS olacağıdır. Ancak bu basınç değerlerinin borular, vana ve sayaçlardan oluşacak yerel yük kayıpları düşüldükten sonra kalan net basınç olduğu unutulmamalıdır.

2.3. Şebekelerde Faturalanamayan Su Kayıpları

İşletmelerin verimli bir şekilde çalıştırılmasını kısıtlayan faturalanamayan su kayıpları başlıca iki kategori altında incelenmektedir. Her bir kategorinin etkinlik derecesinin bölgelerin özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterdiği su kayıpları aşağıda özetlenmiştir

2.3.1. Fiziksel Olmayan Kayıplar

Tüketildiği halde tüketici sayacında hatalı okumalar nedeni ile kaydedilmeyen su miktarları bu kategori içerisinde yer almaktadır. Bunun yanında, resmi kurum ve kuruluşların ücret ödeme zorunluluğu olmadan kullandıkları su miktarları da bu grubun içerisinde yer almaktadır. Parklar ve camilerdeki harcamaları fiziksel olmayan kayıplar altında incelenmiştir. Bunun yanında yasal olmayan bağlantılar sonucunda oluşan kayıplarda aynı sınıf içerisinde değerlendirilmekte ve gelir kaybını yansıtmaktadır.

2.3.2. Fiziksel Kayıplar

Ana borulardaki çatlaklardan, servis ve vana bağlantılarından, yangın muslukları ve servis depolarından oluşan sızıntı sularıdır. Su dağıtım borularının genel olarak toprağa gömülü olmaları nedeni ile su sızıntıları gözle kolayca görülmemekte, dolayısı ile su kaçaklarının tespiti zor olmaktadır. Sızıntı kontrolleri pasif ve aktif yöntemler olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Pasif yöntem, sızıntı bulgularının oluşması ile birlikte harekete geçilmesidir. Örneğin; yüzeyde görülen su fişkırmaları tarzındaki boru patlamaları sonucu veya sulardaki düşük basınç ve kesilmeler ile ilgili müşteri şikayetleri üzerine önlem alınmasıdır. Aktif yöntem ise sistematik olarak sistemdeki kaçakların çeşitli dinleme cihazları, sensorlar kullanılarak veya testler uygulanarak (örneğin; hat dinlemeleri, minimum gece akış kontrol testi, hidrolik izolasyon testleri vb.) veya şebeke üzerinde

programlanmış yürüyüşler ile kaçak arama çalışmalarının yürütülmesidir. Bugünkü teknik olanaklar su kaçaklarının kısmen tespit edilmesine olanak vermekte dolayısı ile %10'a varan oranlardaki su kaçakları kabul edilir miktarlar sayılmaktadır. Önceden yapılan çalışmalar fiziksel kaçakların faturalanamayan kayıplar içersinde önemli bir kısmını teşkil ettiğini göstermiştir. ABD'nin Boston şehrinde %33, İngiltere genelinde %24, Almanya'da %12 oranında su kaçakları bulunmuştur [Roberts, H.F.,1985]. Malezya'da kayıp ortalama %40 ve Brezilya ve İsveç'te %25 kadardır [Lai, 1991]. Meksika'daki 15 şehir için ise kayıp miktarlarının %40 civarında olduğu öne sürülmüştür [Arreguin ve Ochoa,1997]. Türkiye'de bu miktarın %45 oranında olduğu tahmin edilmektedir. Su kayıpları ile ilgili bugüne kadar yapılan gözlem ve araştırmalar sonucu fiziksel kaçaklara neden olabilecek etmenler aşağıdaki maddelerde öne sürülmüştür:

- a) Yüksek su basıncı,
- b) Boru malzemesinin düşük kalitede olması,
- c) Küçük boru çapı,
- d) Fittinglerdeki zayıf işçilik,
- e) Borunun yaşlanarak çürümesi,
- f) Toprak özellikleri ve çökmeler,
- g) Ağır trafik yükü,
- i) Çeşitli işletme ve onarım faaliyetleri,
- j) Dikkatsizce yapılmış sayaç ve servis bağlantılarının olması,
- k) Terk edilmiş bağlantılardır.

İçme suyu dağıtım şebekelerinde oluşan faturalanamayan su kayıplarının işletmeye getireceği olumsuz etkiler nedeni ile azaltılması gerekmektedir. Kayıp azaltmanın yararları aşağıda özetlenmiştir.

1. Düşük işletme maliyetleri:

Az su pompalanması ile harcanan elektrik miktarı azalır ve buna bağlı olarak işletme maliyeti düşer. Su tasarrufu arıtım tesislerinde kullanılan ve maliyeti yüksek olan kimyasal madde miktarının azalmasına neden olur.

2. Geciktirilen yatırım:

Tasarruf edilen su sayesinde, nüfus artışı ile artan talebin zorunlu kılacağı yatırımlar geciktirilmiş olur.

3. Artan gelir:

Debi kayıplarının azalması ile gelir artışı olacaktır.

4. Gelişen müşteri servisi:

Müşteriye verilen hizmet seviyesi yükselecektir.

5. Tüketicie daha az maliyet yüklenmesi:

Kaynakların daha etkin kullanılması ile müşteriye yüklenen masraflar düşük olacaktır. Faturalanamayan su kayıplarının azaltılması amacı ile kayıp azaltma programlarının oluşturulması gerekmektedir. Etkin bir kayıp azaltma programı, su üretiminin doğru bir şekilde belirlenmesi, su tüketiminin ölçülü ve kayıtlı tutulması, fiziksel kayıpların etkin bir şekilde bulunması ve kontrol edilmesi konularını içermelidir. Yine aynı kapsam içerisinde çalışılacak pilot bölgelerde kayıp belirlemede kullanılacak sayaçların hassas olması, düşük kayıtların engellenmesi, kayıt dışı tüketiminin belirlenmesi gerekmektedir. Bu program, tespit edilen su kaybının çeşidine ve miktarına bağlı olarak kaybın kabul edilebilir oranlara da düşürülmesi için etkin ve ekonomik öneriler sunmalıdır [8].

3. BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ VANALAR

Su dağıtım şebekelerinde hidrolik dengenin kurulması, sistem verimi için oldukça önemlidir. Basınç düşürücü vanalar, yüksek giriş basıncını talep edilen sabit çıkış basıncına düşürerek verimin yükselmesini sağlayan vanalardır. Bu vanalar, su şebeke verimi üzerinde oldukça etkilidirler. Basınç düşürücü vanalar su şebekelerinde en çok kullanılan kontrol vanalarıdır.

Coğrafi topografya, uzaklık, talep miktarları, enerji maliyetleri ve rezervuar kapasitesi gibi parametreler dikkate alınarak tasarlanan şehir şebekeleri, farklı basınç alanları gerektirmektedir.

Konutlara ve rezervuara pompalama yapılan bir sistemde basınç, konutlar için yüksek gelmektedir. İşte bu nedenle, konut hattının önüne basınç düşürücü bir vana monte edilerek basınç, konutların kullanabileceği seviyelere indirilir.

Yüksek katlı binalar için tasarlanan su şebekeleri, oldukça farklı ihtiyaçlar gerektirebilir.

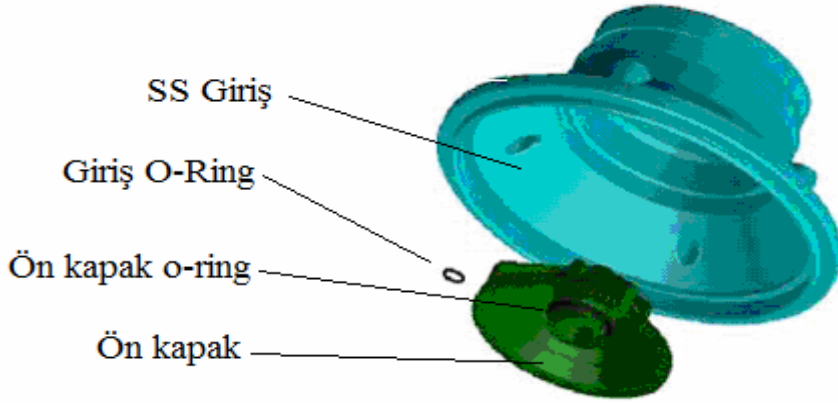
- Genellikle binaya su pompalayan tek bir hat vardır ve suyun kesilmesi kabul edilemeyecek bir durumdur.
- Vanalar, herhangi bir arıza durumunda suyun vereceği zararın, oldukça maliyetli olacağı yerlerde bulunmaktadır.
- Basınç düşürücü sistemler genellikle lüks konut veya ofislerin yakınında bulunmaktadır ve bu vanaların oluşturacağı gürültü ve bakım aktiviteleri hoş karşılanmamaktadır.
- Binanın alt katlarındaki hatlar, üst katlara göre daha fazla basınç altında bulunmaktadır. Fakat binanın tüm katlarında basınç sabit tutulmalıdır. Bu sebeple alt katlara yerleştirilen basınç düşürücü vanalar, büyük basınç farklarını dengelemek zorundadır.

Aşağıdaki sebeplerden dolayı basınç düşürücü vanalara ihtiyaç duyulmaktadır.

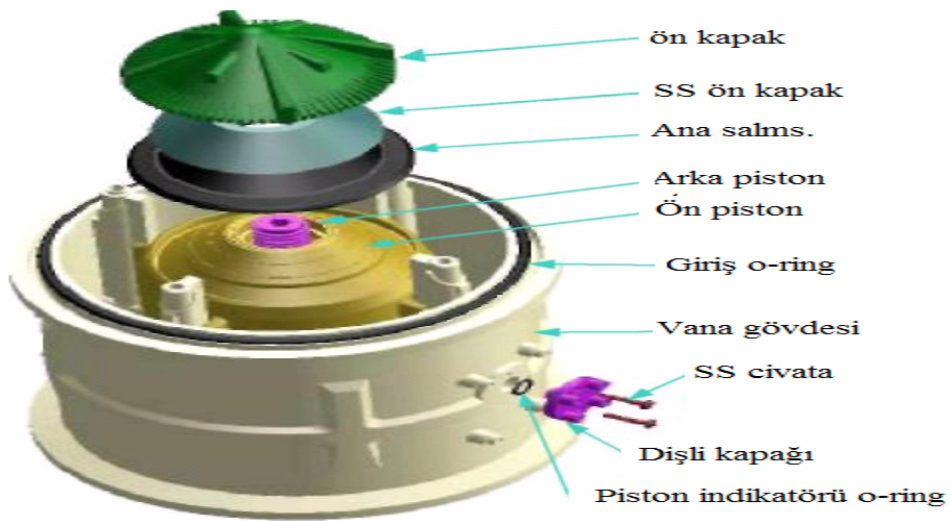
- Yüksek basınç altında çalışan hatlarda sürekli patlamalar meydana gelebilmektedir.
- Basınç düşürücü vana takılan yerlere maslak yapma ihtiyacı ortadan kalkmaktadır.
- Çalışma sırasında herhangi bir enerji girdisine ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Tamamen hattaki basıncın etkisiyle hidrolik olarak çalışır.

3.1. Pistonlu Basınç Düşürücü Vanalar

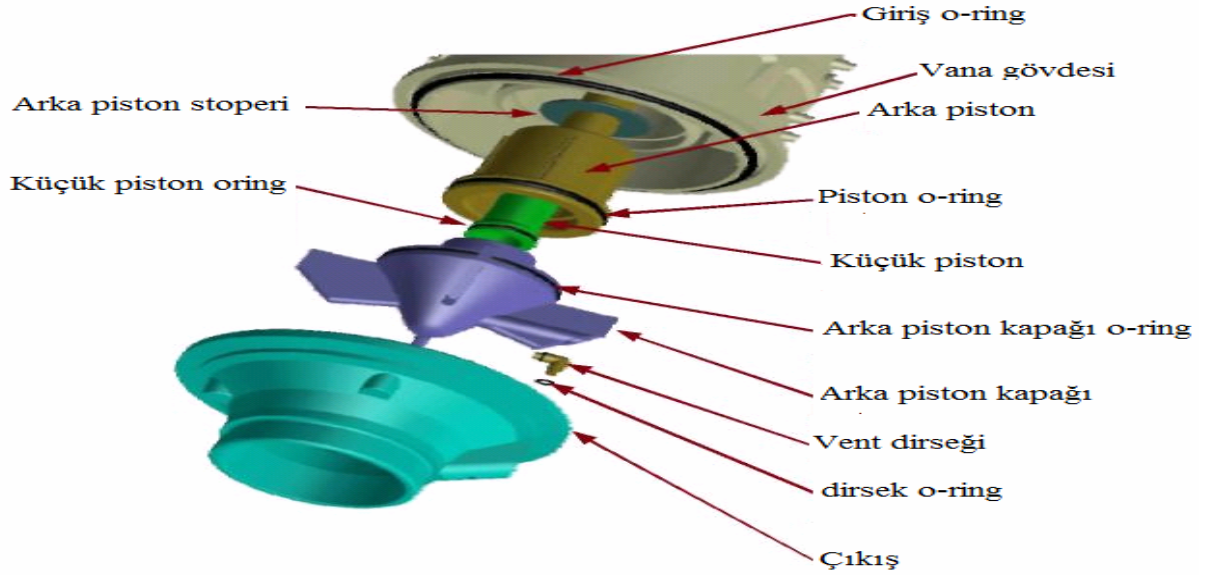
Basınç düşürücü vanalar, takıldıkları hattın vanadan çıkış basıncına göre Çalışırlar. Çıkış basıncı istenilen değerin üzerine çıktığı anda, vana içindeki pistonu veya diyaframa su geçişi sağlanması suretiyle pistonun ileri doğru hareketi sağlanır. Piston hareketiyle su geçiş kesiti daraltılır ve çıkış basıncı düşürülmüş olur. Basınç düşürme işlemi, içme suyu sistemi ve su kayıpları kapsamında sıkça başvurulmuş yöntemlerden biridir.



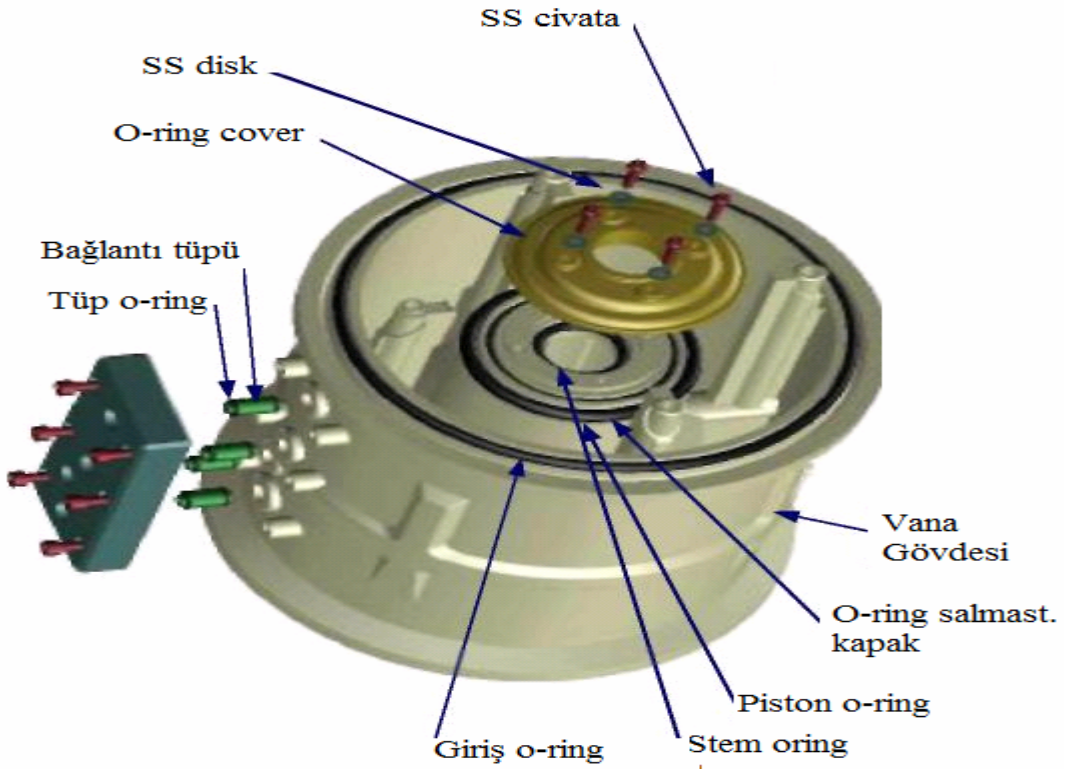
Şekil 3.1. Pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar (ön kapak).



Şekil 3.2. Pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar (vana gövdesi).



Şekil 3.3. Pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar (pistonlar).



Şekil 3.4. Pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar(bağlantı tüpü ve vana gövdesi).

Şekil 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4’te pistonlu basınç düşürücü vanayı oluşturan parçalar gösterilmektedir. Bu vanalar; uzun, eğimi aşağı yönde olan hatlarda, su kaçak kontrolü ve boru patlamalarını önlemek için yüksek diferansiyel basınçlı sistemlerde ve kavitasyon zararlarına karşı şebekeyi koruma amaçlı kullanılmaktadır.



Şekil 3.5. DN400’lük 6 pistonlu basınç düşürücü vana.



Şekil 3.6. DN400’lük 6 pistonlu basınç düşürücü vananın şebekeye bağlanmış şekli.

Şekil 3.5. ve Şekil 3.6.'da gösterilen basınç düşürücü vanalar 400 mm çapındaki boruya takılmış olup takıldığı bölgenin basıncını 6.5 bar'dan 3.5 bar'a düşürmektedir. Resimde gösterilen vanalar her birinin giriş ve çıkış kesiti 150 mm çapında olan altı adet küçük vanadan oluşmaktadır. Her vananın içinde ileri geri hareket edebilen kesiti daraltıp açan pistonlar mevcuttur. Pistonlar üzerlerine gelen basınçlı su, pistonları ileri geri hareket ettirerek basınç dengesi sağlar.



Şekil 3.7. Montajı yapılmış bir basınç düşürücü vana (tek pistonlu).

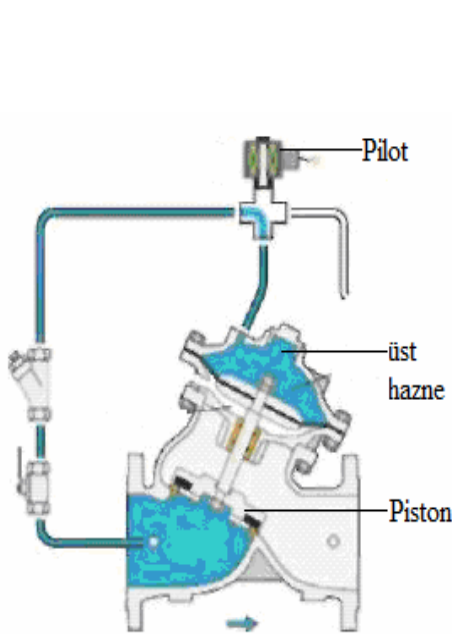
Şekil 3.7'de görülen vana Muradiye Mahallesi'nde kullanılan tek pistonlu bir adet basınç düşürücü vanadır. Bu basınç düşürücü vana 150 mm çapındaki boruya takılmıştır.



Şekil 3.8. Baypaslı basınç vanası.

3.2. Diyaframlı Basınç Düşürücü Vanalar

Özellikle şehir suyu şebekelerinde kullanılan büyük çaplı vanaların açma-kapama işlemleri uzun zaman almaktadır. Vana boyutuna göre 100 ile 400 tur arasında bir çevirme işlemi yapmak gerekmektedir. Bu kontrol vanaları ile uzun zaman ve büyük kuvvet gerektiren açma işlemi, hattaki su basıncı sayesinde çok kısa sürede ek kuvvet gerekmesizin gerçekleştirilebilmektedir. Vananın pilot kısmında bulunan yay geriliminin ayarlanması sonucu şebeke basıncı ayarlanır.



Şekil 3.9. Bir diyaframlı basınç kontrol vanası gösterimi.



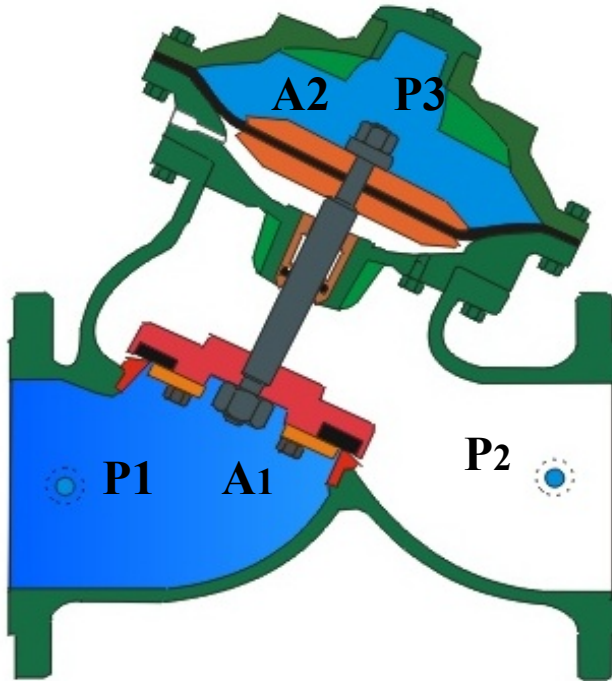
PİLOT: içinde bir adet yay ve bu yayın baskı uyguladığı suyun geçtiği bir kesit alanı bulunmaktadır. Yayın baskılamaya şiddetini ayarlayan bir adet ayar cıvatası mevcuttur.

Şekil 3.10. Örnek bir diyaframlı basınç kontrol vanası resmi

3.2.1. Diyaframalı Vanaların Çalışma Prensibi

Bir diyaframalı basınç kontrol vanası, Şekil 3.9. ve Şekil 3.10.'da gösterilmiştir. Bu vananın aşağıda belirtilen şekilde bir çalışma prensibi vardır.

