

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ HİDROLİK ANABİLİM DALI**

**DENİZLİ İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKESİNİN ALT
ÖLÇÜM BÖLGELERİNE AYRILIP BASINÇ YÖNETİMİNİN
SAĞLANMASI VE SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGE ÖNDER SAVAŞ

DENİZLİ, KASIM - 2019

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ HİDROLİK ANABİLİM DALI



**DENİZLİ İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKESİNİN ALT
ÖLÇÜM BÖLGELERİNE AYRILIP BASINÇ YÖNETİMİNİN
SAĞLANMASI VE SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGE ÖNDER SAVAŞ

DENİZLİ, KASIM - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

BİLGE ÖNDER SAVAŞ tarafından hazırlanan “DENİZLİ İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKESİNİN ALT ÖLÇÜM BÖLGELERİNE AYRILIP BASINÇ YÖNETİMİNİN SAĞLANMASI VE SU KAYIPLARININ İNCELENMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 22.11.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

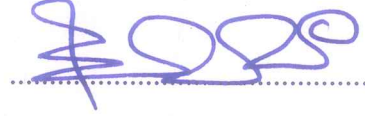
Jüri Üyeleri

İmza

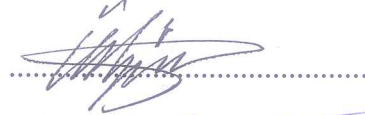
Danışman
Doç. Dr. Fatih DİKBAŞ
Pamukkale Üniversitesi



Eş Danışman
Prof. Dr. Mahmud GÜNGÖR
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Prof. Dr. Ülker GÜNER BACANLI
Pamukkale Üniversitesi



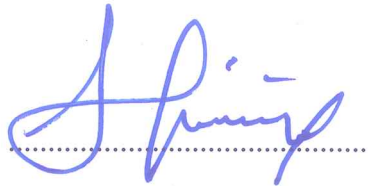
Üye
Doç. Dr. Ceyhun ÖZÇELİK
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Gürhan GÜRARSLAN
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 11/12/2019 tarih ve 49/06... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.


BİLGE ÖNDER SAVAŞ

ÖZET

**DENİZLİ İÇME SUYU DAĞITIM ŞEBEKESİNİN ALT ÖLÇÜM
BÖLGELERİNE AYRILIP BASINÇ YÖNETİMİNİN SAĞLANMASI VE SU
KAYIPLARININ İNCELENMESİ**
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGE ÖNDER SAVAŞ
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ HİDROLİK ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. FATİH DİKBAŞ)
(EŞ DANIŞMAN:PROF. DR. MAHMUD GÜNGÖR)
DENİZLİ, KASIM - 2019

İçme suyu dağıtım sistemlerinde etkin ve sürdürülebilir su kayıp yönetimi için, verilerin doğru ve sürekli bir şekilde ölçülmesi, dağıtım sisteminin ve bileşenlerinin izlenebilir ve kontrol edilebilir olması oldukça önemlidir. Ancak dağıtım sisteminin genelinde eş zamanlı olarak bu uygulamaların yerine getirilmesi oldukça zordur. Bu nedenle bu çalışmada, kentsel su yönetiminde su kayıplarının farkına varılması, azaltılması, önlenmesi ve kontrol altına alınması gibi çalışmaların daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesi için izole alt ölçüm bölgelerinin oluşturulması hedeflenmiştir.

Bunun için Denizli İli merkez içme suyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Basınç yönetimi yapılmadan önce, içme suyu dağıtım sistemi incelenmiş ve her bir içme suyu deposunun beslediği bölgeler belirlenmiştir. İzole alt ölçüm bölgelerinin oluşturulmasında, bölge sınırlarının belirlenmesi, giriş nokta sayısı ve yerinin tespit edilmesi ve bölgenin diğer şebeke elemanlarından izole edilmesi için kullanılan izolasyon (yalıtım) vanalarının yerinin belirlenmesi sistemin tam olarak izole edilmesi açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışma kapsamında, içme suyu depo bölgelerine göre izole alt ölçüm bölgelerinin oluşturulması, seçilen ekipmanlar, yapılan analizler, sahada yapılan çalışmalar ve beklenen faydalar araştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER:İzole, Ölçüm, Bölgesi, Basınç, Yönetimi, Su, Kayıpları.

ABSTRACT

DIVIDING DENİZLİ DRINKING WATER NETWORK INTO SUB-MEASUREMENT REGIONS FOR PRESSURE MANAGEMENT AND INVESTIGATION OF WATER LOSSES

MSC THESIS

BİLGE ÖNDER SAVAŞ

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT OF HYDRAULICS**

(SUPERVISOR:DOÇ.DR.FATİH DİKBAŞ)

(CO-SUPERVISOR:PROF.DR.MAHMUD GÜNGÖR)

DENİZLİ, NOVEMBER 2019

For effective and sustainable water loss management in drinking water distribution systems, it is very important to measure the data accurately and continuously, and to monitor and control the distribution system and its components. However, it is very difficult to implement these applications simultaneously throughout the distribution system. Therefore, in this study, it is aimed to create isolated sub-measurement zones in order to carry out activities such as realizing, reducing, preventing and controlling water losses in urban water management in a more effective and sustainable way.

For this purpose, the central drinking water distribution system of Denizli was selected as the application area. Prior to pressure management, the drinking water distribution system was examined and the zones fed by each drinking water reservoir were determined. In the formation of isolated sub-measurement zones, determining the boundaries of the region, determining the number and location of the entry point and locating the isolation valves used to isolate the region from the other network elements is very important for the complete isolation of the system.

With in the scope of this study, the creation of isolated sub-measurement zones according to drinking water storage zones, selected equipment, analyzes, field studies and expected benefits were investigated.

KEYWORDS: Isolated, Sub-Measurement, Zone, Prevention, Of, Water, Losses.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Beklenen Faydalar	2
1.2 Önceki Çalışmalar	3
1.3 İlgili Mevzuat	5
2. ÇALIŞMA ALANI	6
2.1 Kuruçay İçme Suyu Deposu Besleme Alanı	8
2.2 Alt Ölçüm Bölgesi Nedir?	8
2.2.1 Alt Ölçüm Bölgesi Oluşturulmasının Nedenleri Nelerdir?.....	9
2.2.2 Alt Ölçüm Bölgesi Oluşturulma Ölçütleri	10
3. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM	12
3.1 Sadece Gözlemleyerek Yönetmek.....	13
3.2 Sabit Çıkış Basıncı İle Yönetmek.....	14
3.2.1 Şebekede Yüksek Tüketim Olursa Ne Olur?	14
3.2.2 Şebekede Düşük Tüketim Olursa Ne Olur?	14
3.3 Dinamik Çıkış Basıncı İle Yönetmek.....	15
4. ARAZİ İŞLERİ	17
4.1 AÖB Ait Temel Verilerin Çıkarılması	17
4.2 Mevcut Durumdaki Tüketim Miktarlarının Ölçülmesi	18
4.3 Alt Ölçüm Bölgelerinin Nasıl İşletileceğine Karar Verilmesi	19
4.4 Ekipmanların Sahaya Montajı	20
5. UYGULAMA	25
5.1 Sisteme Müdahale Yokken.....	25
5.2 Sabit Çıkış Basıncı İle	26
5.3 Dinamik Çıkış Basıncı İle	27
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	31
6.1 Basınç Yönetiminin Değerlendirilmesi	32
6.2 SSDT, ILI ve UARL Katsayıları	33
6.3 Kazanımlar	33
7. KAYNAKLAR	37
8. EKLER	39
9. ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Denizli'nin coğrafi konumu	6
Şekil 2.2: Kuruçay içme suyu deposu besleme alanı.....	7
Şekil 2.3: 6 adet içme suyu depo zonunun alt ölçm bölgelerine ayrılmış hali	9
Şekil 2.4: Alt ölçüm bölgelerinin beslenme durumu	11
Şekil 3.1: Bölge girişlerinde kullanılan veri kaydediciler	14
Şekil 3.2: Kritik noktalarda kullanılan veri kaydediciler.....	15
Şekil 3.3: Sabit çıkış basıncında kritik noktadaki basınç salınımı.....	14
Şekil 3.4: Dinamik çıkış basıncında kritik noktadaki basınç salınımı.....	15
Şekil 4.1: 1193 ve 1196 nolu sokakları genel görünümü ve kotları	20
Şekil 4.2: Basınç düzenleyici kontrol vanası	21
Şekil 4.3: Ultrasonik debimetre	21
Şekil 4.4: AÖB'lerinde ekipmanların dizilimi.....	22
Şekil 4.5: AÖB oda inşaatı için yapılan kazı çalışması	22
Şekil 4.6: AÖB oda inşaatının temel ve perde duvarları	23
Şekil 4.7: Giriş odalarında kullanılan ekipmanlar	23
Şekil 4.8: Giriş odalarında kullanılan veri kaydediciler	24
Şekil 5.1: (27/04-11/05) (Sisteme müdahale yokken)	25
Şekil 5.2: (11/05-20/05) (Sabit çıkış basınçlı ile) - 1.....	26
Şekil 5.3: (11/05-20/05) (Sabit çıkış basınçlı ile) - 2.....	27
Şekil 5.4: (10/05-23/05) (Dinamik çıkış basıncı ile) - 1	27
Şekil 5.5: (10/05-23/05) (Dinamik çıkış basıncı ile) - 2	28
Şekil 5.6: (27/04-23/10) (Dinamik çıkış basıncı ile)	29
Şekil 6.1: Kaçak çeşitleri	31
Şekil 6.2: 5 yıllık veriler (m ³)	32
Şekil 6.3: Kaçak çeşitlerine göre değişen debi-zaman grafikleri	34
Şekil 6.4: Kaçak çeşitlerine göre kaybolan su miktarı	34

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: Alt ölçüm bölgelerine ait veriler	18
Tablo 4.2: Mevcut durumdaki AÖB'nin debi değişimleri	18
Tablo 5.1: Farklı çalışma durumlarına göre geçen debi miktarları	30
Tablo 6.1: Basınç yönetimi ile sisteme kazandırılan su	33

SEMBOL LİSTESİ

AÇB	: Asbes Boru
AÖB	: Alt Ölçüm Bölgesi
BBS	: Bina Bağlantı Sayısı
BKV	: Basınç Kontrol Vanası
DESKİ	: Denizli Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi
DSİ	: Devlet Su İşleri
HDPE	: High Density Polyethylene
ILI	: International Liquid Index
UARL	: Kaçınılmaz Yıllık Fiziksel Kayıplar
KGK	: Kaçınılmaz Gerçek Kayıplar
MSS	: Metre Su Sütunu
PVC	: Poli Vinil Clorür
SCADA	: Entegre Veri Tabanlı Kontrol ve İzleme Sistemi
SSDT	: Standart Su Dengesi Tablosu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UARL	: Anavailable Real Liquid

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında yol gösteren, her türlü katkı ve desteği sağlayan, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, danışman ve hocalarım Sayın Doç. Dr. Fatih DİKBAŞ ve Prof. Dr. Mahmud GÜNGÖR'e,

Çalışmakta olduğum Denizli Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (DESKİ)'nin İçme Suyu Daire Başkanlığında ilgili birimlerinde sorumlu ve görevli olan ve her türlü bilgileriyle destekte bulunan ustalarım, şeflerime, şube müdürlerime, Daire Başkanım Sayın Ufuk YARAR'a,

İzole bölgelerin oluşturulmasında, basınç yönetimini uygulanmasında ve tez aşamasında her türlü desteği gösteren, tecrübelerini ve bilgi birikimlerini esirgemeyen hocalarım Sayın Prof. Dr. Mahmut FIRAT'a ve Doç. Dr. Ceyhun ÖZÇELİK'e,

Tüm eğitim hayatımda, koşulsuz şartsız her daim yanımda olan başta annem Mürvet ÖNDER'e ve babam Adil ÖNDER'e,

Yüksek Lisans eğitimimde ve tez çalışmamda manevi desteklerini esirgemeyen değerli eşim Bilal SAVAŞ'a ve biricik oğlum Adil Kağan SAVAŞ'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Su kaybının en basit tanımı; şebekeye verilen su ile abonenin kullandığı su arasındaki fark olarak yapılabilir. Su kayıpları, borulardaki su sızıntılarından, izinsiz bağlantılardan ve yanlış kayıt yapan su sayaçlarından oluşmaktadır. Su kaybını oluşturan bu üç elemandan su sızıntıları, borulardaki çatlaklardan, vana bağlantı yerlerinden ve bina içindeki musluk sızıntılarından oluşmaktadır. Su dağıtım boruları genel olarak toprak altında gömülü olduğundan çatlaklardaki su sızıntıları gözle kolayca görülememekte ve dolayısıyla su sızıntılarının tespit edilmesi de zorlaşmaktadır. Su kaybı en basit şekliyle Denklem 1.1’de verilmiştir.

Sisteme verilen su	-	Abonenin kullandığı su	=	Su kaybı	(1.1)
--------------------	---	------------------------	---	----------	-------

Su kaybının sıfır olduğu bir su şebeke sistemi mevcut değildir. Su kayıpları ve şebekedeki sızıntıların bugünkü teknoloji ile tamamen önlenmesi imkânsızdır. Bir şehirde yaklaşık %10 oranında su kaybı normal sayılabilmektedir. Dünyadaki birçok büyük şehirde yaklaşık %50’ye ve hatta daha yüksek oranlara ulaşan su kayıpları olduğuna dair veriler bulunmaktadır. Türkiye’de ülke genelinde %45 oranında su kaybı olduğu tahmin edilmektedir (Cinal,2009).

Dünyada şebekedeki su sızıntıları ve kayıpları ile ilgili çalışmalar 1930’lu yıllarda başlamış ancak birim su maliyetlerinin önemli noktalara yükselmesinden sonra (1970’li yıllar) bu konu daha da önem kazanmıştır. Günümüzde su kaynakları bir taraftan evsel ve endüstriyel atık sularla kirletilirken, diğer taraftan büyük zahmet ve masrafla temin edilen su, kullanıcılara ulaşımaya kadar zayi olmaktadır. Bu bölümde ilk olarak, inceleme alanında daha önce yapılmış olan çalışma incelenmiş ve özetlenmiştir. Daha sonra ülkemizin diğer yörelerinde yapılan çalışmalar ele alınmış olup, son olarak da yabancı araştırmacıların çalışmaları incelenmiştir (Cinal,2009).

Bu amaçla Denizli şehir merkezinde seçilen bir depo bölgesinde; su kayıplarının ve şebekedeki sızıntıların önlenmesi amacıyla şebekede basınç kontrol yönetimi uygulaması yapılmıştır. Mevcut şebekedeki kayıplar daha önceden bilindiği

için, basınç kontrol yönetimi uygulandığındaki durumda oluşan kayıplar kayıt altına alınmış ve önceki veriler ile karşılaştırılmıştır.

1.1 Beklenen Faydalar

Uluslararası literatürde fiziksel kayıpların artmasında veya azaltılmasında bileşen analizi yapılmış ve temel olarak, aktif kaçak kontrolü, boru malzemesi yönetimi, basınç yönetimi ve onarım hızı ve kalitesi şeklinde dört bileşenin önemi vurgulanmıştır (Farley ve diğ. 2008).

İçme suyu dağıtım sistemlerinin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için, sistemin düzenli bir şekilde izlenmesi ve kontrol edilmesi oldukça önemlidir. Özellikle büyük dağıtım sistemlerinde sistemin sağlıklı ve düzenli bir şekilde izlenmesi, abone yönetiminin doğru bir şekilde yürütülmesi, sızıntıların tespit edilmesi ve kayıp kaçak oranının azaltılması gibi çalışmaların yapılması zaman alıcı ve oldukça maliyetlidir. Bu nedenle sistemin ölçülebilir, uygulanabilir ve izlenebilir bir şekilde planlanması ve daha küçük, sınırları belirlenmiş alt bölgelere ayrılması belirtilen çalışmaların gerçekleştirilmesi için oldukça önemlidir.

Alt ölçüm bölgesi temel olarak, sınırları diğer bölgelerden ve şebeke elemanlarından ayrılmış, girişi net bir şekilde belirlenmiş bölgeler olarak tanımlanabilir. İzole alt ölçüm bölgelerinde sistem içindeki abonelerin sayısı ve tüketimleri, şebeke bilgileri net bir şekilde bilindiğinden dolayı aylık veya yıllık su bütçesinin oluşturulması, sistem performansının düzenli bir şekilde izlenmesi, sistemde meydana gelen ve yüzeye çıkmayan (rapor edilmeyen) sızıntıların yerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak sızıntı oranının azaltılması mümkün olabilmektedir.

