

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Batuhan KARAKUŞ

**SEYHAN İLÇESİ MESKÛN MAHALLERDE SU KAYIPLARININ
AZALTILMASI İÇİN HİDROLİK MODELLEME ÇALIŞMASI**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEYHAN İLÇESİ MESKÛN MAHALLERDE SU KAYIPLARININ AZALTILMASI HİDROLİK MODELLEME ÇALIŞMASI

Batuhan KARAKUŞ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Çağatayhan Bekir ERSÜ
Yıl: 2021, Sayfa: 97
Jüri : Doç. Dr. Çağatayhan Bekir ERSÜ
: Prof. Dr. Galip SEÇKİN
: Doç Dr. Ertan ARSLANKAYA

Adana ili şebeke hattı esas alındığında, su kaybının en yüksek olduğu Adana ili Seyhan ilçesi Mıdık, Hadırlı, Akkapı, Bey ve Barbaros bölgelerinde su kayıplarının azaltılması ve basıncın ayarlanması (kalibrasyonu) için hipotetik olarak çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma şebekelerde basınç planlaması için bir kılavuz niteliğinde olacak şekilde hazırlanmıştır. Çalışılan bölgenin coğrafik ve topoğrafik durumu, nüfusu ve nüfus yoğunluğu gibi bilgilerden yararlanılmış ve saha çalışmaları ile desteklenmiştir. Yapılan modelleme çalışması ile basınç düşürücü vananın çapı belirlenmiş ve sonrasında yapılacak basınç ayarlamaları ile şebeke kalibrasyonu elde edilmiştir. Su şebekesine gelen hattın cazibeli akış olduğu dikkate alınmıştır. Hipotetik modelleme çalışması EpaNet v2.0.0.12 programı kullanılarak yapılmıştır. Adı geçen bölgelere ait şebekelerde basınç değişimleri belirlenmiş ve profilleri oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ölçülebilir Alt Alanlar, Hidrolik Modelleme, Basınç Düşürücü Vana, Basınç Değişimi

ABSTRACT

MSc. THESIS

HYDRAULIC MODELING STUDY TO REDUCE WATER LOSSES IN SOME NEIGHBORHOOD OF SEYHAN DISTRICT

Batuhan KARAKUŞ

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Çağatayhan Bekir ERSÜ
Year: 2021, Page: 97
Jury : Assoc. Prof. Dr. Çağatayhan Bekir ERSÜ
: Prof. Dr. Galip SEÇKİN
: Assoc. Prof. Dr. Ertan ARSLANKAYA

Hypothetical hydraulic modeling studies have been carried out to reduce water losses and to adjust the pressure (calibrate) in the Mıdık, Hadırlı, Akkapı, Bey and Barbaros districts of Seyhan, Adana, where water loss is among the highest in the Adana water distribution network. This work has been carried out as a guide for pressure planning in networks. The geographic and topographical status, population, and population density of the study area were utilized and supported by field studies. T. As a result of these studies, the diameter of the pressure reducing valve has been determined using the model and network calibration has been achieved with the pressure adjustments to be made. The preparation for the work. Attractive flow of the line to the water network was considered. Hypothetical modeling study was performed by using EpaNet v2.0.0.12 program. Pressure changes were determined in the networks of the mentioned regions and their pressure profiles were formed.

Keywords: District Metered Area, Hydraulic Modeling, Pressure Regulating Valve, Pressure Change

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Adana ili şebeke hattı esas alındığında, su kaybının en yüksek olduğu Adana ili Seyhan ilçesi Mıdık, Hadırlı, Akkapı, Bey ve Barbaros bölgelerinde su kayıplarının azaltılması ve basıncın ayarlanması (kalibrasyonu) için hipotetik olarak çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma şebekelerde basınç planlaması için bir kılavuz niteliğinde olacak şekilde hazırlanmıştır. İlk olarak, oluşan veya oluşabilecek idari ve fiziki su kayıplarının azaltılması için şebeke yönetimi yapılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışılan bölgenin coğrafik ve topoğrafik durumu, nüfusu ve nüfus yoğunluğu gibi bilgilerden yararlanılmış ve saha çalışmaları ile desteklenmiştir. Saha çalışmaları, güncellenen CBS ve SCADA verileri sonucunda 72 saatlik dinamik modelleme davranışına hazır hale getirilmiştir. Maksimum günlük, Maksimum ve minimum saatlik ihtiyaçların ortalama günlük veya ortalama saatlik ihtiyaca oranları, tüketim katsayıları olarak adlandırılmıştır. Şebeke yönetimi ana yönetim bölgeleri ve içerisinde ölçülebilir alt alan (ÖAA) oluşturulması, bölgelerin izolasyonu, CBS, ABYS, varlık bilgi yönetim sistemi ve hidrolik modelin oluşturulmuş, geçici basınç ve debi ölçümleri yapılmıştır. Sonrasında yapılan modelleme çalışması ile basınç düşürücü vananın çapı belirlenmiş ve sonrasında yapılacak basınç ayarlamaları ile şebeke kalibrasyonu elde edilmiştir. Su şebekesine gelen hattın cazibeli akış olduğu dikkate alınmıştır. Hipotetik modelleme çalışması EpaNet v2.0.0.12 programı kullanılarak yapılmıştır. Adı geçen bölgelere ait şebekelerde basınç değişimleri belirlenmiş ve profilleri oluşturulmuştur. ÖAA odalarının inşası ve sonrası debi ve basınç ölçümü, saha uygulamaları ve sonrası kalibrasyon çalışması ile tamamlanmıştır. Çalışmalar sonucunda Seyhan İlçesi meskûn mahallerde su kayıplarını azaltılması çalışması sonucunda toplam ilk fiziki kayıp miktarı 17,6 – 56 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. ÖAA odası inşası sonrası toplam son fiziki kayıp miktarı 5,15 – 25,5 L olarak hesaplanmıştır. Şebekenin sabit basınç ile çalıştırılması sayesinde günlük meydana gelen arıza

sayılarında gözle görülür bir azalma meydana gelecektir. Arıza, tamir ve bakım onarım masrafları azalacaktır. Fiziki kayıplar basıncın kaçak regresyonu ile ilintili olması nedeniyle ciddi bir şekilde fiziki kaçak azalmıştır. grafiklerinde basınç farkının yüksek olduğu ÖAA’larda fiziki kaybın devam ettiği ve bir kez daha son fiziki kayıp çalışmalarının gerektiğini göstermiştir. 1, 8 ve 9 Numaralı ÖAA da istenirse tekrardan bir inceleme daha yapılabileceği tespit edilmiştir. 10 Numaralı ÖAA da ise basınç farkı düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni 10 Numaralı ÖAA’daki şebekenin yeni yapılmasından dolayıdır. Gece saatlerindeki gece basıncı farkı düşük olduğu tespit edildiğinde modelin doğru olduğu boru pürüzlülük katsayısı değişimi gerekli bazı güncellemeler yapılması gerektiğini göstermiştir. Kalibrasyon çalışmaları sayesinde kaybın azaltılması sonucu oluşan ölçüm değerlerine göre hidrolik model gerektiğinde referans gerektiğinde de tekrar güncellenebilir olması nedeniyle kalibrasyon çalışmaları sürekli yenilenecek ve devamlılığı sağlanacak altyapı oluşturulmuştur. Simülasyon sonucunda şebekedeki sistem yapıları arasındaki basınç farklılıkları görülmüştür. Ölçülebilir alt alanların dallanmış basınç kısımlarında basınç yüksek olduğu ring yapan kafes yapılı sistemlerde basıncın daha düşük olduğu su akışının sürekli değişimde olduğu saptanmıştır. Yangın Debileri yerleştirilerek simüle edilmiş ve ekler kısmında gösterilmiştir. Yük kayıplarının maksimum ve minimum olduğu basınçların düşük olduğu noktalara basınç transmitterlerinin yerleştirilmesi ile daha kolay kıyaslama fırsatı ve kalibrasyon çalışmalarının devamlılığı için iyi bir zemin hazırlanmıştır. Yük kayıpları minimum olduğu zaman yüksek basınçtan dolayı bazı kısımlarında zaman içerisinde bağlantı noktalarında sızıntıların oluşumu, çatlama ve patlama durumları daha kolay tahmin edilebilir hale gelmiştir. Yük kayıpları maksimum olduğu zaman ise kullanımın yoğun olduğu saatlerde ve yangın durumlarında kriz yönetimi için seçeneklerin oluşumu ortaya çıkarılmıştır.

TEŞEKKÜR

Lisans ve Lisansüstü eğitimim boyunca zengin bakış açısıyla beni her zaman aydınlatan, mesleki gelişimim ilk zamanlarından beri katkı sağlayan ve yüksek lisans tez çalışmamda bana gösterdiği emeklerinden dolayı tez çalışmam sırasında yanımda olan, bilgilerini benden esirgemeyen beni bu konuda yetiştirip ihtisasımı sağlayan çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Çağatayhan Bekir ERSÜ'e teşekkürlerimi sunarım.

Öğrencilik Hayatımda okulun ilk gününden beri yol gösterici olan sadece akademik anlamda değil hayatın her anında verdik öğütlerle bana destek Sayın Hocam Prof. Dr. Ahmet YÜCEER'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmamın her anında yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen sayın hocam Arş. Gör. Hasan Kıvanç YEŞİLTAS' a teşekkürlerimi sunarım.