- Vana çıkış basıncı, pilot ile tanımlanan değerin üstüne çıktığı durumda, Pilot, şebekedeki basınç yükselmesinin hissederek harekete geçer ve vananın üst haznesine su gönderir. Üst hazneye gelen su basıncının etkisiyle, piston ileriye doğru hareket eder ve su geçiş kesitini daraltır. Daralan kesit vananın çıkış basıncını pilot ile tanımlanan değere düşürür
- Vana çıkış basıncı, pilot ile tanımlanan değerin altına indiği durumda, Pilot, şebekedeki basınç düşümünü hissederek harekete geçer ve vananın üst haznesindeki suyu kısmen boşaltır. Üst haznede oluşan basınç düşüşünün etkisiyle, piston geriye doğru hareket eder ve su geçiş kesitini artırır. Artan kesit vananın çıkış basıncını pilot ile tanımlanan değere yükseltir.



Bazı Tanımlamalar

A1 = Klapa Alanı

A2 = Diyafram Alanı

P1 = Giriş Basıncı

P2 = Çıkış Basıncı

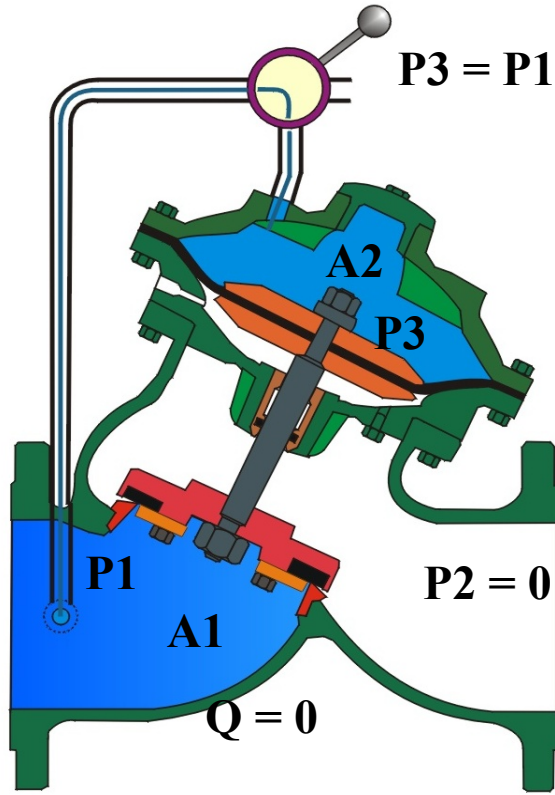
P3 = Üst Kontrol Haznesi

Basıncı

Q = Debi

$\Delta P = P1 - P2$

Şekil 3.11. Diyaframalı basınç kontrol vanası üzerine etki eden basınç ve alanlar.



Şekil 3.12. Diyaframlı basınç kontrol vanası üzerine etki eden basınç, kuvvet ve alanlar.

Şekil 3.12. Diyaframlı basınç kontrol vanası üzerine etki eden basınç, alanlar ve oluşan kuvvetler gösterilmiştir. Basınç, kuvvet alan ilişkisi aşağıdaki gibidir.

Kuvvet = (Basınç)x(Alan),

$F1 = (P1) \times (A1)$,

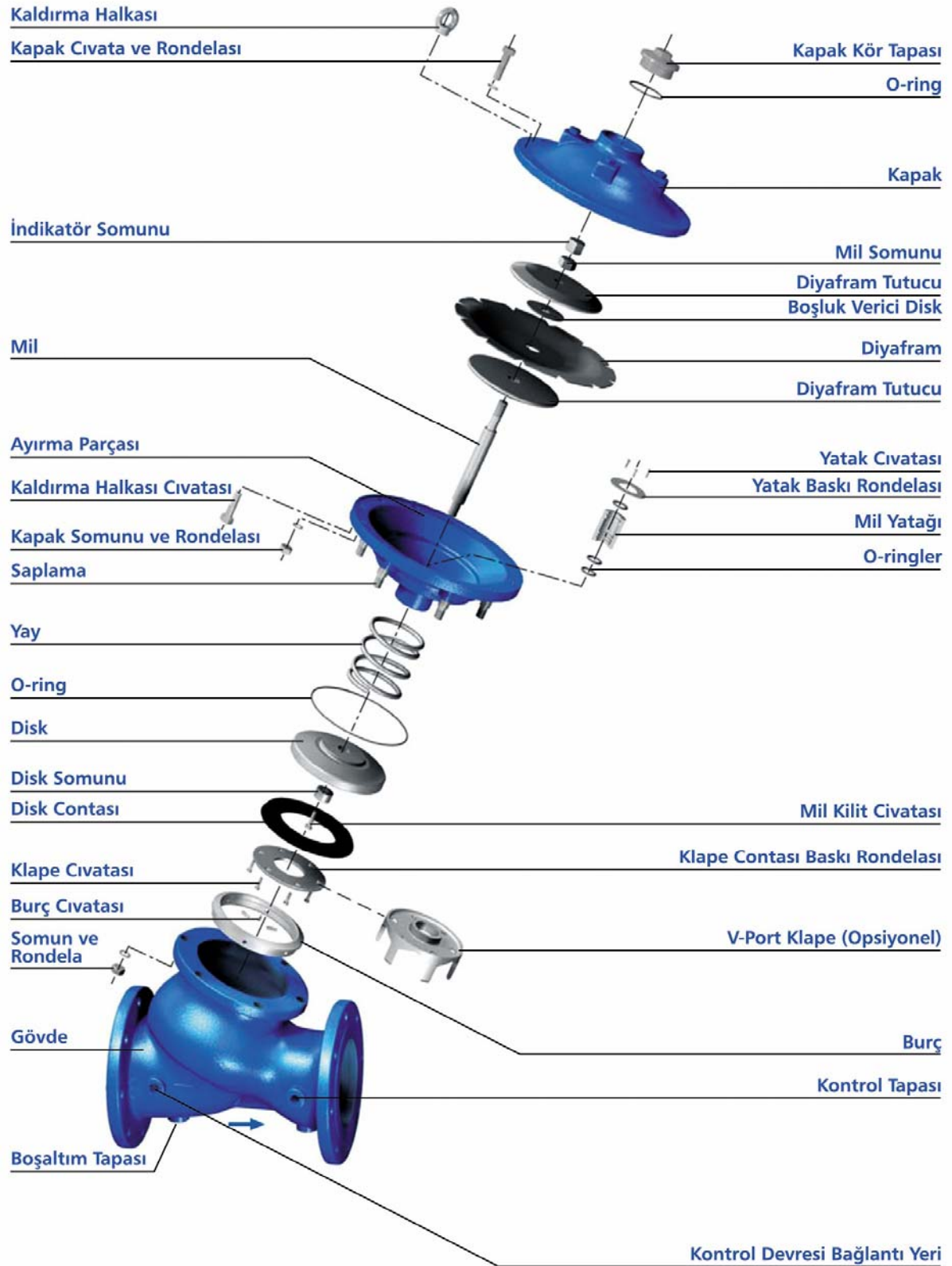
$F2 = (P3) \times (A2)$,

$A2 > A1$ Olduğundan,

$P1 = P3$ ($A1$ ve $A2$ alanları aynı hattan beslenmektedir),

$(P1)(A1) < (P3)(A2)$,

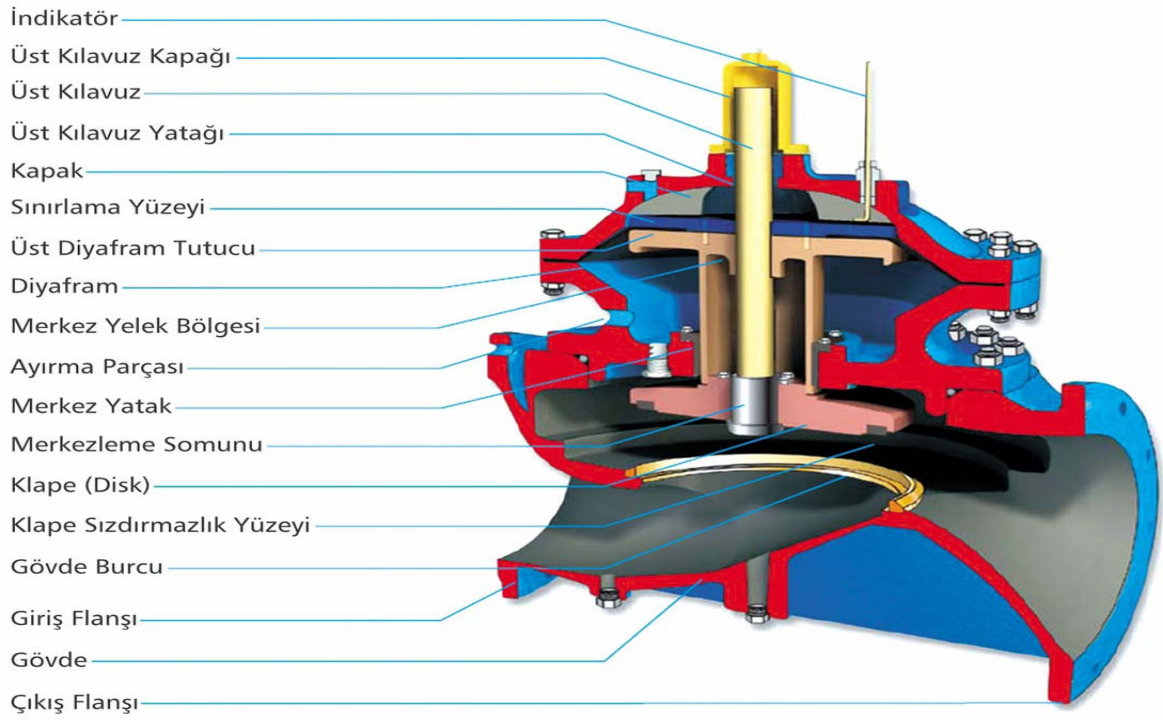
$F1 < F2$ sonucuna ulaşılır.



Şekil 3.13. Diyaframlı basınç kontrol vanasını oluşturan parçalar.



Şekil 3.14. Diyaframlı basınç kontrol vanasına resmi.



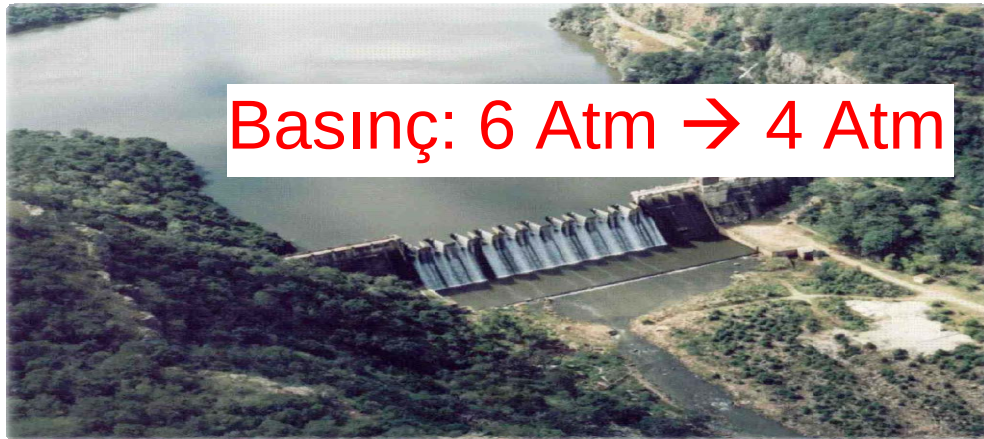
Şekil 3.15. Diyaframlı basınç kontrol vanası kesit resmi.

3.3. Su Kaçaklarıyla İlgili Yapılan Bazı Uygulamalar

Bir adet boru kesitinin bir ucu kapatılıp her birinin çapı 4 milimetre olan dört delik açılmıştır. Bu boru parçasının açık ucundan 6 Atm ve 4 Atm basınç altında farklı zamanlarda su verilmiştir. Yirmi dört saat boyunca farklı basınçlar altında deliklerden kaçan su miktarları ölçülmüştür. Farklı basınçlar altında deliklerden kaçan su miktarları farkı çıkarılmış ve bu fark yıllık bazda ifade edilmiştir. Düşük basınç altında elde edilen tasarrufun görsel olarak gösterimi Şekil 3.16. ve Şekil 3.17'deki gibidir [16].



Şekil 3.16. 4 mm çapında 4 delikten yıllık yapılacak tasarruf = 3 olimpik havuza (6.000 m³) eşdeğerdir.



Şekil 3.17. 4 mm çapında 5.700 delikten yıllık yapılacak tasarruf = 1 orta ölçekle baraja (9.000.000 m³) eşdeğerdir.



Şekil 3.18. Alçak basınç altında hattan kaçan su miktarı (1 bar).

Şekil 3.18 basıncın 1 bar'ın altında olduğu bir durumda boru hattındaki çatlaktan kaçan su miktarını göstermektedir.



Şekil 3.19. Yüksek basınç altında hattan kaçan su miktarı (7 bar).

Şekil 3.18’de gösterilen fotoğrafta 1 bar’ın altındaki bir basınca sahip olan su şebekesinden sızan su miktarını göstermektedir. Şekil 3.19’da ise 7 bar’ın üstünde bir basınca sahip olan aynı su şebekesinden kaçan su miktarını göstermektedir. Şekil 3.19’daki resimde gösterilen su kaybı Şekil 3.18 deki su kaybı ile kıyaslanamayacak kadar fazla olduğu görülmektedir.

4. DİYARBAKIR İLİ MURADIYE MAHALLESİNDE İŞLETME BASINCININ SU TÜKETİMİNE ETKİSİ

Diyarbakır ili Muradiye mahallesinde şebeke basıncının su tüketim debisi üzerindeki etkisini görmek için bir dizi çalışma yapılmıştır. Farklı zaman periyotlarında ve farklı basınçlar altında şebeke su tüketim değerleri ölçüldü. Saatlik, günlük, haftalık ve aylık bazda farklı basınçlar uygulamak suretiyle su tüketim miktarları incelendi.

Bu çalışma için Muradiye Mahallesi'nin diğer mahallelerle olan bağlantıları kesildi. Bölge tamamen izoleli hale getirilmeye çalışıldı. Mahallenin su giriş hattı üzerine bir oda inşa edildi. Bu odadan geçen hat üzerine bir adet debimetre, bir adet basınçölçer ve bir adet basınç düşürücü vana montajı yapıldı. Montaj işlerinden sonra sistem uzun bir süre, gerekli verileri toplamak için izlendi. Aylarca yapılan incelemeler neticesinde, anlık, saatlik, haftalık ve aylık kayıtlar yapıldı. Bu analizler sonucu aşağıdaki veriler elde edildi.

Kabul edilebilir kişi başı günlük su tüketimi yaklaşık 100 litredir [17]. Bir kişi ayda 3 m^3 su tüketecektir. Mahalle nüfusu 12000 kişi olduğuna göre;

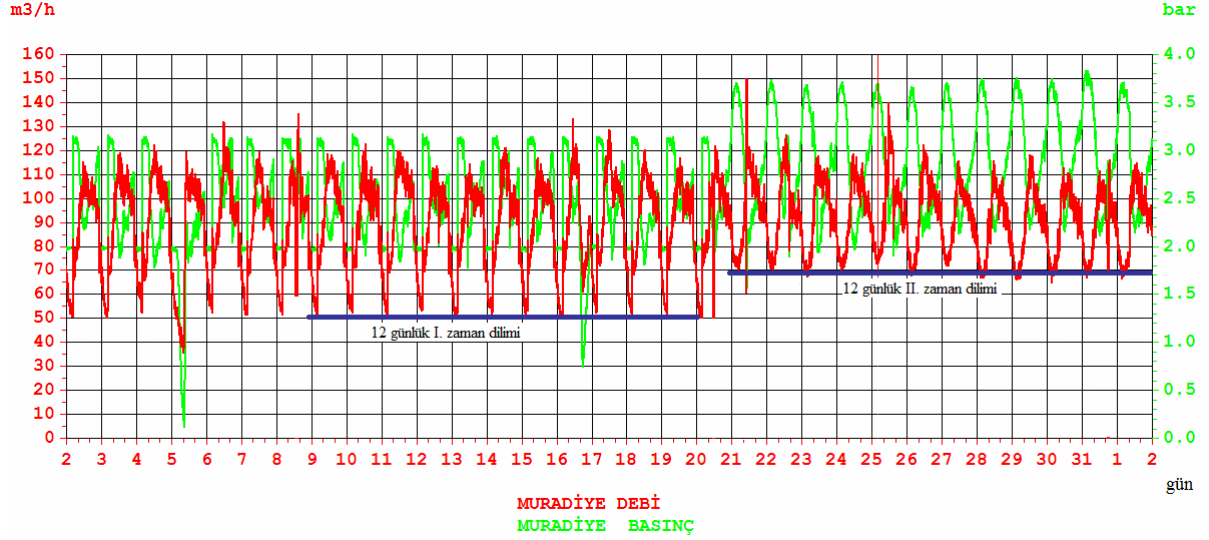
Bir kişi = $100 \text{ litre/gün} \times 30 \text{ gün} = 3000 \text{ litre} = 3 \text{ m}^3/\text{ay}$ olacaktır.

Mahallenin su ihtiyacı; $12000 \text{ kişi} \times 3 \text{ m}^3/\text{ay} = 36.000 \text{ m}^3/\text{ay}$ olarak hesaplandı.

Yapılan ölçümler sonucu mahalleye bir ayda verilen su miktarının $67000 \text{ m}^3/\text{ay}$ olduğu ve hat basıncının 1.96 bar ile 3.83 bar arasında salındığı gözlemlendi. Mahallenin su ihtiyacının yaklaşık $36000 \text{ m}^3/\text{ay}$ olduğunu yukarıda hesaplanmıştı. Bu veriler ışığında mahalleye verilen suyun %46'sının kayıp olduğu görülmektedir.

Söz konusu çalışma Ekim 2009, Kasım 2009 ve Mart 2010 aylarını kapsamaktadır. Her bir ay farklı zaman dilimlerine bölünerek incelenmiştir. Ekim ve Kasım ayları 12'şer günlük iki zaman dilimi, Mart ayı ise 17 günlük ve 13 günlük iki zaman dilimi şeklinde seçilmiştir. İlk zaman dilimlerinde gün içerisinde belli saat aralıklarında basınç düşürme işlemi uygulanarak değerler alınmıştır. İkinci zaman dilimlerinde ise, basınç düşürme işlemi iptal edilmiş ve normal su tüketim değerleri kayıt altına alınmıştır. Her ay için farklı zaman dilimlerindeki basıncın düşürüldüğü ve düşürülmediği durumlara ait su tüketim miktarları kıyaslanarak, basıncın su tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir.

4.1. Muradiye Mahallesi Ekim 2009 Ayına Ait Su Tüketimi



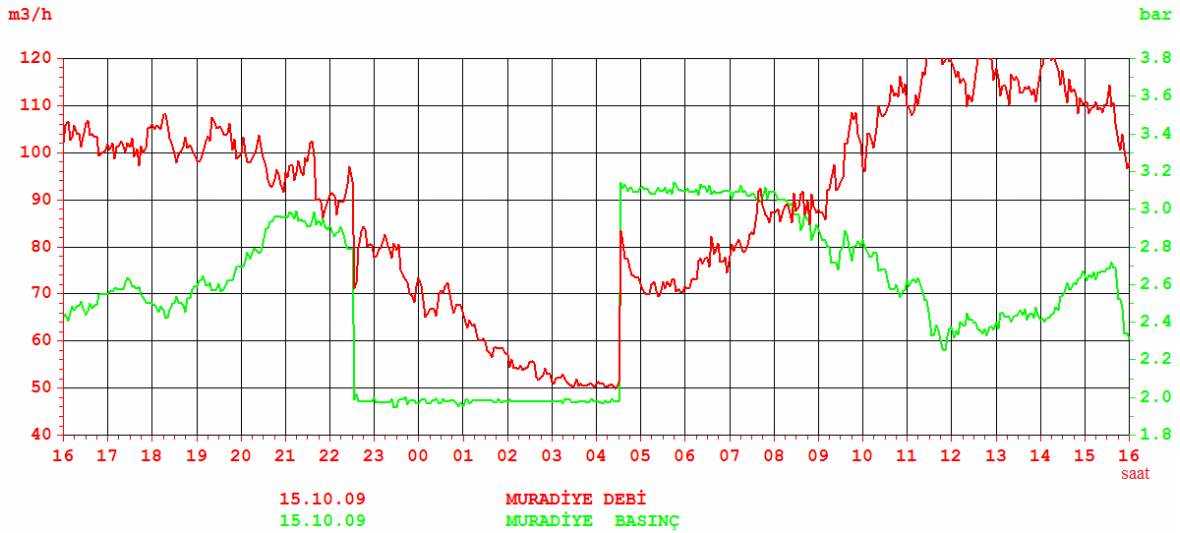
Grafik 4.1. I. ve II. 12 günlük zaman dilimindeki su tüketim grafiği (Ekim 2009).

Grafik 4.1.'de 02.10.2009-02.11.2009 tarihleri arasında debinin basınca bağlı olarak değişimi görülmektedir. Grafik 4.1 elde edilirken 9.10.2009 tarihinden 20.10.2009 tarihine kadar (12 günlük I. zaman dilimi) basınç düşürme işlemi uygulanmıştır. Basınç düşürme işlemi sonucu su debisindeki tüketimin gece saatlerinde 50 m³/h'e kadar düştüğü Grafik 4.2'deki günlük tüketimden görülmektedir. 22.10.2009 ve 2.11.2009 tarihleri arasında (12 günlük II. zaman dilimi) ise su şebekesindeki basınç düşürme işlemi iptal edildi. Basınç düşürme işleminin iptal edilmesi sonucu gece saatlerindeki su tüketiminin 70 m³/h'e kadar yükseldiği Grafik 4.3.'de görülmektedir.