Yapılan bu çalışmada, Denizli İli örneğinde izole alt ölçüm bölgelerinin oluşturulması, bu bölgelerde debi ve basınç verilerinin izlenmesi ile elde edilen ve beklenen faydalar araştırılmıştır.

1.2 Önceki Çalışmalar

Literatürde izole ölçüm bölgelerin oluşturulması ve saha uygulamaları kapsamında çeşitli çalışmalar mevcuttur.

MacDonald ve Yates (2005) yaptıkları çalışmada alt ölçüm bölgesi tasarımı ve saha uygulamalarını gerçekleştirmiş, izole ölçüm bölgelerinin gece debisinin izlenmesi, su kayıplarının azaltılması ve önlenmesi çalışmalarında önemli katkılar sağlayacağını vurgulamışlardır. Wu vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, su kayıplarının azaltılması amacıyla izole alt ölçüm bölgesinde basınç ile sızıntı arasındaki ilişkinin saha verilerine göre belirlenmesi amaçlanmıştır. Karadirek vd. (2012) su kayıplarının azaltılması amacıyla 18 izole alt ölçüm bölgesinde basınç yönetimi ve hidrolik modelleme yöntemlerini uygulamıştır.

Çalışma sonucunda su kayıplarının azaltılması ve önlenmesi amacıyla uygulanan yöntemlerden maksimum faydanın elde edilmesinde izole alt bölgelerin oldukça önemli olduğu ve katkılar sağladığı belirtilmiştir. Alkassah vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada izole ölçüm bölgelerinden alınan veriler esas alınarak gece debisinin izlenmesi ve su kayıplarının istatistiksel yöntemlerle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada izole ölçüm bölgelerinin sınırlarının ve boyutunun belirlenmesinin (abone sayısı, hat uzunluğu vb.) oldukça önemli olduğu ve su kayıplarının azaltılmasına yönelik uygulanacak yöntemlerin başarıya ulaşmasında önemli etkilerinin olduğu belirtilmiştir.

Gençer Gençoğlu and Nuri Merzi (2016) tarafından “Fazla Basıncın En Uygun Vana Yeri Yerleşimi ve Açıklık Tayini ile Asgariye Çekilmesi ve Su Dağıtım Şebekelerinde Tanımlanması” çalışması yapılmıştır. Çalışmada vana konumlarının ve açıklıklarının belirlenebilmesi için genetik algoritmaya dayanan bir optimizasyon model oluşturulmuştur. Modelin amacı aşırı basınçta, basınç kontrol vanalarını ve bu vanaların açıklıklarını en uygun şekilde ayarlayarak sızıntı nedeniyle oluşan su kayıplarını aza indirmektir. Modelde 89 tane düğüm noktası ele alınmıştır. Modelde kullanılan basınç kontrol vanaları en uygun şekilde belirlenip açıklıkları ayarlanmıştır. Meydana gelen basınçlarda %60 oranında düşüş elde edilmiştir. Basıncın düşürülmesiyle sızıntı nedeniyle oluşan su kayıpları miktarında azalma olacağı varsayılmıştır.

Nicola Fontana, Maurizio Giugni, Luigi Glielmo, Gustavo Marini, Francesca Verrilli (2017) tarafından “Laboratuvar Ortamında Su Dağıtım Şebekelerinde Basınç Kontrolü” çalışması yapılmıştır. Çalışmada; laboratuvar ortamında basınç kontrolü sağlamak için bir su dağıtım şebekesi ağı oluşturulmuştur. Basınç kontrol vanasının çıkış basıncını düzenleyerek, ağıdaki düğüm noktaları incelenmiştir. Değişken giriş basınçlarında basınç kontrol vanasının davranışları da izlenmiştir. Sonuç olarak; sızıntı suyunun basınçla doğrudan ilgili olduğu varsayılmıştır. Çoğu durumda içme suyu şebekesini yeterli servis basıncından daha yüksek basınçta çalıştırılmasının, şebekedeki su kayıplarını arttırdığı gözlemlenmiştir.

KuiZhang, Hexiang Yan, Hanzeng, KunlunXin, Tao Tao (2018) tarafından “Su Dağıtım Şebekesi İçin Çok Amaçlı Optimizasyon Bölümleme Metodu” çalışması yapılmıştır. Çalışmada; su dağıtım şebekelerindeki sızıntı problemleri ele alınmıştır. Çin’de bir araştırma, merkezi su kalitesinin ve ekonominin kapsamlı bir şekilde algılanması için sezgisel bir algoritma olan ve baskın olmayan sıralama genetik algoritmasına dayanmaktadır.

Nourhan Samir, Rawya Kansoh, Walid Elbarki, Amr Fleifle (2017) tarafından “Su Dağıtım Şebekelerinde Sızıntıyı En Aza İndirmek İçin Basınç Kontrolü” çalışması yapılmıştır. Çalışmada basınç ve boru uzunluğunun bir fonksiyonu olarak kaçak modellemesi yapılmıştır. İlgili modelde, kaçak katsayısının kalibre edilmesi, basınç dalgalanmasının geliştirilmesi için sabit basınç düşürme vanalarının kullanılması ve basınç düzenleyici vanaların en etkili ayarlarından sızıntının en aza indirilmesi için hidrolik benzetim programlarında çeşitli senaryolarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. İlgili çalışma Mısır İskenderiye’de, sınırları yalıtım vanaları ile ayrılmış alt ölçüm bölgesinde (AÖB) uygulandı. Hidrolik benzetim programı, ilgili alt bölgedeki ağda bulunan, her bir boruya basınç uygulayarak farklı sızıntı senaryolarını çalıştırmış ve basınç düşürücü vanalardan alınan faydayı göstermeyi hedeflemiştir. Projelendirilen modelde; alt ölçüm bölgesinden geçen sızıntı miktarının basınç düşürülmesi ile %37 oranında azaldığı görülmüştür. Bu yaklaşımın tüm su dağıtım şebekesinde uygulanması halinde, sızıntıdan dolayı kaybedilen suyun sisteme kazandırılacağı varsayılmıştır.

Fatih Mehmet Durmuşçelebi (2018) tarafından “Su Kayıplarının Azaltılması İçin İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinin Rehabilitasyonu ve Fayda-Maliyet Analizi”

çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada teze konu Malatya İli iki şekilde ölçülebilir alt bölgelere ayrılmıştır. Birincisi; alt yapısı yenilenmeyen bölgelerde, ikincisi alt yapısı yenilenen bölgelerde ölçülebilir alt bölge oluşturulmasıdır. Her iki bölgede de, sisteme giren debiler, gece tüketimleri, arıza-onarım bilgileri kayıt altına alınmıştır.

Ölçülebilir alt bölgelerde ilk ölçüm döneminde su kayıp oranları %40-80 aralığında iken, düzenli ölçüm ve izleme ile sistem performanslarında iyileşmeler olduğu tespit edilmiştir. Şebeke rehabilitasyonu yapılmadan, boru malzemesi değiştirilmeden sadece izole vanalarla diğer şebeke bölgelerinden ayrılan yerlerde; abonelere suyun zamanında iletilmemesi, su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılamaması ve çoğu durumda kurum için gelir getirmeyen su oranının artması gibi sonuçlar çıktığı tespit edilmiştir.

1.3 İlgili Mevzuat

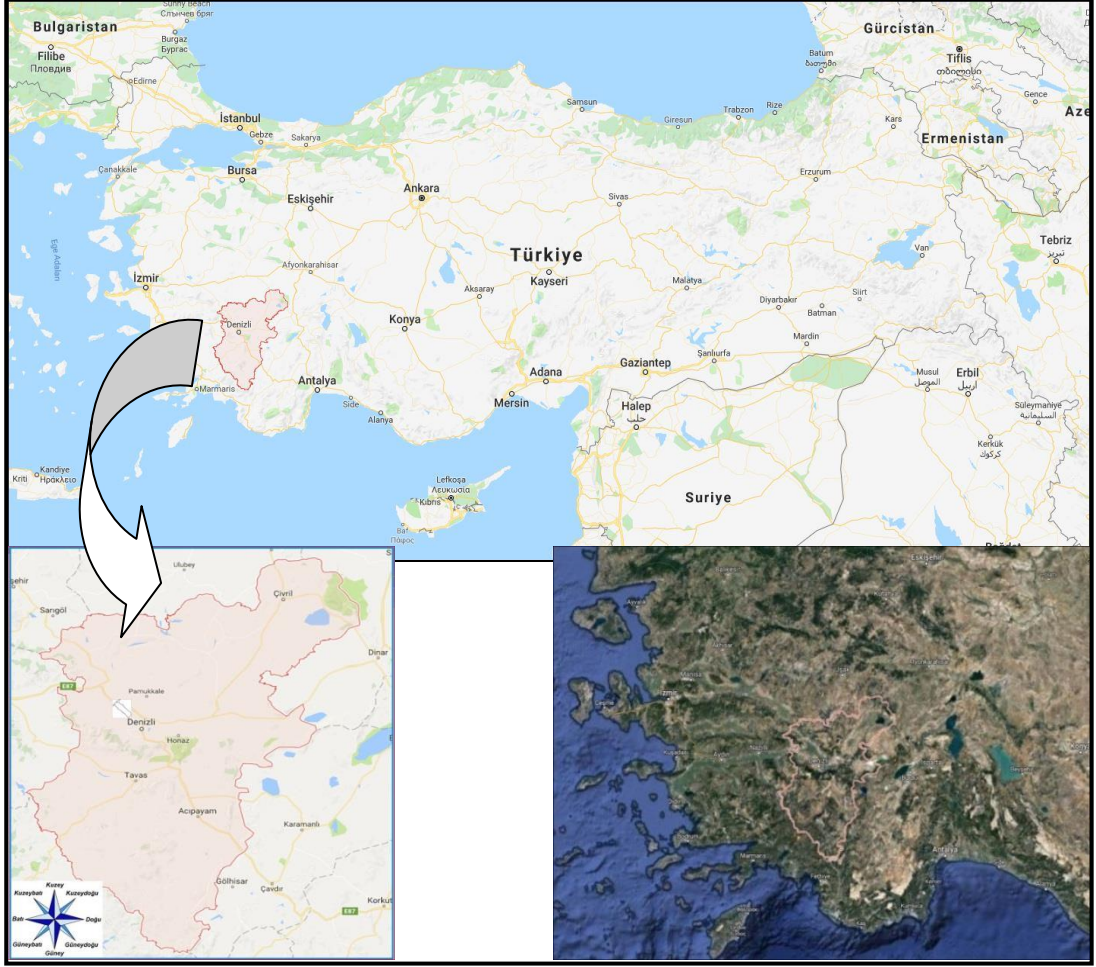
İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği (8 Mayıs 2014, Resmi Gazete No:28994).

İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (16 Temmuz 2015, Resmi Gazete No:29418).

31/08/2019 tarih ve 30874 sayılı Resmi Gazetede, yönetmeliğin 9.maddesi şu şekilde değiştirilmiştir: “Büyükşehir ve il belediyeleri su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %30, 2028 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine; diğer belediyeler su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %35, 2028 yılına kadar en fazla %30, 2033 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine indirmekle yükümlüdürler.”

2. ÇALIŞMA ALANI

Denizli İli, Türkiye'nin batısında, İç Ege Bölgesinde yer almaktadır. Doğusunda Burdur, Afyon, batısında Aydın, Manisa, kuzeyinde Uşak, güneyinde Muğla bulunmaktadır. Denizli İlinin coğrafi konumu Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



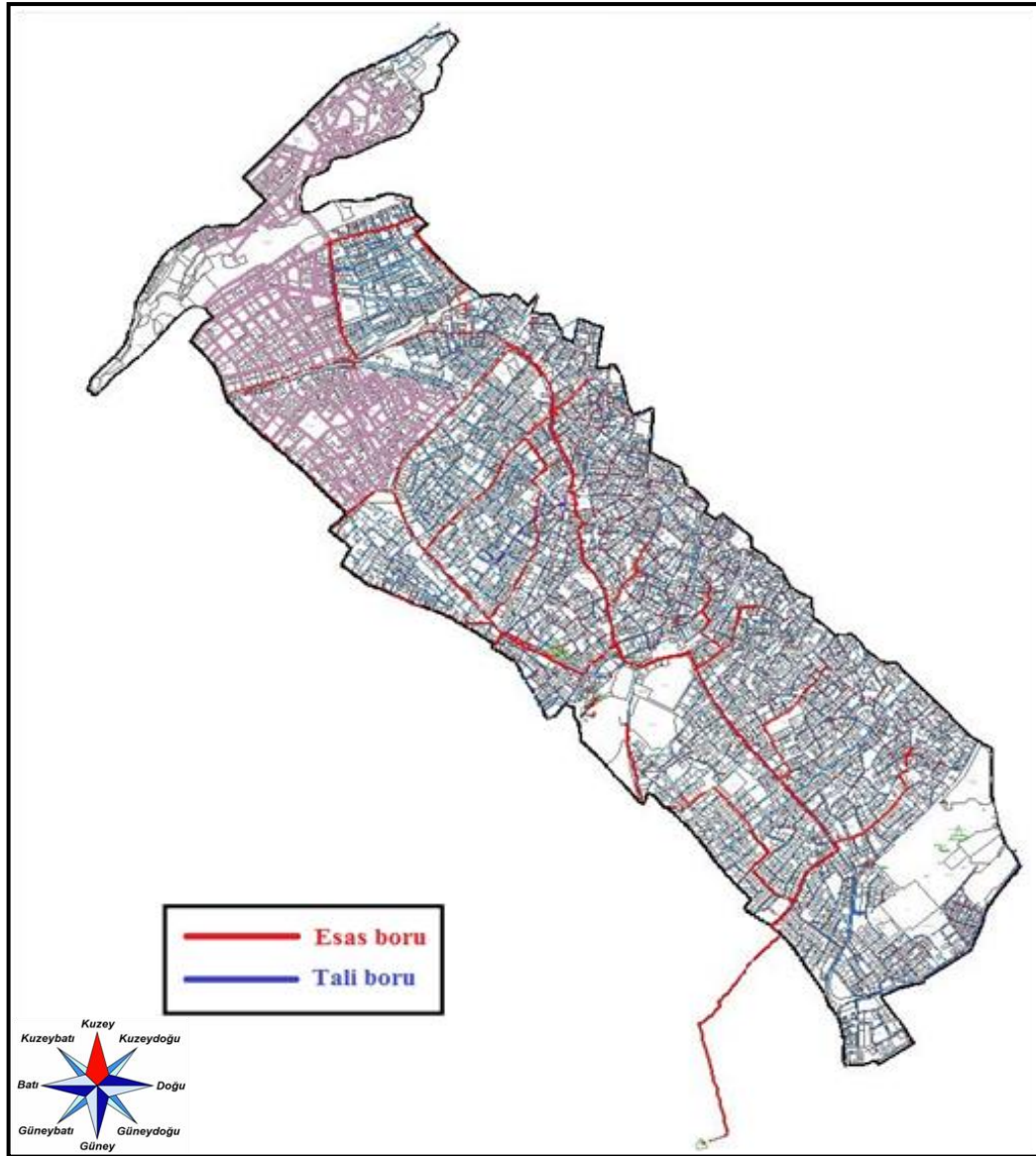
Şekil 2.1: Denizli'nin coğrafi konumu

Denizli İline su sağlayan en büyük kaynaklar Gökpınar, Derindere, Yukarı Santral ve Başkarcı – İsrail kaynakları olarak sıralanabilir.

Denizli'yi besleyen kaynakların haricinde irili ufaklı birçok kaynak bulunmaktadır. Bu kaynaklar genel olarak dağlarda toplanan suların akışa geçmesi ile meydana gelmekte ve mevsimsel akış değerleri farklı olmaktadır. Denizli ili, hidrojeolojik açıdan yüksek yeraltı suyu potansiyeline sahip bir bölgede yer almaktadır. Belediye sınırları içerisinde İller Bankası, DSİ ve Denizli Belediyesi

tarafından açılmış çok sayıda kuyu vardır. Bu kuyular birçok farklı bağlantı ile şehir şebeke ve depolarını beslemektedir (Temelsu, 2012).