Adana Su ve Kanalizasyon İdaresinde görevi başında bulunan İçme Suyu Proje Şube Müdürü Sayın Yusuf Atalay ADIGÜZEL'e, Makine İkmal Daire Başkanı Sayın Can AKIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi her konuda beni destekleyen, her zaman yanımda olan, tez dönemimde her an destekçilerim olmuş Annem Hafize KARAKUŞ, Babam İrfan KARAKUŞ ve son olarak arkadaşlarım Okan SOFUOĞLU, Yusuf GÖYMEN ve Ali ÖZTÜRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2021
Batuhan KARAKUŞ

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ SAYFA	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ SAYFA	X
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. İdari Su Kayıpları	1
1.1.1.Fiziki Su Kayıpları	2
1.2. Su Kayıplarının Dünya Genelindeki Durumu	2
1.3. Türkiye’deki Su kayıpları Hakkında Genel Durum ve Yapılan Çalışmalar...3	
1.4. Çalışmanın Önemi.....	6
1.5. Çalışmanın Kapsamı	7
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	9
3. MATERYAL VE METOD	15
3.1. Materyal	15
3.1.1. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler.....	15
3.1.2. Ölçülebilir Alt Alanların Oluşturulması	16
3.1.3. Altyapı Bilgi Sisteminin Oluşturulması	18
3.1.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulması	19
3.1.5. Varlık Bilgi Yönetim Sisteminin Oluşturulması	20
3.1.6. Hidrolik Model Yazılımı	21
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Oluşturulan Ölçülebilir Alt Alanın İzolasyonu	22
3.2.2. Geçici Basınç Ölçümlerinin Yapılması	23

3.2.3. Hidrolik Modelin Oluşturulması	23
3.2.4. Hidrolik Modelin Geçici Basınç Çalışması ile Kıyaslanması	27
3.3. Geçici Debi Ölçümleri Yapılması	28
3.4. Ölçülebilir Alt Alan Giriş Odası İnşaatı.....	31
3.4.1. Basınç Düşürücü Vana Tipi Seçimi	31
3.4.2. Ölçülebilir Alt Alan Giriş Odası Donatım Elemanları Seçimi	32
3.4.3. Ölçülebilir Alt Alan Giriş Odası Yardımcı Elemanları Temini	34
3.5. Son Fiziki Kaybın Tespiti ve Kalibrasyon Çalışmaları.....	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1. Ölçülebilir Alt Alanlar Hakkında Verilerin Tespitleri ve Uygun Seçimler	41
4.2. Meskûn Mahallerde Hidrolik Model Simülasyon Çalışmaları.....	45
4.3. Ölçülebilir Alt Alanlarda Kayıp Miktarları ve Basınç Değişimlerinin Analizi.....	48
4.4. Kalibrasyon Çalışmaları.....	64
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	85
EKLER.....	87

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Mahalle İçlerindeki ve Sınırlarındaki Abone Sayıları	17
Çizelge 3.2. Tipik Servis Basınç Kriterleri	24
Çizelge 3.3. İçmesuyu Projelerinde Kullanılacak Yangın Suyu Miktarı, Süresi ve Adedi	25
Çizelge 3.4. Ortalama Gündeki Saatlik Dalgalanma	26
Çizelge 3.5. Su Dengesi Şeması	36
Çizelge 4.1. Su Dağıtım Sistemine Verilmesi Gereken Kesafet Katsayıları	44
Çizelge 4.2. Katsayılarına Göre Boruların Birim, Toplam ve İzafi Uzunlukları.....	44
Çizelge 4.3. Mahallelerde kullanılan Birim Debi Miktarları	45
Çizelge 4.4. Ölçülebilir Alt Alanların İlk ve Son Fiziki Kayıp Miktarları.....	64



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. İstanbul'da Alibeyköy Barajında Kuraklık Etkisi.....	5
Şekil 1.2. Ağustos 2020-Ekim 2020 Türkiye Standart Yağış Endeksi	7
Şekil 3.1. Adana İdari Haritası ve Çalışma Alanı.....	15
Şekil 3.2. Meskûn Mahallerde Oluşturan Ölçülebilir Alt Alanlar Genel Görünümü ..	18
Şekil 3.3. Adana İli Seyhan İlçesi Meskûn Mahallelerdeki Kapsayan ÖAA Bölgelerindeki Şebeke Altyapısı.....	19
Şekil 3.4. Türkiye Siyasi Haritasının Genel Görünümü ve TUREF 5256 TM 3 EPSG: 5256 koordinat alanı (kırmızı).....	20
Şekil 3.5. Türkiye Siyasi Haritasının Genel Görünümü ve ITRF96 Koordinat Sistemi Alanı (kırmızı).....	20
Şekil 3.6. Coğrafi Bilgi sisteminde oluşturulmuş olan veri tabanında kayıtlı (kırmızı) olarak bulunan borunun özellikler.....	21
Şekil 3.7. Çalışmalarda Kullanılan Basınç Transmitteri.....	27
Şekil 3.8. Gentek TUFF-2000H Ultrasonik Debimetrenin Kutusu	29
Şekil 3.9. Gentek TUFF-2000H Ultrasonik Debimetre Kutunun İçindeki Ekipmanlar	29
Şekil 3.10. Debimetre ve koruyucu konstrüksiyon yerleşim görünümü	30
Şekil 3.11. Debimetre ve koruyucu konstrüksiyon yerleşim görünümü (kapaklı)	31
Şekil 3.12. Ölçülebilir Alt Alan Giriş Odası Elemanları ve Listesi.....	33
Şekil 3.13. Basınç Düşürücü Vana Odasının Üç Boyutlu Görünümü	35
Şekil 3.14. Basınç Düşürücü Vana Odasının Dıştan Üç Boyutlu Görünümü	35
Şekil 3.15. Ağ Sistem-Dal Sistem-Kafes Sistem Görünümleri	37
Şekil 3.16. Fiziki Su Kayıplarının Ultrasonik Dinleme Aygıtı ile Tespiti (.....	38
Şekil 3.17. Fiziki Su Kayıp Tespiti Sonrası Müdahale Kazısı	38
Şekil 3.18. Fiziki Kaybın Şebekedeki Görünümü	39
Şekil 4.1. Gülbahçesi Mahallesi Simülasyon Başlangıç Noktası (x =437269, y=4094424)	41

Şekil 4.2. Başlangıç Noktası, Ana Dağıtım Hattı (Mavi) ve ÖAA bölgeleri içerisinde bulunan boru yapılanmasının genel görünümü	42
Şekil 4.3. Kullanılan 700 Series Basınç Düşürücü Vana	43
Şekil 4.4. Basınç Düşürücü Vana Öncesi Genel Simülasyonun Durumu	46
Şekil 4.5. Basınç Düşürücü Vana Sonrası Genel Simülasyonun Durumu	47
Şekil 4.6. 1 Numaralı ÖAA Odası İnşası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	49
Şekil 4.7. 1 Numaralı ÖAA da 571 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği	49
Şekil 4.8. 2 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	50
Şekil 4.9. 2 Numaralı ÖAA da 899 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği	51
Şekil 4.10. 3 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	52
Şekil 4.11. 3 Numaralı ÖAA da 30 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği	52
Şekil 4.12. 4 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	53
Şekil 4.13. 4 Numaralı ÖAA da 145 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği	54
Şekil 4.14. 5 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	55
Şekil 4.15. 5 Numaralı ÖAA da 401 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği	55
Şekil 4.16. 6 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	56
Şekil 4.17. 6 Numaralı ÖAA da 1379 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği.....	57
Şekil 4.18. 7 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	58
Şekil 4.19. 7 Numaralı ÖAA da 1495 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği.....	58
Şekil 4.20. 10 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	59
Şekil 4.21. 10 Numaralı ÖAA da 1996 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği.....	60
Şekil 4.22. 8 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	61
Şekil 4.23. 8 Numaralı ÖAA da 2452 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği.....	62
Şekil 4.24. 9 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği	63
Şekil 4.25. 9 Numaralı ÖAA da 2587 no'lu noktada Basınç Değişim Grafiği.....	63
Şekil 4.26. Çalışma Alanındaki Ortalama Hesap ve Ölçülen Gece Basıncı Değerleri .	65
Şekil 4.27. 1 Numaralı ÖAA'nın 571 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	66
Şekil 4.28. 2 Numaralı ÖAA'nın 899 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	66

Şekil 4.29. 3 Numaralı ÖAA'nın 30 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	67
Şekil 4.30. 4 Numaralı ÖAA'nın 145 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	67
Şekil 4.31. 5 Numaralı ÖAA'nın 401 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	68
Şekil 4.32. 6 Numaralı ÖAA'nın 1379 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	68
Şekil 4.33. 7 Numaralı ÖAA'nın 1495 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	69
Şekil 4.34. 8 Numaralı ÖAA'nın 2425 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	69
Şekil 4.35. 9 Numaralı ÖAA'nın 2587 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri.....	70
Şekil 4.36. 10 Numaralı ÖAA'nın 1996 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri....	70





SİMGELER VE KISALTMALAR

AA	: Anadolu Ajansı
AB	: Avrupa Birliği
ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
ASAT	: Antalya Su ve Atıksu İdaresi
ASKİ	: Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi
Bkz.	: Bakınız
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CTP	: Cam Takviyeli Plastik
ED50	: Avrupa Datumu 50
EPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
EPSG	: Avrupa Petrol Araştırma Grubu
FAVAD	: Sabit ve Değişken Alan Deşarj Modeli
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
ITRF96	: Uluslararası Yersel Referans Sistemi
IWA	: Uluslararası Su Birliği
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
KASKİ	: Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi
Km	: kilometre
km ²	: Kilometrekare
km ³	: Kilometreküp
L	: Litre
M	: Metre
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
mSS	: Metre Su Sütunu
ÖAA	: Ölçülebilir Alt Alan

PVC : Poli Vinil Klorür

s: Saniye

SCADA : Merkezi Denetleme Kontrol ve Veri Toplama Merkezi

SKY : İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü
Yönetmeliği



1. GİRİŞ

1.1. Giriş

Su kaybı ülkemizde ve uluslararası alanda yıllardır gündeme gelen bir konu olmakla beraber “su kaybının önlenmesi ile ilgili çalışmalar neden yapılmıyor” sorusunu da insanların aklına getirmiştir. Su kayıpları, zaman içerisinde oluşan işletme maliyetleri, yüksek meblağda gelen faturalar belediyeleri sıkıntıya sokmuş ve su hizmetleri yönetimi de zorlaşmıştır. Kayıplar, aboneler ile su hizmetlerini karşılayan kurumları karşı karşıya getirmiş ve sürekli yaşanan kesintiler arıza ihbarlarına yol açmıştır. Abonelerin yaşadıkları sıkıntıları çözmek amacıyla yeniden su temini sisteminin yapılması veya mevcut su kullanımını daha iyi düzenlemek, yönetmek ve iyileştirmek için su kayıplarının azaltılması çalışmaları gündeme gelmiştir.

İçme suyu iletim hatlarındaki kayıplar; içme suyu hattına verilen su miktarı ile kullanıcıların tükettikleri su miktarı arasındaki fark olarak tanımlanabilir. İçme ve kullanma suyu iletim hatlarında görülen su kayıpları fiziki ve idari su kayıpları olmak üzere iki gruba ayrılmakta; bu iki kaybın toplamı ise toplam su kaybı olarak ifade edilmektedir (WHO & UNICEF, 2000; Chowdhury ve ark., 2002).

1.1.1. İdari Su Kayıpları

İdari su kayıpları, Coğrafi bilgi sisteminden temin edilen bilgiler ile hidrolik model çalışmalarından elde edilen verilerin kıyaslanarak aradaki farkın idari su kaybı olarak hipotetik olarak nitelendirilmesidir. Ayrıca, araziden gelecek veriler yardımıyla idari kayıp tespit edilmesi daha kolay olmaktadır. İdari su kayıplarının azaltılması; çalışma sahasındaki abonelerin sayaç ve tesisat kontrollerinin yapılması, raporlanması, montaj kurallarına uygun olmayan sayaçların tespit edilmesi ve raporlanması, illegal ve usulsüz su kullanımlarının tespiti ve yaptırım yapılması,

İdare Tarifeler Yönetmeliği'ne uygun olmayan sayaç lokasyonlarının tespiti edilmesi sayaç okuma ve tahakkuk hatalarının azaltılması amacıyla endeks okuma personellerini performans değerlendirmelerinin yapılması, kayıtlı tüketimi sürekli azalan sayaç ve abone analizlerin yapılması, çapları büyük veya küçük seçilmiş sayaçların listelerinin oluşturulur. bozuk sayaçların yeni sayaçlar ile değiştirilir. İdari kayıp tespit edilip çözümlendikten sonra fiziki kayba geçilir.