Grafik 4.1'de gösterilen I. zaman dilimi ile II. zaman dilimindeki su tüketiminin basınca bağlı olarak değişimleri kıyaslandı. I. zaman diliminde minimum basınç 1.96 bar ve maksimum basınç 3.11 olacak şekilde basınç dengesi kuruldu. Birinci şart olarak maksimum basınç sınırlaması; günün 20:00 ile 08:00 (12 saat boyunca) saatleri arasında 3.11 barı geçmeyecek şekilde ayarlandı. Birinci şartın bir alt şartı olarak da 22.30 ile 04.30 saatleri arası minimum basınç 2.11 barı aşmayacak şekilde ayarlandı. Su debisinin basınç sınırlaması uygulandığı saatlerde 50 m³/h'e kadar düştüğü Grafik 4.2.'de görülmektedir. 12 günlük zaman süresince hattan geçen toplam su miktarı 25602 m³ olarak ölçülmüştür.

II. zaman diliminde basınç düşürme işleminin iptal edilmesi sonucu, maksimum basınç

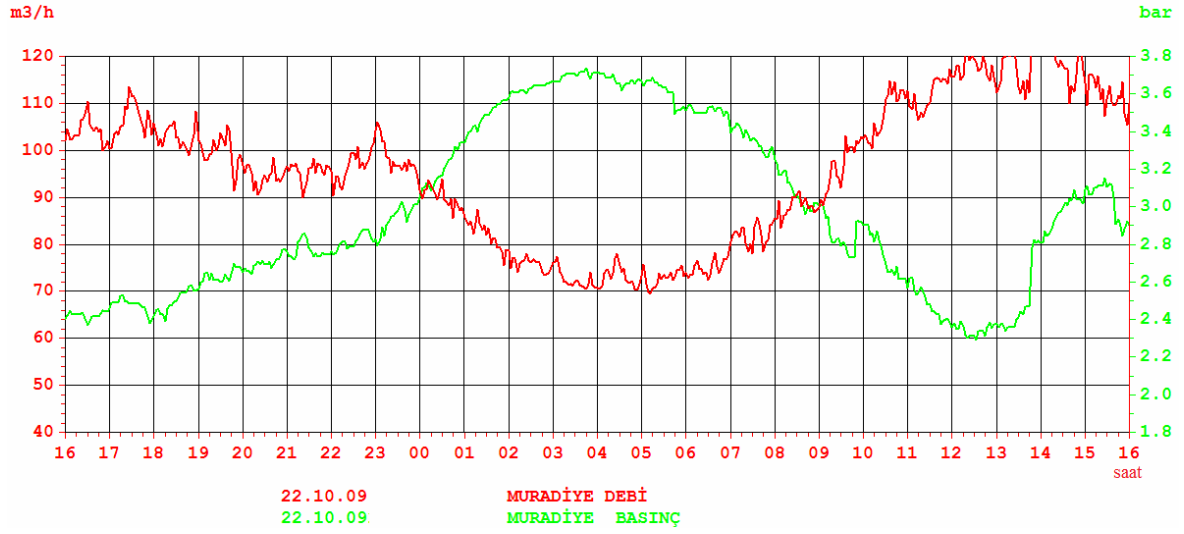
3.83 bara kadar yükselmektedir. Yani saat 20.00 - 22.30 (2.5 saatlik dilim) ve 04.30 - 08.00 (3.5 saatlik dilim) saatleri arası toplam 6 saatlik zaman (2.5+3.5) süresince basınç 3.11 bar'dan 3.83 bara kadar yükselmektedir. Zaman içinde 0.72 bar'lık bir basınç artışı oluşmaktadır. Yine benzer şekilde saat 22.30 ile 04.30 arasındaki 6 saatlik zaman diliminde Grafik 4.2'de 2.11 bar olan basınç Grafik 4.3.'de 3.83 bar'a kadar yükselmektedir. Burada da zaman içinde 1.72 bar'lık bir basınç farkı oluşmaktadır. Bu basınç artışları sonucu minimum debinin $70 \text{ m}^3/\text{h}$ 'te kadar yükseldiği Grafik 4.3'te görülmektedir. Bu II. 12 günlük zaman süresince hattan geçen toplam su miktarı 26.560 m^3 olarak ölçülmüştür.



Grafik 4.2. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.

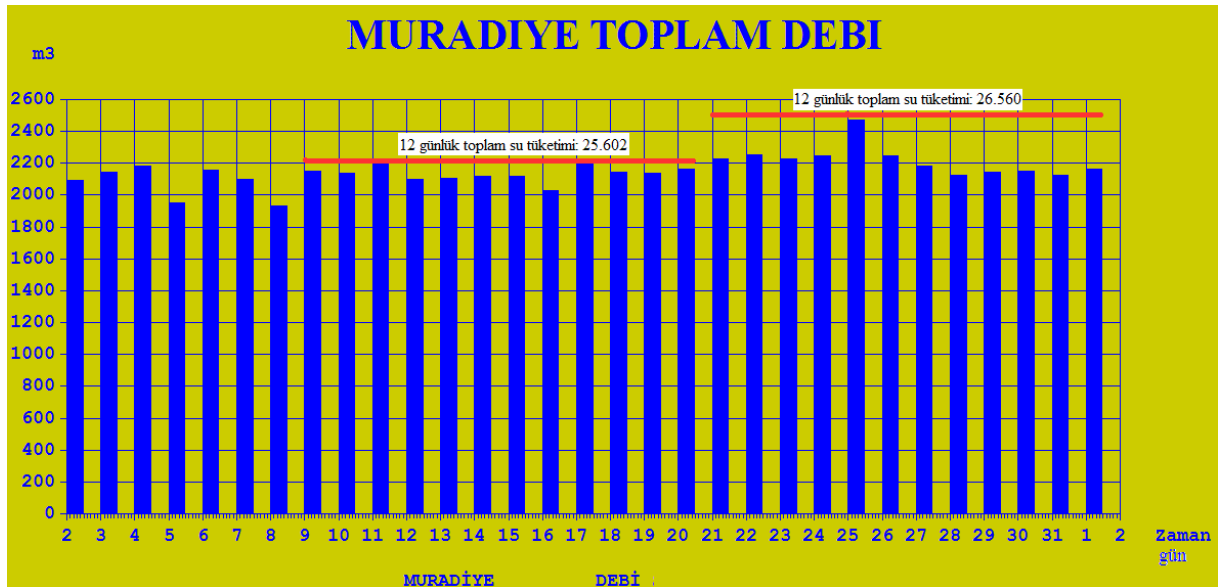
Grafik 4.2.'de Grafik 4.1'de gösterilen I. zaman dilimine ait bir günlük (24 saatlik) su şebekesindeki basıncın su tüketimine etkisi görülmektedir. Gece su tüketiminin en az olduğu 22.30 ile 04.30 saatleri arasında basınç debi arasındaki ilişki incelendi. Bunun için mahalle su şebekesinin giriş hattında bulunan basınç vanası yardımıyla basınç düşürme işlemi uygulandı.

Basınç düşürme işlemi sonucu, saat 22.30'da basıncın 3.11 bar'dan 1.96 bar'a düştüğü Grafik 4.2.'de görülmektedir. Bu basınç düşürme işlemi saat 04.30'a kadar devam etmekte ve saat 04.30'da tekrar 3.11 seviyesine çıkmaktadır. Basınç düşürme işlemi boyunca su debisinin $50 \text{ m}^3/\text{h}$ seviyelerine kadar düştüğü görülmektedir.



Grafik 4.3. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.

Grafik 4.3'te Grafik 4.1.'de gösterilen II. zaman dilimine ait bir günlük (24 saatlik) su şebekesindeki basıncın su tüketimine etkisi görülmektedir. Bu grafikten gece su tüketiminin en az olduğu ($70 \text{ m}^3/\text{h}$) saatlerde basıncın en üst seviyede (3.7 bar) olduğu görülmektedir. Yine benzer şekilde gündüz su tüketiminin en fazla olduğu ($115 \text{ m}^3/\text{h}$) saatlerde ise basıncın alt seviyelerde olduğu (2.2 bar) görülmektedir.



Grafik 4.4. Bir aylık toplam debinin günlere göre dağılımı grafiği (Ekim 2009).

Grafik 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'teki veriler değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 1. Ekim 2009 ayı I. ve II. zaman dilimlerine ait günlük su tüketimi (m³).

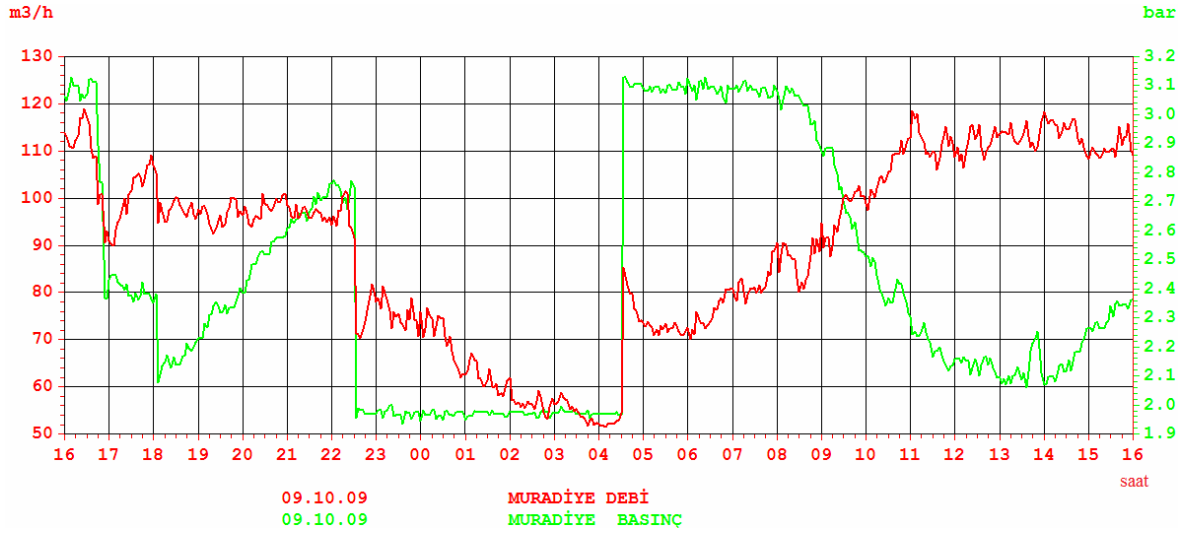
09.10.2009	2148.53	21.10.2009	2224.00
10.10.2009	2134.85	22.10.2009	2251.03
11.10.2009	2204.88	23.10.2009	2229.40
12.10.2009	2099.68	24.10.2009	2248.65
13.10.2009	2104.00	25.10.2009	2467.85
14.10.2009	2116.50	26.10.2009	2248.48
15.10.2009	2118.83	27.10.2009	2184.68
16.10.2009	2027.28	28.10.2009	2122.58
17.10.2009	2208.15	29.10.2009	2145.18
18.10.2009	2146.48	30.10.2009	2153.13
19.10.2009	2135.15	31.10.2009	2124.80
20.10.2009	2163.58	01.11.2009	2165.55
±		±	
25607.9		26565.3	

Yukarıdaki tablo incelendiğinde; su şebekesinde uygulanan basınç düşürme işlemi sonucu debideki toplam değişim; 958 m³'dür. 12 günlük basınç düşürme işleminin uygulanması sonucu 957.4 m³'lük bir su tasarrufunun sağlandığı görülmektedir. 12 günlük tasarruf 957.4 m³ ise aylık tasarruf 2393.5 m³ olacaktır. Bu tasarrufun parasal değeri yaklaşık 2393.5TL olacaktır. Çalışma konusu olan mahalle şehir nüfusunun %1.5'lik bir kısmını oluşturmaktadır. Şehrin tümünde aynı basınç ve şebeke sorunları olduğu varsayılarak söz konusu tasarruf çalışmalarının şehrin tümüne yansıtılması durumunda; aylık 172866 m³ ve yıllık da 2074392 m³'lük bir su tasarruf sağlanacaktır. Günümüz fiyatları bu miktar suyun parasal değeri yaklaşık 2074392 TL olacaktır.

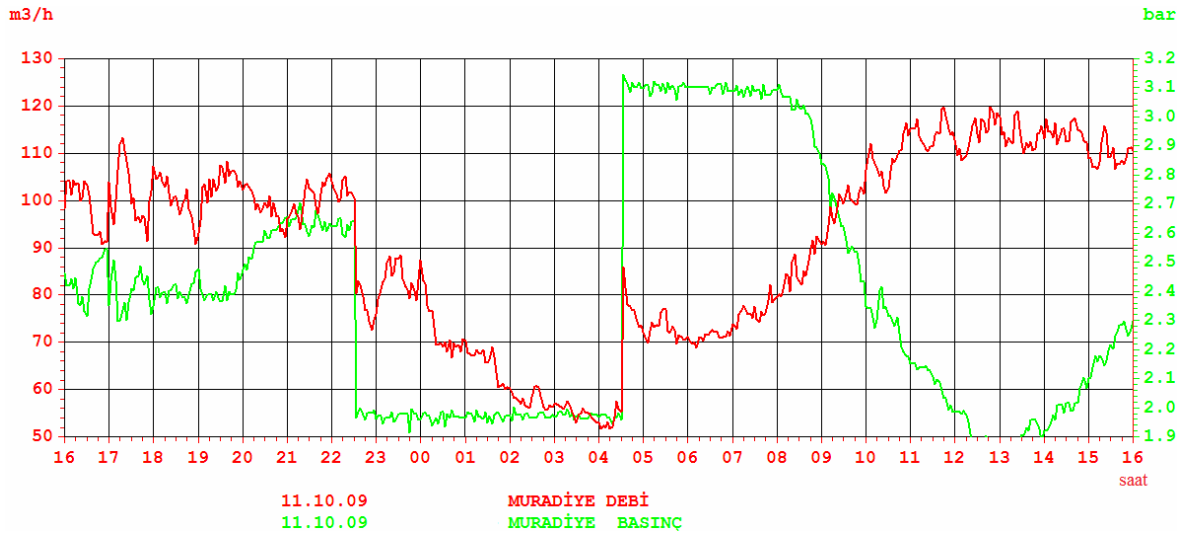
4.1.1. Ekim 2009 I. Zaman Dilimine Ait Su Tüketimi-Basınç Grafikleri

Aşağıdaki grafiklerde I. zaman dilimine ait üç farklı gün için basınç su tüketimi gösterilmiştir. 09.10.2009 cuma, 11.10.2009 pazar ve 13.10.2009 salı olmak üzere haftanın

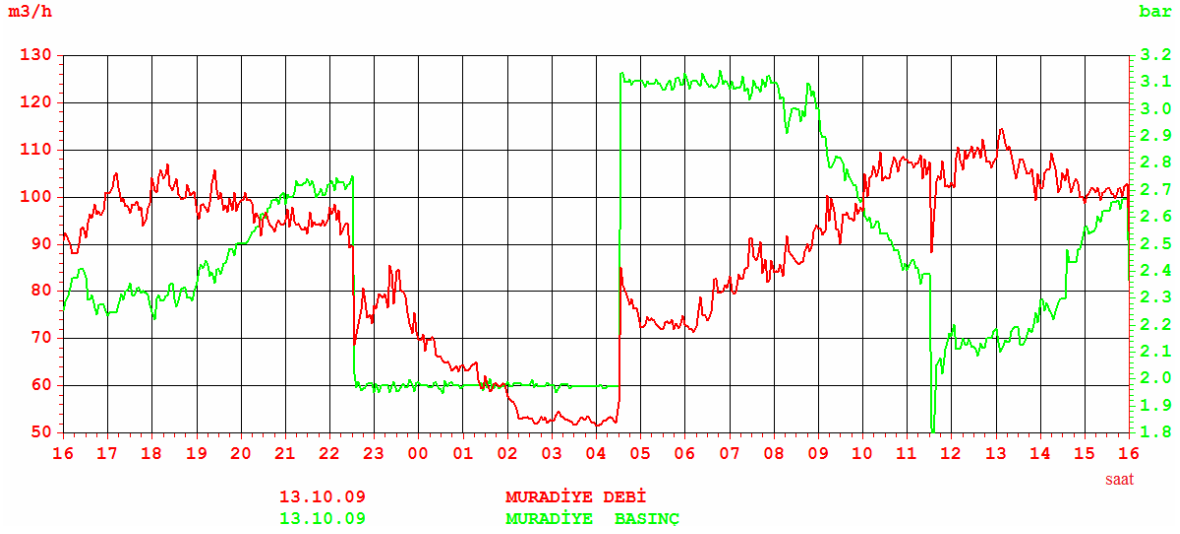
üç farklı gününe ait grafiklerin benzer olduğu görülmektedir. Pazar günü hafta sonu olması itibariyle özellikle seçilmiştir. Pazar günü 22.30-24.00 saatleri arasında tüketimin, diğer günlerin aynı saat aralıklarından biraz daha fazla olduğu görülmektedir. İlerleyen saatlerde su tüketim eğilimi fazla bir değişme göstermemiştir.



Grafik 4.5. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (09.10.2009 cuma).



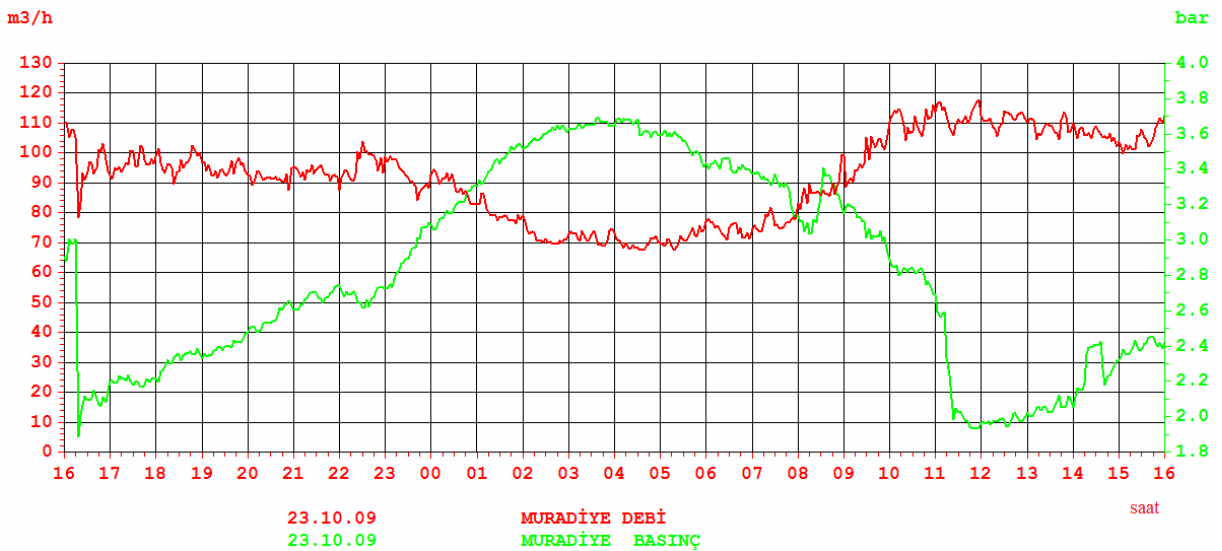
Grafik 4.6. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (11.10.2009 pazar).



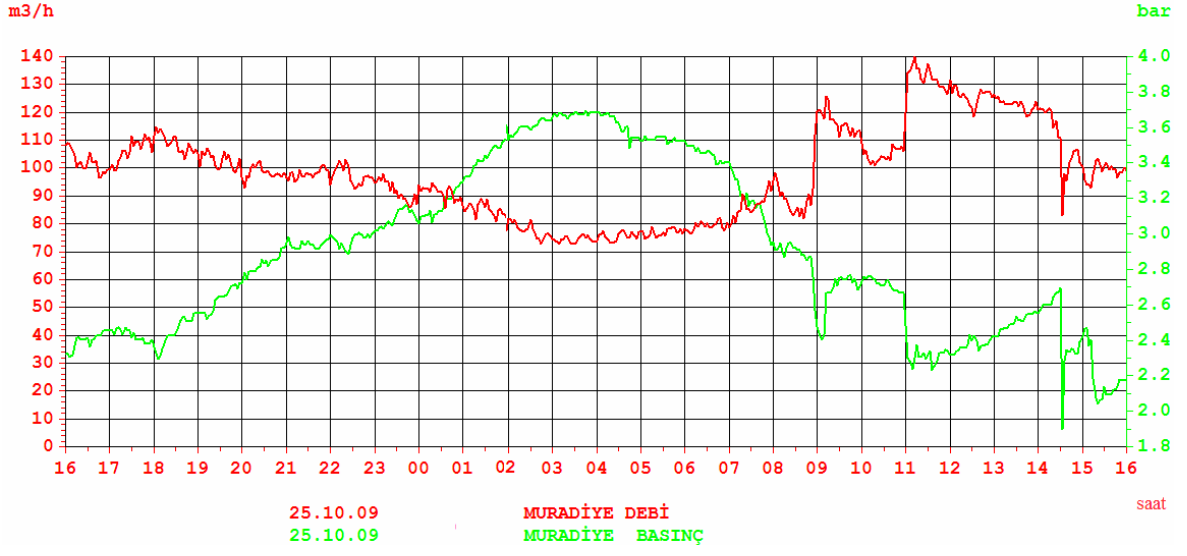
Grafik 4.7. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (13.10.2009 salı).