Denizli içme suyu şebeke sistemi; ana boru, esas boru, tali boru, içme suyu depoları, pompa ve terfi merkezlerinden oluşmaktadır. Ana boru; kaynaktan, arıtma tesisinden ya da pompa istasyonundan alınan suyu ilgili içme suyu deposuna ya da depolar arası birbirine taşıyan borulardır. Esas boru; içme suyu deposundan abone bağlantısına kadar giden ve ana borudan kol alan borulardır. Tali boru; esas borudan abone sayacına kadar olan borudur (Temelsu, 2012). Teze konu Kuruçay İçme Suyu Depo zonu ve ilgili zonun esas ve tali boruları Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Kuruçay içme suyu deposu besleme alanı

Denizli İl merkezinde yaklaşık 3000 km şebeke, 1700 km de isale hattı bulunmaktadır. İçme suyu şebekesi PVC, HDPE, Düktil, Çelik ve az miktarda Asbest borulardan oluşmaktadır. Teze konu çalışma alanı; Denizli İli, Merkezefendi İlçesi, Çamlık Mahallesinde bulunan Kuruçay içme suyu deposu besleme alanı olarak seçilmiştir.

2.1 Kuruçay İçme Suyu Deposu Besleme Alanı

Depo adı	:Kuruçay
Hacmi	:5000 m ³
Krepin Kodu	: 477.32 m
Beslenen en üst kot	:447 m
Beslenen en alt kot	: 390 m

İlgili içme suyu deposu doğal kaynak ile beslenmekte olup, giriş borusu Ø800 mm çelik borudur. İçme suyu deposuna gelen su, Ø700 mm çelik boru ile alt kottaki diğer depoya iletilirken, Ø700 mm çelik boru (esas boru) ile de kendi besleme alanına iletilmektedir. Ø700 mm olarak depodan çıkan çelik boru, besleme alanına suyunu dağıtarak ve çağı küçülerek devam etmektedir.

2.2 Alt Ölçüm Bölgesi Nedir?

Proje aşamasında birbirinden bağımsız olarak projelendirilen veya şebeke üzerinde ilave vanalama yoluyla ayrılan, her birinde ayrı ayrı ölçmenin yapıldığı bir ya da daha fazla noktadan beslenen, bina sayıları belirli, diğer şebekelerden fiziki olarak ayrılan ve bağımsız çalışan her bir içme suyu depo bölgesi içindeki şebeke bölümüne “Alt Ölçüm Bölgesi” (AÖB) denir. İdari ve fiziki su kayıplarının önlenmesi için su dağıtım sistemleri ana basınç bölgeleri ve alt ölçüm bölgelerine ayrılmalıdır.

2.2.1 Alt Ölçüm Bölgesi Oluşturulmasının Nedenleri Nelerdir?

Her hangi bir içme suyu deposunun beslediği ana basınç bölgesi içinde; tüm şebeke elemanlarının cinsinin, yaşının, basınç sınıflarının aynı olması beklenmemektedir. Buna bağlı olarak, büyük bir içme suyu bölgesi içinde hesaplanan su kayıpları, beslenen alan içindeki ortalama bir değerdir. Ve bulunan bu değer ile su kayıplarının azaltılması, suyun kontrol edilebilmesi ve fiziki kayıplarının önlenmesi oldukça zordur.

Abonelere kesintisiz, uygun nitelikte ve istenilen miktarda suyun sağlanabilmesi için içme suyu şebekelerinin kontrol altında olması gerekmektedir. Günümüzde etkin su kayıpları kontrolü, verilen suyun izlenmesi ve izlenen parametrelerdeki küçük değişimlerin dahi tespit edilebilmesi için büyük şebekelerin küçük ve hidrolik olarak bağımsız alt ölçüm bölgelerine (AÖB) ayrılması kabul gören bir yaklaşımdır. 6 adet içme suyu depo zonunun alt ölçüm bölgelerine ayrılmış hali Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3: 6 adet içme suyu depo zonunun alt ölçüm bölgelerine ayrılmış hali

2.2.2 Alt Ölçüm Bölgesi Oluşturulma Ölçütleri

Alt Bölge Boyutu: Bir alt bölge içindeki bina bağlantı sayısı genelde 1000-3000 arasındadır. Bina bağlantı sayısı azaltılabilir ancak bu durumda maliyet artacaktır.

Alt Bölge Giriş ve Çıkış Debimetre Sayıları: İstenilen çözüm her bölgenin tek girişten beslenmesidir ancak uygulamada bu durum her bölge için geçerli olmamaktadır. Ama projecilerin uygulanabilirlik açısından olabildiğince tek girişli alt bölge tasarımları hem maliyet hem de kontrol edilebilmesi açısından daha iyidir.

Alt Bölge İçindeki Basınç Değişimleri: Çevrilen alandaki basınç farkları ne kadar az ise basınç seviyeleri de daha dengeli değişir. Alt bölgedeki basıncın yönetilmesi kolaylaşır.

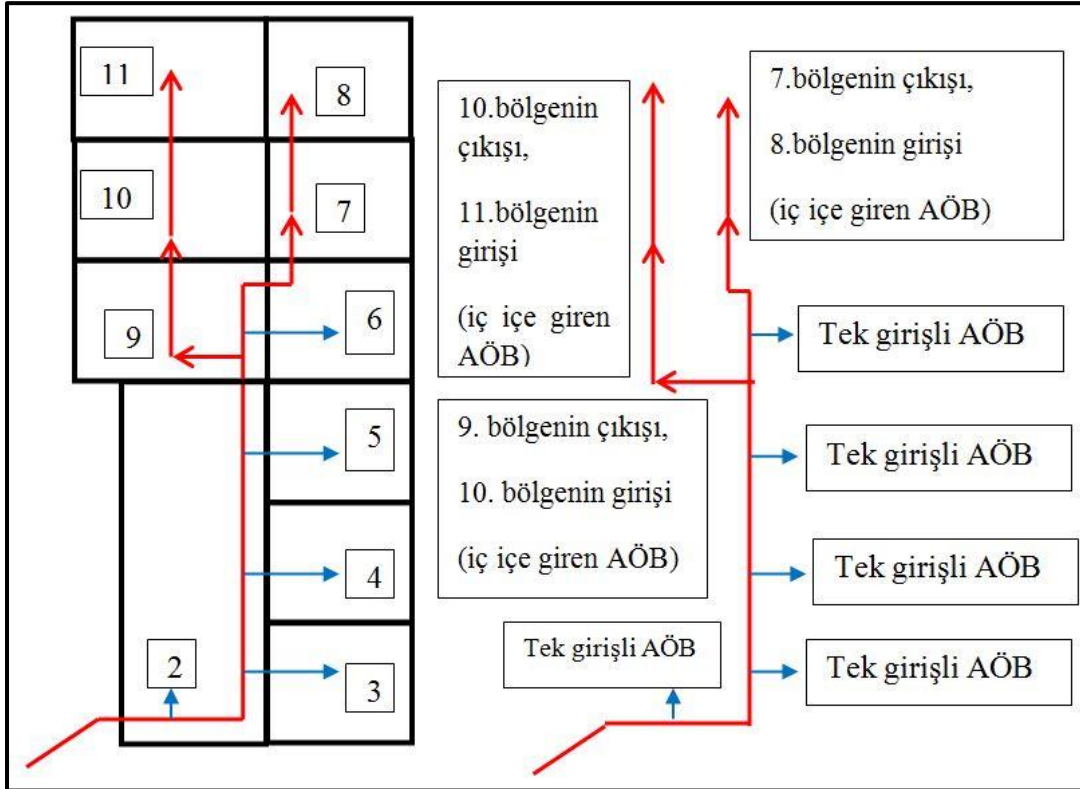
Alt Bölge Sınırları: Alt bölgelerin komşu bölgelerden yalıtım vanaları ya da alanın topoğrafik (kanal yolu, tren yolu, ana cadde vb.) özelliklerine göre ayrılması ve sıfır basınç testinin doğrulanması sistemin çalışabilmesi için önemlidir.

Alt Bölge İçindeki Vanaların Durumu: Alt bölge oluşturulması düşünülen tüm alandaki vanaların sayısal koordinatları paftaya işlenmelidir. Olası bir yalıtım vanasının açılıp kapanması durumunda sisteme nereden su girişinin olabileceği bilgisi bilinmeli ve eğer yapılabiliyorsa diğer bölgelerden ayırmak için ilgili hatların körlenmesi gerekmektedir.

AÖB projeleri oluşturulurken; yukarıda bahsedilen ölçütlerden bir ya da birkaçına birden uymak, projelendirilen bölgelerin fiiliyatta geçirildiğinde en doğru şekilde çalışmasını sağlayacaktır. Olması istenen her bir AÖB'nin ayrı kollardan beslenmesi ve buna bağlı olarak ilgili alt bölgelerde debi ölçümlerinin, gece debi değişimlerinin, en fazla ve en düşük kullanım miktarlarının kayıt altına alınabilmesidir. Bazı kaçınılmaz durumlarda; birbiri içine giren AÖB de tasarlanmaktadır. Bu tip bölgelerde; biri için çıkış borusu olan hat, diğerinin besleme noktası olabilmektedir. Buralarda izlenen ölçütlerde fark hesabı yapılarak devam edilmesi gerekmektedir. Ama her iki durumda da AÖB olarak projelendirilen

alanlarda, bölgeler arası geçişin olmadığını, sıfır basınç testi uygulanarak teyit etmek gerekmektedir.

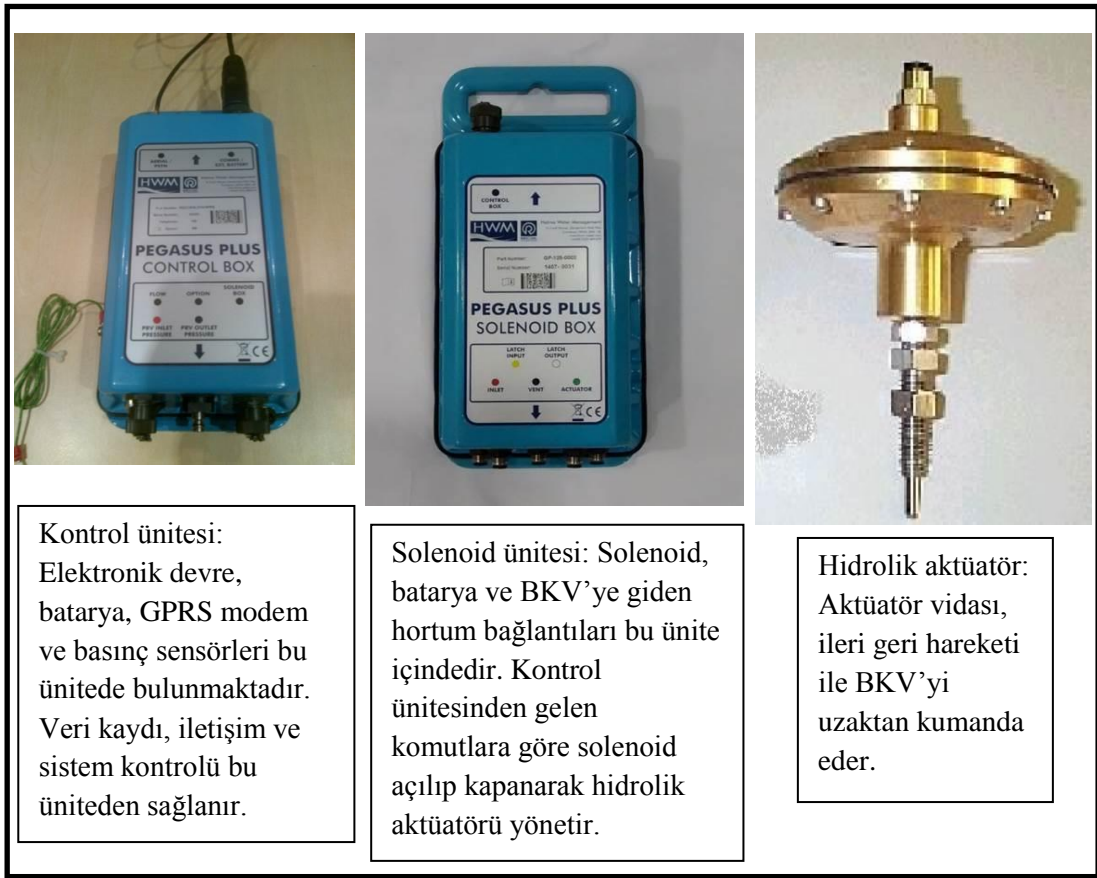
Kuruçay İçme Suyu Depo zonu 10 adet AÖB'ne ayrılmıştır. 2., 3., 4., 5.,6., AÖB'leri tek girişli olarak beslenirken; 7., 8., 9., 10., 11. AÖB'leri birbiri içine geçerek beslenmektedir. Kuruçay İçme Suyu Depo zonuna ait alt bölgelerin beslenme durumu Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



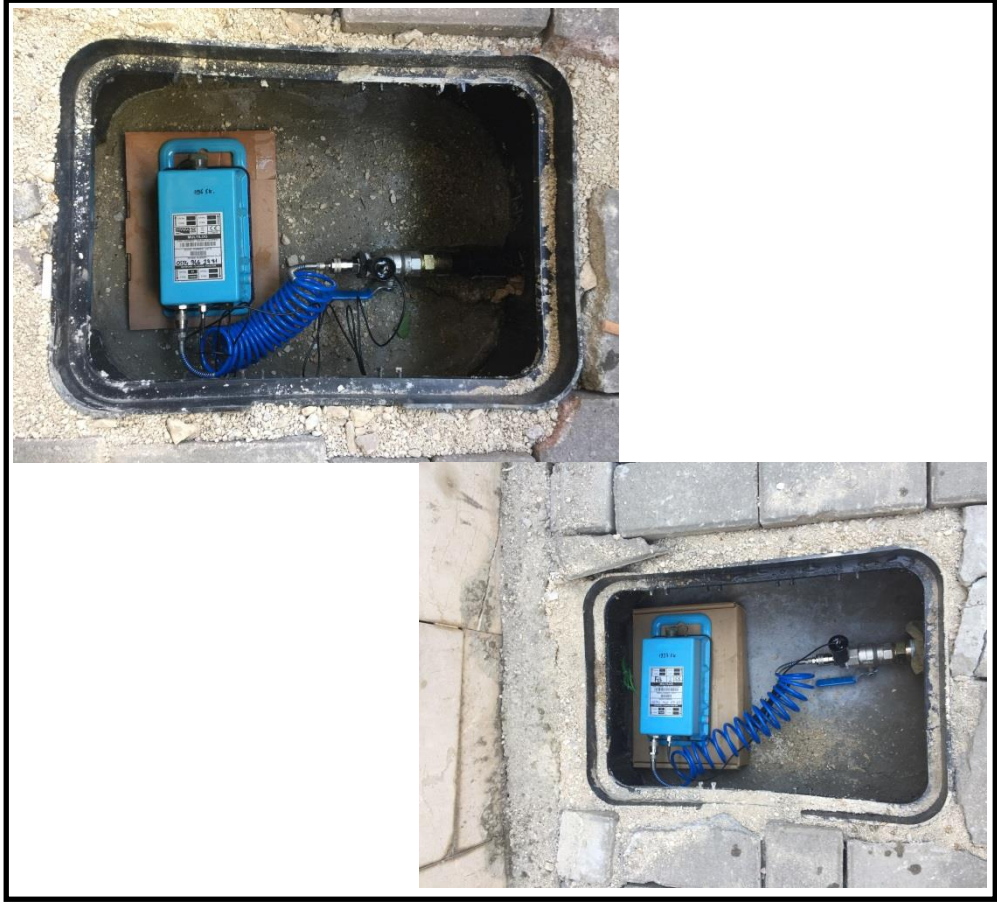
Şekil 2.4: Alt ölçüm bölgelerinin beslenme durumu

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM

Her alt bölge girişine ve ilgili alt bölgenin kritik noktasına (en uzak yada en yüksek nokta) veri kaydediciler yerleştirilmiştir. Bölge girişlerindeki veri kaydediciler; kontrol, selenoid üniteleri ve hidrolik aktüatörden oluşmuş olup, Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Kritik noktadaki verici kaydediciler, sadece noktanın basıncını ölçmek için tasarlanmış olup, Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Bölge girişlerinde kullanılan veri kaydediciler



Şekil 3.2: Kritik noktalarda kullanılan veri kaydediciler

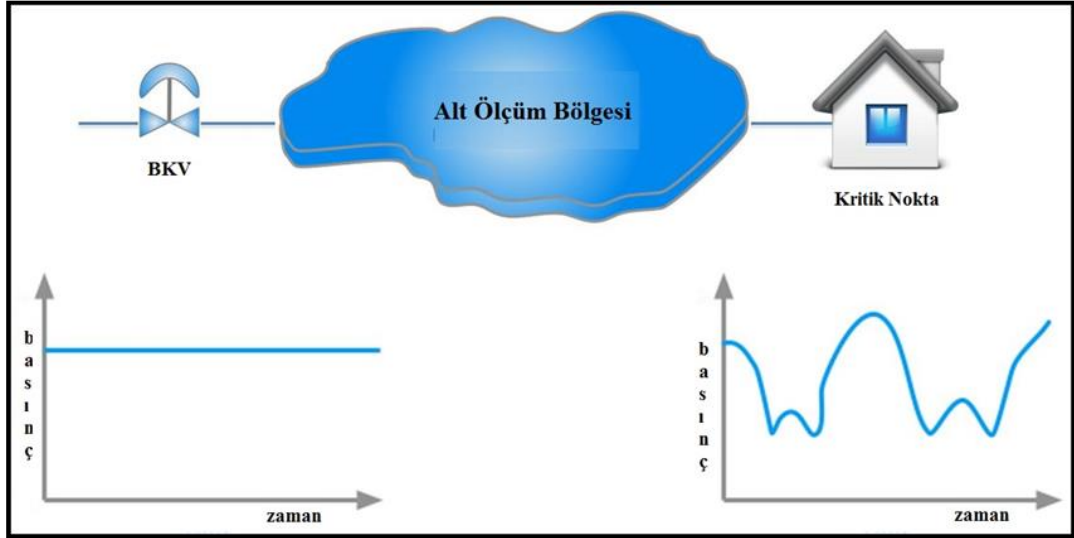
Alt ölçüm bölgelerine ayrılan içme suyu deposu besleme alanlarını, üç şekilde yönetmek mümkündür.