1.1.1. Fiziki Su Kayıpları

Fiziki kayıp, sızıntı olarak değerlendirilmekle beraber boruların çatlama, patlama ve kavitasyon durumlarını kapsar. Bu kayıpların bulunabilmesi için, SCADA verileri ile mukayese sonucunda basınç kıyaslaması yapılır. Bu kıyaslamaya göre karar verilmesi gerekir. Fiziksel kayıpları azaltmak için, düzenli boru yenileme programları uygulanmalı ve eskiyen borular değiştirilmelidir (Toprak ve ark., 2007a). Su dağıtım sisteminin basıncı düşürülmelidir. Böylece, basınca dayanıklı olmayan boruların patlaması, boru birleşim yerlerindeki sızıntıların azaltılması ve kırılan bir boru tamir edilinceye kadar geçen sürede daha az su kaybı olması sağlanır (Toprak ve ark., 2007a).

1.2. Su Kayıplarının Dünya Genelindeki Durumu

Dünya üzerindeki toplam su miktarının 1,4 milyar km³ olduğu belirtilmektedir. Bu suların %97,5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su halinde, %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Mevcut tatlı su kaynaklarının ise %90'ı kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır. Bu değerler, insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğunu göstermektedir. Gelişmekte olan ve hızla büyüyen ekonomiler nedeniyle artan talep, hızla büyüyen nüfus ve tüketim artışı, iklim değişikliği senaryolarının oluşturduğu tehditler, beşerî faaliyetler neticesinde su kaynakları üzerinde oluşan baskılar vb. nedenlerle su kaynaklarının gelecekte ihtiyaçları karşılamayacağı

öngörülmektedir. 2025 yılından itibaren de 3 milyardan fazla insanın su kıtlığı ile karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir (Coşkun Dilcan ve ark., 2018).

Dünyada, su kontrolü yapılmamış alanların her biri için varsayımlar korkutucu görünmektedir: Yoksulluk, iklim değişikliği ve demografik değişim ışığında istikrarı nasıl bekleyebilir veya yaratabiliriz? Şu anda kentsel ortamlarda yaşayan dünya nüfusunun %50'sinde su temini yaşam ve sağlık için çok önemli ve kritik bir konudur (UN-Water Decade Programme on Capacity Development, 2011).

Bugün modern ve hızlı şehirleşme, yeni yaşam biçimleri ve ekonomik gelişmenin beraberinde getirdiği nüfus artışı gezegenin üzerindeki 1 milyardan fazla insanın, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki 2,2 milyardan fazla insanın güvenli suya erişememesine, yetersiz sağlık koşulları ve antihijyenik koşullara maruz kalmasına, yani önlenebilir hastalıklara yol açmıştır. AB üye ülkeleri (25 AB ülkesi) su geliştirme sektöründeki en önemli bağışçılar arasındadır ve uluslararası gelişme, iş birliği ve su yönetimi konusunda tecrübe zenginliğini kullanabilirler (Pilcher ve ark. , 2009). Su kayıplarının azaltılması çalışmaları başta İsrail olmak üzere birçok Ürdün, Suudi Arabistan gibi su azlığı çeken Ortadoğu ülkelerinde yaygındır. Bunun yanında, suyun kullanım amacına uygun olarak yönetilmesi sadece su kıtlığı çeken ülkelerin değil su fazlası bulunan ülkelerde de önemli bir mesele haline gelmiştir.

1.3. Türkiye'deki Su kayıpları Hakkında Genel Durum ve Yapılan Çalışmalar

Türkiye'de yıllık ortalama yağış 643 mm ve toplam su kapasitesi 501 milyar m³'tür. Bu suyun 274 milyar m³'ü buharlaşmayla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'ü yeraltına sızmakta ve 158 milyar m³'lük kısmı akışa geçmektedir. Yeraltı suyunun 28 milyar m³'ü pınarlar ile tekrar akışa katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden gelen 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkenin brüt su potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır. Ancak günümüzün teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde bu potansiyelin 112 milyar m³'ü kullanılabilir durumdadır (DSİ, 2014). Ülkemizde yapılan çalışmalar göstermiştir ki belediyelerde içme suyu şebekelerine

verilen suyun ortalama olarak %45'i şebekedeki sızmalardan ve diğer sebeplerden dolayı kaybolmaktadır. Nüfus artışı ve artan su tüketimi değerlendirildiğinde gelecekte su fakiri bir ülke olacağımızı düşünürsek, oldukça yüksek bir seviyede olan kayıpların azaltılması için şimdiden gerekli tedbirlerin alınması, yetkililerin ve toplumun bilinçlendirilmesi gerekmektedir (Toprak ve ark., 2007b). Ülkemizde su kayıplarının azaltılması çalışmaları Antalya, Kocaeli, Malatya illerinde uygulanmıştır.

İzmit'te su kayıplarını azaltmak üzere bir proje geliştirilmiştir. Hazırlanan bu proje ile 2013 yılı verilerine göre yıllık 16.083.184 m³ olan kayıp su miktarının proje sonunda yıllık 6.450.000 m³'e indirilerek yaklaşık 10 milyon m³ suyun kazanılması hedeflenmiştir (İSU, 2015). Antalya'da ise 2017 yılı içerisinde SCADA sistemi ile toplam 13.251 m³ su kaybı 141 adet arıza tespit edilmiş olup su kaybı önlenmiştir. Fiziki kaçak arama çalışmalarında 1.207 adet ana boru arızası ve 2.054 adet şube yolu arızası tespit edilip tamirata yaptırılmıştır. SCADA sisteminden alınan verilere göre 1.052 m³ kayıp kaçak şebekeye geri kazandırılmıştır (ASAT, 2017).

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) 2020 verilerine göre, su miktarı İstrancalar'da yüzde 26,98, Terkos'ta yüzde 22,82, Sazlıdere'de yüzde 5,54, Alibeyköy'de yüzde 28,54, Büyükçekmece'de yüzde 16,07, Ömerli'de yüzde 22,64 Darlık'ta yüzde 51,39 olarak ölçülmüştür. İstanbul'a su sağlayan baraj ve göletler azami 868.6 milyon metreküp su biriktirme hacmine sahipken, su rezervlerinde miktarı 185,82 milyon metreküp seviyesinde bulunmaktadır. İstanbul'a su sağlayan barajlardaki doluluk ortalama yüzde 22,15 ile son 10 yılın en düşük seviyesinde seyrediyor. Alibeyköy Baraj Gölü'ndeki düşük su seviyesi de AA tarafından görüntülenmiştir (Anadolu Ajansı, 2020).



Şekil 1.1 İstanbul’da Alibeyköy Barajında Kuraklık Etkisi (Anadolu Ajansı, 2020)

Adana Su ve Kanalizasyon İdaresinin kamuoyu ile web sitesi üzerinden paylaştığı bilgiler ışığında “gelir getirmeyen su miktarının” 2018 yılında %41,49 olduğu görülmekte, bu rakamın 2019 yılı itibarıyla %42,91 seviyesine çıktığı görülmektedir (Adana ASKİ, 2020). 2020 yılı kayıp su miktarı (%42,91) baz alındığında idarenin Çatalan İçme Suyu Arıtma Tesisinden Adana halkına temin ettiği günlük ortalama 56.000 m³ (ki yaz aylarında yoğun kullanımdan dolayı günlük 153.000 m³ tesis kapasitesinin kullanıldığı görülmektedir). İçme suyunun 56 m³ lük kısmının faturalandırılmadığı, dolayısıyla ASKİ’nin tesisten temin ettiği suyun yarıya yakını kaybettiği görülmektedir. Dolayısı ile su arzı arttırılmadığı takdirde hizmet sıkıntıları yaşanabileceği ASKİ tarafından ifade edilmektedir (Adana ASKİ, 2019). Buradan hareketle mevcut Çatalan Su Arıtma Tesisinin tevsii konusu, orta vadeli bir yatırım olması nedeniyle tevsii süresine kadar taleplere cevap vermek

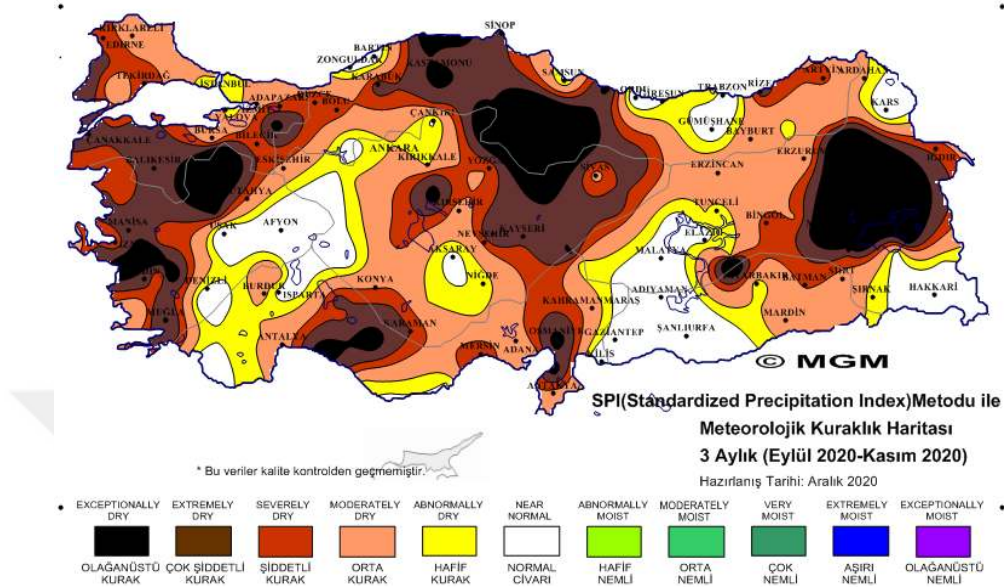
üzere, basınç yönetimi ile su kayıplarının azaltılması konusuna acilen ihtiyaç duyulmuştur.

1.4. Çalışmanın Önemi

2019 yılında Çin Halk Cumhuriyeti'nin Hubei Eyaletinin Wuhan Şehrinde başlayan COVID-19 salgının tüm dünyaya yayılarak pandemi düzeyine gelmesi sonucunda hastanelerdeki vaka sayılarına bağlı olarak ilaç üretimi ve kullanımı; kişisel hijyene özen gösteriminden dolayı yaşamımızın en temel ihtiyacı olan suyun aşırı kullanımı gözle görülebilir bir şekilde artmıştır. Bu kullanım yağışsız geçen günlerle beraber sıkıntılı günlerin geleceğini göstermiştir.