4.1.2. Ekim 2009 II. Zaman Dilimine Ait Su Tüketimi-Basınç Grafikleri

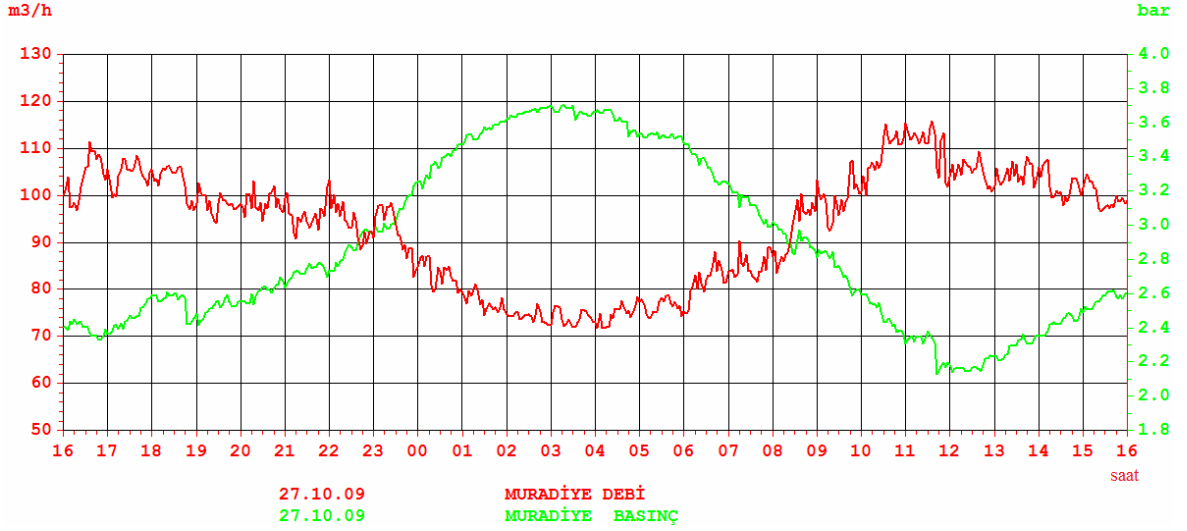
II. zaman dilimine ait üç farklı günün basınç su tüketimi grafikleri aşağıda gösterilmiştir. I. zaman diliminde olduğu gibi haftanın aynı günleri dikkate alınmıştır. Grafiklerden 23.10.2009 cuma, 25.10.2009 pazar ve 27.10.2009 salı günlerine ait basınç su tüketim eğrilerinin genelde benzer olduğu görülmektedir. Ancak, özellikle pazar günü 17.30 - 20.00 ve 09.00 - 14.30 saatleri arasında su tüketimi biraz daha fazla olmuştur.



Grafik 4.8. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (23.10.2009 Cuma).

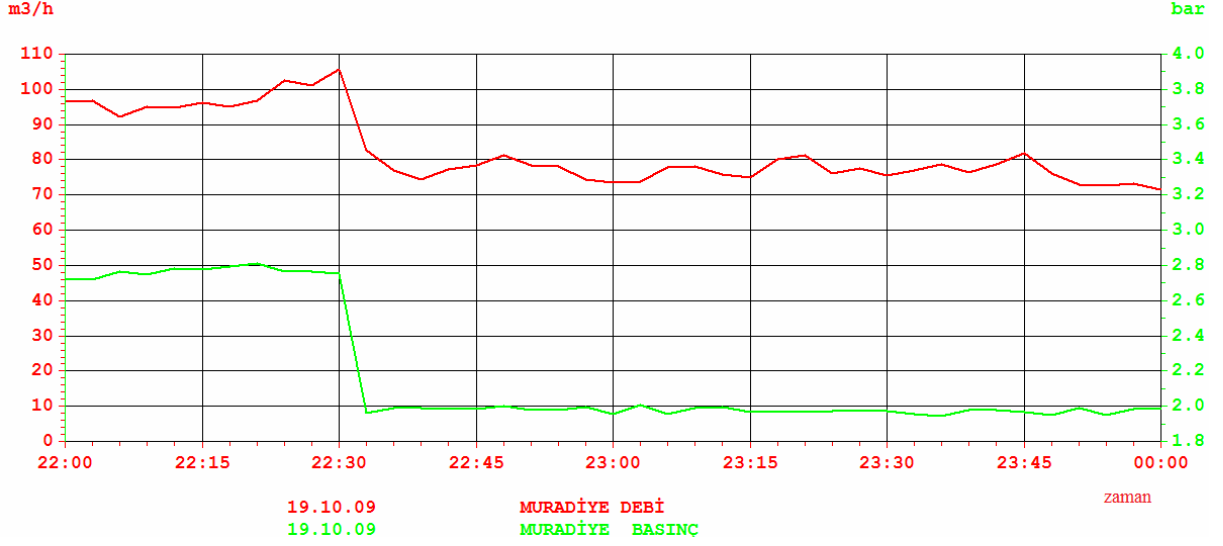


Grafik 4.9. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (25.10.2009 Pazar).



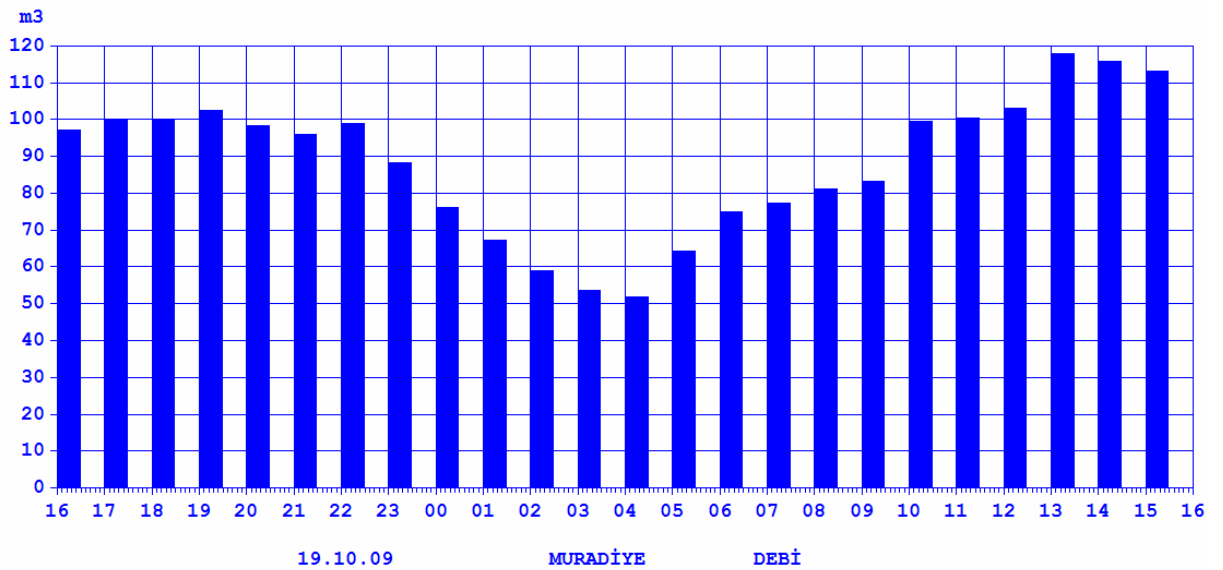
Grafik 4.10. Bir günlük su tüketimi-basınç grafiği (27.10.2009 Salı).

4.1.3. Saatlik Bazda Su Tüketimi-Basınç Grafikleri



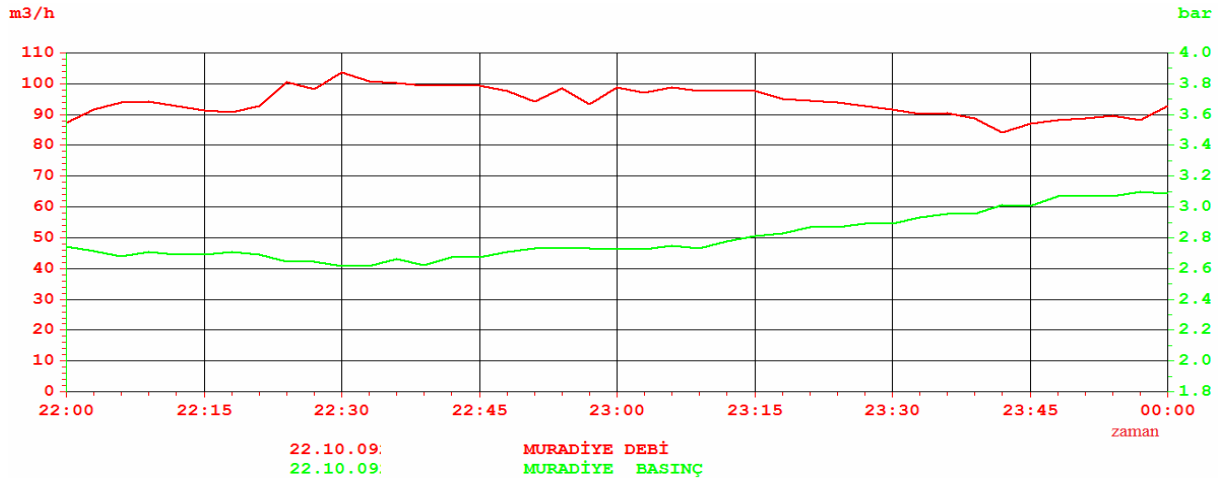
Grafik 4.11. İki saatlik zaman süresi için su tüketimi-basınç grafiği.

Grafik 4.11'de 22.00 ile 00.00 saatleri arasındaki su tüketimi basınç grafiği verilmiştir. Grafik 4.11'de saat 22.30'da basıncın 2.8 bar'dan 2 bar'a düşürülmesi sonucu su tüketiminin de 100 m³'ten 80 m³'e düştüğü görülmektedir. Gün içindeki saatlik su tüketimi Grafik 4.11a'da gösterilmiştir.



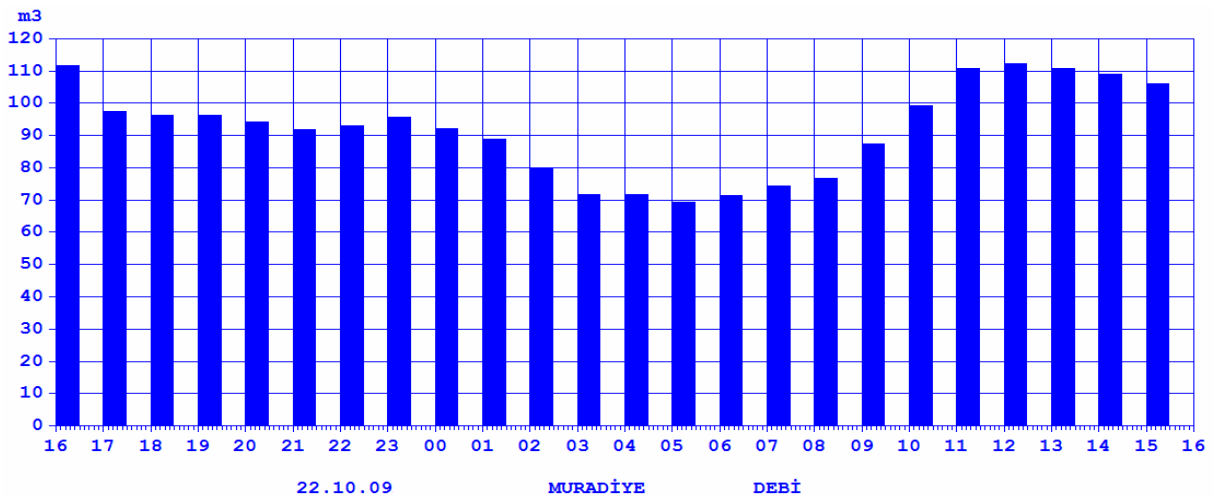
Grafik 4.11a. Bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).

Grafik 4.11a’da günün her bir saati sütunlar şeklinde saatlik toplam tüketim olarak gösterilmiştir. Grafik 4.11a’da görüldüğü üzere su tüketimi basınç düşüşü ile beraber, saat 22.00’den sonra düşüşe geçmiş ve saat 04.00’da 50 m³ seviyesine kadar düşmüştür.



Grafik 4.12. İki saatlik zaman süresinde su tüketimi-basınç grafiği.

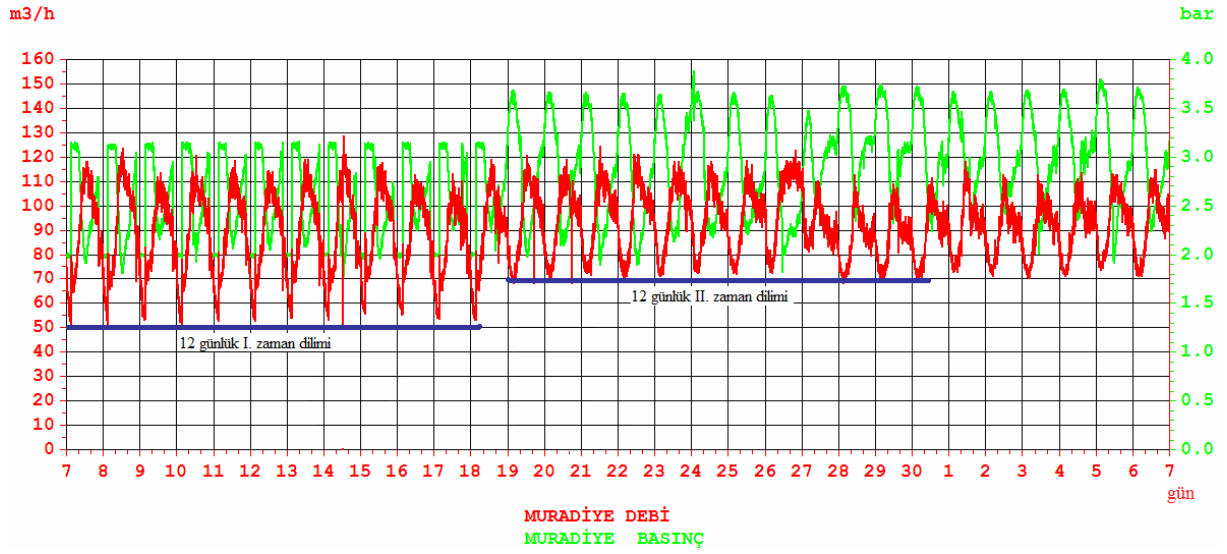
Grafik 4.12’de 22.00 ile 00.00 saatleri arasındaki su tüketimi basınç grafiği verilmiştir. Bu grafikte, Grafik 4.11’den farklı olarak basınç düşürme işlemi uygulanmamıştır. Grafik 4.12’de basınç su tüketimi grafiğinin normal seyrinde ilerlediği görülmektedir.



Grafik 4.12a. Bir günlük (24 saatlik) su tüketimi grafiği (saatlik toplam).

Grafik 4.12a’da gece tüketimin az olduğu saatlerde su tüketiminin 70 m³’ün altına inmediği görülmektedir. Basınç düşürme işlemi uygulandığı saatler arasında tüketim 50 m³’e kadar düştüğü Grafik 4.11a’da görülmektedir.

4.2. Muradiye Mahallesi Kasım 2009 Ayına Ait Basınç-Su Tüketimi



Grafik 4.13. I ve II. zaman dilimindeki farklı basınçlarda su tüketim grafiği (Kasım 2009).

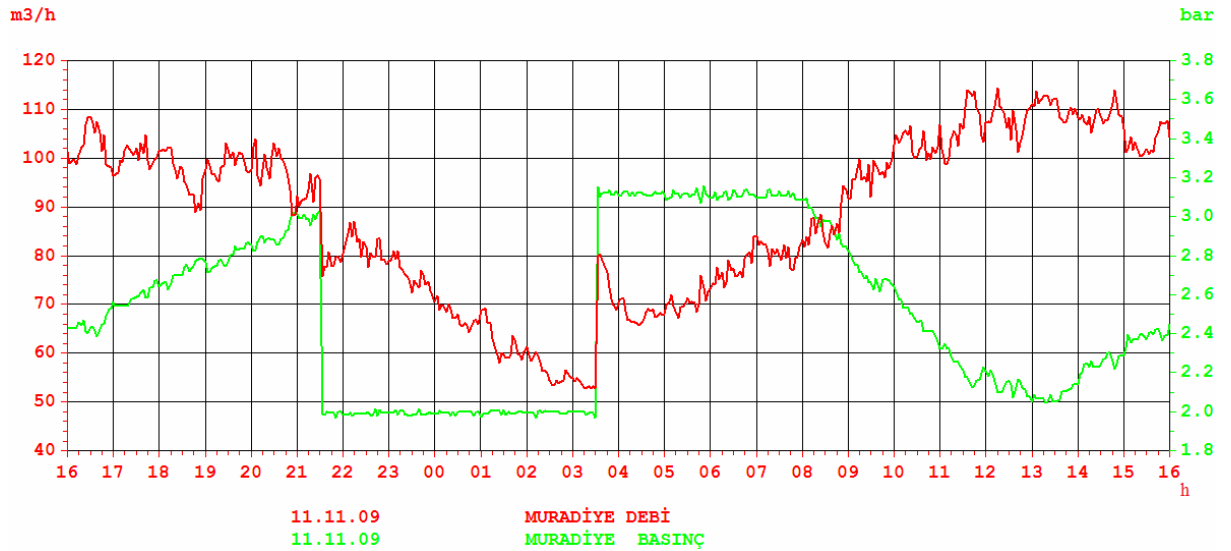
Ekim ayı boyunca yapılan işlemler Kasım ayında da tekrar edildi. Kasım ayında ekim ayından farklı olarak basıncın düşürüldüğü saat aralığı değiştirildi. Ekim ayında 22.30 - 04.30 saatleri arası basınç düşürme işlemi uygulanırken, kasım ayında 21.30 - 03.30 saatleri arası basınç düşürme işlemi uygulandı.

Grafik 4.13’te 07.11.2009 tarihinde başlayıp 18.11.2009 tarihine kadar (12 günlük I. zaman dilimi) devam eden aralıkta basınç su tüketimi grafiği görülmektedir. Basınç düşürme işlemi sonucu su tüketimin gece saatlerinde 50 m³/h’te kadar düştüğü görülmektedir. Bu grafikte, 19.11.2009 ve 30.11.2009 tarihleri arasında (12 günlük II. zaman dilimi) ise su şebekesindeki basınç düşürme işlemi iptal edilmiştir. Basınç düşürme işleminin iptal edilmesi sonucu gece saatlerindeki su tüketiminin yaklaşık 70 m³/h olduğu görülmektedir.

Grafik 4.13’te gösterilen I. zaman dilimi ile II. zaman dilimindeki su tüketiminin basınca bağlı olarak değişimleri kıyaslandı. İlk zaman diliminde minimum basınç 1.96 bar

ve maksimum basınç 3.11 bar olacak şekilde basınç dengesi kuruldu. Maksimum basınç sınırlaması; günün 20.00 ile 08.00 (12 saat boyunca) saatleri arasında 3.11 bar olarak ayarlandı. Ayrıca 21:30 ile 03:30 saatleri arası (6 saat boyunca) basınç değeri 2.11 bar'ı aşmayacak şekilde ayarlama yapıldı. Su tüketiminin basınç sınırlaması uygulandığı saatlerde $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 'e kadar düştüğü görülmektedir. 12 günlük zaman süresince hattan geçen toplam su miktarı 25.387 m^3 tür.

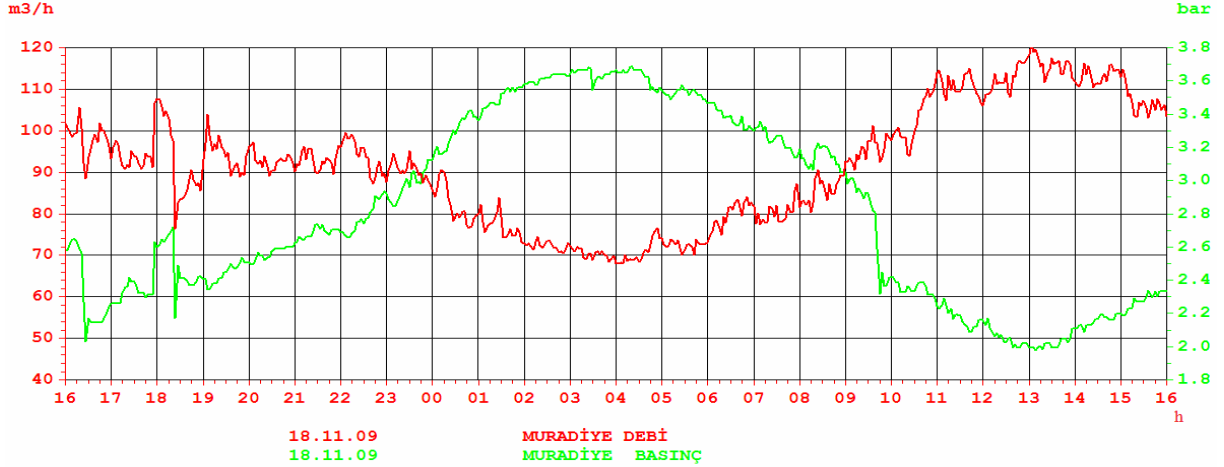
II. zaman diliminde basınç düşürme işleminin iptal edilmesi sonucunda maksimum basınç 3.83 bara kadar yükselmiştir. Yani saat 20.00 - 21.30 (1.5 saatlik dilim) ve 03.30-08.00 (4.5 saatlik dilim) saatleri arası 6 saatlik zaman (1.5 + 4.5) süresince basınç 3.11 bar'dan 3.83 bar'a kadar yükselmiştir. Zaman içinde 0.72 bar'lık bir basınç artışı olmaktadır. Yine benzer şekilde saat 21.30 ile 03.30 arasındaki 6 saatlik zaman diliminde 2.11 bar olan basınç 3.83 bar'a kadar yükselmektedir. Burada da zaman içinde 1.72 bar'a kadar bir fark oluşmaktadır. Bu basınç artışları sonucu minimum su tüketimi $70 \text{ m}^3/\text{h}$ 'e kadar yükselmektedir. 12 günlük zaman süresince hattan geçen su miktarı 26832 m^3 olarak ölçülmüştür.



Grafik 4.14. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.