3.1 Sadece Gözlemleyerek Yönetmek

Gözlem yapılacak alt ölçüm bölgelerinin girişlerine debimetre ya da uygun tipte sayaç takılır. Alt ölçüm bölgesi olarak tanımlanan alanlardaki abonelerin tahakkuk değerleri alınır. Kayıp kaçak oranına bakılır. Sisteme herhangi bir müdahale yapılmaz. Kayıp kaçaklarla ilgili fikir edinmek için, bölgenin tüketimleri, gece debileri ve gece gündüz arasındaki farklar izlenir. Gece debilerinin salınımlarına göre bölgenin kayıp kaçakları hakkında yorum yapılır. Gerekirse fiziki kayıp kaçak arama işlemleri başlatılır.

3.2 Sabit Çıkış Basıncı İle Yönetmek

Alt ölçüm bölgesinde gelen suyun basıncı bilinmektedir. İdarelerce kabul gören bina giriş basıncına uygun olarak, alt ölçüm bölgesine gelen su, basınç düzenleyici vana ile sabit basınçta şebekeye verilir. Böylece şebeke, her an sabit basınçta çalışır. Sistemin çalışma prensibi Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Bu sistemde karşılaşılan iki çeşit sorun vardır.



Şekil 3.3: Sabit çıkış basıncında kritik noktadaki basınç salınımı

3.2.1 Şebekede Yüksek Tüketim Olursa Ne Olur?

Şebekede yüksek tüketim olduğunda (talep artınca), şebekede basınç düşmekte ve bu basınç düşüklüğü de şebekenin en yüksek ya da en uzak noktalarında kendini göstermektedir. Basınç düşüklüğünün yaşandığı kritik noktalara su yetmemekte olup, arz talebi karşılayamamaktadır.

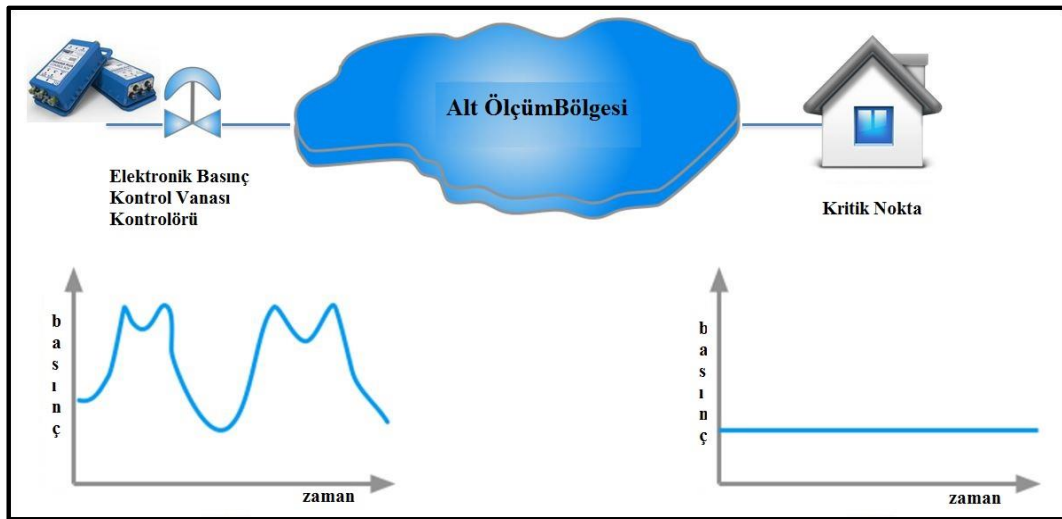
3.2.2 Şebekede Düşük Tüketim Olursa Ne Olur?

Şebekede düşük tüketim olduğunda (talep azaldığında), şebekede basınç yükselmekte ve bu yüksek basınç tüm alt ölçüm bölgesini etkilemektedir. İzole edilen alandaki tüm borular fazladan basınca maruz kalmakta, boruların kullanım ömrü azalmakta, kayıplardan kaçan su miktarı artmaktadır.

Basınç düzenleyici vanadan sabit çıkış ayarına göre su çıkışı olacağından, şebeke gün boyunca değişken basınca maruz kalacaktır. Şebekeye ihtiyaçtan daha fazla basınç verildiği için mevcut patlaklardan akan su miktarı da artacak olup, fazla basınca maruz kalan şebeke elemanlarının ömrü kısılacaktır. AÖB'nin kritik noktasında değişken basınç olacağı için yoğun kullanımın olduğu zamanlarda, talep edilen su karşılanamayacak olup, kullanımın az olduğu zamanlarda ise verilmesi gerekenden daha çok su verilerek, sistemdeki su kaybı miktarı artacaktır.

3.3 Dinamik Çıkış Basıncı İle Yönetmek

Alt ölçüm bölgelerine ayrılan alanlardaki, en uzak ve en yüksek kotlu olan nokta kritik nokta olarak belirlenir. Yani o alandaki suyun en zor ulaştığı noktaya kritik nokta denir. Alt ölçüm bölgesine ait kritik noktada ön görülen bina giriş basıncı sağlanabiliyorsa, bölgenin her yerine uygun basınçta su ulaşıyor demektir. Sistemin çalışma prensibi Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Dinamik çıkış basıncında kritik noktadaki basınç salınımı

Basınç düzenleyici vanadan kritik noktanın ihtiyacı kadar su çıkışı olacağından; kritik noktada basınç her zaman sabit olacaktır. Kritik noktadaki basınç kullanıma göre değişim göstermeyecektir. İhtiyaca göre basınç düzenleyici vanadan su çıkacaktır. Böylece kullanım yoğunken kritik noktada talebin karşılanmaması durumu oluşmayacak, şebeke her daim talep ettiği suyu bulacaktır.

Kullanımın az olduğu zamanlarda ise; Őebeke yųksek basınca maruz kalmayacak, borular gereksiz yere yıpranmayacak ve kaçaklardan kaybedilen su miktarı basınç azaldığı için azalacaktır.

İçme suyu dağıtım Őebekesinde su basıncı, boru kotları, depo ve diğer Őebeke elemanlarının durumu ile sistemin terfili ya da cazibeli olup olmaması ile yakından ilgilidir. Bu çalışmada; birbirinden bağımsız olan 4 bölgede izleme yapılmıştır. Su basıncının mekânsal ve zamansal değişim gösterebileceği de göz önüne alınarak, AÖB'nin en uzak ve en yüksek kotunda dahi ihtiyacı karşılayabilecek şekilde debi duyarlı basınç yönetimi yapılması uygun görųlmüştür.

4. ARAZİ İŞLERİ

İçme suyu şebekelerinde alt ölçüm bölgelerinin uygulanmasındaki ana hedef; su kayıplarının azaltılması ve suyun daha gözlenebilir bir kafes içinde takip edilmesidir. Daha küçük parçalara ayrılan sistemde; topografya yapısı, bina bağlantı sayısı, talep edilen su miktarı, içme suyu hatların birbirlerini zincirleme olarak tamamlayabilmesi vb. durumlar değerlendirilerek; alt ölçüm bölgelerinde sadece debi izlenerek en fazla hangi bölgede kayıp olduğu belirlenebilir ve çalışmalar o bölgeden başlatılabilir. İlgili tezde oluşturulan alt ölçüm bölgelerinde basınç yönetimi uygulanmış ve sisteme talep edilen suyun istenilen zamanda sağlanması durumunda, sisteme kazandırılan su miktarları araştırılmıştır.

4.1 AÖB Ait Temel Verilerin Çıkarılması

Kuruçay içme suyu deposu, 10 adet AÖB olacak şekilde projelendirilmiştir. Proje maliyet hesapları hazırlandıktan sonra, ilk etapta 4 adet AÖB'nin imalatının yapılıp, uygulamaya sokulmasına karar verilmiştir.

Tek girişli ve birbirinden bağımsız olarak projelendirilen 2-3-4-5-6. AÖB'lerinde; uygulama yapılmadan önce mevcut alanların

- Hat uzunlukları (m),
- Abone şube yolu uzunlukları (m),
- Bina bağlantı sayıları (adet),
- AÖB giriş odalarının ve kritik noktalarının kotları (m),
- AÖB giriş odalarına gelen suyun basıncı (m)
- İhtiyaç debileri (l/s) hesaplanmış ve Tablo 4.1'de verilmiştir.

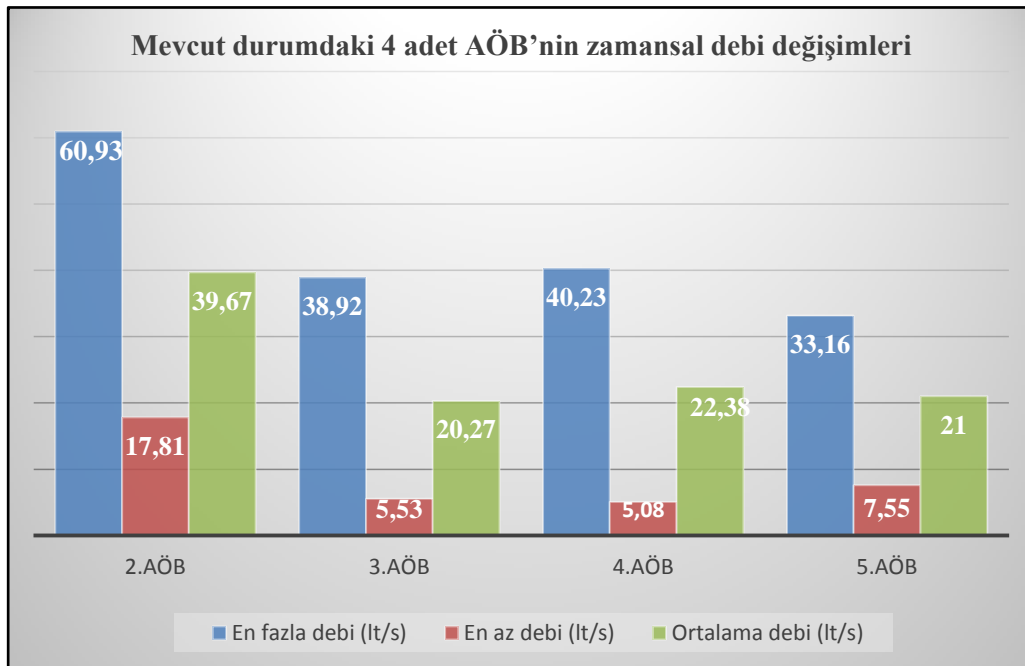
Tablo 4 1: Alt ölçüm bölgelerine ait veriler

	AÖB 2	AÖB 3	AÖB 4	AÖB 5
Beslendiği depo	Kuruçay	<i>Kuruçay</i>	Kuruçay	Kuruçay
Beslendiği depo kotu (m)	477	<i>477</i>	477	477
AÖB odalarının yerleri	2563 Sok.	<i>1193 Sok.</i>	1008 Sok.	1342 Sok.
Giriş basıncı	38 m	<i>49 m</i>	51 m	57 m
Bina bağlantı sayısı (BBS)	1548	<i>823</i>	909	805
Uygulama	İzleme	<i>Basınç Yönetimi</i>	Basınç Yönetimi	Basınç Yönetimi
Ana Hat uzunluğu (m)	24.170	<i>11.500</i>	11.000	11.650
Abone uzunluğu (m)	17.200	<i>8.000</i>	7.800	7.000
Kritik Nokta	1293 ile 1281/1 kesişimi	<i>1196 Sok.</i>	1006 Sok.	1337 Sok.

4.2 Mevcut Durumdaki Tüketim Miktarlarının Ölçülmesi

Her AÖB olarak projelendirilen alanların girişine geçici olarak kelepçeli ultrasonik debimetreler takılmış ve AÖB'nin en fazla ve en az tüketim miktarları zamana bağlı olarak çıkartılmıştır. 4 adet AÖB için ölçülen en fazla-en az-ortalama değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Mevcut durumdaki AÖB'nin debi değişimleri



4.3 Alt Ölçüm Bölgelerinin Nasıl İşletileceğine Karar Verilmesi

2.AÖB'si Kuruçay içme suyu depo bölgesinin beslediği en yüksek alandır. 477.00 metre koduyla depodan çıkan su, 438.00 metre kotuyla 2.AÖB'ne giriş yapmaktadır. İlgili alanın en fazla tüketimi 60.93 l/s, en düşük tüketimi 17.81 l/s olarak ölçülmüştür. 2.AÖB'nin zamansal debi değişimleri EK A.1'deki tabloda verilmiştir. Bina girişlerinde 3 bar suyun sağlanabilmesi düşünülerek hazırlanan projede, 38mss ile gelen sudan, yük kayıpları da düşünüldüğünde basınç kırılarak herhangi bir kazancın sağlanamayacağı sonucu çıkmıştır. Bu sebeplerden dolayı 2.AÖB'de sadece gözlem yapılacaktır.

3.AÖB'si girişine projelendirilen ölçüm odasının kotu 428.00 metre olup, giriş basıncı 4.9 ile 5.0 bar arasındadır. İlgili alanın en fazla tüketimi 38.92 l/s, en düşük tüketimi 5.53 l/s olarak ölçülmüştür. 3.AÖB'nin zamansal debi değişimleri EK A.2'deki tabloda verilmiştir. En fazla tüketim debisine, bina bağlantı sayısına ve AÖB'ne gelen suyun basıncına bakılarak, kritik noktada tüketimin en fazla olduğu durumda bile giriş basıncının 3 bar olarak ayarlanması uygun görülmüştür. Uygulanacak yöntemde kullanılacak basınç düzenleyici vana debi duyarlı olarak çalışacaktır.

4.AÖB'si girişine projelendirilen ölçüm odasının kotu 426.00 metre olup, giriş basıncı 5.1 ile 5.2 bar arasındadır. İlgili alanın en fazla tüketimi 40.23 l/s, en düşük tüketimi 5.08 l/s olarak ölçülmüştür. 4.AÖB'nin zamansal debi değişimleri EK A.3'deki tabloda verilmiştir. En fazla tüketim debisine, bina bağlantı sayısına ve AÖB'ne gelen suyun basıncına bakılarak, kritik noktada tüketimin en fazla olduğu durumda bile giriş basıncının 3 bar olarak ayarlanması uygun görülmüştür. Uygulanacak yöntemde kullanılacak basınç düzenleyici vana debi duyarlı olarak çalışacaktır.