Seyhan İlçesi içerisindeki meskûn mahallerde su kayıplarının azaltılması için bir hidrolik modelleme oluşturulması ve basınç değişimlerinin kontrol altına alınarak işletme problemlerinin çözülmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma ile su kayıplarının önemli ölçüde azalması ve işletme maliyetlerinde de buna oranla önemli düşüşler elde edilmesi beklenmiştir. Su kaynağının sürdürülebilirliği ve korunması da sağlanmış olacaktır.

Türkiye, 2020 yılında mevsim normallerinin altında düşen yağış ve su kullanımında hatalar nedeniyle son yılların en kurak dönemini yaşamaktadır. Baraj ve göllerde su seviyeleri hızla düşerken uzmanlar, önümüzdeki süreçte su kıtlığı ve tarımsal kuraklık gelişeceği uyarısında bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Ağustos 2020-Ekim 2020 Türkiye Standart Yağış Endeksi (MGM,2020)

1.5. Çalışmanın Kapsamı

Ulusal Mevzuat ve IWA terminolojisinde “Gerçek Su Kayıpları” olarak adlandırılan fiziki su kayıplarının düşürülmesi amacıyla, boru durum değerlendirmesini takip eden boru değişim önceliğinin belirlenmesi, bunun için mevcut şebekenin incelenmesi, boru ve vana/ vantuz gibi İdare varlıklarının gerekli görsel tespitlerin yapılarak CBS ne aktarılması, ardından dağıtım şebekesinin hidrolik modellemesinin yapılması ve hidrolik model çalışmasının sonrasında kontrol edilebilir ve ölçülebilir alanlar (ÖAA) tasarımının yapılarak sahada uygulanması sayaç odalarının imalatı ve montajlar, sızıntıların bölgesel ve noktasal tespiti, su tüketimine bağlı basınç yönetiminin uygulanmasını kapsamaktadır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Durmuşçelebi ve ark. (2019) İçme suyu dağıtım sistemlerinde sokaklarda hizmet veren mükerrer hatların su kayıplarına etkisi araştırılmış ve Malatya su dağıtım sistemi için uygulama yapılmıştır. Bir pilot bölgede, minimum gece debisi, ortalama debi ve maksimum talep sırasıyla, 38 L/s, 47 L/s ve 57 L/s olarak ölçülmüştür. Saha çalışmaları ve analizler sonucunda izole bölgeye başka bir hat girişinin olduğu tespit edilmiştir. 200 mm çaplı boru üzerinde debimetre yerleştirilecek sisteme giren toplam debi ve hacim izlenmiş, sistemde mükerrer hat iptal edilerek sistem giriş hacmindeki değişim analiz edilmiştir. Debi ölçümleri ve hat iptalleri sonucuna günlük giriş hacmi 6.000 m³'ten 2.000 m³ seviyesine düşürülmüş ve toplamda çalışma zaman aralığında 4.000 m³ tasarruf sağlanmıştır. Bölgede toplam hat uzunluğu 6.233 m olup çalışma sonucunda 0,642 m³/gün/m su tasarrufu sağlamıştır. Bu çalışmada daha önceden oluşturulmuş bir Ölçülebilir Alt Alan (ÖAA) üzerinden çalışmalar yürütülmüştür. İzole Bölge olduğu için önce saha çalışmaları ve sonrasında hidrolik modelleme çalışması yapılarak hattaki kaçak geçişlere odaklanılmıştır.

Usluer ve ark. (2019) KASKİ Genel Müdürlüğü hizmet alanında yer alan tüm sistem için eş zamanlı olarak su kayıp önleme stratejisinin uygulanmasının oldukça güç ve zaman alıcı bir süreç getireceği için pilot bölgeler uygulama alanının seçilmesi daha uygun olacağına karar vermiştir. Seçilecek bu pilot bölge için su kayıp analizinde uygulanan ve önemli kazanımlar sağlayan İzole Ölçüm Bölgesi oluşturulmasını düşünmüştür. Yapılan değerlendirmeler ve çalışmalar sonucunda Kayseri merkez dağıtım sisteminin 7 adet alt basınç bölgesine ayrılması planlanmıştır Bu basınç bölgeleri daha küçük, kontrol edilebilir, izlenebilir alt bölgelere ayrılarak toplamda 116 adet izole alt ölçüm bölgesi planlanmıştır. Ancak bu 116 bölgeyi aynı anda izole etmek, saha çalışmalarını yürütmek, sıfır basınç testini sahada gerçekleştirmek ve izleme ölçüm sistemlerini kurmak uygulanabilir

olmayıp oldukça fazla zaman almaktadır. Bu nedenle, KASKİ Genel Müdürlüğü hizmet alanında yer alan 6 alt bölgede izole ölçüm bölge planlama ve saha çalışmaları yürütülmüştür. Kayseri ilinde ilk hedef olarak 6 adet pilot bölgede su kayıplarının azaltılmasındaki çalışmaların verilmesi sonucunda meskûn mahal kademeli olarak ÖAA çalışması olarak düşünülmüştür. Seyhan İlçesinde düşünülen çalışma da bu şekilde olacaktır.

Anjaya ve ark. (2015), Mandya'da (Karnataka, Hindistan) bulunan mevcut bir şebekede arz esaslı bir sistemde, her saat için su talebi faktörleri su temini istatistiklerinden öğrenilmiştir. Sistem, Mandya'daki yaklaşık 137.735 nüfusa 25-28 ÖAA (Ölçülebilir Alt Alan)'a su tedarik etmektedir. Su şebekeye bir rezervuardan beslenir ve sistem yerçekimi altında çalışmıştır. Ağ, ring yapan kafes yapılı sistem olmayan bir modelidir ve esas olarak bir dallanmış ağıdır. Bu nedenle, şebekede yapılan değişiklikler, modelin doğruluğunu büyük ölçüde etkilemediği düşünülmüştür. Geliştirilen modelde 43 boru, 23 kavşak ve bir rezervuar bulunmuş ve bu elemanlar üzerinde hidrolik modelleme çalışması yapılmıştır. Bu şebekede, Mandya şehrinin tamamı esas alınarak hidrolik model yapılmıştır. Meskûn mahal çalışması yapılmamıştır. Hindistan gibi temiz su temini sağlamayan ülkelerde su kayıplarının engellenmesi için çalışılan ÖAA sayısı arttırılmıştır.

Gama ve ark. (2015), Milano şehrinde su dağıtım şebekesi kurulumu için hidrolik modelleme çalışması yapılmıştır. Bu büyük su dağıtım şebekesi modellerinin uygun şekilde inşa edilmesi ve güncellenmesi için bazı zorluklar ve gereksinimler sunmuştur. Burada sunulan gereksinimlerin çoğu su dağıtım ağı modelinin kurulumunda yaygın olan bazı durumlar olmuştur, ancak burada sunulan modelin ölçeği ve karmaşıklığı, Milano su temini sisteminin anlaşılması için önemli bir dönüm noktası yapmıştır. Böyle bir modele sahip olmak, pompaların programlanması ve sektörleştirilmesi yoluyla verimli enerji tüketimi için sistemin çalışması için alternatifleri test etmek için tesisin kapasitesini ve esnekliğini artırması planlanmıştır. Milano şehrindeki yapılan çalışma Seyhan İlçesindeki çalışma

ile benzerlik göstermektedir. Karmaşık yapıda olan şebekeyi düzenli bir ağ yapılanması haline getirmek amacıyla çalışma yapmıştır.

Akdeniz ve Muhammetoğlu, (2019), Antalya Termessos Yeşilbayır şebekesi için hidrolik model oluşturmuştur. Model kalibrasyonu ve doğrulaması ASAT Genel Müdürlüğü SCADA sisteminden alınan farklı veri setleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hidrolik modelleme çalışmaları ile elde edilen sonuçlar Termessos Yeşilbayır şebekesi basınç yüksekliği seviyelerinin oldukça değişken olduğunu gösterdiğini saptamıştır. Modelleme çalışmaları ile elde edilen basınç yüksekliği seviyelerinin, 2014 yılında yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde (SKY) belirtilen basınç yüksekliği seviyeleri ile kıyaslaması yapmıştır. Ayrıca; su kayıplarındaki değişimler ile nüfus artışı gibi değişkenler için farklı yönetim senaryoları oluşturulmuş ve basınç yüksekliği seviyeleri üzerindeki etkisi değerlendirmiştir. Bu çalışmada, oluşturulan hidrolik model daha önce oluşturmuş saha çalışmaları tamamlamış ÖAA üzerindeki değerler ile kıyaslama yapmıştır. Kalibre olmuş modelin doğruluk oranını arttırmak amaçlı bir çalışma yapmıştır. Seyhan ilçesinde ise saha çalışmalarına hazır hale getirerek daha önce yapılmış bir çalışma olarak değil, baştan sona bir tasarım olduğu için farklılık göstermektedir.

Anisha ve ark. (2016), Hindistan’da bir şehir olan Chirala şehrinin Su temini ve içilebilir su şebekesinin tasarım dönemi için tahmin edilmesine ve belirli bir şehir veya kasabanın projeksiyon nüfusuna dayanak olmasına karar vermiştir. Herhangi bir az miktarda tahmin edilen debi miktarı, sistemi amaçlanan hedef için yetersiz kılacağı ve benzer şekilde fazla tahmin edilen değer maliyetli hale getireceğini düşünmüştür. Yıllar içinde kent nüfusunda değişim meydana geleceğini ve sistemin projeksiyon nüfusu dikkate alınarak tasarlanmalı gerektiğine karar vermiştir. Tasarım Nüfusu araziye göre dağıtımı söz konusudur. Seyhan ilçesine göre bakılacak olursa İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen İller Bankası’na göre yapılan nüfus projeksiyonu

ele alınması benzerlik göstermektedir, ancak dağıtımda birim boru başına ve abonelerin yoğunluğu (kesafet) esas alınmaktadır.

Karadirek ve ark. (2016), İçme Suyu şebekelerindeki yüksek basıncın şebeke girişine basınç düşürücü vana yerleştirilmesi yerine yüksek basınçtan dolayı oluşacak boru içindeki anı hız değişimleri azaltmak ve basıncı azaltmak yük kaybını, şebeke içi türbin kaybı olarak gerçekleştirmek suretiyle bir çalışma yapmışlardır. Türbin şebeke içinde basınç kaybına uğrarken bir yandan da elektrik enerjisi ile bir kazanıma neden olan bir sistem kurmuştur. Bu çalışma şebekelerin giriş noktasından ziyade belli ana ve esas boru yerleştirilmesi suretiyle düşünülmüştür. Meskûn mahallerde su kayıp çalışması ikinci planda tutulmuştur.