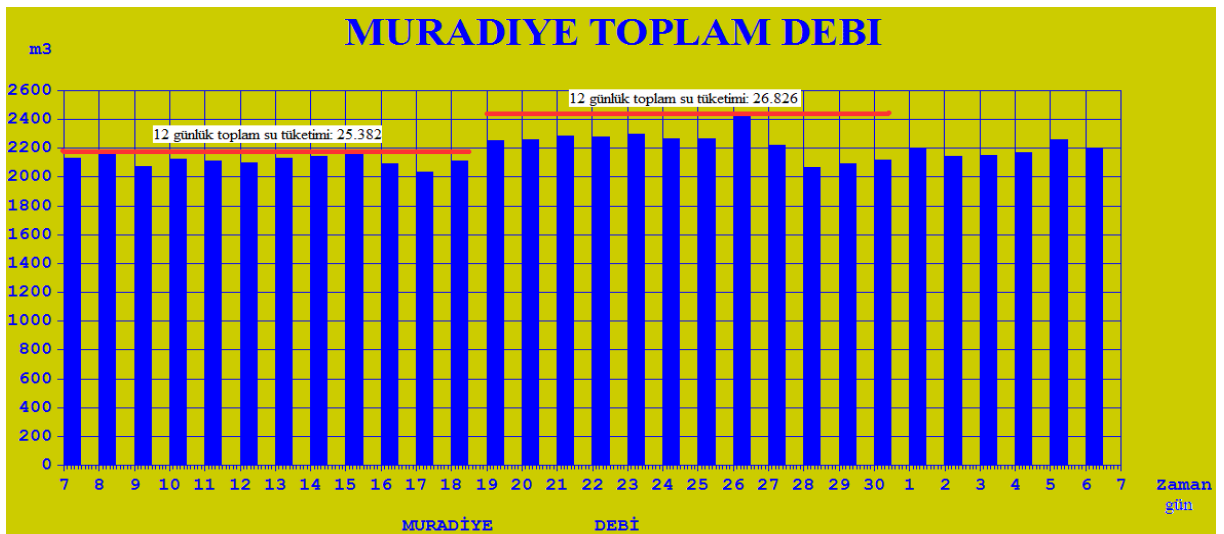
Grafik 4.14, grafik 4.13'te gösterilen I. Zaman dilimine ait bir günlük (24 saatlik) su şebekesindeki basıncın su tüketimine etkisini göstermektedir. Gece su tüketiminin en az olduğu saatler, 21.30 ile 03.30 saatleri arasındır. Mahalle su şebekesinin giriş hattı üzerinde bir adet ölçüm odası bulunmaktadır. Bu ölçüm odası içinde bulunan bir adet basınç vanası yardımıyla basınç düşürme işlemi uygulanmaktadır. Basınç düşürme işlemi sonucu saat

21.30'da basıncın 3.11 bar'dan 1.96 bar'a düştüğü görülmektedir. Bu basınç düşürme işlemi saat 03.30'a kadar devam etmekte ve saat 03.30'da tekrar basınç 3.11 bar seviyesine çıkmaktadır. Basınç düşürme işlemi boyunca su tüketiminin 55 m³/h seviyelerine kadar düştüğü Grafik 4.14'te görülmektedir.



Grafik 4.15. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.

Grafik 4.15 grafik 4.13'te gösterilen II. zaman dilimine ait bir günlük (24 saatlik) su şebekesindeki basıncın su tüketimine etkisini göstermektedir. Gece su tüketimin en az olduğu (70 m³/h) saatlerde basıncın en üst seviyede (3.7 bar) olduğu görülmektedir. Yine benzer şekilde gündüz su tüketiminin en fazla olduğu (115 m³/h) saatlerde ise basıncın alt seviyelerde olduğu (2.2 bar) görülmektedir.



Grafik 4.16. Bir aylık toplam su tüketiminin günlere göre dağılımı (Kasım 2009).

Grafik 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16'daki veriler değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2. Kasım 2009 ayı I. ve II. zaman dilimlerine ait günlük su tüketimi (m³).

07.11.2009	2132.25	19.11.2009	2250.85
08.11.2009	2166.48	20.11.2009	2260.35
09.11.2009	2075.78	21.11.2009	2285.25
10.11.2009	2124.50	22.11.2009	2279.28
11.11.2009	2114.48	23.11.2009	2299.00
12.11.2009	2099.30	24.11.2009	2267.60
13.11.2009	2132.60	25.11.2009	2264.18
14.11.2009	2143.28	26.11.2009	2423.68
15.11.2009	2153.43	27.11.2009	2221.73
16.11.2009	2094.73	28.11.2009	2068.55
17.11.2009	2036.15	29.11.2009	2094.68
18.11.2009	2114.55	30.11.2009	2116.88
+		+	
25.387 m ³		26.832 m ³	

Basınç düşürme işlemi öncesi mahallenin 12 günlük su tüketimi 26832 m³ tür. Günlük su tüketimi; 2236 m³, aylık 67080 m³ dür. Kabul edilebilir kişi başı günlük su tüketimi yaklaşık 100 litredir [17]. Bir kişi ayda 3 m³ su tüketecektir. Mahalle nüfusu 12000 kişi olduğuna göre; toplam tüketilmesi gereken su miktarı aylık 36000 m³'tür.

Yapılan ölçümler sonucu mahalleye bir ayda verilen su miktarının 67080 m³/ay olduğu ve hat basıncının 1.96 bar ile 3.83 bar arasında salındığı tespit edilmiştir.

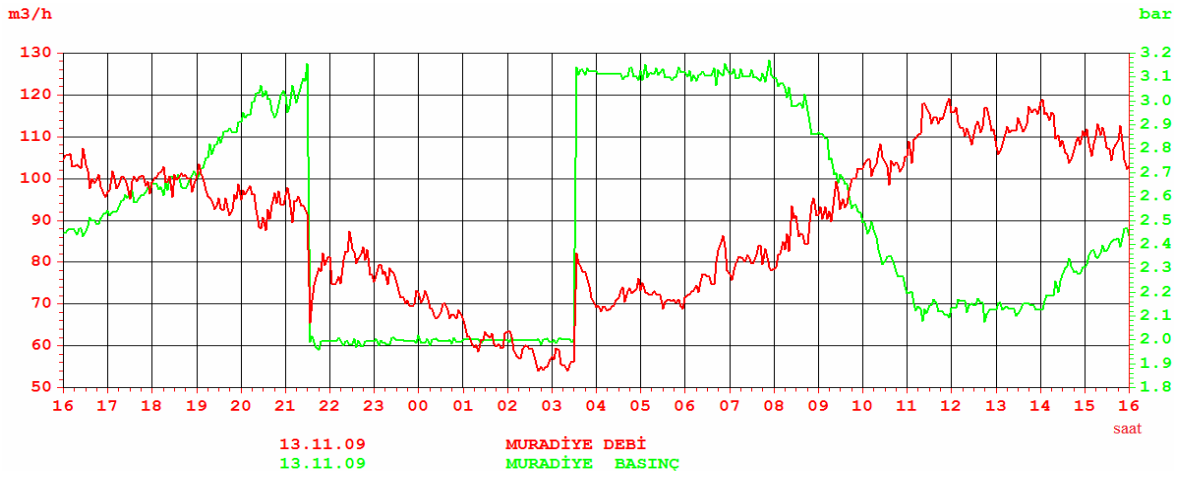
Mahallenin su ihtiyacının yaklaşık 36000 m³/ay olduğu kabulünden yola çıkarak aylık %46,3'lük bir su kaybı olduğu hesaplandı. Basınç düşürme işlemi sonrası 12 günlük toplam su tüketimi 25387 m³'tür. Bu durumda günlük su tüketimi 2115.5 m³, aylık tüketim ise 63467 m³ olacaktır. Mahallenin aylık tüketmesi gereken su miktarının 36000 m³/ay olduğu kabulünden yola çıkarak bu durumda da su kaçağının % 43,3 olduğu görülmektedir. Her iki durumda kaçak oranları farkının %3 olduğu görülmektedir. Bu ise sadece basınç düşürme işlemi ile su kullanımında %3'lük bir tasarruf yapılabileceği anlamına gelmektedir.

Tablo 2'den 12 günlük I. zaman dilimi ile 12 günlük II. zaman dilimi arasındaki su tüketim farkı; 1445 m³ dür. Bu mahalle için günlük 120,4 m³, aylık 3612 m³'lük bir su tasarrufu yapılabileceğini göstermektedir. Bu miktar tasarruf edilebilecek suyun yaklaşık maliyeti 3612 TL dir (1 m³ suyun maliyeti 1 TL). Bu mahalle için basınç düşürme işlemi için kullanılan cihazlar ve inşaat maliyeti yaklaşık olarak 17.000 TL dir. Basınç düşürme

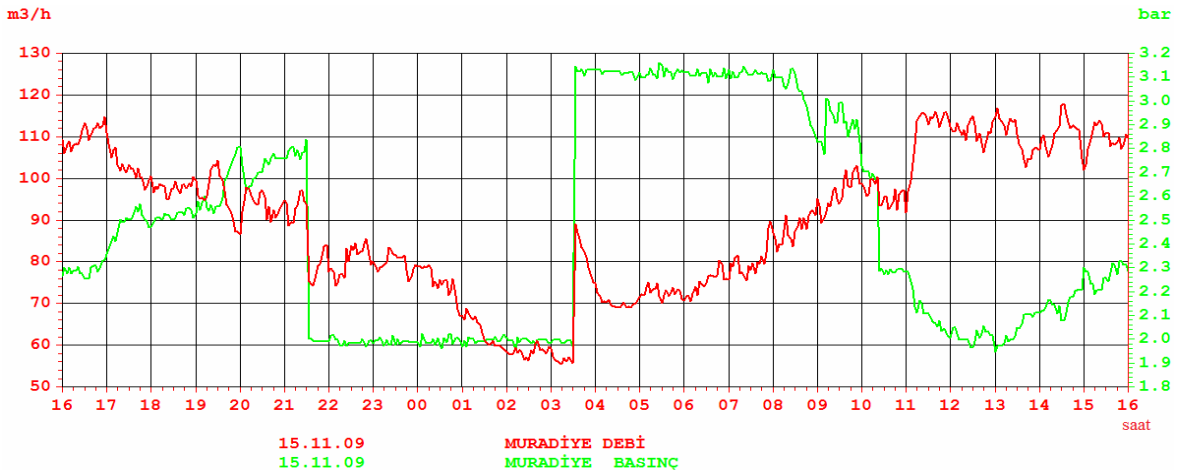
işlemi ile sistem (yatırım maliyeti) kendini yaklaşık 4,7 ay gibi kısa bir sürede amorti edecektir. İşletme maliyetleri yok denecek kadar az miktardadır.

4.2.1 Kasım 2009 I. Zaman Dilimine Ait Su tüketimi-Basınç Grafikleri

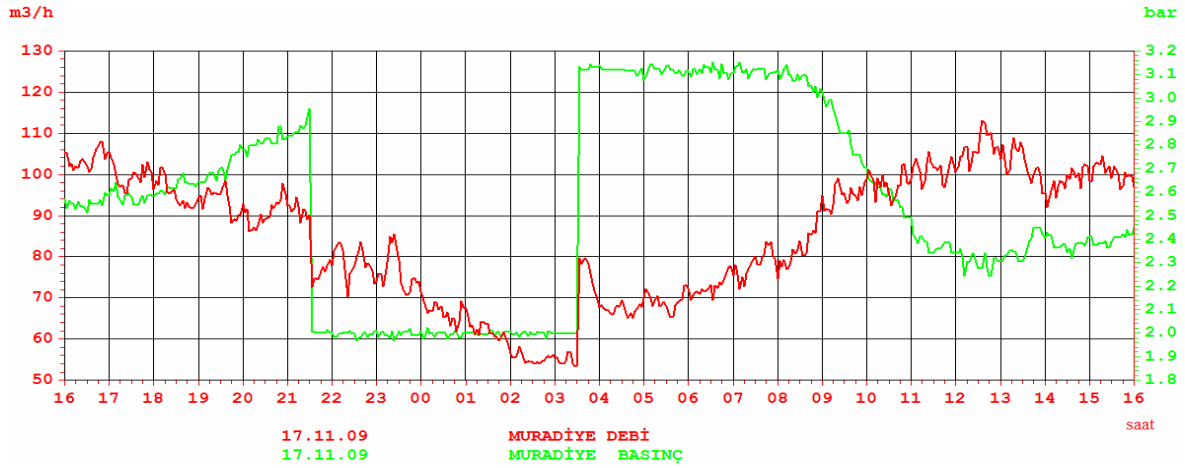
Aşağıda I. zaman dilimine ait üç farklı günün basınç su tüketimi grafikleri gösterilmiştir. 13.11.2009 Cuma, 15.11.2009 Pazar ve 17.11.2009 Salı olmak üzere haftanın üç farklı gününe ait grafiklerin benzer olduğu görülmektedir. Pazar gününde, hafta sonu olmasından dolayı Salı ve Cuma gününe oranla daha fazla su tüketimi olduğu aşağıdaki grafiklerden görülmektedir.



Grafik 4.17. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (13.11.2009 Cuma).



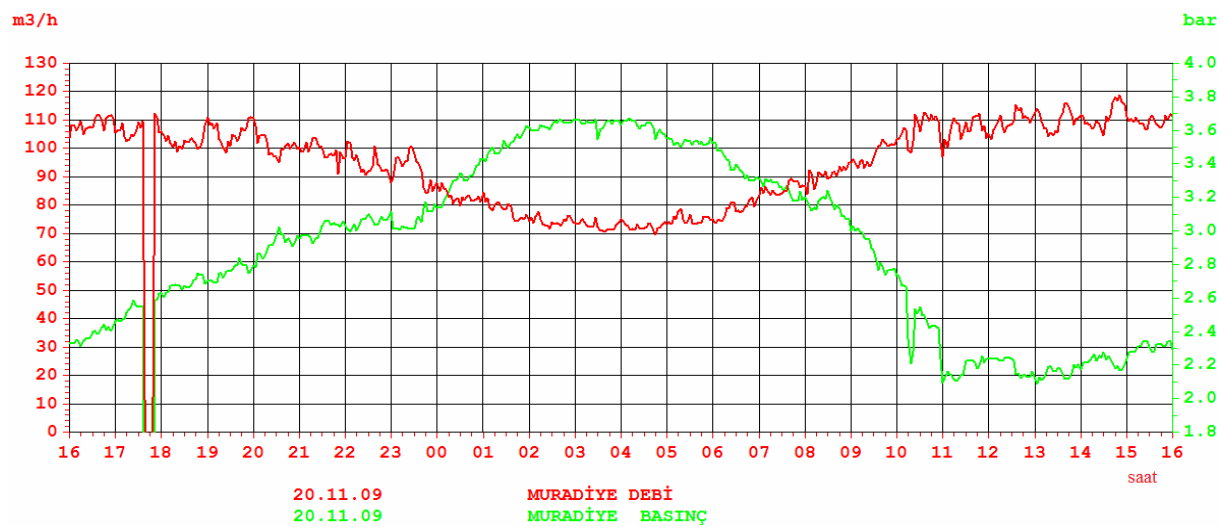
Grafik 4.18. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (15.11.2009 Pazar).



Grafik 4.19. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç su-tüketimi grafiği (17.11.2009 Salı).

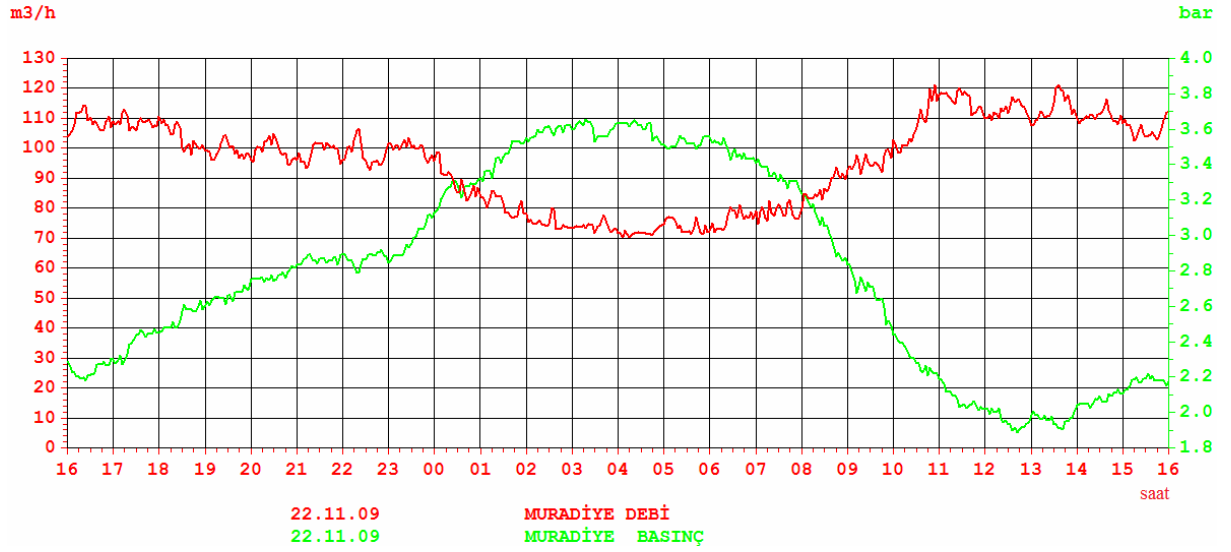
4.2.2 Kasım 2009 II. Zaman Dilimine Ait Su tüketimi-Basınç Grafikleri

Aşağıda II. zaman dilimine ait üç farklı günün basınç su tüketimi grafikleri gösterilmiştir. 20.11.2009 Cuma, 22.11.2009 Pazar ve 25.11.2009 Salı olmak üzere haftanın üç farklı gününe ait grafiklerin benzer olduğu görülmektedir. Pazar günü hafta sonu olması itibariyle özellikle seçilmiştir. Pazar günü 10.00 - 14.00 saatleri arasında tüketimin, diğer günlerin aynı saat aralıklarından biraz daha fazla olduğu görülmektedir. İlerleyen saatlerde su tüketim eğilimi fazla bir değişme göstermemiştir.

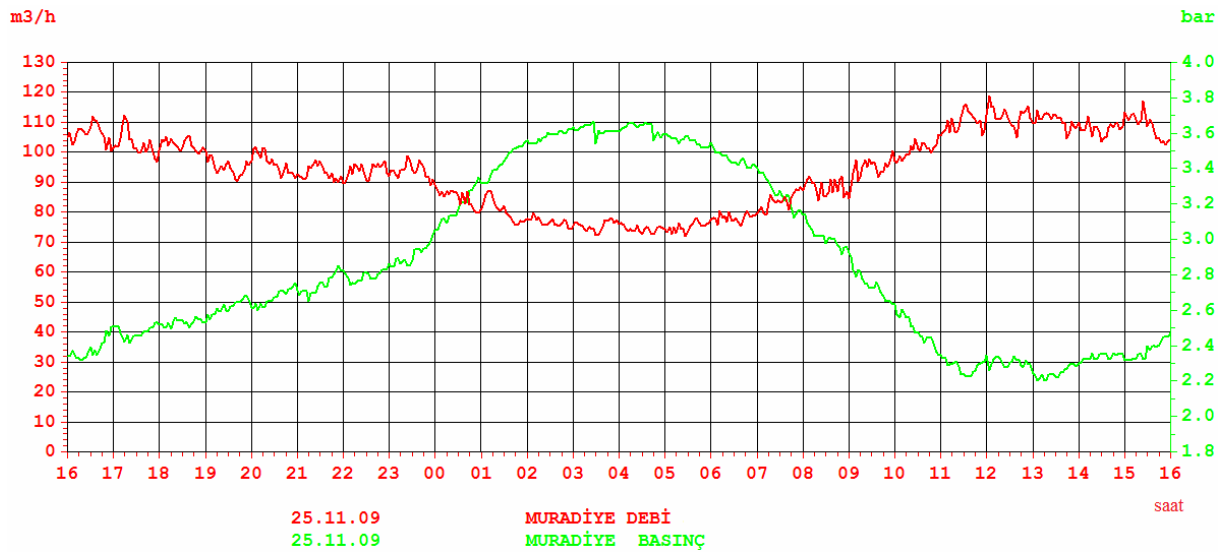


Grafik 4.20. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (20.11.2009 Cuma).

Grafik 4.20. bir günlük (24 saat) basınç su tüketimi grafiğini göstermektedir. Kırmızıyla gösterilen eğri su tüketimini, yeşille gösterilen eğri ise basıncı göstermektedir. Bu grafikte diğer grafiklerden farklı olarak 17.30 ile 17.45 saatleri arasında su kesintisi olmuştur. Su tüketim eğrisinin sıfır olmasıyla beraber basınç eğrisi de sıfır olmuştur.

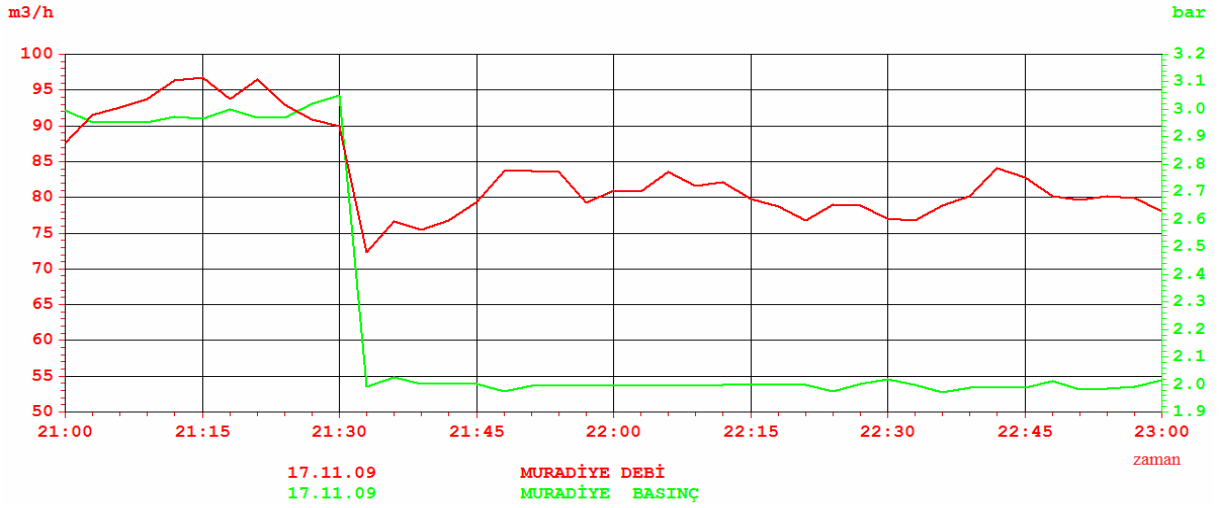


Grafik 4.21. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (22.11.2009 Pazar).