5.AÖB'si girişine projelendirilen ölçüm odasının kotu 420.00 metre olup, giriş basıncı 5.7 ile 5.8 bar arasındadır. İlgili alanın en fazla tüketimi 33.16 l/s, en düşük tüketimi 7.55 l/s olarak ölçülmüştür. 5.AÖB'nin zamansal debi değişimleri EK A.4'deki tabloda verilmiştir. En fazla tüketim debisine, bina bağlantı sayısına ve AÖB'ne gelen suyun basıncına bakılarak, kritik noktada tüketimin en fazla olduğu durumda bile giriş basıncının 3 bar olarak ayarlanması uygun görülmüştür.

Uygulanacak yöntemde kullanılacak basınç düzenleyici vana debi duyarlı olarak çalışacaktır.

4.4 Ekipmanların Sahaya Montajı

Bölüm 4.1’de alt ölçüm bölgelerinin temel verileri çıkarılmış ve her bir alt bölgenin giriş ve kritik noktalarına ait sokaklar belirlenmiştir. Teze konu 3 nolu AÖB’nin girişi 1193 sokak olup, kritik noktası 1196 sokaktır. İlgili sokakların krokideki görünümü ve kotları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: 1193 ve 1196 nolu sokakların genel görünümü ve kotları

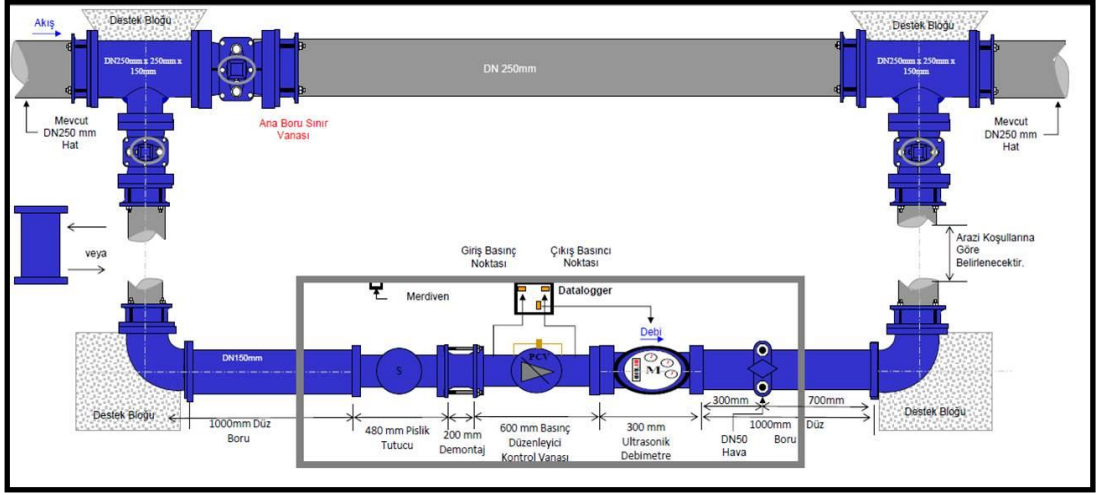
Her alt ölçüm bölgesi girişine pislik tutucu, Şekil 4.2'deki basınç düzenleyici kontrol vanası, Şekil 4.3'deki ultrasonik debimetre, vantuz ve elektronik basınç kontrol vanası kontrolörü imalatı yapılmıştır. Giriş odasındaki ekipmanların dizilimi Şekil 4.4'de gösterilmiştir



Şekil 4.2: Basınç düzenleyici kontrol vanası



Şekil 4.3: Ultrasonik debimetre



Şekil 4.4: AÖB'lerinde ekipmanların dizilimi

AÖB giriş odalarına Şekil 4.4'den de anlaşılacağı üzere, ana borudan bypass alınarak işlem yapılmıştır. Ana borunun üzerine direk işlem yapılmama sebebi; ekipmanlarda oluşacak herhangi bir arızada, su kesintisinin meydana gelmesini önlemektir.

Giriş odalarının imalat çalışmaları Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da, odalarda kullanılan ekipmanlar Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5: AÖB oda inşaatı için yapılan kazı çalışması

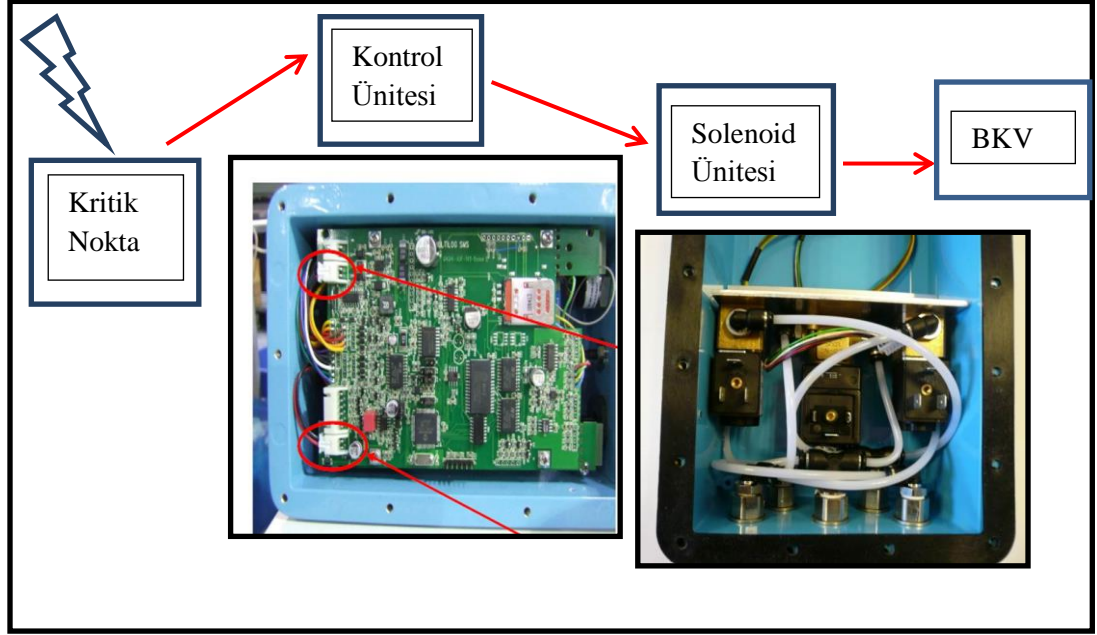


Şekil 4.6: AÖB oda inşaatının temel ve perde duvarları



Şekil 4.7: Giriş odalarında kullanılan ekipmanlar

Şekil 4.8’de gösterilen veri kaydediciler, kritik noktanın ihtiyaç basıncını AÖB’nde bulunan kontrol ünitesine gönderir. Kontrol ünitesi, kritik noktadan gelen basınç değerine göre solenoid ünitesine komut verir. Solenoid ünitesi, basınç düzenleyici vananın aktüatörünü uygun çıkış basıncına göre ayarlar. Ayrıca kontrol ünitesi içindeki sim kart sayesinde, veri kaydedici görevi yaparak sisteme ait verilerin hepsini ana sunucuya gönderir.

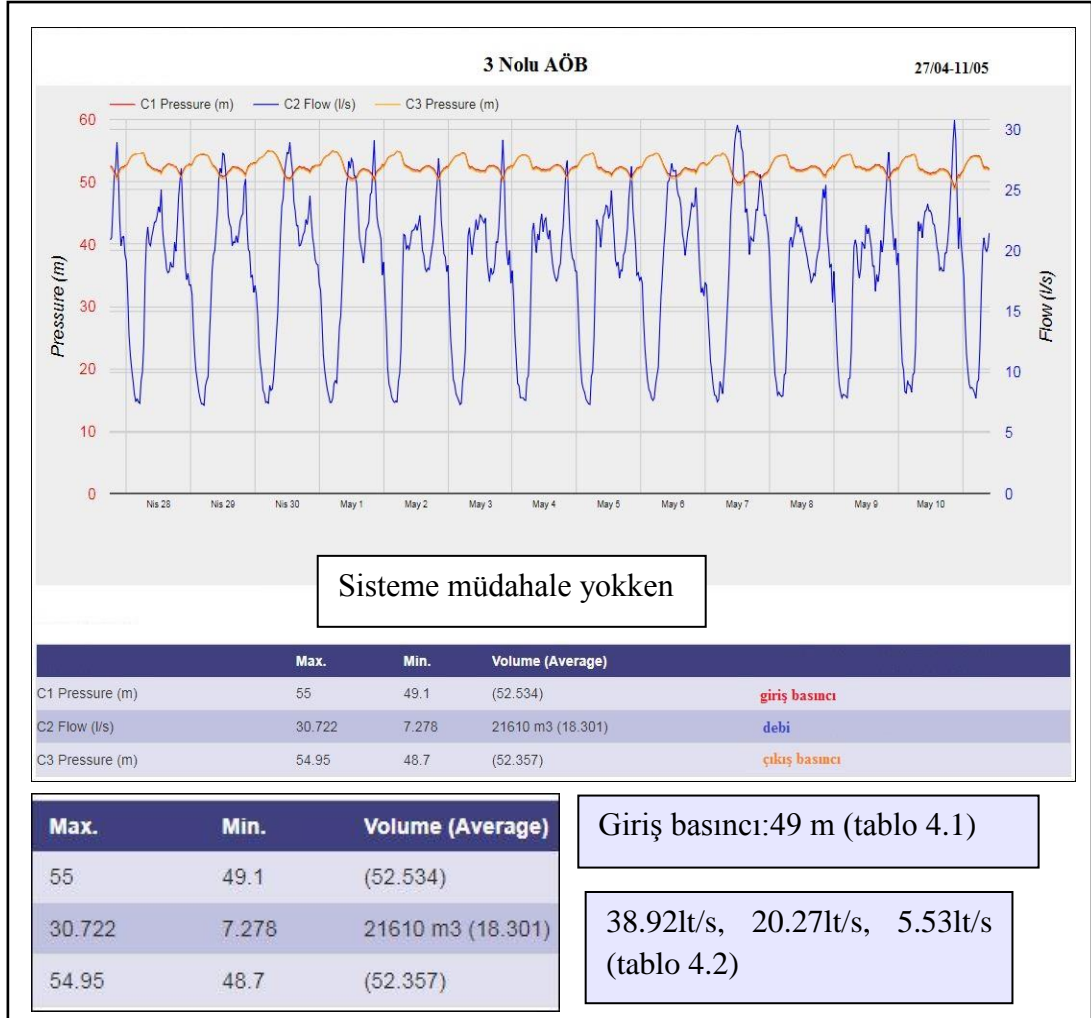


Şekil 4.8: Giriş odalarında kullanılan veri kaydediciler

5. UYGULAMA

5.1 Sisteme Müdahale Yokken

Bölüm 3.1’de, ilgili alt ölçüm bölgesinin sadece gözlemlenerek yönetilebileceğinden bahsedilmiştir. Şekil 5.1’de, sisteme müdahale yokken; alt ölçüm bölgesinin nasıl çalıştığı gösterilmiştir. Kırmızı çizgi; giriş basıncını (m), sarı çizgi; çıkış basıncını (m), mavi çizgi; ise debiyi (l/s) temsil etmektedir.



Şekil 5.1: (27/04-11/05) (Sisteme müdahale yokken)

Giriş basıncı 55.00 – 54.95 metre arasında, çıkış basıncı 49.10 – 48.70 metre aralığında değişmektedir. Sistem sadece izlenmekte olup, herhangi bir müdahale yapılmamaktadır. Su gelen basıncı ile AÖB'ne girmekte ve çıkmaktadır.

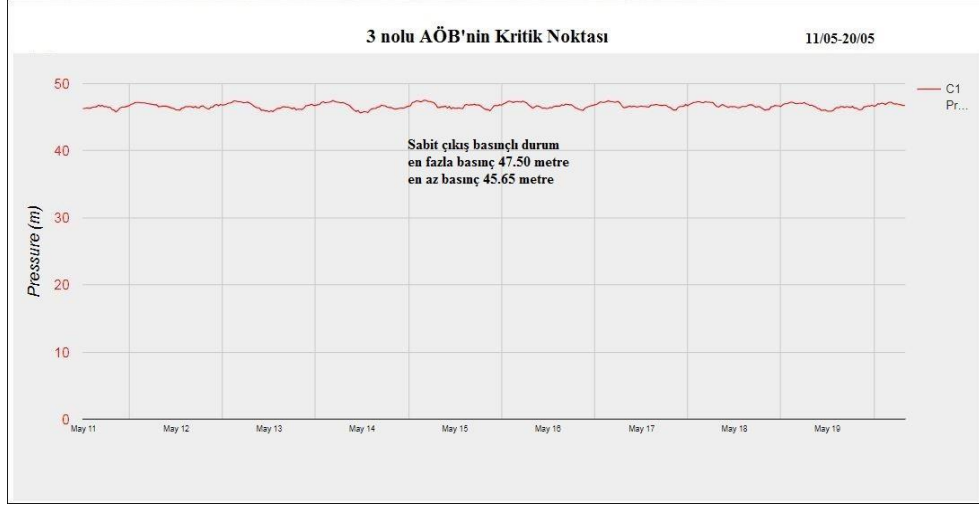
5.2 Sabit Çıkış Basıncı İle

Bölüm 3.2'de, ilgili alt ölçüm bölgesinin belirlenen sabit çıkış basıncı ile yönetilebileceğinden bahsedilmiştir. Şekil 5.2'de, sabit çıkış basıncı ile alt ölçüm bölgesinin nasıl çalıştığı gösterilmiştir.



Şekil 5.2: (11/05-20/05) (Sabit çıkış basınçlı ile)-1

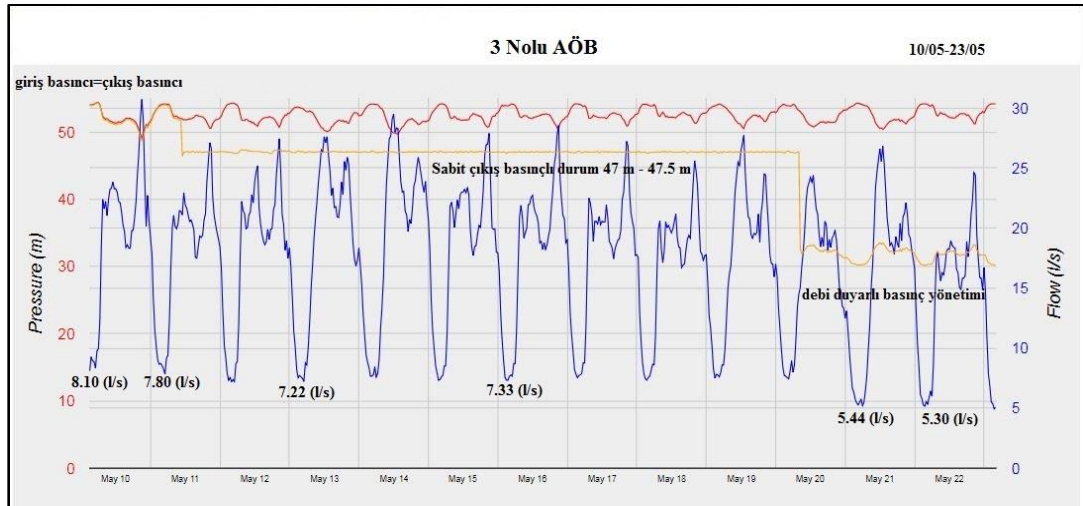
Alt ölçüm bölgesi, 47 – 47.5 m sabit çıkış basıncı ile çalıştırılmaktadır. İlgili bölgenin kritik noktasının nasıl çalıştığı Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3: (11/05-20/05) (Sabit çıkış basıncı ile)-2