Cheung ve ark. (2010), Güney Brezilya’da, Su dağıtım sistemlerinde sızıntı tahmini için gece debisi analizi tespitinde hidrolik modelleme çalışması yapmış olup gece saatlerine göre tasarlanmış olan ÖAA’nın belirli noktasından basınç ölçümü alınarak kıyaslanmış FAVAD eşitliğine göre çeşitli hesaplamalar yapılmıştır. Fiziki kayıp giderimi sonrası şebekedeki boruların pürüzlülüğü hakkında birtakım yaklaşımlar geliştirmiştir. Bu çalışma hidrolik modeli oluşturulmuş anlık takip sistemi oluşturulmuş bir şebekede zaman içerisinde değişen su kaybına takip olarak alınmıştır. Çalışmada düzensiz olan şebekeyi bir ÖAA oluşturma çalışması olmamıştır.

Kabakçı ve Karadoğan (2004), İzmir’in pilot bölgelerinde faturalanamayan içme suyunun en aza indirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar anlatılmaya çalışmıştır. Esas olarak çeşitli kacak azaltma yöntemlerinden, İzmir için daha önce başlatılmış olan, izole bölgeler oluşturma, regülasyon vanaları ile basıncı denetleme ve sürekli olarak tüketimi izleme yöntemi seçilmiştir. Ölçmeye hazırlanan her izolasyon bölgesinde önce mevcut durum için belirli bir süre basınç ve debi kayıtları alınmıştır (hiçbir ayar yapılmaksızın hidrolik dengenin fotoğrafı çekilmiştir). Sonra, her izolasyon bölgesinin durumu tek tek incelenmek suretiyle, regülasyon vanalarının hangi değerlere ayarlanmasının uygun

olacağı tespit edilmiştir. Bu çalışma Seyhan ilçesi meskûn mahal çalışmasına en çok benzerlik gösteren çalışmalardan biri olmuş; ülkemizde çalışmalardan ilklerinden birisidir.



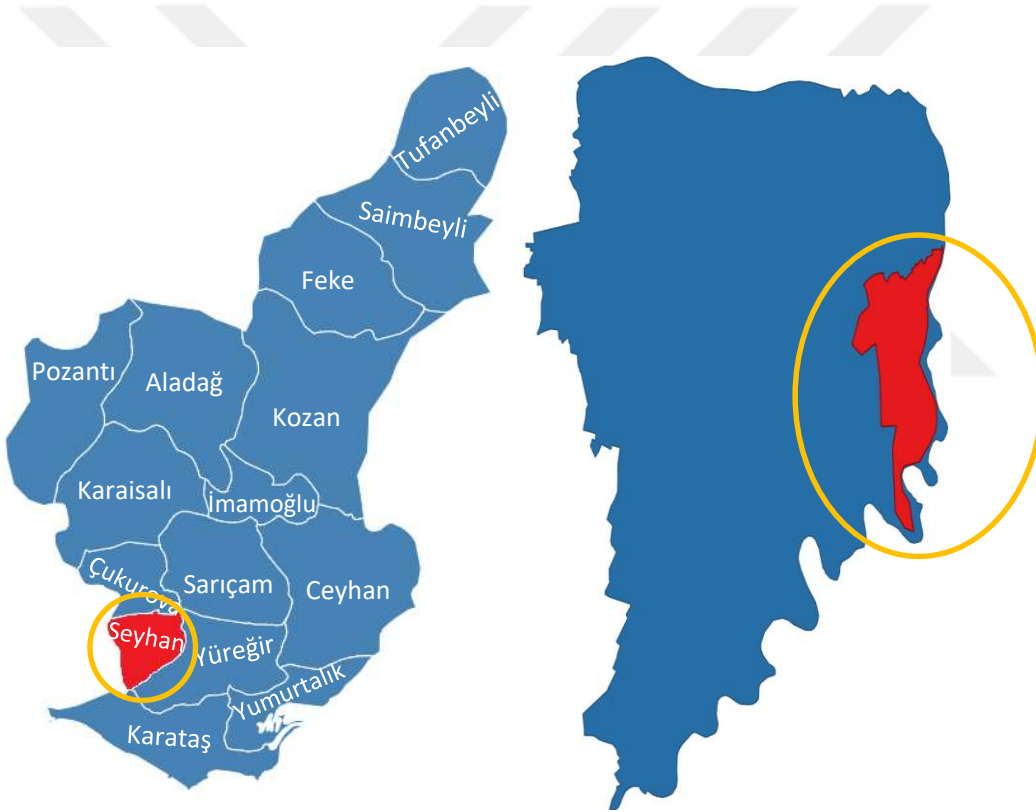


3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgiler

Adana İli Seyhan ilçesinin güneyinde bulunan Akkapı, Mıdık, Barbaros, Bey ve Hadırlı mahalleleri çalışma alanı olarak seçilmiştir (Bkz. Şekil 3.1.) Bu bölge, genellikle ova tipi düz arazilerden oluşmaktadır. Bölgenin jeolojik durumu genellikle alüvyon zemindir.



Şekil 3.1 Adana İdari Haritası ve Çalışma Alanı

ÖAA alanları toplamda 40 adet olmakta olup bu alanların 10 tanesine aktif olarak saha çalışmaları gerçekleştirilmiş ve bu alanda 113,5 km'lik şebeke hattı üzerinde su kayıplarının azaltılması için hidrolik modelleme çalışması yapılmıştır.

ÖAA alanındaki ekonomi faaliyetleri hayvancılık, tarım ve hizmet sektörü üzerinedir. Bunun yanında, seracılık ve narenciye faaliyetleri de yaygın olarak bulunmaktadır. Narenciye bahçelerinin sulamaları hem kuyulardan hem de şebekeden karşılanabilmektedir. Bu yüzden, oluşturulan yedi ölçülebilir alt alanda (ÖAA) tarımsal kullanım amaçlı birçok yeraltı suyu kuyusu mevcuttur. ÖAA narenciye ve hayvancılık ürünlerinin işlendiği birkaç adet imalathane dışında önemli bir endüstriyel aktivite bulunmamaktadır.

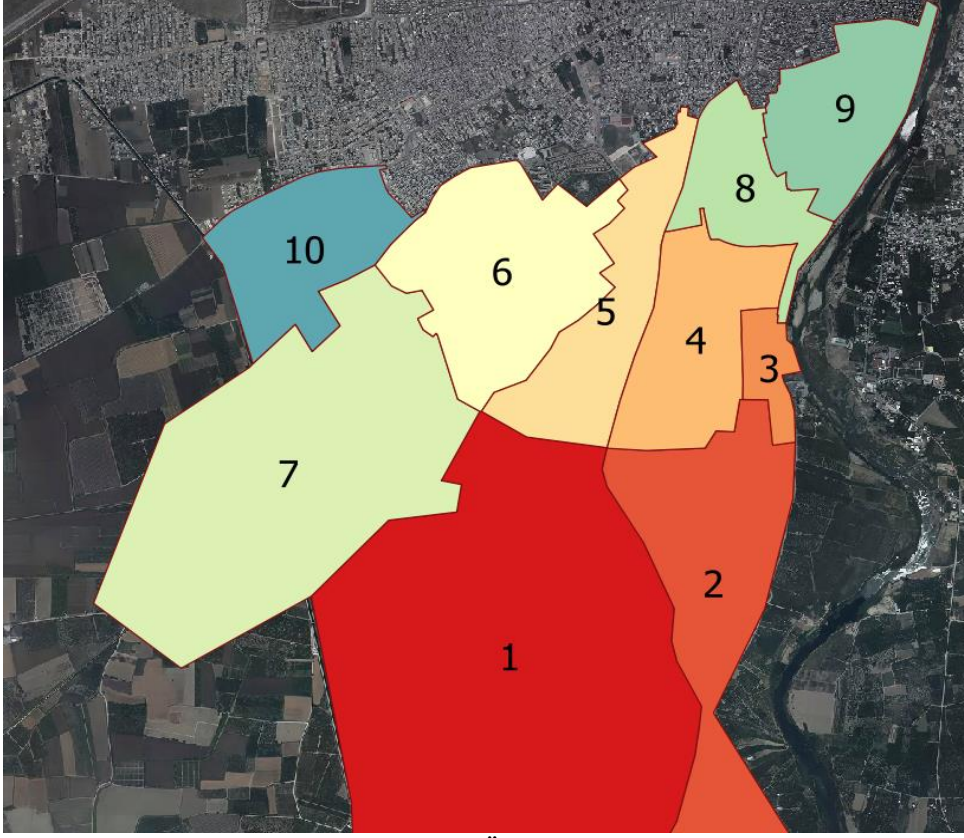
3.1.2. Ölçülebilir Alt Alanların Oluşturulması

İlk olarak, oluşan veya oluşabilecek idari ve fiziki su kayıplarının azaltılması için şebeke yönetimi yapılmasıyla gerçekleşmiştir. Şebeke yönetimi ana yönetim bölgeleri ve içerisinde ölçülebilir alt alan (ÖAA) olarak nitelendirilen ana borulardan ayrı bir biçimde esas ve dağıtım borularının kendi içerisinde kapalı bir sistem olarak ayrılması işlemidir. Her birinde 500-3.000 yapıya hizmet verecek şekilde bağlantısı en fazla 100 L/s ihtiyaç debisine sahip bölgelerden ÖAA oluşturulur (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015). Bu işlem sonucunda her noktada birbirine yakın olacak basınçların oluşturulduğu bölgeler olduğudur. Bu bölgelerin ayrılması sonucunda şebeke yönetimi için hazır hale gelmiş olmuştur.

Çizelge 3.1. Mahalle İçlerindeki ve Sınırlarındaki Abone Sayıları (Adana ASKİ, 2018)

MAHAL LİSTESİ		
İlçe	Mahalle	Abone Sayısı
SEYHAN	AKKAPI MH.	4597
SEYHAN	AKKAPI MH.-BEY MH.	398
SEYHAN	AKKAPI-DAGLIOGLU MH.	755
SEYHAN	BARBAROS MH.	3967
SEYHAN	BARBAROS-YENİBEY MH.	365
SEYHAN	BEY MH.	2026
SEYHAN	HAVUZLUBAHCE MH.- BEY MH	353
SEYHAN	MIDIK MH.	1228
SEYHAN	MIDIK MH.-BEY MH.- YENİBEY MH.	720
SEYHAN	HADIRLI MH.	2032

Böylece, ayrılan alanlar için detaylı çalışmalar başlanılabilir. Bu çalışmalar altyapı bilgi yönetimi, varlık bilgi yönetimi, coğrafi bilgi sistemi teşkili, şebeke yönetim binasının oluşturulması, SCADA sisteminin kurulumu ve analizi çalışmaları, Hidrolik modelleme çalışmalarının yapılmasıdır. Bu çalışmalar sonucunda ÖAA girişlerine basınç yönetimi için ÖAA odalarının yapılması ve sonrasında SCADA verileri ile Hidrolik model sonuçlarının kıyaslanması, kayıp su miktarının belirlenmesi çalışmalarından oluşur.