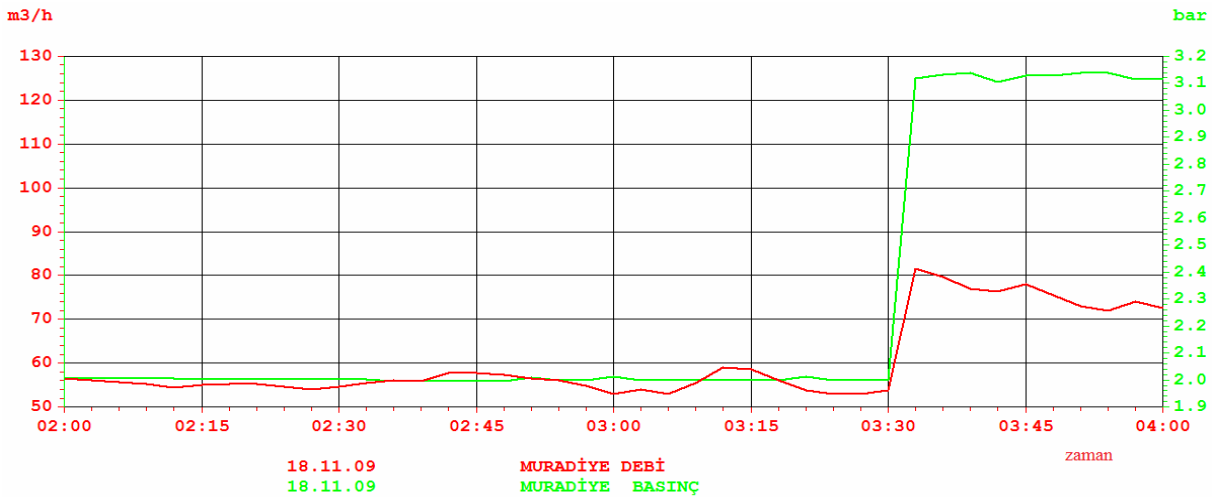
Grafik 4.22. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (25.11.2009 Salı).

4.2.3. Saatlik Bazda Su tüketimi Basınç Grafikleri



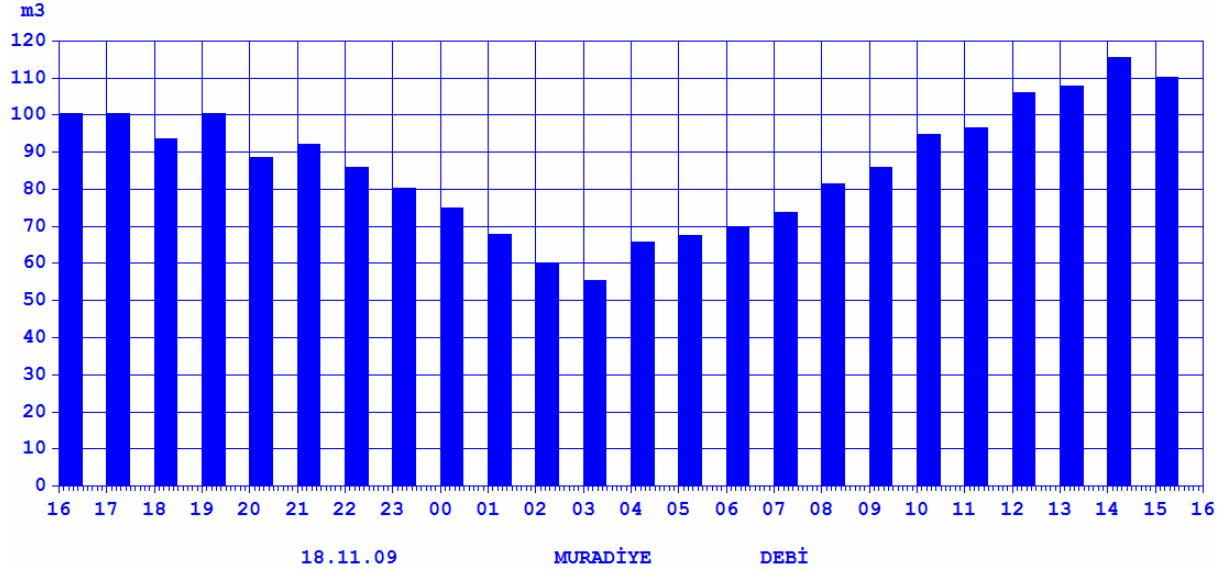
Grafik 4.23. I. zaman dilimindeki iki saatlik basınç su-tüketimi grafiği (basınç düşüşü).

Grafik 4.23'te 21.00 ile 23.00 saatleri arasındaki su tüketimi basınç grafiği verilmiştir. Grafik 4.23'te saat 21.30'da basıncın 3 bardan 1.96 bar'a düşürülmesi sonucu su tüketiminin 90 m³'ten 80 m³'e düştüğü görülmektedir.



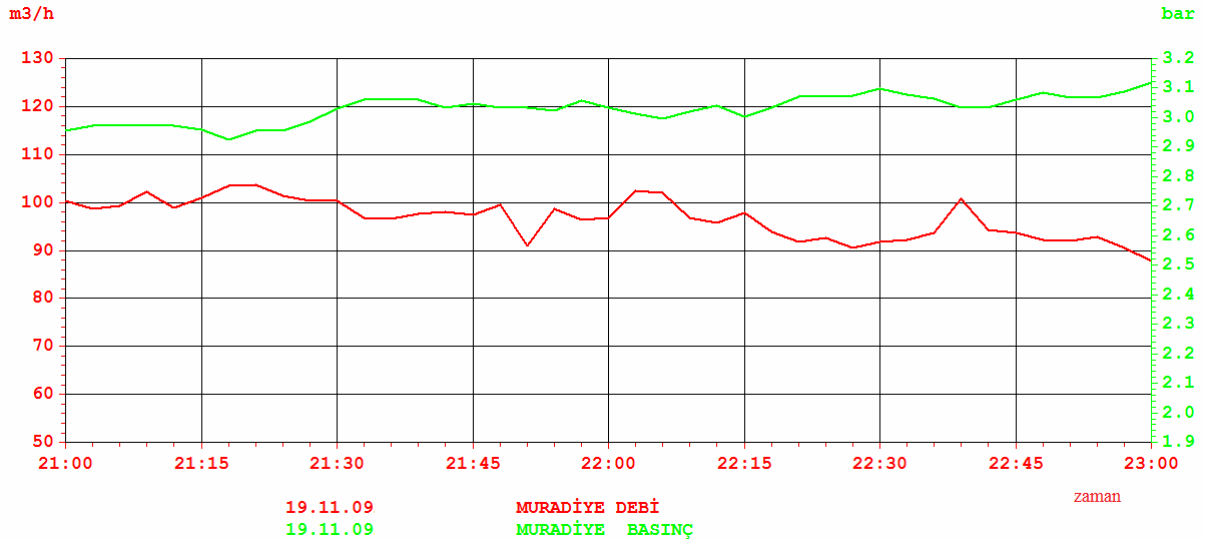
Grafik 4.24. I. zaman diliminde iki saatlik basınç-su tüketimi grafiği (basınç yükselişi).

Grafik 4.24'te 02.00 ile 04.00 saatleri arasındaki su tüketimi basınç grafiği verilmiştir. Grafik 4.23'te saat 21.30'da basıncın 1.96 bar'dan 3.1 bar'a yükselmesi sonucu su tüketiminin 55 m³'ten 80 m³'e yükseldiği görülmektedir.



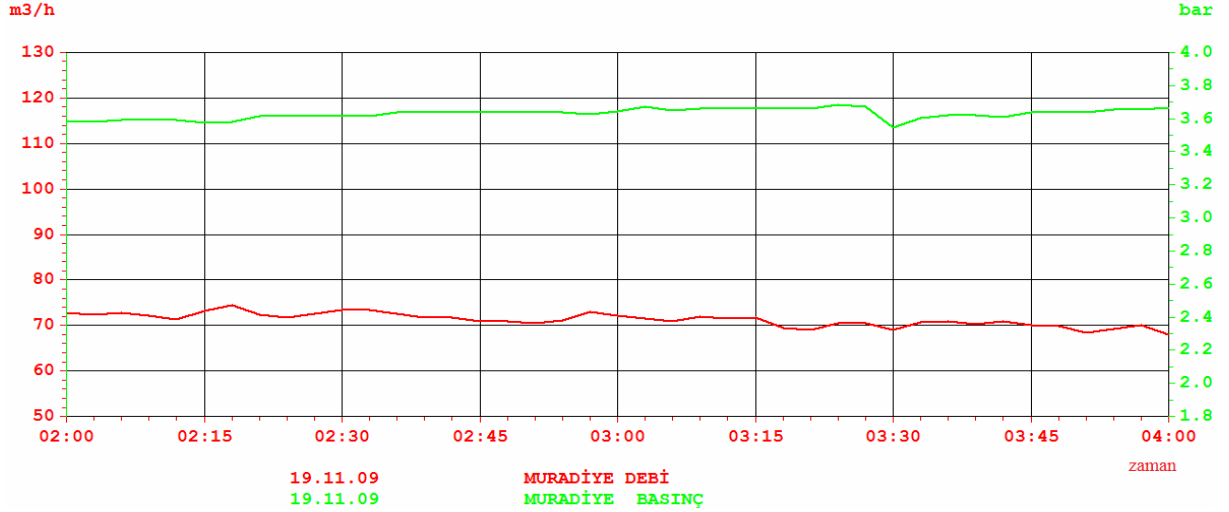
Grafik 4.24a. Bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).

Grafik 4.24a'da günün her bir saati sütunlar şeklinde toplam su tüketimi olarak gösterilmiştir. Grafik 4.24a'da da görüldüğü üzere su tüketimi saat 22.00'dan sonra düşüşe geçmiş ve saat 04.00'de 50 m³ seviyesine kadar düşmüştür. Grafik 4.23 ve grafik 4.24'teki su tüketimi değişimleri gün içinde saatlik toplam olarak Grafik 4.24a'da görülmektedir.



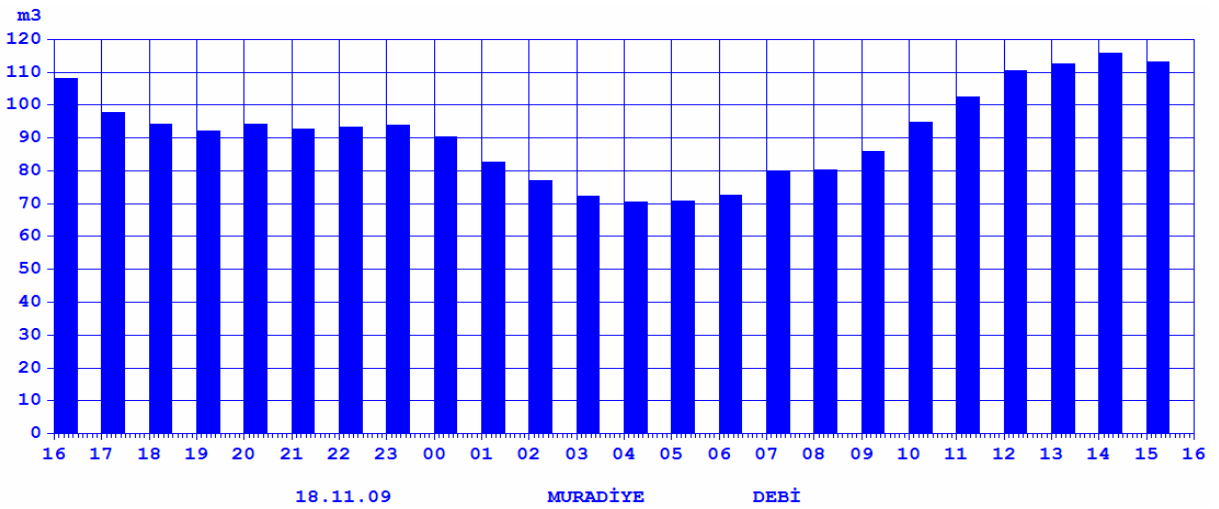
Grafik 4.25. II. zaman diliminde iki saatlik basınç-su tüketimi grafiği (basınç düşürme işlemi iptal edilmiş).

Grafik 4.25'te 21.00 ile 23.00 saatleri arasındaki su tüketimi basınç grafiği verilmiştir. Bu grafikte, Grafik 4.23'ten farklı olarak basınç düşürme işlemi uygulanmamıştır. Grafik 4.25'de basınç su tüketimi grafiğinin normal seyrinde ilerlediği görülmektedir.



Grafik 4.26. II. zaman diliminde iki saatlik basınç su tüketimi grafiği.

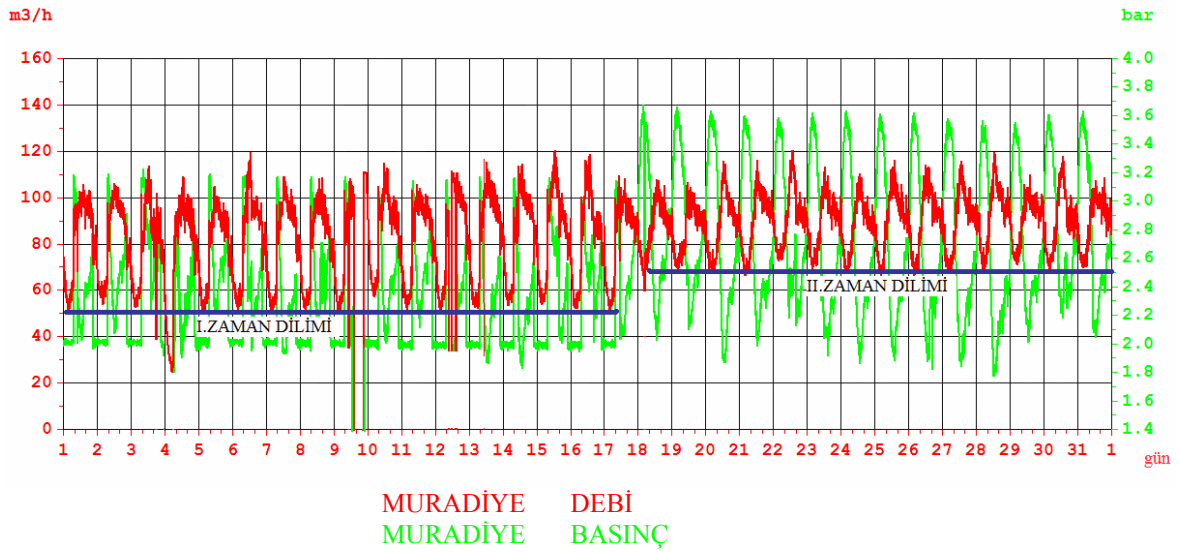
Grafik 4.26'da, Grafik 4.24'ün elde edildiği aynı saat diliminde basınç düşürme işlemi uygulanmaması sonucu basınç ve su tüketiminin normal seyrinde ilerlediği görülmektedir.



Grafik 4.26a. Bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).

Grafik 4.26a’da günün her bir saati sütunlar şeklinde toplam su tüketimi gösterilmektedir. Grafik 4.26a’da da görüldüğü üzere gün içinde su tüketimi 70 m³’ün altına düşmemektedir. Bunun sebebi basınç düşürme işleminin uygulanmamış olmasıdır. Grafik 4.25 ve Grafik 4.26’nın saatlik toplam olarak görünümüleri Grafik 4.26a’da görülmektedir.

4.3. Muradiye Mahallesi Mart 2010 Ayına Ait Basınç-Su Tüketimi



Grafik 4.27. Mart 2010 ayına ait basınç su tüketimi grafiği.

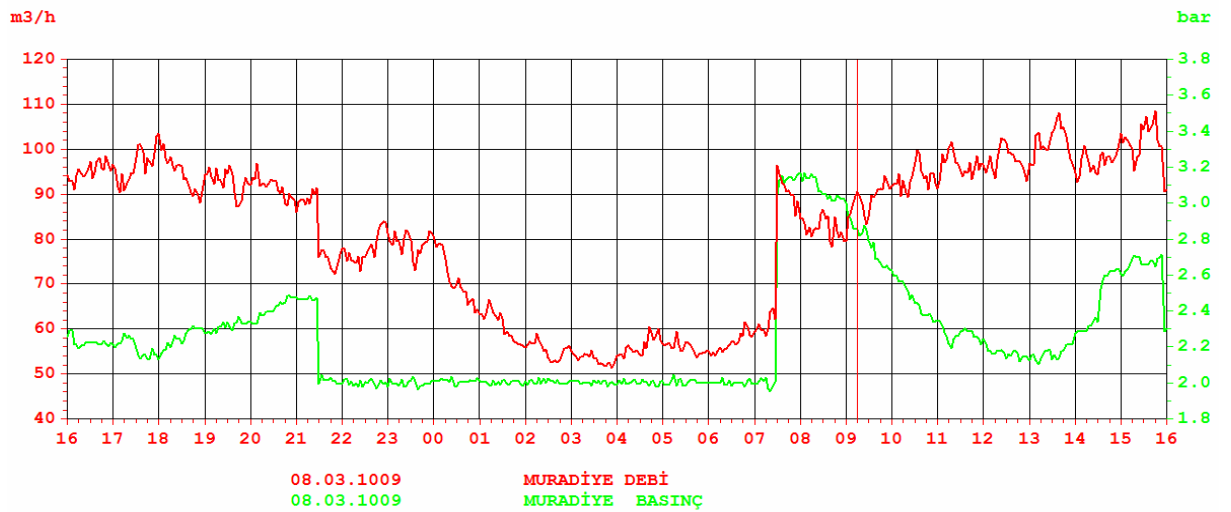
Ekim ve Kasım ayları boyunca yapılan işlemler Mart ayında da tekrar edildi. Mart ayında diğer aylardan farklı olarak basıncın düşürüldüğü saat aralığı değiştirilip genişletildi. Diğer aylarda gece su tüketiminin az olduğu saatlerde 6 saat boyunca basınç düşürme işlemi 2.11 bar seviyesine düşürülmekteydi. Mart ayında ise basınç 10 saat boyunca (21.30 ile 07.30 aralığı) 2.11 bar seviyesinde tutuldu.

Grafik 4.27’de 01.03.2010 - 01.04.2010 tarihleri arasında su tüketiminin basınca bağlı olarak değişimi görülmektedir. Grafik 4.27 elde edilirken 01.03.2010 tarihinden 18.03.2010 tarihine kadar (17 günlük I. zaman dilimi) basınç düşürme işlemi uygulanmıştır. Basınç düşürme işlemi sonucu su debisindeki tüketimin gece saatlerinde 50 m³/h’te kadar düştüğü Grafik 4.28’deki günlük tüketimden görülmektedir. 19.03.2010 ve 31.03.2010 tarihleri arasında (13 günlük II. zaman dilimi) ise su şebekesindeki basınç düşürme işlemi iptal edildi. Basınç düşürme işleminin iptal edilmesi sonucu gece

saatlerindeki su tüketiminin 70 m³/h'e kadar yükseldiği Grafik 4.29'da görülmektedir.

Grafik 4.27'de gösterilen I. zaman dilimi ile II. zaman dilimindeki su tüketiminin basınca bağlı olarak değişimleri kıyaslandı. I. zaman diliminde minimum basınç 1.96 bar ve maksimum basınç 3.11 bar olacak şekilde basınç dengesi kuruldu. Birinci şart olarak maksimum basınç sınırlaması; günün 20.00 ile 08.00 (12 saat boyunca) saatleri arasında 3.11 bar'ı geçmeyecek şeklinde ayarlandı. Birinci şartın bir alt şartı olarak da 21.30 ile 07.30 saatleri arası (10 saat boyunca) minimum basınç 2.11 bar'ı aşmayacak şekilde ayarlandı. Su debisinin basınç sınırlaması uygulandığı saatlerde 52 m³/h'te kadar düştüğü Grafik 4.28'de görülmektedir. 17 günlük zaman süresince hattan geçen toplam su miktarı 33261.26 m³ olarak ölçülmüştür.

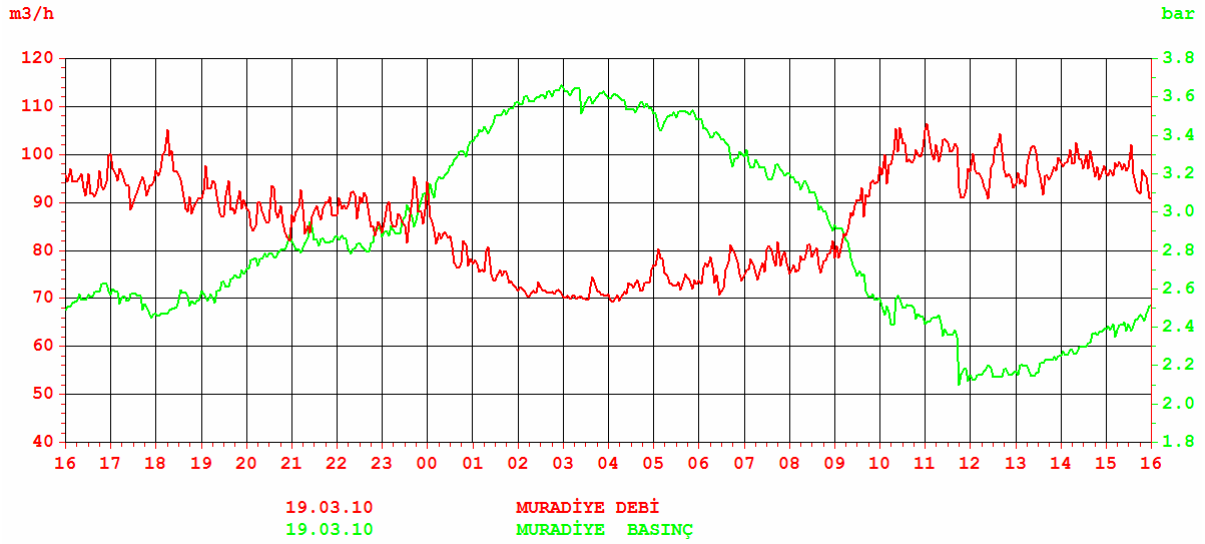
II. zaman diliminde basınç düşürme işleminin iptal edilmesi sonucu, maksimum basınç 3.83 bara kadar yükselmektedir. Yani saat 20.00 - 21.30 (1.5 saatlik dilim) ve 07.30 - 08.00 (0.5 saatlik dilim) saatleri arası toplam 2 saatlik zaman (1.5 + 0.5) süresince basınç 3.11 bar'dan 3.83 bar'a kadar yükselmektedir. Zaman içinde 0.72 bar'lık bir basınç artışı oluşmaktadır. Yine benzer şekilde saat 21.30 ile 07.30 arasındaki 10 saatlik zaman diliminde Grafik 4.28'de 2.11 bar olan basınç Grafik 4.29'da 3.83 bar'a kadar yükselmektedir. Burada da zaman içinde 1.72 bar'lık bir basınç farkı oluşmaktadır. Bu basınç artışları sonucu minimum debinin 70 m³/h'te kadar yükseldiği Grafik 4.29'da görülmektedir. 13 günlük zaman süresince hattan geçen toplam su miktarı 27797,14 m³ olarak ölçülmüştür.