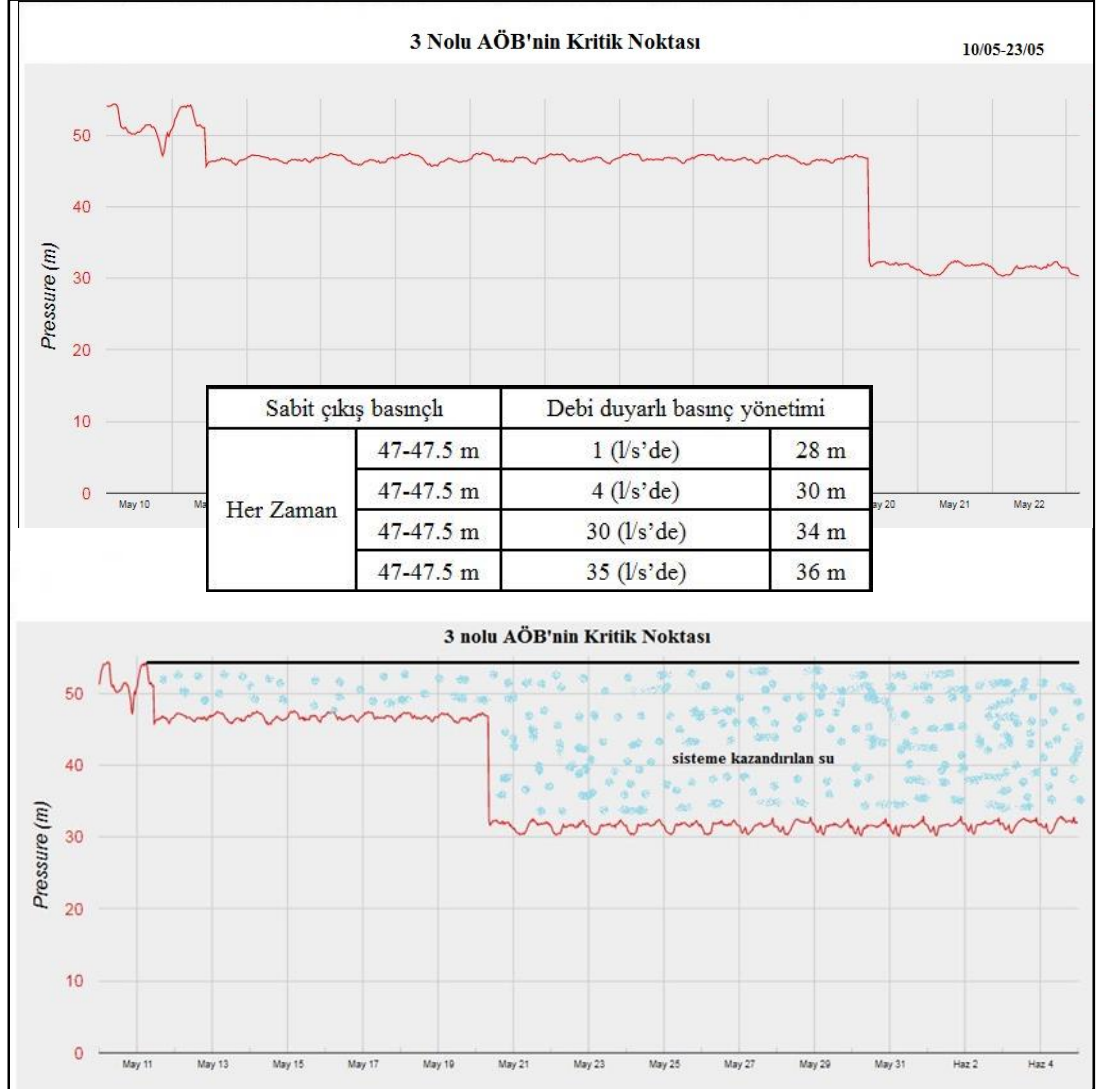
5.3 Dinamik Çıkış Basıncı İle

Bölüm 3.3’de, ilgili alt ölçüm bölgesinin debi duyarlı yan, kritik noktanın ihtiyacına göre su verilecek şekilde yönetilebileceğinden bahsedilmiştir. Şekil 5.4’de, bahse konu yönetim şekillerinin üçünün de aynı grafikte gösterilmiştir. Ancak gece debilerindeki düşümlere dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.4: (10/05-23/05) (Dinamik çıkış basıncı ile)-1

İlgili bölgenin kritik noktasının ihtiyacı, EK A.2'de verilen tablodaki değerlere göre belirlenmiş ve kritik noktanın nasıl çalıştığı Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5: (10/05-23/05) (Dinamik çıkış basıncı ile)-2

Sistemin geneline Şekil 5.6'daki gibi uzun periyotlarda bakılırsa; gündüz (en yüksek) tüketimlerinin değişmediği, gece (en düşük) tüketimlerinin ise aşağıya çekildiği görülmektedir. Buradan anlaşılıyor ki, kritik noktanın ihtiyacı olduğu her an sisteme yeterli miktarda su sağlanmış, ancak kullanımın en az olduğu zamanlarda sistemdeki basınç azaltılarak kaybedilen su sisteme geri kazandırılmıştır.



Şekil 5.6: (27/04-23/10) (Dinamik çıkış basıncı ile)

- en fazla debi: 38.92 (l/s) (Tablo 4.2) (Sisteme müdahale yokken)
- en fazla debi: 30.06 (l/s) (Şekil 5.6)
- en az debi: 5.53 (l/s) (Tablo 4.2)(Sisteme müdahale yokken)
- en az debi: 4.44 (l/s) (Şekil 5.6)
- ❖ ortalama debi: 20.27 (l/s) (Tablo 4.2)(Sisteme müdahale yokken)
- ❖ ortalama debi: 16.55 (l/s) (Şekil 5.6)

Bölüm 5.1, 5.2 ve 5.3’de farklı çalışma prensiplerine göre alt ölçüm bölgeleri incelenmiş olup, bahse konu çalışma prensipleri ile ilgili 1 ayda geçecek su miktarları Tablo 5.1’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.1: Farklı çalışma durumlarına göre geçen debi miktarları

Basınç kısılmadan önce		Sabit çıkış basınçlı		Debi dıyarlı	
27.Nis	14 günde geçen toplam su: 21.610 m ³ (sistemden okunan değer) 30 günde geçecek su: (30 x 21.610)/14 46.307 m³	11.May	9 günde geçen toplam su: 13.702 m ³ (sistemden okunan değer) 31 günde geçecek su: (31 x 13.702)/9 47.195 m³	21/05-20/06	41.063 m ³
28.Nis		12.May		21/06-20/07	41.305 m ³
29.Nis		13.May		21/07-20/08	43.175 m ³
30.Nis		14.May		21/08-20/09	43.818 m ³
01.May		15.May		21/09-20/10	39.435 m ³
02.May		16.May		21/10-20/11	40.862 m ³
03.May		17.May		21/11-20/12	38.728 m ³
04.May		18.May		21/12-20/01	41.175 m ³
05.May		19.May			
06.May		20.May			
07.May					
08.May					
09.May					
10.May					
11.May					

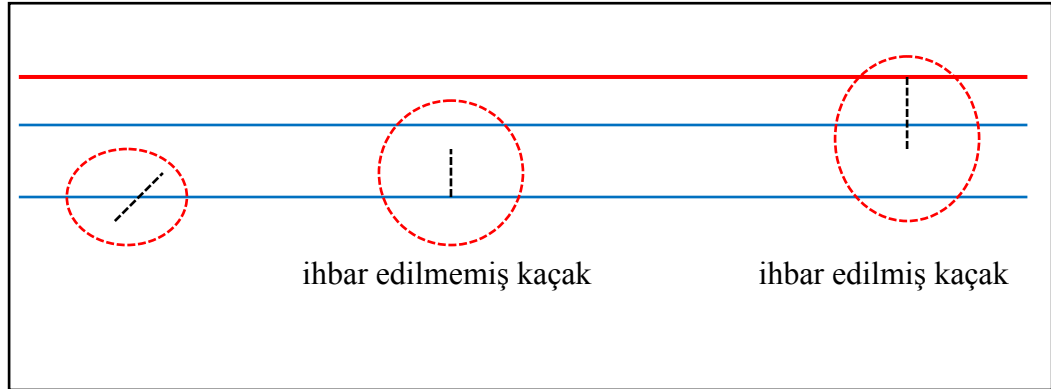
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Su kaybının azaltılması ve kontrol edilmesi boru hatlarının döşendiği en kısa zamanlardan beri su dağıtım sistemi işletilmesinin gerekli bir fonksiyonu olmuştur. M.Ö. 97’de Roma Su Komiseri olan Sextus Julius Frontinus, kaba bir ölçme cihazı kullanarak sisteme verilen suyun yaklaşık %60’ının tüketicilere ulaşmadığını tahmin etmiştir. Yaklaşık 2000 yıl sonrasında bile su kayıpları günümüz çağının en büyük sorunu haline gelmiş, artan nüfusa kesintisiz ve kaliteli su temin edilmesi gün geçtikçe zorlaşmaya başlamıştır (Pilcher ve diğ. 2009).

Kaçınılmaz Gerçek Kayıpların (KGK) azaltılmasında:

- Basınç yönetimi,
- Tamirat hızı ve tamiratta kullanılan malzemenin niteliği,
- Aktif kaçak kontrolü,
- Şebekede kullanılan ya da kullanılacak olan mevcut boruların niteliği,

büyük önem taşımaktadır. Karşılaşılan kaçak çeşitleri Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



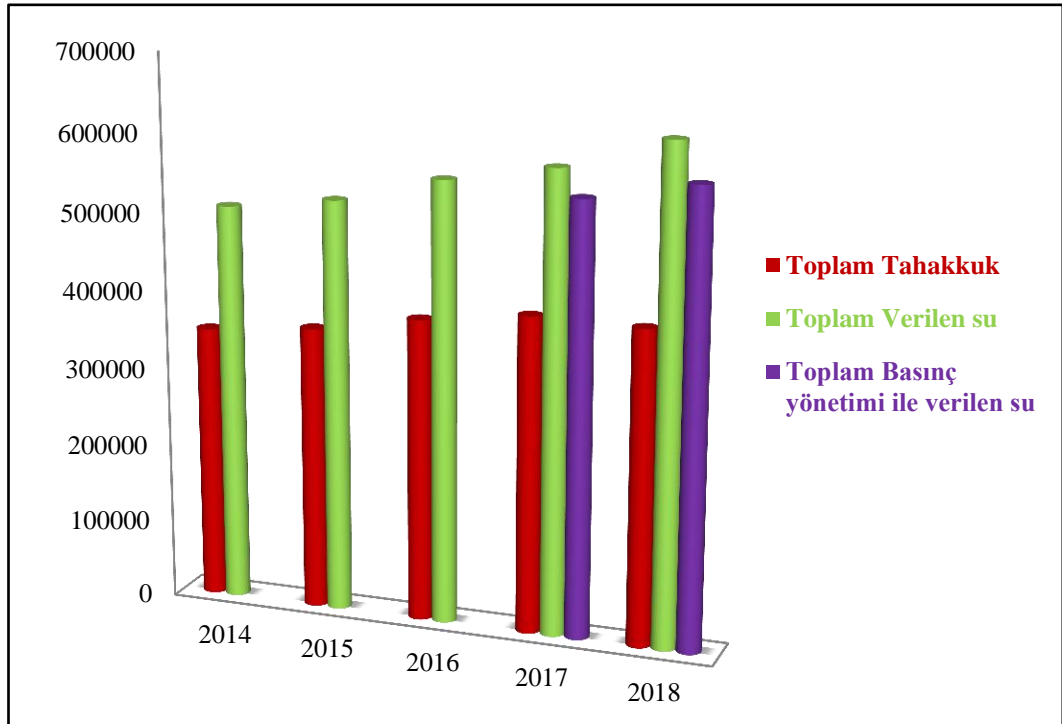
Şekil 6.1: Kaçak çeşitleri

Basınç ve kaçak debisi arasında doğrusal bir orantı olduğu kesindir. Basınç yönetiminde ihbar edilmemiş kaçaklar hedef alınmıştır. Boru içindeki suyun basıncı düşürüldüğünde, patlak noktasından çıkan su miktarı da azalacak olup, ihbar edilmemiş kaçak miktarı da azalacaktır.

6.1 Basınç Yönetiminin Değerlendirilmesi

Su kayıplarının azaltılması için uygulanan alt ölçüm bölgelerinde basınç yönetimi uygulanmış ve pilot alt bölge olarak seçilen 3 nolu bölgedeki durum incelenmiştir.

Alt bölge olarak ayrılan alanda (3 nolu AÖB) son beş yılda abone sayılarında fark yaratabilecek ölçüde değişim olmamıştır. Kullanılan su abone sayısına bağlı olduğundan; debi duyarlı basınç yönetimi uygulandığında da tahakkuk miktarı değişmemelidir. Yıllara bağlı abone sayıları, tahakkuk miktarları, sisteme normal halde verilen su ve basınç yönetimi ile verilen su miktarlarını karşılaştırılmış ve Şekil 6.2’de grafiklerle gösterilmiştir. Ayrıca yıllara bağlı kazanılan su miktarları m³ olarak Tablo 6.1’de belirtilmiştir.



Şekil 6 2: 5 yıllık veriler (m³)

Tablo 6 1: Basınç yönetimi ile sisteme kazandırılan su

Yıl	Toplam Tahakkuk(A)	Toplam Verilen su(B)	Toplam Basınç yönetimi ile verilen su (C)	D=B-A	E=C-A	KGK (D-E)
2014	350.298	508.906	-	-	-	-
2015	362.696	526.074	-	-	-	-
2016	386.473	560.746	-	-	-	-
2017	403.010	584.365	549.784 (8 aylık)	181.355	146.774	34.581
2018	400.213	626.060	575.673	225.847	175.460	50.387
Toplam	1,902.690	2,806.151	1,125.457			

2017 yılında; 584.365 m³ su verilecekken; 549.784 m³ su verilmiştir.

2018 yılında; 626.060 m³ su verilecekken; 575.673 m³ su verilmiştir.

6.2 SSĐT, İLİ ve UARL Katsayıları

Teze konu 3 nolu AÖB’nde su kayıplarının azaldığının görülebilmesi için İLİ ve UARL katsayıları hesaplanmış, Standart Su Dengesi Tabloları EK B’de yıllara bağlı olarak verilmiştir.

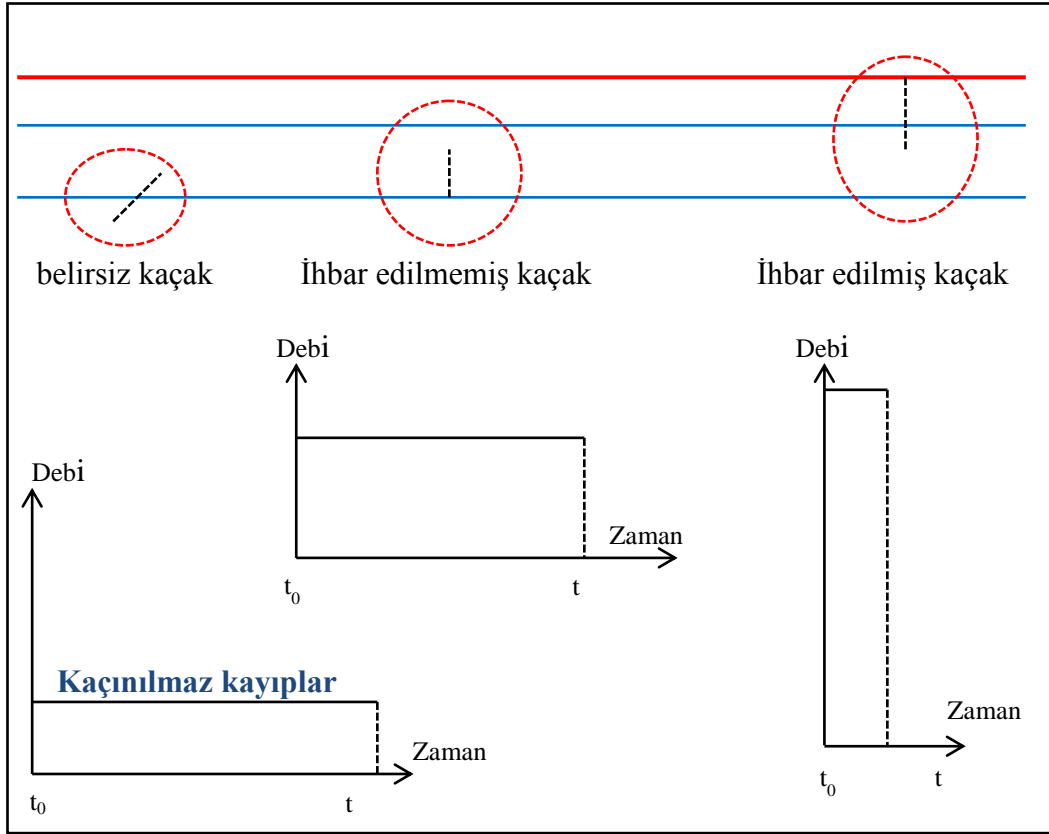
6.3 Kazanımlar

Su kayıplarının başarılı ve sürdürülebilir bir şekilde azaltılabilmesi için, su kayıp azaltma aktivitelerinin sadece teknik olarak değil aynı zamanda politik, ekonomik ve yönetsel açıdan desteklenmesi gerekmektedir.