Şekil 3.2. Meskûn Mahallerde Oluşturan Ölçülebilir Alt Alanlar Genel Görünümü

3.1.3. Altyapı Bilgi Sisteminin Oluşturulması

Kentin altyapısına (kanalizasyon, içmesuyu, yağmursuyu, doğalgaz vb.) ait verilerin kullanılmasıyla elde edilen Kent Bilgi Sistemi alt dalına Altyapı Bilgi Sistemi adı verilir. Altyapı Bilgi Sistemi şehre ait içmesuyu, kanalizasyon, yağmursuyu, altyapı ve üstyapı tesislerinin konumsal olarak sorgulanabildiği, muhtelif şebeke analizleri ile modelleme çalışmalarının yapılabildiği bir harita uygulaması olarak tarif edilebilmektedir. (Yılmaz ve Keskin, 2005)

Altyapı bilgi sisteminin amacı şebekedeki boruların doğrulanması ve tek bir platform altında toplanması işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Doğrulan borular sistemde en temel kısımdır. ÖAA bölgelerinin oluşturulmasında önemli bir

faktördür. Bölgede bilinmeyen boruların gelmesiyle ÖAA sınırlarında küçük veya büyük çaplı bir değişikliğe neden olabilir. Bundan dolayı iyi bir şekilde belirlenmesi gerek sahada gerekse de arşiv kayıtlarından elde edilmesi çok önemli bir meseledir.

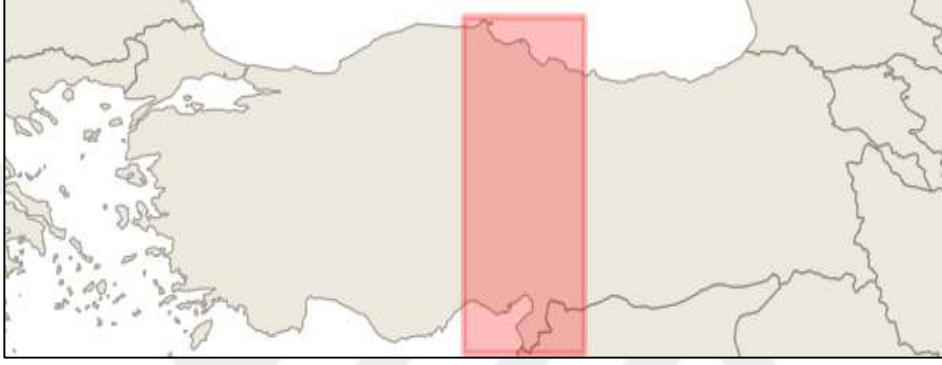


Şekil 3.3. Adana İli Seyhan İlçesi Meskûn Mahallelerdeki Kapsayan ÖAA Bölgelerindeki Şebeke Altyapısı

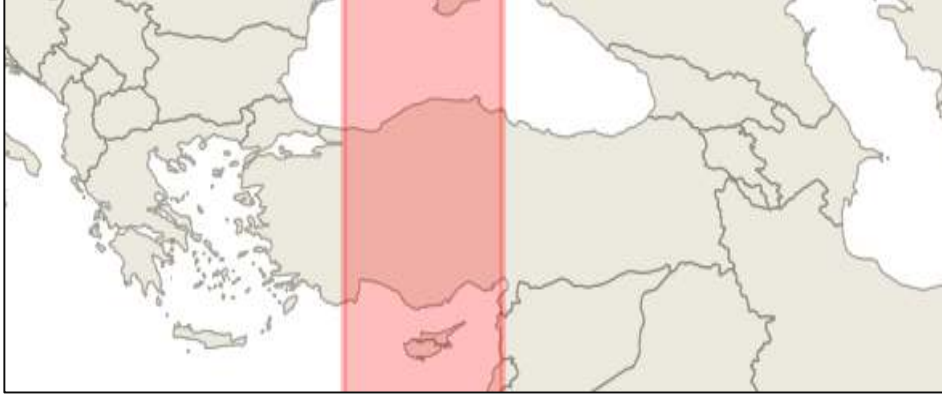
3.1.4. Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulması

Altyapı bilgisinin bulunduğu bölge, mahalle ve coğrafik yapıların harita üzerinde bir arada veya ayrı ayrı gösterilebileceği bir platformun olması ITRF96 (WGS 84 UTM Zone 36N) ve ED50 formatlarında olması ve bu formatların Avrupa Petrol Araştırma Grubu (EPSG) tarafından Türkiye için de geliştirilen TUREF 5256 TM 3 EPSG: 5256 koordinatlarında boyutlu olarak hâlihazır krokilerin eşleştirilebilmesi, topoğrafik yapısının çıkarılabilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemi

(CBS) gerekmiştir. Bu sayede diğer ulusal ve uluslararası platformlarda senkronizasyon sağlayacak hidrolik modelin oluşturulması için CBS kolaylaştırıcı bir görev yapmıştır. ArcGIS 10.7, Google Earth Pro, Yandex Map Editor, Quantum GIS 3.0+ programları kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Türkiye Siyasi Haritasının Genel Görünümü ve TUREF 5256 TM 3 EPSG: 5256 koordinat alanı (kırmızı)

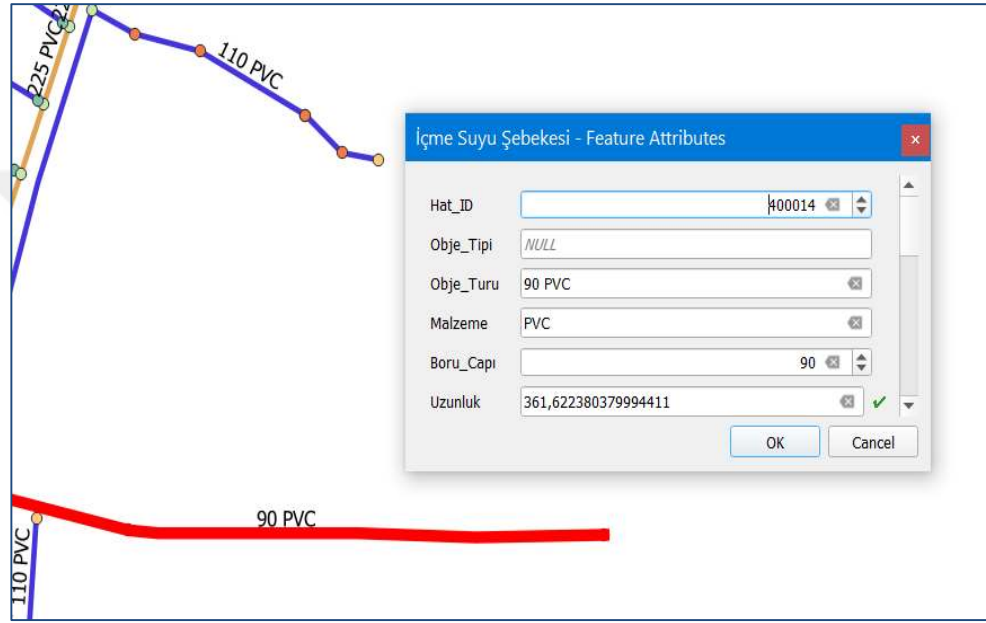


Şekil 3.5. Türkiye Siyasi Haritasının Genel Görünümü ve ITRF96 Koordinat Sistemi Alanı (kırmızı)

3.1.5. Varlık Bilgi Yönetim Sisteminin Oluşturulması

Oluşturulan altyapı ve coğrafi bilgi sistemi sonucunda boru, vana, aboneler gibi bilgilerin ÖAA bazlı kayıtlı veri tabanı oluşturularak bir varlık bilgi yönetim

sistemi kurulması amaçlanmıştır. Bu veri tabanı ile hangi eleman nerede veya belirli elemanlardan kaç adet mevcut olduğu varlık bilgi yönetimi sistemi ile görülmüştür. Bu oluşturulan bilgilerin mimarisi coğrafi bilgi sistemi üzerinde kurularak ortak format oluşturulmuştur.



Şekil 3.6. Coğrafi Bilgi Sisteminde Oluşturulmuş Olan Veri Tabanında Kayıtlı (kırmızı) Olarak Bulunan Borunun Özellikler

3.1.6. Hidrolik Model Yazılımı

Hidrolik Modelleme yazılımı olarak bütün mevcut verilerin toplanarak şebekenin yönetim profilinin çıkarılması basınçların hipotetik olarak oluşturulması ve buna bağlı olarak ÖAA odaları için gerekli tasarım kriterlerinin oluşturulması ve sonrasında sahadan gelecek veriler sonucunda kalibrasyon çalışmaları olarak gece debisi analizi yapabilen ve su dengesi raporu çıkarabilen yazılım olan seçilmesine özen gösterilmiştir. Berardi ve arkadaşlarının (2015) bildirdiğine göre, gelişmiş (yazılım destekli) hidrolik modeller teknisyenlerin müdahale için farklı alternatif

stratejileri değerlendirmelerine izin vermek amacıyla borular boyunca basınca bağlı kaçakları (yani arka plan kaçakları) simule edebilmiştir.

Yazılım seçiminde dış ortama veri aktarması ve CBS ile senkronize çalışması ve SCADA verilerini değerlendirebilmesi dikkate alınmıştır. 24, 48 ve 72 saat olmak üzere çözümlleme yapması ve yangın debilerinin ilave edilebileceği model yazılımı öncelik olarak tercih edilmiştir.

Çalışmalarda kullanılması düşünülen, WaterCAD, msSu ve Epanet bilgisayar programları; kabuller, tasarım esasları ve sonuçları bakımından farklılıklar göstermektedir(Selçuk, 2014). Bu nedenle, basınç yönetimi için en ekonomik Hardy – Cross metodunu kullanan ve 168 saate kadar zmlleme yapabilen hidrolik model alışmaları EPA tarafından yapılmış Epanet v2.0.0.12 Free Version hidrolik model programı kullanılmıştır.

Bu yazılımlar arasında Epanet programı, tercih edilen analiz metodu, kullanılan biri sistemi, analiz sonucu alınan çıktılarının alınabilmesi CBS ve SCADA ile manuel olsa bile entegre olması ve en önemlisi ücretsiz olması Epanet'i tercih etmek için en önemli etken olmuştur.

3.2. Yöntem

3.2.1. Oluşturulan llebilir Alt Alanın İzolasyonu

Düzenlenmiş olan ölçülebilir Alt Alanın giriş noktası haricinde diğer noktalardan olacak su girişini engellemek amacıyla öncelikle tamamlanmış olan CBS tabanlı altyapı bilgi sistemi ve varlık bilgi yönetim sistemleri üzerinde yapılacak taramalar sonucunda yeni yapılacak vanaların kapatılması, vana yoksa bağlantıya kr tapa vurulmasına karar verilmesi ile başlanmıştır. Mevcut idaredeki içme suyu teknik ekibi almış olduğu bilgi üzerine arazide uygulayarak alanı izole hale getirmiştir. Bu sayede izole olan alanda basınçlar birbirine yakın olacak şekilde uygun seviyelere ulaştırılabilmiştir.