Grafik 4.28. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.

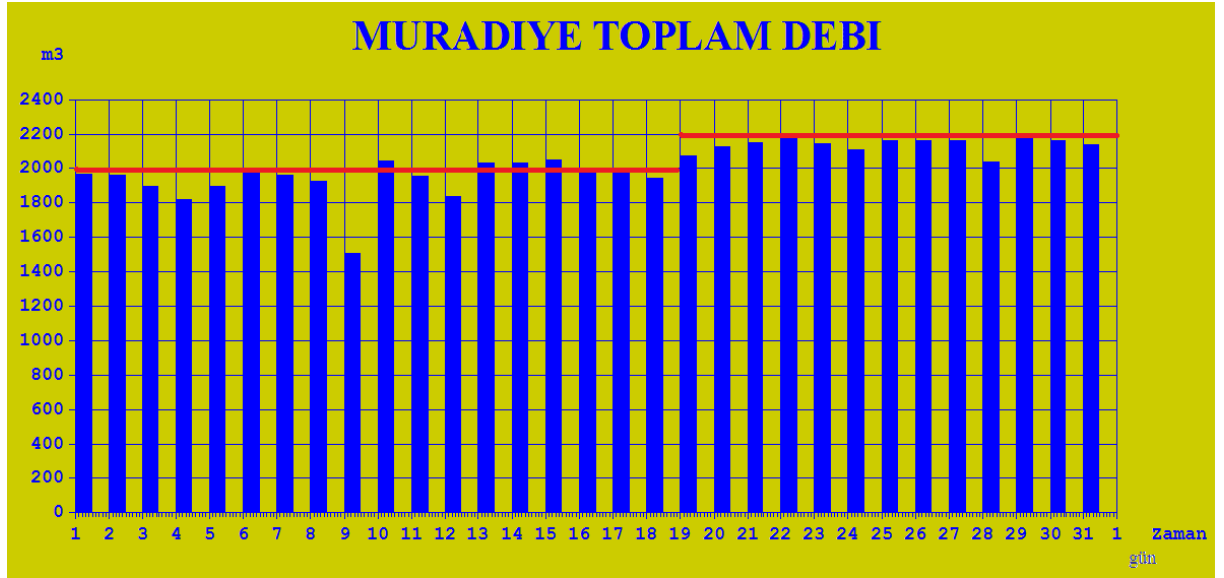
Grafik 4.28’de Grafik 4.27’de gösterilen I. zaman dilimine ait bir günlük (24 saatlik) su şebekesindeki basıncın su tüketimine etkisi görülmektedir. Gece su tüketiminin en az olduğu 21.30 ile 07.30 saatleri arasında basınç debi arasındaki ilişki incelendi. Bunun için mahalle su şebekesinin giriş hattında bulunan basınç vanası yardımıyla basınç düşürme işlemi uygulandı.

Basınç düşürme işlemi sonucu, saat 21.30’da basıncın 2.4 bar’dan 1.96 bar’a düştüğü Grafik 4.28’de görülmektedir. Bu basınç düşürme işlemi saat 07.30’a kadar devam etmekte ve saat 07.30’da 3.11 bar seviyesine çıkmaktadır. Basınç düşürme işlemi boyunca su debisinin 52 m³/h seviyelerine kadar düştüğü görülmektedir.



Grafik 4.29. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği.

Grafik 4.29 grafik 4.27’de gösterilen II. zaman dilimine ait bir günlük (24 saatlik) su şebekesindeki basıncın su tüketimine etkisini göstermektedir. Gece su tüketiminin en az olduğu (70 m³/h) saatlerde basıncın en üst seviyede (3.7 bar) olduğu görülmektedir. Yine benzer şekilde gündüz su tüketiminin en fazla olduğu (115 m³/h) saatlerde ise basıncın alt seviyelerde olduğu (2.2 bar) görülmektedir.



Grafik 4.30. Bir aylık toplam debinin günlere göre dağılımı grafiği (Mart 2010).

Grafik 4.27, 4.28, 4.29 ve 4.30'daki veriler dikkate alınarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3. Mart 2010 ayı I. zaman dilimine ait günlük su tüketimi (m³).

01.03.2010	1965.48
02.03.2010	1959.50
03.03.2010	1895.80
04.03.2010	1816.05
05.03.2010	1894.53
06.03.2010	1986.75
07.03.2010	1959.00
08.03.2010	1927.60
09.03.2010	1503.18
10.03.2010	2045.03
11.03.2010	1952.83
12.03.2010	1839.48
13.03.2010	2031.25
14.03.2010	2030.88
15.03.2010	2048.28
16.03.2010	1979.65
17.03.2010	1987.55
18.03.2010	1941.60

Bu tarihte su kesintisi olduğundan hesaba katılmayacaktır.

+
33261.26 m³

Tablo 3'te su şebekesinde uygulanan basınç düşürme işlemi sonucu 17 günde toplam tüketilen su miktarının 33261.26 m³ olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Mart 2010 ayı II. zaman dilimine ait günlük su tüketimi (m³).

19.03.2010	2075.45
20.03.2010	2124.53
21.03.2010	2151.38
22.03.2010	2190.33
23.03.2010	2141.78
24.03.2010	2111.58
25.03.2010	2165.03
26.03.2010	2164.68
27.03.2010	2161.70
28.03.2010	2036.90
29.03.2010	2175.35
30.03.2010	2160.10
31.03.2010	2138.33
+	
27797.14 m ³	

Tablo 4'te su şebekesinde uygulanan basınç düşürme işlemi sonucu 13 günde toplam tüketilen su miktarının 27797.14 m³ olduğu görülmektedir.

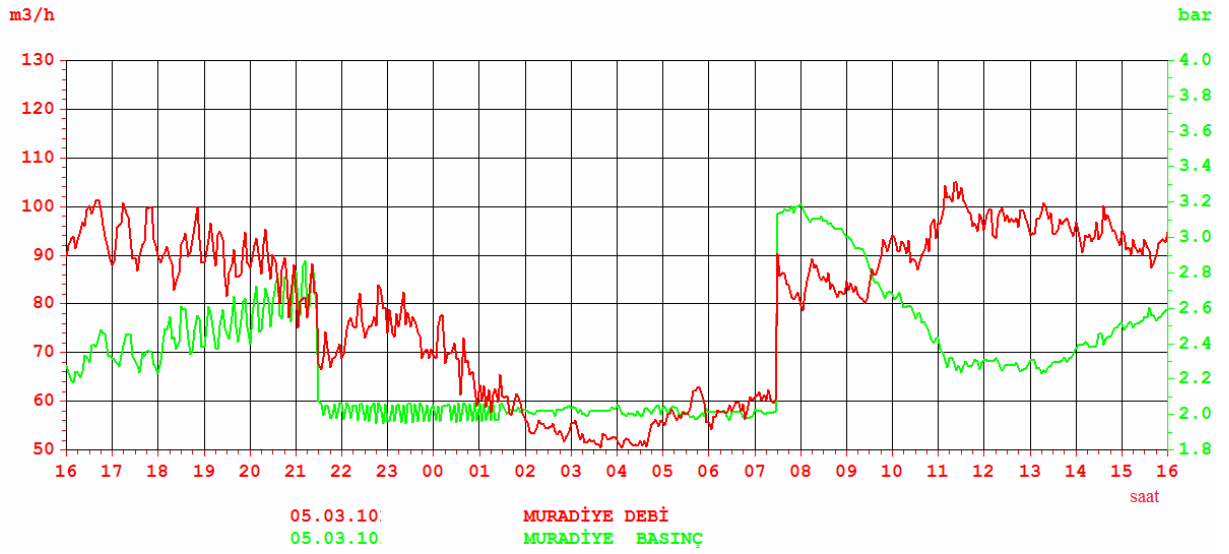
Tablo 3.'te basınç düşürme işlemi sonrası 17 günlük toplam su tüketimi 33261.26 m³'tür. Bu durumda günlük su tüketimi 1956.55 m³, aylık tüketim ise 58696.3 m³ olacaktır.

Tablo 4.'te basınç düşürme işlemi sonrası 13 günlük toplam su tüketimi 27797.14 m³'tür. Bu durumda günlük su tüketimi 2138.24 m³, aylık tüketim ise 64147.24 m³ olacaktır. İki ayın su tüketimleri farkı alınması durumunda 5450.94 m³/ay aylık bir su tasarrufu sağlanacağı görülmektedir. Çalışma konusu olan mahalle şehir nüfusunun %1.5'lik bir kısmını oluşturmaktadır. Şehrin tümünde aynı basınç ve şebeke sorunları olduğu varsayılarak söz konusu tasarruf çalışmalarının şehrin tümüne yansıtılması durumunda; aylık 363396 m³ ve yıllık da 4360752 m³'lük bir su tasarrufu sağlanacaktır. Günümüz fiyatları bu miktar suyun parasal değeri yaklaşık 4.360.752 TL olacaktır.

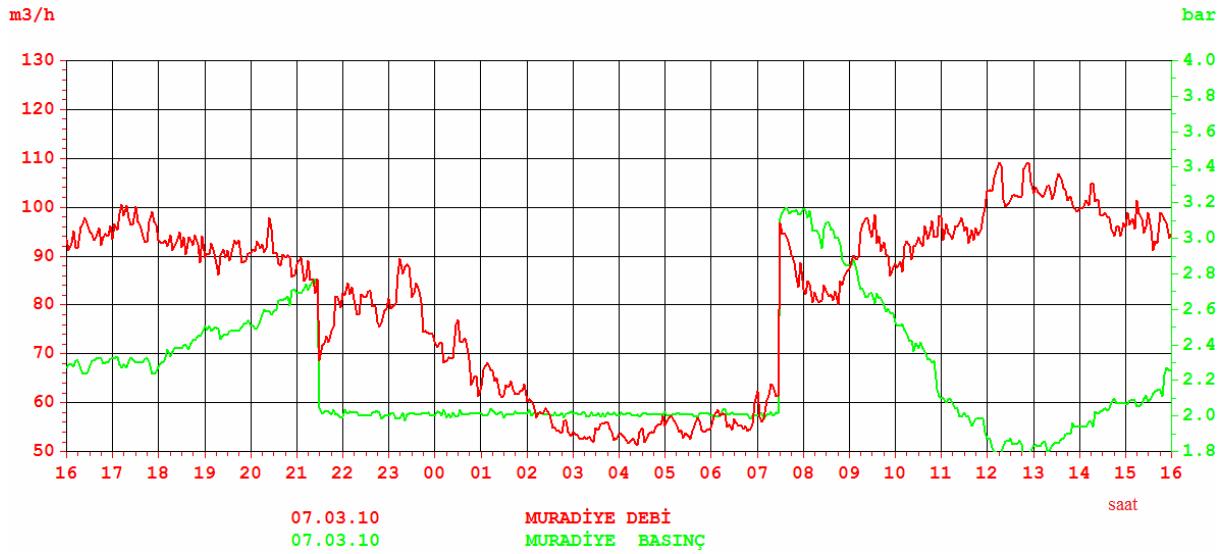
4.3.1. Mart 2010 Ayı I. Zaman Dilimine Ait Su Tüketimi-Basınç Grafikleri

Aşağıda I. zaman dilimine ait üç farklı günün basınç su tüketimi grafikleri gösterilmiştir.

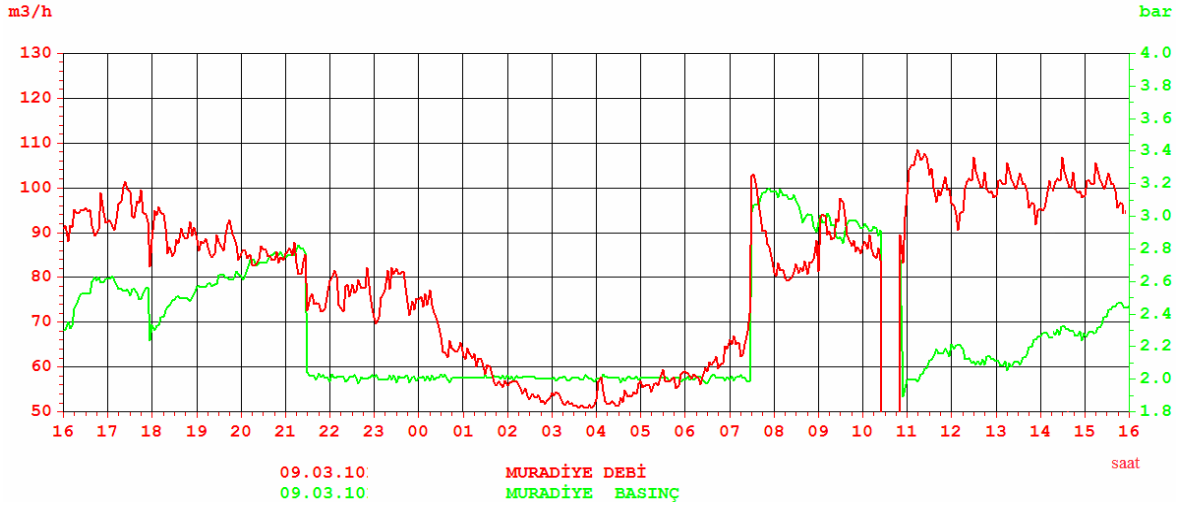
05.03.2010 Cuma, 07.03.2010 Pazar ve 09.03.2010 Salı olmak üzere haftanın üç farklı gününe ait grafiklerin benzer olduğu görülmektedir.



Grafik 4.31.I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (05.03.2010 Cuma).



Grafik 4.32 I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (07.03.2010 Pazar).

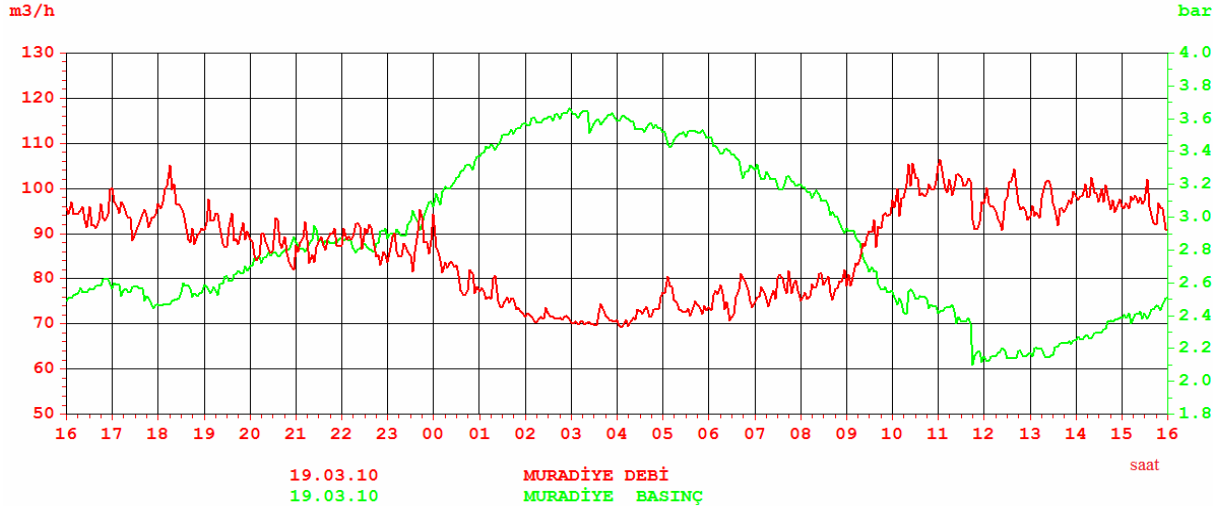


Grafik 4.33. I. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (09.03.2010 Salı).

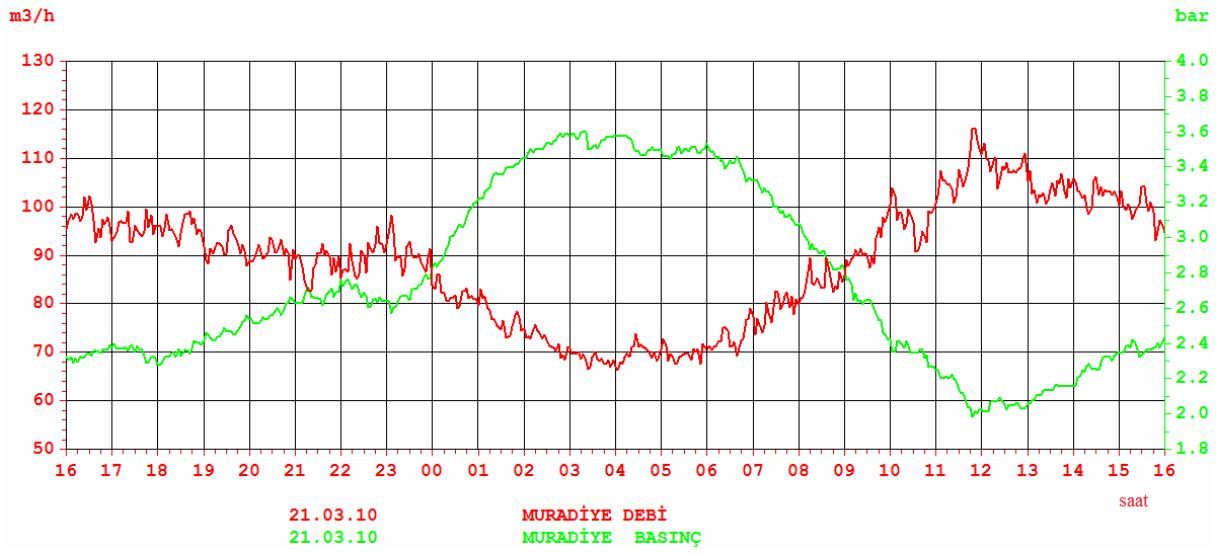
Grafik 4.33 bir günlük (24 saat) basınç su tüketimi grafiğini göstermektedir. Kırmızıyla gösterilen eğri su tüketimini, yeşille gösterilen eğri ise basıncı göstermektedir. Bu grafikte diğer grafiklerden farklı olarak 10.25 ile 10.55 saatleri arasında su kesintisi olmuştur. Su tüketim eğrisinin sıfır olmasıyla beraber basınç eğrisi de sıfır olmuştur.

4.3.2. Mart 2010 Ayı II. Zaman Dilimine Ait Su tüketimi Basınç Grafikleri

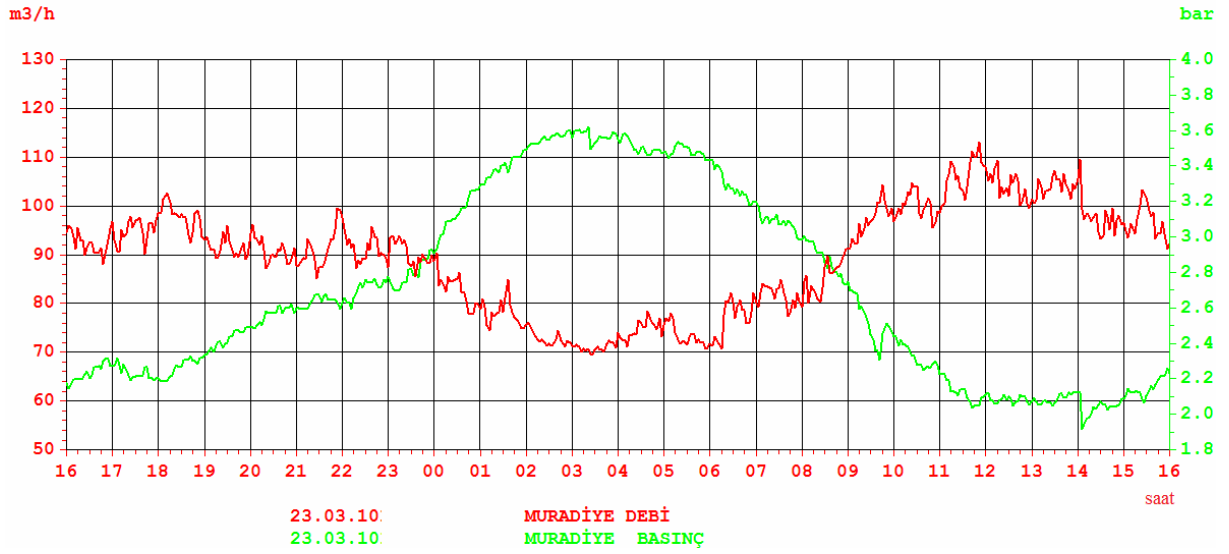
Aşağıda II. zaman dilimine ait üç farklı günün basınç su tüketimi grafikleri gösterilmiştir. 19.03.2010 Cuma, 21.03.2010 Pazar ve 23.03.2010 Salı olmak üzere haftanın üç farklı gününe ait grafiklerin benzer olduğu görülmektedir. Pazar günü hafta sonu olması itibarıyla özellikle seçilmiştir. Pazar günü boyunca su tüketiminin, diğer günlere oranla daha fazla olduğu görülmektedir.



Grafik 4.34. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (19.03.2010 Cuma).