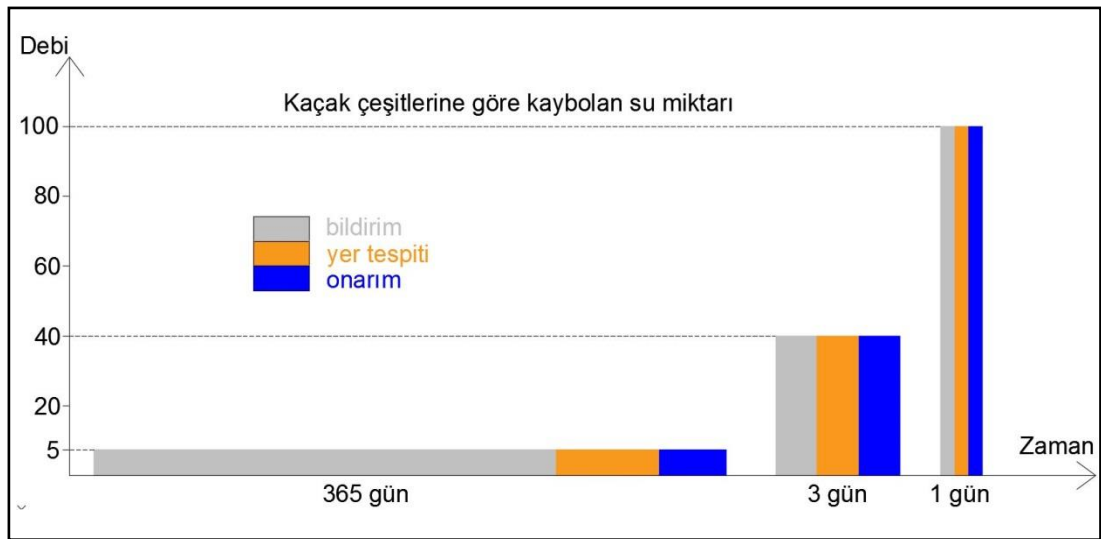
Bunun için;

- Yasal düzenlemeler,
- Teşvik tedbirleri,
- Kıyaslama ve değerlendirme,
- Sızıntı azaltma hedeflerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Şekil 6.3’de kaçak çeşitlerine göre debi-zaman grafikleri verilmiş olup, Şekil 6.4’de kaçak çeşitlerine göre kaybolan su miktarları gösterilmiştir..



Şekil 6 3: Kaçak çeşitlerine göre değişen debi-zaman grafikleri



Şekil 6 4: Kaçak çeşitlerine göre kaybolan su miktarı

Gerçek kayıp veya kaçaklar üç bileşenden ibarettir.

- Belirsiz kaçaklar (çoğunlukla ek ve bağlantılarda)
- İhbar edilmeyen sızıntı veya kırıklar/patlamalar
- İhbar edilen sızıntı ve kırıklar/patlamalar

Su kayıplarının azaltılması, her sistemde abonelere daha verimli su iletilmesinin yanı sıra sistemin ekonomik ve çevresel açıdan daha etkili bir şekilde yönetilmesi için oldukça önemlidir.

Küçük alanlarda su kaybının azaltılmasının yararlarını görmek, ayrıca su kaybı hacimleri ve yerlerini daha iyi anlamak amacıyla pilot çalışmaların yapılması olağandır.

İlgili tezde; 3 nolu AÖB detaylı olarak incelenmiştir. Basınç yönetimi olmadan ve basınç yönetimi uygulandıktan sonraki su kayıpları değerleri, ILI katsayıları hesaplanmış EK B'de verilmiştir. İzole edilerek, basınç yönetimi uygulanması ile yüzeye çıkmayan ve ihbar edilmemiş kayıpların azaltıldığı açıkça görülmüştür.

Özetle;

İyi planlanan su dağıtım sisteminde şebeke ölçülebilir, izlenebilir ve müdahale edilebilir durumdadır. Su dağıtım sistemindeki tüm içme suyu depolarının beslenme bölgeleri belirlidir. İçme suyu depolarının beslenme bölgelerine göre; izole olacak tüm alt bölgelerin alanları tanımlıdır. Alt bölgelerin durumuna göre sadece izleme ya da hem izleme hem de basınç yönetimi yapılacağı kararlaştırılmıştır. Tüm bu sistem çalışırken veriler anlık olarak kayıt altına alınmaktadır.

Böylece;

İşletmeler verimli kullanılmaktadır.

Sayaçlara uygun basınçta su girdiği için sayaçlar hava yapmamakta ve faturalandırmadan kaynaklı kayıplar azalmaktadır.

Basınç yönetimi uygulandığı için sistem düzenli basınçta çalışmaktadır.

Su dağıtım şebekesi yüksek basınca maruz kalıp ekonomik ömrünü azaltmamakta; düzenli basınçta en uygun şekilde çalışmaktadır.

Yüksek basınca maruz kalmayan hatlarda arıza sayısı azalmakta, abonelere kesintisiz su sağlanabilmekte olup; vatandaş memnuniyeti arttırılmaktadır.

Yüzeye çıkmadan fark edilen arızalarda; boru hattında kırık olmadan tamir edilmekte ve patlak nedeni ile içme suyu hattına sızma ihtimali olan kirli suların sızması engellenmekte olup sağlıksız koşulların önüne geçilmektedir.

7. KAYNAKLAR

Alkassseh, A. M. J., Adlan, N. M., Abustan, I., Aziz, A. H. and Hanif, M. B. A., “Applying Minimum Night Flow to Estimate Water Loss Using Statistical Modeling: A Case Study in Kinta Valley”, An International Journal-Published For The European Water Resources Association, (2013).

Cinal, H., “Basınç Yönetimi ile İçme Suyu Şebeke Kayıplarının Azaltılması: Sakarya Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya, (2009).

Durmuşçelebi, F. M., “Su Kayıplarının Azaltılması İçin İçme Suyu Dağıtım Sistemlerinin Rehabilitasyonu ve Fayda-Maliyet Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Malatya, (2018).

Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, M.B.Z., Istandar, A. And Signh, S. “The Manager’s Non-Revenue Water Handbook”, A Guide to Understanding Water Losses, (2008).

Fontana, N., Giugni, M., Glielmo, L., Marini, G. And Verrilli, F., “A Lab Prototype Of Pressurew Control In Water Distribution Networks”, Science Direct IFAC Papers On Line 50-1 (2017), 15373-15378.

Gençoğlu, G. and Merzip, N., “Minimize Excess Pressuresby Optimal Valve Location and Opening Determination in Water Disribution Networks”, Science Direct Procedia Engineering 186 (2017), 319-326.

Lima, M. G., Junior, L. E. and Brentan, M. B., “Selection of Pumps as Turbines Substituting Pressure Reducing Valves,” XVIII International Conference on Walter Distribution System Analysis, WDSA 2016, Science Direct Procedia Engineering 186 (2017), 676-683.

MacDonald, G. and Yates, C.D., “DMA Design and Implementation, A North American Context”, Specialized Conference Proceedings, (2005).

Meniconi, S., Brunone, B., Ferrante, M., Mazzetti, E., Laucelli, D. B. And Borta, G., “Transienteffects Of Self-Adjustment Of Pressure Reducing Valves”, 13th Computer Control for Water Indusry Conference, CCWI 2015, Science Direct Procedia Engineering 119 (2015), 1030-1038.

Pilcher, R., Dizdar, A., Dilsiz, C., Toprak, S., Angellis, E., D., Angellis, K., Koç, C. A., Dikbaş, F., Fırat, M. and Bacanlı, G. Ü., *Su Kayıpları Nasıl Önlenir?*, ProWat, Elif Yayınevi Yayınları, (2009).

Samir, N., Kansoh, R., Elbarki, W. and Fleifle, A., “Pressure Control For Minimizing Leakage In Water Distribution System”, *Alexandria Engineering Journal* (2017), 56, 601-612.

Zhang, K., Yan, H., Zeng, H., Xin, K. And Tao, T., “Apractical Multi-Objective Optimization Sectorization Method For Water Distribution Network”, *Science of the Total Environment* 656 (2019), 1401-1412.

İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarını Kontrolü Yönetmeliği, 8 Mayıs 2014, Resmi Gazete No:28994.

İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarını Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 16 Temmuz 2015, Resmi Gazete No:29418.

EKLER

8. EKLER

EK A.1

Tablo A.1: 2.AÖB'nin zamansal debi değişimleri

Tarih	Saat	Debi (lt/s)	Tarih	Saat	Debi (lt/s)
18.05.2016	22:03	59,26	22.05.2016	22:44	37,15
18.05.2016	22:04	58,17	22.05.2016	23:10	36,08
18.05.2016	22:07	57,23	22.05.2016	23:23	36,95
18.05.2016	22:09	57,38	22.05.2016	23:56	36,46
18.05.2016	22:11	57,37	22.05.2016	23:57	35,74
18.05.2016	23:08	33,94	23.05.2016	02:04	20,69
18.05.2016	23:21	34,16	23.05.2016	02:06	20,69
18.05.2016	23:42	32,50	23.05.2016	02:27	20,77
18.05.2016	23:43	32,11	23.05.2016	02:36	20,78
18.05.2016	23:44	33,81	23.05.2016	03:29	20,83
19.05.2016	03:16	20,68	23.05.2016	05:46	20,83
19.05.2016	03:47	20,66	23.05.2016	19:48	58,55
19.05.2016	03:57	20,79	23.05.2016	19:49	58,99
19.05.2016	04:20	20,78	23.05.2016	19:50	58,80
19.05.2016	04:22	20,49	23.05.2016	19:53	59,40
19.05.2016	10:43	60,56	23.05.2016	19:55	60,93
19.05.2016	10:49	60,02	24.05.2016	02:43	17,98
19.05.2016	10:51	59,28	24.05.2016	02:47	17,89
19.05.2016	10:58	59,56	24.05.2016	03:56	17,81
19.05.2016	12:58	60,27	24.05.2016	03:57	17,87
20.05.2016	02:01	20,03	24.05.2016	04:20	17,83
20.05.2016	02:58	20,04	24.05.2016	20:25	57,48
20.05.2016	02:59	20,07	24.05.2016	20:29	58,06
20.05.2016	04:37	20,06	24.05.2016	20:30	59,11
20.05.2016	04:44	20,04	24.05.2016	20:35	57,33
20.05.2016	05:10	20,04	24.05.2016	20:38	58,75
20.05.2016	09:59	53,85	25.05.2016	02:36	21,21
20.05.2016	10:38	53,14	25.05.2016	03:03	21,07
20.05.2016	10:42	54,93	25.05.2016	03:06	21,24
20.05.2016	10:43	54,59	25.05.2016	03:19	21,14
20.05.2016	10:45	52,69	25.05.2016	03:26	21,22
21.05.2016	01:51	20,10	25.05.2016	20:09	58,48

Tarih	Saat	Debi (lt/s)		Tarih	Saat	Debi (lt/s)
21.05.2016	01:59	20,04		25.05.2016	20:31	57,64
21.05.2016	02:04	20,00		25.05.2016	20:47	58,29
21.05.2016	02:08	20,06		25.05.2016	20:48	57,14
21.05.2016	02:25	20,12		25.05.2016	22:40	57,45
21.05.2016	10:44	57,85		26.05.2016	01:40	23,43
21.05.2016	11:53	57,02		26.05.2016	04:42	23,43
21.05.2016	11:59	56,91		26.05.2016	05:13	23,43
21.05.2016	12:01	57,19		26.05.2016	05:42	23,38
21.05.2016	12:03	57,38		26.05.2016	05:46	23,41
22.05.2016	12:26	59,42		26.05.2016	08:06	50,67
22.05.2016	13:17	58,90		26.05.2016	09:39	52,28
22.05.2016	13:18	58,70		26.05.2016	09:40	50,55
22.05.2016	13:19	58,77		26.05.2016	09:41	51,24
22.05.2016	13:24	59,29		26.05.2016	10:03	50,66

EK A.2

Tablo A.2: 3.AÖB'nin zamansal debi değişimleri

Tarih	Saat	Debi (lt/s)	Tarih	Saat	Debi (lt/s)
15.06.2016	16:10	14,64	19.06.2016	03:01	12,51
15.06.2016	16:14	15,50	19.06.2016	04:24	8,36
15.06.2016	16:18	15,41	19.06.2016	05:12	6,14
15.06.2016	16:32	15,78	19.06.2016	05:52	7,07
15.06.2016	16:44	15,81	19.06.2016	06:05	5,53
15.06.2016	21:10	34,93	19.06.2016	12:55	31,36
15.06.2016	21:11	36,43	19.06.2016	13:03	30,81
15.06.2016	21:13	35,25	19.06.2016	13:13	31,09
15.06.2016	21:14	35,54	19.06.2016	13:14	31,05
15.06.2016	21:15	36,45	19.06.2016	13:22	30,75
16.06.2016	01:44	11,21	20.06.2016	00:05	22,12
16.06.2016	04:04	10,12	20.06.2016	00:07	24,01
16.06.2016	04:47	7,02	20.06.2016	00:09	22,32
16.06.2016	04:53	8,33	20.06.2016	00:20	22,60
16.06.2016	05:31	5,83	20.06.2016	00:29	23,19
16.06.2016	05:44	6,70	20.06.2016	01:48	10,62
16.06.2016	06:08	9,13	20.06.2016	04:07	9,47
16.06.2016	21:09	38,92	20.06.2016	04:14	8,58
16.06.2016	21:10	36,79	20.06.2016	04:17	8,33
16.06.2016	21:11	37,79	20.06.2016	04:24	8,18
16.06.2016	21:12	38,60	21.06.2016	08:21	15,81
16.06.2016	21:13	38,10	21.06.2016	16:08	15,38
17.06.2016	01:32	12,91	21.06.2016	21:08	34,79
17.06.2016	01:57	10,74	21.06.2016	21:09	33,85
17.06.2016	04:30	7,30	21.06.2016	21:11	34,55
17.06.2016	05:27	6,69	21.06.2016	21:12	33,61
17.06.2016	05:30	6,41	21.06.2016	21:14	34,85
17.06.2016	05:32	6,10	21.06.2016	21:15	35,94
17.06.2016	06:21	9,87	21.06.2016	23:08	15,78
17.06.2016	21:04	30,42	21.06.2016	23:41	15,54
17.06.2016	21:09	34,94	22.06.2016	00:00	22,55
17.06.2016	21:16	31,44	22.06.2016	00:02	24,03
17.06.2016	21:19	32,43	22.06.2016	00:09	20,92
18.06.2016	02:24	11,11	22.06.2016	00:17	21,50
18.06.2016	04:59	9,07	22.06.2016	00:22	21,42
18.06.2016	05:54	6,76	22.06.2016	02:01	9,33
18.06.2016	05:55	6,57	22.06.2016	02:22	11,42
18.06.2016	07:03	10,46	22.06.2016	04:12	10,01

Tarih	Saat	Debi (lt/s)
18.06.2016	21:11	32,71
18.06.2016	21:12	33,99
18.06.2016	21:16	30,90
18.06.2016	21:18	31,58
18.06.2016	21:20	30,05

Tarih	Saat	Debi (lt/s)
22.06.2016	04:27	8,30
22.06.2016	04:31	7,37
22.06.2016	04:33	7,75
22.06.2016	04:35	7,37