3.2.2. Geçici Basınç Ölçümlerinin Yapılması

İzole olmuş Ölçülebilir Alt Alanda basınçların birbirine yakın olması istenir. Basınçların birbirine yakın olması alanın izole edildiğinin göstergesidir. Ölçülebilir Alt Alan içerisinde çeşitli noktalardan rakorlu manometre veya basınç transmitterleri ile alınan basınçlar tablo halinde kaydedilmiş ve harita üzerinde işaretlenmiştir. Ölçülen basınç değerleri daha sonra varlık bilgi yönetim sistemi ve coğrafi bilgi sistemine aktarılmıştır.

Ölçümler sonucu alanın izole olmadığı da tespit edilebilir. Bu durumda o bölgede nedenin ne olduğu araştırılır; kaçak giriş olup olmadığı veya bir fiziki kayıp olup olmadığı tespit edilir ve soruna göre çözüm seçilmiştir. Sıfır basınç testi uygulayarak izole bir bölgede bir anda basıncı sıfırlamak suretiyle bölgenin izolasyonunun kontrolü tamamlanmıştır.

3.2.3. Hidrolik Modelin Oluşturulması

Bu çalışmada düşünülen ölü nokta ve Hardy-Cross metotları, yapıları nedeni ile farklı yaklaşımlar kullanmaktadır. Günel ve arkadaşlarının (2005) bildirdiğine göre Hardy-Cross metodunun ölü nokta metoduna göre %12 daha az enerji kaybı oluşturduğu görüldüğünü ve Hardy-Cross metodu, ölü nokta metoduna göre daha verimli, işletme ve yapım maliyetinin daha düşük olacağı sonucuna sadece enerji kayıplarının karşılaştırılması ile değerlendirilmiştir. Kullanımda hipotetik olarak elde edilen debi verileri iller bankası içme suyu tesisleri etüt, fizibilite ve projelerinin hazırlanmasına ait teknik şartnamesine göre hesaplanmıştır. Birim L/s, uzunluk m, hesap modeli olarak Hazen-Williams seçilmiş ve bu veriler hidrolik modelleme programına işlenmiştir.

$$h_L = 4.727 C^{-1.852} d^{-4.871} L \quad (3.1.)$$

Burada; h_L = Yük kaybı (m), C = Boru malzemesi katsayısı, d = Borunun çapı (m) ve L = Noktalar arası uzunluk (m)'u ifade etmektedir.

Bu çalışmalarda, Denklem 3.1'de US birim sistemine göre model çıkarılmış, SI birim sisteminde de çeşitli uygulamalarda da kullanılmıştır (Rossman, 2000). Örneğin, Panama'nın Bucori şehrinde yağmur toplama çukurlarından beslemeli cazibeli akışlı su dağıtım sisteminde yağmur toplama noktalarından şebeke dağıtımına kadar olan isale hattının ve şebekesinin modellenmesi için EpaNet Programı ve Hazen-Williams modeli SI birim sistemine uygun olarak kullanılmıştır. (Bradley, ve ark., 2016). Panama'daki gibi daha önce yapılmış çalışmalardan esinlenerek Akkapı, Bey Barbaros, Hadırlı ve Mıdık mahallelerinde uygulanmıştır.

İçme suyu hatları içerisinde ayrıca inşa edilmiş yangın hidrant şebeke sistemi bulunmamaktadır. Yangın durumunda su ihtiyacı mevcut içme suyu şebekesinden temin edileceği kabul edilmiş şebekedeki değişen basınçların yönetimi yangın durumunda ve yangın olmayan duruma göre senaryolar oluşturulmuş; çeşitli kriterlere dikkat edilmiştir.

Çizelge 3.2 Tipik Servis Basınç Kriterleri (Pilcher, ve diğerleri, 2009)

Koşul	Basınç (bar)
Azami Basınç	4,5-5,0
Azami Günde Asgari Basınç	2,0-3,0
Yoğun Saatte Asgari Basınç	1,5-2,0
Yangında Asgari Basınç	1,5

Yangın debileri için, ana, esas ve tali borular için yangın debileri ilave edilemez. Yangın, sadece düğüm noktalarından uç debi olarak çekilebilir. Bu nedenle, şebekenin çeşitli noktalarında 2 adet yangın çıkacağı düşünülerek yangın uç debileri tanımlanır. Sadece o iki düğüm noktasını besleyen boruların tasarımında yangın debisi dikkate alınmış olur. Şebekenin diğer 2 noktasındaki yangının dikkate

alınabilmesi için, önceki 2 yangın uç debisinin silinmesi, yeni 2 düğüm noktasına yangın uç debilerinin tanımlanması, buna göre yeniden tasarım yapılması gerekir. Bu nedenle sonsuz sayıda kombinasyon denenmesi gerekir (Selçuk, 2014). İller Bankası şartnamesine göre 5 L/s olarak belirlemiş iki noktadan yangın debisi yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.3 İçmesuyu Projelerinde Kullanılacak Yangın Suyu Miktarı, Süresi ve Adedi (İller Bankası, 2013)

Zon Nüfusu (kişi)	Eşzamanlı Yangın Sayısı	Yangın Süresi (sa)	Yangın Başına Yangın Suyu Miktarı (L/s)		Yangın Suyu Hacmi (m ³)	
			İki Katlı Binaların Olduğu Yerleşim Alanı	Üç Kat ve Üzeri Binaların Olduğu Yerleşim Alanı	İki Katlı Binaların Olduğu Yerleşim Alanı	Üç Kat ve Üzeri Binaların Olduğu Yerleşim Alanı
<5.000	1	2	5	10	36	72
5.001-10.000	2	2	5	10	72	144
10.001-25.000	2	2	10	15	144	216
25.001-50.000	2	2	15	20	216	288
50.001- 100.000	2	3	15	20	324	432
>100.000	2	5	-	25	-	900

Hidrolik model anlık çözüm yaklaşımıyla tek zamanlı yani durağan zamanlı çözüm olarak yapılır. Saha çalışmaları, güncellenen CBS ve SCADA verileri sonucunda 72 saatlik dinamik modelleme davranışına hazır hale getirilir. Maksimum günlük, Maksimum ve minimum saatlik ihtiyaçların ortalama günlük veya ortalama saatlik ihtiyaca oranları, tüketim katsayıları olarak adlandırılmıştır. Aylık tüketim değişimleri de bu kapsamda değerlendirilebilecektir. Tüketim katsayıları öncelikle ölçüme dayalı olarak belirlenir. Belediye kayıtları bu bilgilerin sağlanmasına olanak

tanıyacak özellikte değilse, aşağıdaki tabloda verilen katsayılar kullanılır (İller Bankası, 2013).

En kötü senaryoya göre de basınç düşürücü vana seçimi yapılarak fizibilite çalışması tamamlanır.

Çizelge 3.4 Ortalama Gündeki Saatlik Dalgalanma (İller Bankası, 2013)

Nüfus (1000 kişi)	Pik Faktör	Saatler					
		6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-6
<5	1.75	1.72	0.82	1.70	0.81	1.75	0.40
5-10	1.68	1.65	0.87	1.62	0.86	1.68	0.44
10-25	1.61	1.58	0.91	1.55	0.91	1.61	0.48
25-50	1.54	1.52	0.96	1.47	0.95	1.54	0.52
50-100	1.47	1.45	1.00	1.40	1.00	1.47	0.56
>100	1.40	1.38	1.05	1.32	1.05	1.40	0.60

Değişimler genel olarak belli bir zaman dilimi içinde, nicelik değerini değişimini gösteren çarpanların toplandığı tablodur. Bütün yapılarda kullanılan zaman aralığı sabit bir değerdir. Bu aralıkta nicelik değeri sabit seviyede kalır. Bütün yapılar aynı zaman aralığını kullanmak zorunda ise, her biri farklı periyot numaraları kullanılabilir. Çarpan değerleri ve seyir süresi kullanıcı tanımlı olarak Analiz Ayarları bölümünün Süre Ayarları sekmesinden kullanıcı tanımlı olarak değiştirilebilir. Örneğin konut bölgesi için 00.00–07.00 saatleri arasında konut bölgesindeki su talebi minimum, saat 10.00–12.00 ve 18.00–22.00 saatleri arasında ise maksimum olmaktadır. (Mutlu, 2006)

3.2.4. Hidrolik Modelin Geçici Basınç Çalışması ile Kıyaslanması

Çözömlenen Hidrolik Model ile hesaplanan basınç değeri ile geçici basınç ölçömleri kıyaslanarak uygunluk gösterip göstermediğı harita üzerinde kontrol edilir. Bu uygunluk, hidrolik model çalışmasının uygun olup olmadığının tespit edilmesi açısından önemlidir.

Kıyaslama sonucunda sistemde olması gereken en yüksek ve en alçak basınç noktaları ile ÖAA'nın giriş noktası belirlenir. Bu noktalara kritik nokta adı verilir. Bu noktalara basınç transmitterleri yerleştirilerek SCADA üzerinden izlenmeye başlanır. Buna müteakiben basıncı düşürmek adına ÖAA Giriş odaları inşasına başlanır. Basınç Transmitterleri Şekil 3.7 de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Çalışmalarda Kullanılan Basınç Transmitteri (Gentek Elektronik, 2020)

3.3. Geçici Debi Ölçümleri Yapılması

Basınç ölçümleri yapılmış ve sıfır basınç testinden geçen izole bölgenin kayıp noktalarından ne kadar miktarda su geçtiği tespit edilemeyebilir. Bu yüzden hem fiziki kaybın olduğu noktalardan hem de idari kaybın ne kadar miktarda olduğu tespit edilmesi için ÖAA Odaları inşası sırasında ÖAA elemanları yerleştirilmeden önce şebekedeki boru üzerine (Bkz. Şekil 3.10.) debimetre yerleştirilmiştir. Bu sayede hem fiziki kaybın başlangıçta ne kadar olduğu hem de izinsiz kullanımın ne kadar olduğu tespit edilebilmesi için geçici debi ölçümleri yapılmıştır. Aşağıdaki eşitliklerde ise debimetreden geçen miktarın formüle edilmesi görmektediriz.

$$Q_{Debimetre} = \sum Q_{\text{ÖAA, toplam}} \quad (3.2.)$$

$$\sum Q_{\text{ÖAA, toplam}} = Q_{Kullanım} + Q_i + Q_{f, ilk} \quad (3.3.)$$

Burada İdari Kayıp Q_i ilk Fiziki kayıp $Q_{f, ilk}$ olarak gösterilmiştir. Buradaki fiziki kaybın ilk olarak nitelendirilmesinin nedeni idari kayıp sorununun tek bir aşamada çözülürken fiziki kaybın ise çözilememesi; basınç ile doğru orantılı olmasından kaynaklıdır. Bu basınç teoremi Toriçelli (1608-1647)'nin yapmış olduğu bir çalışma olan açık hava basıncı çalışması, bir delikten çıkan su miktarı yüksek basınçta daha fazla ve tazyikli bir şekilde çıkarken daha düşük basınçta damla damla halinde bir çıkış gösterdiğini, bu yüzden ilk fiziki kayıp tespitinden sonra ÖAA odaları inşasıyla basıncın düşürülerek son fiziki kayıp tespiti ile ÖAA odalarının fiziki kaybın azaltılmasında etkisi olduğu görülmüştür.