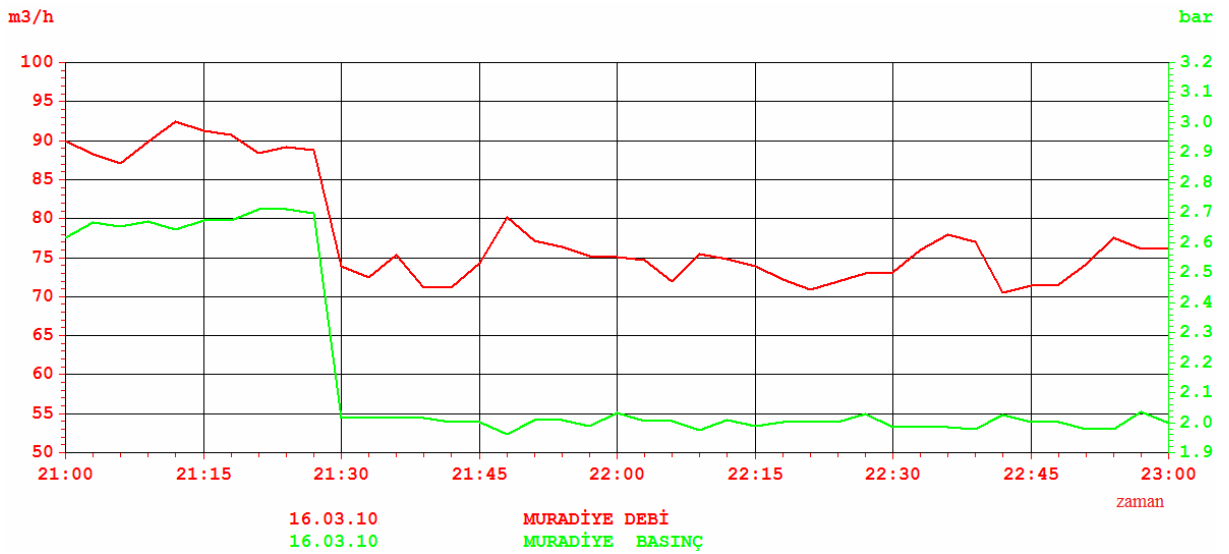


Grafik 4.35. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (21.03.2010 Pazar).



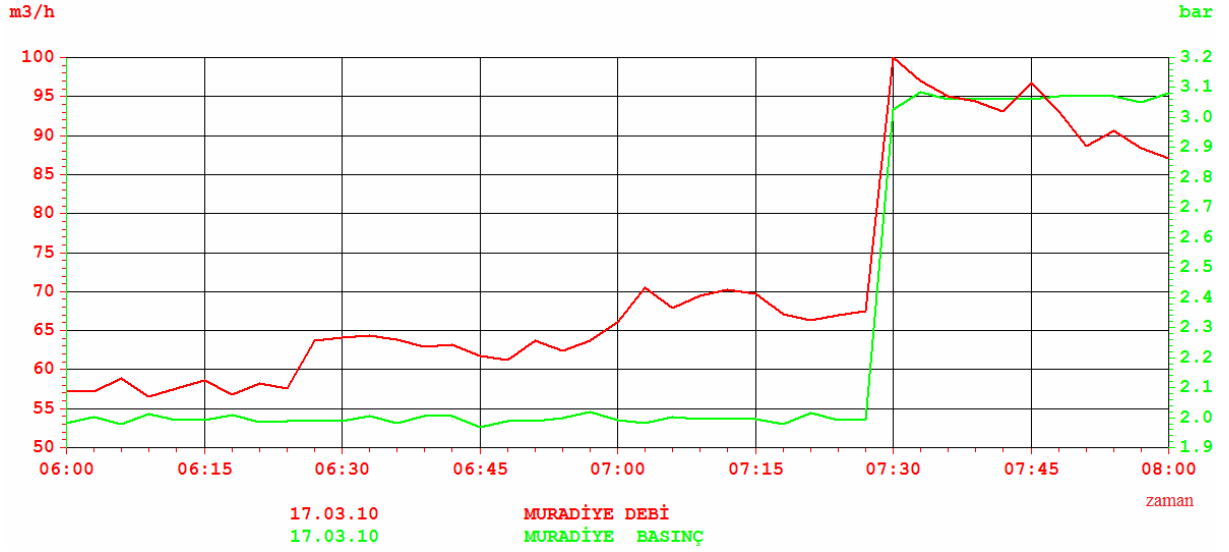
Grafik 4.36. II. zaman dilimindeki bir günlük basınç-su tüketimi grafiği (23.03.2010 Salı).

4.3.3. Saatlik Bazda Su tüketimi Basınç Grafikleri



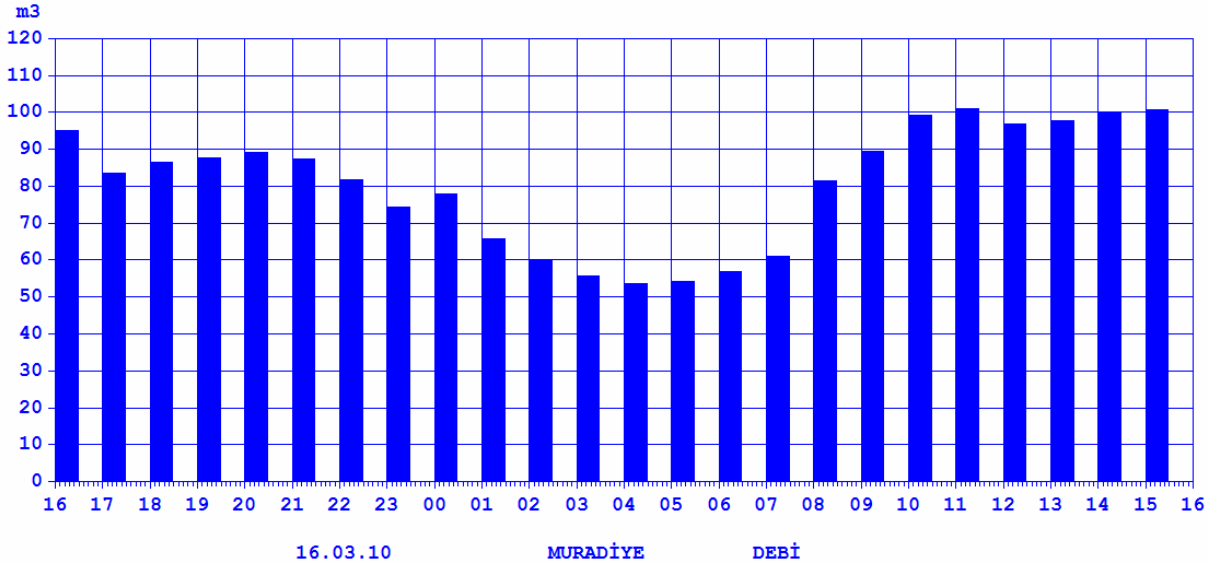
Grafik 4.37. I. zaman diliminde iki saatlik zaman süresi için su tüketimi-basınç grafiği.

Grafik 4.37'de 21.00 ile 23.00 saatleri arasındaki su tüketimi basınç grafiği verilmiştir. Grafik 4.37'de saat 21.30'da basıncın 2.7 bar'dan 2 bar'a düşürülmesi sonucu su tüketiminin de 90 m³'ten 75 m³'e düştüğü görülmektedir.



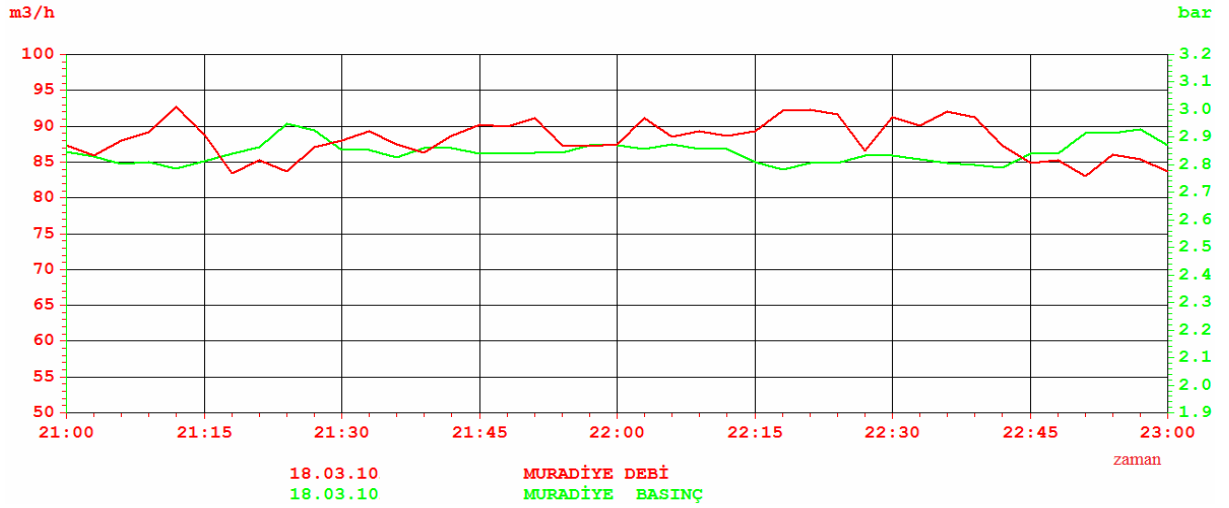
Grafik 4.38. I. zaman diliminde iki saatlik basınç-su tüketimi grafiği (basınç yükselişi).

Grafik 4.38’de 06.00 ile 08.00 saatleri arasındaki su tüketimi basınç grafiği verilmiştir. Grafik 4.38’de saat 07.30’da basıncın 1.96 bar’dan 3.1 bar’a yükselmesi sonucu su tüketiminin 67 m³’ten 100 m³’e yükseldiği görülmektedir.



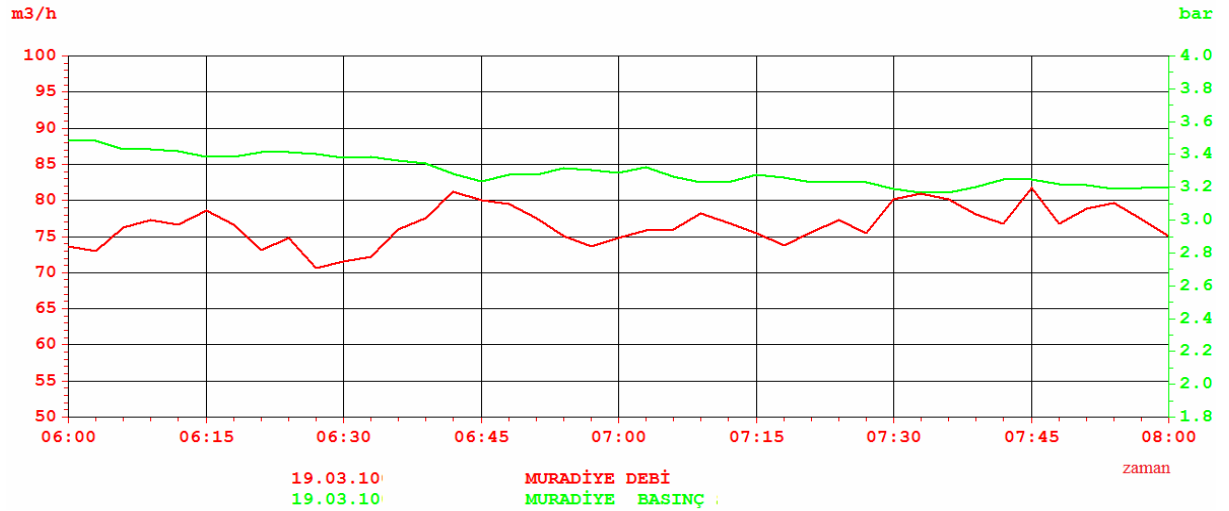
Grafik 4.38a. Bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).

Grafik 4.38a’da günün her bir saati sütunlar şeklinde toplam su tüketimi olarak gösterilmiştir. Grafik 4.38a’da da görüldüğü üzere su tüketimi saat 20.00’den sonra düşüşe geçmiş ve saat 04.00’de 52 m³ seviyesine kadar düşmüştür. Grafik 4.37 ve grafik 4.38’deki su tüketimi değişimleri gün içinde saatlik toplam olarak Grafik 4.38a’da görülmektedir.



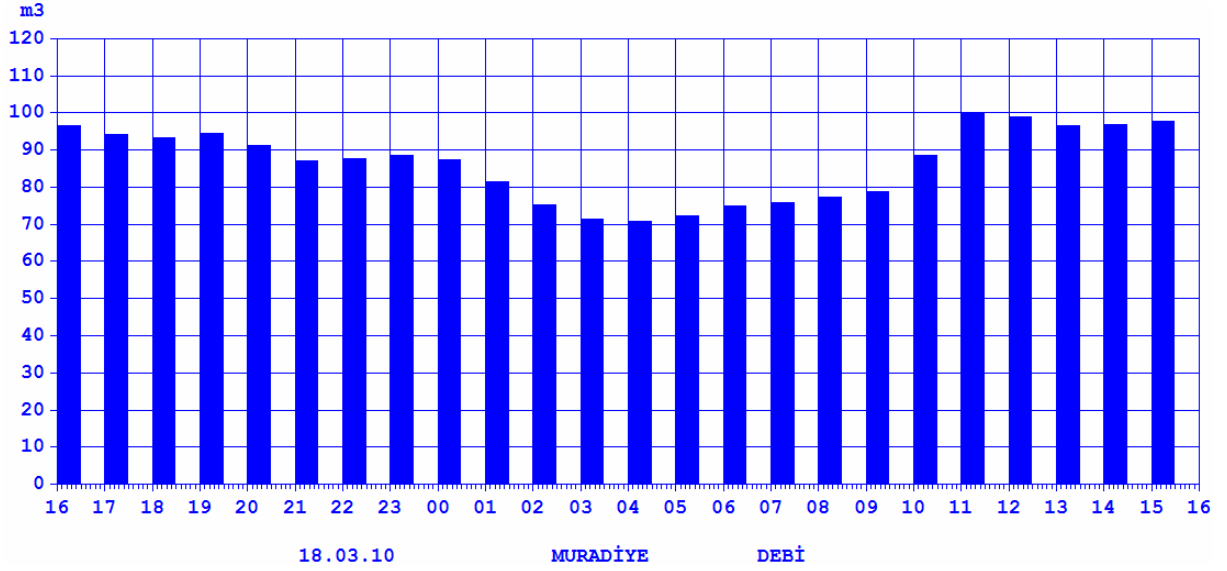
Grafik 4.39. II. zaman diliminde iki saatlik basınç-su tüketimi grafiği (basınç düşürme işlemi iptal edilmiş).

Grafik 4.39’da 21.00 ile 23.00 saatleri arasındaki su tüketimi basınç grafiği verilmiştir. Bu grafikte, Grafik 4.37’den farklı olarak basınç düşürme işlemi uygulanmamıştır. Grafik 4.39’da basınç su tüketimi grafiğinin normal seyrinde ilerlediği görülmektedir.



Grafik 4.40. II. zaman diliminde iki saatlik basınç su tüketimi grafiği.

Grafik 4.40’da, Grafik 4.38’in elde edildiği aynı saat diliminde basınç düşürme işlemi uygulanmaması sonucu basınç ve su tüketiminin normal seyrinde ilerlediği görülmektedir.



Grafik 4.40a. Bir günlük su tüketimi grafiği (saatlik toplam).

Grafik 4.40a’da günün her bir saati sütunlar şeklinde toplam su tüketimi gösterilmiştir. Grafik 4.40a’da da görüldüğü üzere gün içinde su tüketimi 70 m³’ün altına düşmemiştir. Bunun sebebi basınç düşürme işleminin uygulanmamış olmasıdır. Grafik 4.39 ve Grafik 4.40’ın saatlik toplam olarak görünümüleri Grafik 4.40a’da görülmektedir.

5. SONUÇLAR

Ülkemiz genelinde bulunan su idareleri şehir su şebekesindeki su kayıplarını azaltmak ve kullanıcıya sağlıklı su sunabilmek için sürekli çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar genellikle arıza ve su kayıp tespiti yapıp gerekli onarımları yapmaktan ibaret olmaktadır. Şebeke çatlaklarından kaçıp yeryüzüne çıkamayan suyun büyük bir kısmı tespit edilememekte ve israf olmaktadır. Yüksek basınç altında bu su kayıpları daha fazla olmaktadır. Yüksek basınç altındaki su kayıplarını en aza indirmek için arıza giderme çalışmalarının yanında su şebekelerinde basınç dengesinin de sağlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Diyarbakır ilinde bulunan 12.000 nüfuslu Muradiye Mahallesi'ne ait su şebekesindeki basıncın su tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Farklı aylarda ve farklı zaman periyotlarında su şebekesinin basıncı düşürülmek suretiyle su tüketimindeki değişiklikler araştırıldı. Aylara göre basınç düşürme işleminden kaynaklanan farklı miktarda su tasarruflarının sağlandığı gözlemlenmiştir

Çalışmadan elde edilen sonuçlar;

- Ekim 2009 ayında yapılan çalışma neticesinde aylık 2393.5 m³ su tasarrufu sağlanmıştır.
- Kasım 2009 ayında yapılan çalışma neticesinde aylık 3612m³ su tasarrufu sağlanmıştır.
- Mart 2010 ayında yapılan çalışma neticesinde aylık 5450.94 m³ su tasarrufu sağlanmıştır.

Yukarda belirtilen sonuçlardan Mart 2010 ayına ait tasarrufun diğer aylardan daha fazla olmasının nedeni, gün içinde daha uzun süreyle basınç düşürme işleminin uygulanmış olmasıdır. Söz konusu çalışmanın yapıldığı alan şehir nüfusunun %1.5'lik bir kısmını kapsamaktadır. Benzer su şebekesi ve basınç problemlerinin şehrin genelinde olduğu düşünüldüğünde aynı sistem Diyarbakır ili geneline uygulanırsa 363.380 m³/ay'lık bir su tasarruf sağlanacaktır. Böylece yıllık 4360560 m³'lük su tasarrufu sağlanmış olacaktır. Diyarbakır şehir merkezine bir ayda verilen su miktarı yaklaşık 4.5 milyon metreküptür. Böyle bir çalışmayla yapılacak bir yıllık su tasarrufunun Diyarbakır ili'ne bir ayda verilen

su miktarına yaklaşık eşit olduğu görülmektedir.

Bu çalışma için yapılan yatırım maliyetleri toplamı 17.000 TL civarındadır. Yaklaşık olarak 1 m³ suyun kuruma maliyeti 1 TL'dir. Bu veriler ışığında kurulan sistem yatırım maliyetlerini yaklaşık 3 ayda amorti edecektir.

Şehir suyu şebekelerindeki su kayıplarını en aza indirmek için, ülkemizdeki belediyelerin su yönetimlerinin kurumsal kapasiteleri ve teknik donanımları güçlendirilmesi oldukça önemlidir. Su kayıplarıyla ilgili gereği yapılmayan şebeke sistemleri ile temiz ve hijyenik suyun tüketiciye sunulması çok zordur. İçme suyu şebeke sistemi ya belediye su yönetimleri tarafından veya özel sektör tarafından izlenmesi oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] a) www.dsi.gov.tr b) **Gülteren, N.**, *Türk Dünyası İncelemeleri Dergisi / Journal of Turkish World Studies*, 2006. **VI**, 1, 75-80, İZMİR.
- [2] www.iski.gov.tr/web/statik.aspxKID=1001916
- [3] **Öztürk, M.**, 2009. İçme Suyu Şebeke Sisteminde Kaçak-Kayıplar.
- [4] **Ekinci, Ö., Konak, H., Öztürk, E.**, 2005. Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi Su Dağıtım Şebekeleri İçin Minimum Yük Kayıplı Bir Optimizasyon Stratejisi **92**.
- [5] Diski Genel Müdürlüğü Scada sistemi verileri
- [6] Bermard ve C-valve Basınç düşürücü vana katalogları.
- [7] **Yılmaz, S.**, 2005. Konutlarda Su Şebeke Basıncının Su Tüketimine etkileri, *Teknoloji*, **8**, 2, 157-166.
- [8] **Pala, B., Latifoğlu, A.**, İçme Suyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıpları: Kayseri İli Örneği, Alter Uluslar arası Mühendislik Müşavirlik Limitet Şirketi, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Beytepe, 06532, Ankara.
- [9] **Kayaga, S.**, 2008. Water Loss Management in Distribution Systems: An Overview, Loughborough University, Switch.
- [10] **Öztürk, M.**, 2007. İçme Suyu Temininde Entegre Su Yönetimi(1) Şebeke Sisteminde Sızıntı Sularının Önlenmesi.
- [11] **UNEP**, 2006. United Nations Environment Program official website.
- [12] **Roberts, H. F.**, 1985. Tomorrow's Technology for Today's Problems", *American Water Works Association Journal*, **11**, 6, 59-65.
- [13] a) **Alter and Dorch Consult**, 1998. *Kayseri Water Supply Project Water Balance*

Report b) **Lai, C.C.**, 1991. Unaccounted for Water and the economics of Leak detection, *Water Supply*, **9**, 3-4, IR1-.

[14] **Arreguin-Cortes, F. I.**, and **Ochoa-Alejo L. H.**, 1997. Evaluation of Water Losses in Distribution Networks, *Journal of Water Resources Planning and Management* 284-291.

[15] **Aydın, A. F.**, **Uyak, V.**, **Öztürk, İ.**, **Çakmakçı, M.**, **Özger, M.** ve **Soyer, E.**, 2008. İçme suyu Şebekelerindeki Su Kayıplarının Durumu ve Kontrol Yöntemleri, Kent Yönetimi, *İnsan ve Çevre Sorunları'08 Sempozyumu*.

[16] Doğu Vana ve Döküm San. Tic. Ltd. Şti. Tanıtım katalogları.

[17] **Esen, E. S.**, 2002. Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Sosyal Fiziki Altyapı Dairesi Başkanlığı, KasımDPT – *Uzmanlık Tezleri*, Yayın No: DPT: 2656.

ÖZGEÇMİŞ

Şefik KOCAKAYA, 1974 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Diyarbakır'da farklı okullarda tamamladıktan sonra 1994 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 1999 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2001 yılında Diski Genel Müdürlüğü'nde makine mühendisi olarak işe başladı ve hala bu kurumda çalışmaktadır. 2002 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.