EK A.3

Tablo A.3: 4.AÖB'nin zamansal debi değişimleri

Tarih	Saat	Debi (lt/s)	Tarih	Saat	Debi (lt/s)
28.06.2016	20:47	18,68	30.06.2016	06:07	9,02
28.06.2016	20:48	16,34	30.06.2016	21:11	30,42
28.06.2016	21:07	34,31	30.06.2016	21:14	33,89
28.06.2016	21:12	35,23	30.06.2016	21:19	35,67
28.06.2016	21:14	38,62	30.06.2016	21:29	32,46
28.06.2016	21:15	36,93	30.06.2016	21:32	32,30
28.06.2016	21:21	34,24	30.06.2016	21:35	31,37
28.06.2016	22:42	19,98	01.07.2016	05:08	6,79
28.06.2016	22:44	19,39	01.07.2016	05:12	6,29
28.06.2016	22:59	20,18	01.07.2016	05:37	8,33
29.06.2016	04:19	12,95	01.07.2016	06:42	12,54
29.06.2016	04:46	10,05	01.07.2016	07:05	13,91
29.06.2016	05:26	6,24	01.07.2016	21:14	36,95
29.06.2016	05:33	5,67	01.07.2016	21:15	36,36
29.06.2016	05:49	6,31	01.07.2016	21:19	34,81
29.06.2016	06:50	12,89	01.07.2016	21:23	35,67
29.06.2016	21:06	30,35	01.07.2016	21:25	38,71
29.06.2016	21:12	32,39	01.07.2016	21:26	40,23
29.06.2016	21:15	34,05	02.07.2016	00:00	23,16
29.06.2016	21:16	32,61	02.07.2016	00:01	24,03
29.06.2016	21:23	31,42	02.07.2016	00:02	25,22
29.06.2016	21:26	31,94	02.07.2016	00:03	26,04
30.06.2016	03:27	11,78	02.07.2016	00:04	23,77
30.06.2016	05:23	5,91	02.07.2016	00:05	21,89
30.06.2016	05:40	6,16	02.07.2016	00:06	20,98
30.06.2016	05:52	5,08	02.07.2016	00:07	22,79

EK A.4

Tablo A.4: 5.AÖB'nin zamansal debi değişimleri

Tarih	Saat	Debi (lt/s)	Tarih	Saat	Debi (lt/s)
12.07.2016	20:05	30,38	16.07.2016	23:07	17,22
12.07.2016	20:35	32,22	16.07.2016	23:34	18,63
12.07.2016	20:38	30,48	16.07.2016	23:47	18,43
12.07.2016	20:39	30,83	17.07.2016	03:23	11,68
12.07.2016	20:59	31,11	17.07.2016	03:28	9,18
12.07.2016	23:29	18,57	17.07.2016	03:53	8,85
12.07.2016	23:30	18,86	17.07.2016	04:16	11,50
12.07.2016	23:36	19,13	17.07.2016	04:33	10,11
12.07.2016	23:46	17,75	17.07.2016	11:48	29,97
12.07.2016	23:57	18,73	17.07.2016	11:59	31,89
13.07.2016	03:17	7,94	17.07.2016	12:34	29,75
13.07.2016	04:12	7,89	17.07.2016	13:15	31,16
13.07.2016	04:32	7,78	17.07.2016	13:58	30,94
13.07.2016	04:33	7,55	18.07.2016	00:27	17,67
13.07.2016	04:36	8,02	18.07.2016	00:37	17,82
13.07.2016	05:29	7,94	18.07.2016	00:54	16,23
13.07.2016	10:44	27,55	18.07.2016	13:02	29,88
13.07.2016	11:41	27,73	18.07.2016	20:08	29,72
13.07.2016	12:31	27,73	18.07.2016	20:13	33,16
13.07.2016	12:56	27,73	18.07.2016	20:21	31,20
13.07.2016	13:31	32,01	18.07.2016	20:33	31,21
13.07.2016	13:57	27,55	18.07.2016	20:38	31,20
13.07.2016	19:40	29,92	18.07.2016	23:57	18,93
13.07.2016	19:41	29,77	18.07.2016	23:58	19,43
13.07.2016	20:58	29,92	19.07.2016	03:07	10,18
14.07.2016	01:41	10,92	19.07.2016	03:14	9,11
14.07.2016	02:16	10,92	19.07.2016	03:24	7,92
14.07.2016	03:57	8,15	19.07.2016	03:37	8,27
14.07.2016	04:19	8,23	19.07.2016	04:54	10,01
14.07.2016	04:49	7,71	19.07.2016	05:56	9,11
14.07.2016	05:57	9,08	19.07.2016	13:03	29,09
14.07.2016	10:51	30,59	19.07.2016	20:23	30,30
14.07.2016	19:42	29,44	19.07.2016	20:25	32,62
14.07.2016	20:24	30,69	19.07.2016	20:28	28,86
14.07.2016	20:30	30,59	19.07.2016	20:34	30,25
14.07.2016	20:34	31,69	20.07.2016	00:01	21,98
14.07.2016	20:36	29,44	20.07.2016	00:07	18,73
14.07.2016	21:18	29,67	20.07.2016	00:15	20,10

Tarih	Saat	Debi (lt/s)
15.07.2016	12:43	30,52
15.07.2016	13:02	31,42
15.07.2016	13:04	32,10
15.07.2016	15:51	18,95
16.07.2016	19:38	29,28
16.07.2016	20:42	30,42
16.07.2016	20:43	28,77
16.07.2016	22:32	19,49
16.07.2016	22:39	20,03

Tarih	Saat	Debi (lt/s)
20.07.2016	00:28	18,73
20.07.2016	00:36	20,13
20.07.2016	00:58	19,01
20.07.2016	03:51	8,50
20.07.2016	03:59	8,01
20.07.2016	04:30	8,48
20.07.2016	04:34	9,15
20.07.2016	04:48	10,05

EK B.1

IWA ÇIKTILARI		
Şebeke verileri		
Bağlantı yoğunluğu	304.17	n°/km
Sistemin hidrolik verileri		
Sistem giriş hacmi (SIV)	508,906	m ³
Su tüketim verileri		
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	158,608	m ³
Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	2,545	m ³
İzinsiz Tüketim	0.00	m ³
Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	25,445	m ³
İdari Kayıplar	25,445	m ³
Günlük gerçek kayıplar	358	m ³ /gün
Km başına günlük gerçek kayıplar	31	m ³ / km.gün
Fiziki Kayıplar	25.67	%
IWA indeksleri		
UARL	1,818	l/s
ILI	2.28	

a) 3 nolu AÖB'sinin 2014 yılı için UARL ve ILI katsayıları

Sisteme Giren Su 508,906 100	İzinli Tüketim 352,843 69.33	Faturalandırılmış İzinli Tüketim 350,298 68.83	Gelir Getiren Su 350,298 68.83
		Faturalandırılmamış İzinli Tüketim 2,545 0.5	Gelir Getirmeyen Su 158,608 31.17
	Su Kayıpları 156,064 30.67	İdari Kayıplar 25,445 5	
		Gerçek Kayıplar 130,618 25.67	

b) 3 nolu AÖB'sinin 2014 yılı standart su dengesi tablosu

Şekil B.1: 3 nolu AÖB'sinin 2014 yılı değerleri

EK B.2

IWA ÇIKTILARI		
Şebeke verileri		
Bağlantı yoğunluğu	324.17	n°/km
Sistemin hidrolik verileri		
Sistem giriş hacmi (SIV)	526,074	m ³
Su tüketim verileri		
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	163,378	m ³
Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	2,630	m ³
İzinsiz Tüketim	0.00	m ³
Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	26,304	m ³
İdari Kayıplar	26,304	m ³
Günlük gerçek kayıplar	368	m ³ /gün
Km başına günlük gerçek kayıplar	32	m ³ / km.gün
Fiziki Kayıplar	25.56	%
IWA indeksleri		
UARL	1,922	l/s
ILI	2.22	

a) 3 nolu AÖB'sinin 2015 yılı için UARL ve ILI katsayıları

Sisteme Giren Su 526,074 100	İzinli Tüketim 365,326 69.44	Faturalandırılmış İzinli Tüketim 362,696 68.94	Gelir Getiren Su 362,696 68.94
		Faturalandırılmamış İzinli Tüketim 2,630 0.5	
	Su Kayıpları 160,748 30.56	İdari Kayıplar 26,304 5	Gelir Getirmeyen Su 163,378 31.06
		Gerçek Kayıplar 134,444 25.56	

b) 3 nolu AÖB'sinin 2015 yılı standart su dengesi tablosu

Şekil B.2: 3 nolu AÖB'sinin 2015 yılı değerleri

EK B.3

IWA ÇIKTILARI		
Şebeke verileri		
Bağlantı yoğunluğu	361.22	n°/km
Sistemin hidrolik verileri		
Sistem giriş hacmi (SIV)	560,746	m ³
Su tüketim verileri		
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	174,273	m ³
Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	2,804	m ³
İzinsiz Tüketim	0.00	m ³
Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	28,037	m ³
İdari Kayıplar	28,037	m ³
Günlük gerçek kayıplar	393	m ³ /gün
Km başına günlük gerçek kayıplar	34	m ³ / km.gün
Fiziki Kayıplar	25.58	%
IWA indeksleri		
UARL	2,116	l/s
ILI	2.15	

a) 3 nolu AÖB'sinin 2016 yılı için UARL ve ILI katsayıları

Sisteme Giren Su 560,746 100	İzinli Tüketim 389,277 69.42	Faturalandırılmış İzinli Tüketim	Gelir Getiren Su
		386,473 68.92	386,473 68.92
	Su Kayıpları 171,469 30.58	Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	Gelir Getirmeyen Su 174,273 31.08
		2,804 0.5	
		İdari Kayıplar	
		28,037 5	
		Gerçek Kayıplar	
		143,432 25.58	

b) 3 nolu AÖB'sinin 2016 yılı standart su dengesi tablosu

Şekil B.3: 3 nolu AÖB'sinin 2016 yılı değerleri

EK B.4

IWA ÇIKTILARI		
Şebeke verileri		
Bağlantı yoğunluğu	370.26	n°/km
Sistemin hidrolik verileri		
Sistem giriş hacmi (SIV)	584,365	m ³
Su tüketim verileri		
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	181,355	m ³
Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	2,922	m ³
İzinsiz Tüketim	0.00	m ³
Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	29,218	m ³
İdari Kayıplar	29,218	m ³
Günlük gerçek kayıplar	409	m ³ /gün
Km başına günlük gerçek kayıplar	36	m ³ / km.gün
Fiziki Kayıplar	25.53	%
IWA indeksleri		
UARL	2,163	l/s
ILI	2.19	

- a) 3 nolu AÖB'sinin 2017 yılı için UARL ve ILI katsayıları (basınç yönetimi uygulanmasaydı sisteme verilecek su miktarı ile hesaplanan değerler)

IWA ÇIKTILARI		
Şebeke verileri		
Bağlantı yoğunluğu	370.26	n°/km
Sistemin hidrolik verileri		
Sistem giriş hacmi (SIV)	549,784	m ³
Su tüketim verileri		
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	146,774	m ³
Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	2,749	m ³
İzinsiz Tüketim	0.00	m ³
Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	27,489	m ³
İdari Kayıplar	27,489	m ³
Günlük gerçek kayıplar	319	m ³ /gün
Km başına günlük gerçek kayıplar	28	m ³ / km.gün
Fiziki Kayıplar	21.20	%
IWA indeksleri		
UARL	2,163	l/s
ILI	1.71	

- b) 3 nolu AÖB'sinin 2017 yılı için UARL ve ILI katsayıları (basınç yönetimi uygulaması ile sisteme verilen su miktarına bağlı değerler)

Sisteme Giren Su 584,365 100	İzinli Tüketim	Faturalandırılmış İzinli Tüketim	Gelir Getiren Su
		403,010 68.97	403,010 68.97
	Su Kayıpları	Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	Gelir Getirmeyen Su
		405,932 69.47	
İdari Kayıplar	İdari Kayıplar	Gerçek Kayıplar	
	29,218 5		149,215 25.53
	178,433 30.53		181,355 31.03

c) 3 nolu AÖB'sinin 2017 yılı standart su dengesi tablosu (basınç yönetimi uygulanmasaydı sisteme verilecek su miktarı ile hesaplanan değerler)

Sisteme Giren Su 549,784 100	İzinli Tüketim	Faturalandırılmış İzinli Tüketim	Gelir Getiren Su
		403,010 73.30	403,010 73.30
	Su Kayıpları	Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	Gelir Getirmeyen Su
		405,759 73.80	
İdari Kayıplar	İdari Kayıplar	Gerçek Kayıplar	
	27,489 5		116,536 21.20
	144,025 26.20		146,774 26.70

d) 3 nolu AÖB'sinin 2017 yılı standart su dengesi tablosu (basınç yönetimi uygulaması ile sisteme verilen su miktarına bağlı değerler)

Şekil B.4: 3 nolu AÖB'sinin 2017 yılı değerleri

EK B.5

IWA ÇIKTILARI		
Şebeke verileri		
Bağlantı yoğunluğu	365.39	n°/km
Sistemin hidrolik verileri		
Sistem giriş hacmi (SIV)	626,060	m ³
Su tüketim verileri		
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	225,847	m ³
Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	3,130	m ³
İzinsiz Tüketim	0.00	m ³
Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	31,303	m ³
İdari Kayıplar	31,303	m ³
Günlük gerçek kayıplar	524	m ³ /gün
Km başına günlük gerçek kayıplar	46	m ³ / km.gün
Fiziki Kayıplar	30.57	%
IWA indeksleri		
UARL	2,137	l/s
ILI	2.84	

- a) 3 nolu AÖB'sinin 2018 yılı için UARL ve ILI katsayıları (basınç yönetimi uygulanmasaydı sisteme verilecek su miktarı ile hesaplanan değerler)

IWA ÇIKTILARI		
Şebeke verileri		
Bağlantı yoğunluğu	365.39	n°/km
Sistemin hidrolik verileri		
Sistem giriş hacmi (SIV)	575,673	m ³
Su tüketim verileri		
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	175,460	m ³
Faturalandırılmamış İzinli Tüketim	2,878	m ³
İzinsiz Tüketim	0.00	m ³
Sayaçlardaki Ölçüm Hataları	28,784	m ³
İdari Kayıplar	28,784	m ³
Günlük gerçek kayıplar	394	m ³ /gün
Km başına günlük gerçek kayıplar	34	m ³ / km.gün
Fiziki Kayıplar	24.98	%
IWA indeksleri		
UARL	2,137	l/s
ILI	2.13	

- b) 3 nolu AÖB'sinin 2018 yılı için UARL ve ILI katsayıları (basınç yönetimi uygulaması ile sisteme verilen su miktarına bağlı değerler)

Sisteme Giren Su 626,060 100	İzinli Tüketim 403,343 64.43	Faturalandırılmış İzinli Tüketim 400,213 63.93	Gelir Getiren Su 400,213 63.93
		Faturalandırılmamış İzinli Tüketim 3,130 0.5	Gelir Getirmeyen Su 225,847 36.07
	Su Kayıpları 222,717 35.57	İdari Kayıplar 31,303 5	
		Gerçek Kayıplar 191,414 30.57	

c) 3 nolu AÖB'sinin 2018 yılı standart su dengesi tablosu (basınç yönetimi uygulanmasaydı sisteme verilecek su miktarı ile hesaplanan değerler)

Sisteme Giren Su 575,673 100	İzinli Tüketim 403,091 70.02	Faturalandırılmış İzinli Tüketim 400,213 69.52	Gelir Getiren Su 400,213 69.52
		Faturalandırılmamış İzinli Tüketim 2,878 0.5	Gelir Getirmeyen Su 175,460 30.48
	Su Kayıpları 172,582 29.98	İdari Kayıplar 28,784 5	
		Gerçek Kayıplar 143,798 24.98	

d) 3 nolu AÖB'sinin 2018 yılı standart su dengesi tablosu (basınç yönetimi uygulaması ile sisteme verilen su miktarına bağlı değerler)

Şekil B.5: 3 nolu AÖB'sinin 2018 yılı değerleri

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:Bilge ÖNDER SAVAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi	:Bolu-01.01.1986
Lisans Üniversite	:Pamukkale Üniversitesi-İnşaat Mühendisliği
Y. Lisans Üniversite (varsa)	:Pamukkale Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik posta	:bilgeonder@hotmail.com.tr
İletişim Adresi	:Topraklık Mah. İzmir Bulvarı (Otogar Yanı) No:41 DESKİ (7. Kat) İçme Suyu Dairesi Başkanlığı Pamukkale/DENİZLİ
İletişim Telefonu	:0505 779 69 39
Çalıştığı Yer	:Denizli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (DESKİ)