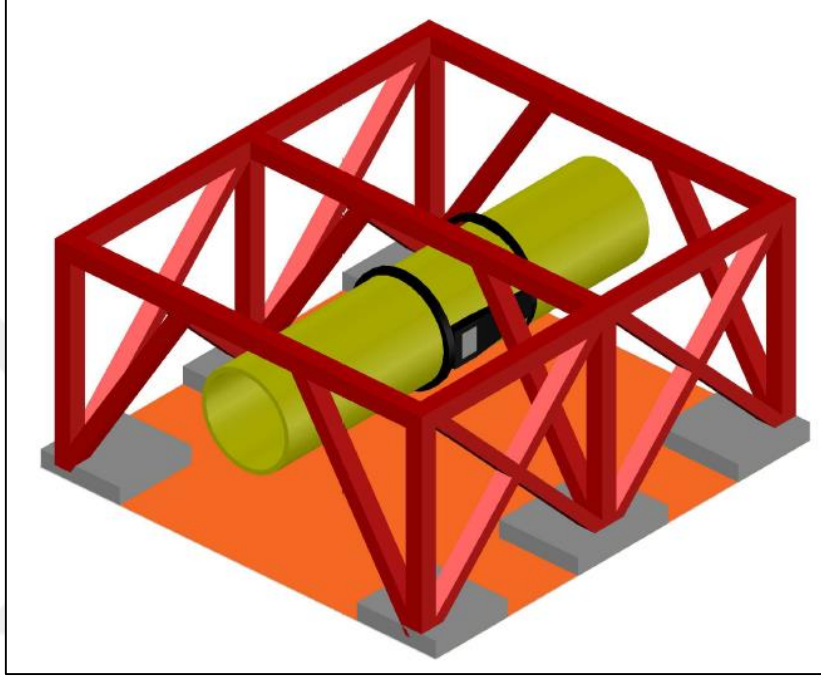
Şekil 3.8. Gentek TUFF-2000H Ultrasonik Debimetrenin Kutusu



Şekil 3.9. Gentek TUFF-2000H Ultrasonik Debimetre Kutunun İçindeki Ekipmanlar

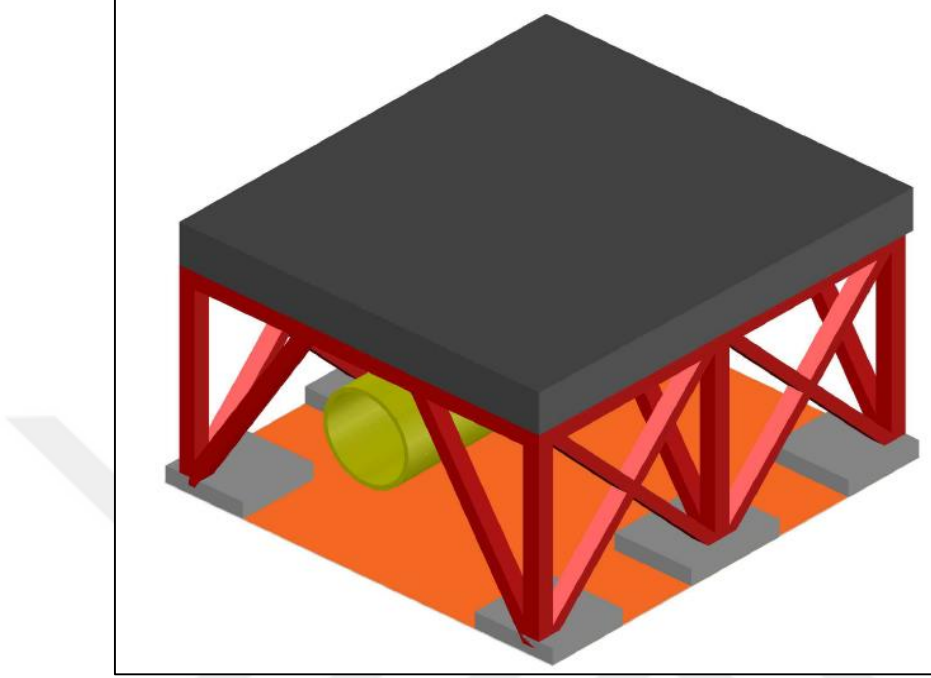
Şekil 3.8’deki Debimetre öncelikle boru üzerine dikey pozisyon yapışacak şekilde yerleştirilir. Sabitlenen debimetre alt ve üst kısmından kelepçelenerek sabitlenir. Sonrasında sabitlenen debimetre ve boruya zarar gelmeyecek şekilde

atölyede tasarlanan ve üretilen 2x2x1,5 m'lik konstrüksiyon yapı yerleştirilir. Yerleşim Görünümü Aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Debimetre ve Koruyucu Konstrüksiyon Yerleşim Görünümü

Bu konstrüksiyon yapı, boruya ve debimetreye herhangi bir dış etkilere karşı korunmak amacıyla yerleştirilmektedir. Oluşacak trafik kazası veya debimetre cihazının dışarıdan kurcalanması bozulması ve hatta çalınması gibi olaylara karşı yerleştirilmektedir. Bu yapının üzerine Şekil 3.11 deki gibi 2x2x0.2 mm ağır plaka ile kapatılarak güvenli bir şekilde ölçüm yapılması sağlanmaktadır.



Şekil 3.11. Debimetre ve Koruyucu Konstrüksiyon Yerleşim Görünümü (kapaklı)

Debi ve basınç sonuçlarına göre giriş odası yapısına dair onay alınmıştır.

3.4. Ölçülebilir Alt Alan Giriş Odası İnşaatı

3.4.1. Basınç Düşürücü Vana Tipi Seçimi

Basınç düşürücü vana (BDV) izole olan alandaki basıncın istenilen seviyelerde ayarlayarak izole alandaki şebeke yapısının ömrünü uzatmak, anlaşılamayan fiziki kayıpları (boru içerisindeki sızıntı ve çatlamları daha iyi tespit etmek amaçlı imal edilmiş bir elemandır.

Ölçülebilir Alt Alan (ÖAA) tasarımında öncelikle şebeke içerisindeki izole bölgede basıncın düşürülmesi amacıyla odanın en önemli elemanı olan basınç düşürücü vana tipi önemlidir. Vana tipi öncelikle şebekedeki kullanım miktarına göre seçilmelidir. Kullanım miktarı günlük olarak belirli bir değişimde devam etmesi

veya mevsimsel olarak artan nüfusa göre değişen yapıda olması basınç düşürücü vananın seçiminde öncelikli faktördür.

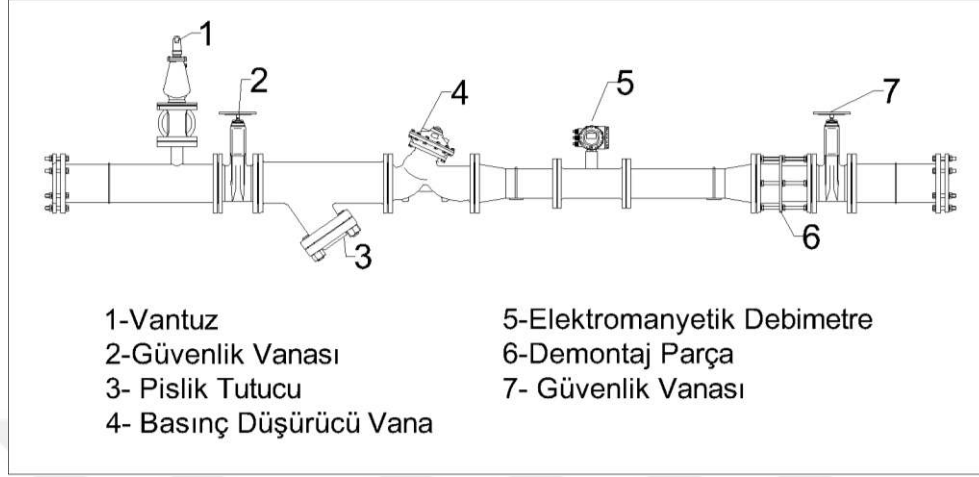
Basınç düşürücü vana seçiminde dikkat edilmesi gereken ikinci faktör ise kavitasyon durumudur. Belirli bir sıcaklıkta ve basınçta bulunan suyun vana üzerinde ayarlanan çıkış basıncı farkı ile orantılı olarak vana içindeki hız değişmektedir. Bu hızlanma sonucunda suyun vana içerisindeki engelleyici yüzeye çarpmasıyla türbülans durumuna uğramaktadır. Türbülansa geçen su sabit sıcaklıkta düşük su buharı formu oluşturarak izole edilmiş bölgeye geçmektedir. Vana odasının 24 saatte değişen sıcaklığı ile yeraltındaki şebeke borusunun sıcaklığı yüzünden buhar olan su sıvı formuna geçebilir. Sıvı formuna geçen su tanecikleri birbirine yaklaşır. Taneciklerin yaklaşması boru içerisinde vakum etkisi yaratarak vananın çeşitli parçalarını kopartarak bozulmasına neden olur.

Bu özelliklerin yanında ÖAA'nın topoğrafik yapısı, vana içerisindeki basınç düşürme mekanizması, imal edilmiş vananın gövde yapısı ve malzemesi önemlidir. Basınç düşürücü vana seçiminde bu özelliklere göre üretici firmanın vermiş olduğu tanıtım broşür ve kataloglarını inceleyerek yukarıda belirtilen özelliklere dikkat edilerek seçilmesi gerekmektedir.

Seyhan ilçesindeki meskûn mahallerdeki Su kayıplarının azaltılması için hidrolik modelleme çalışmasında izole bölgelere göre en uygun vana tipi seçimi yapılmıştır.

3.4.2. Ölçülebilir Alt Alan Giriş Odası Donatım Elemanları Seçimi

Giriş odası donatım elemanları basınç düşürücü vana tipi seçimi yapıldıktan sonra, vananın özelliklerine göre uygun olan donatım elemanları seçilerek atölye birleştirip tek parça haline getirilir giriş odasına yerleştirilir veya ondanın betonarme çalışması yapıldıktan sonra basınç düşürücü vana ve donatım elemanları içeriden montajlanır. Yapılan montaj çalışması sonucunda Aşağıda Şekil 3.12. deki donatım elemanlarının bir arada olduğu görünüm verilmiştir.



Şekil 3.12. Ölçülebilir Alt Alan Giriş Odası Elemanları ve Listesi (Sertçelik, 2020)

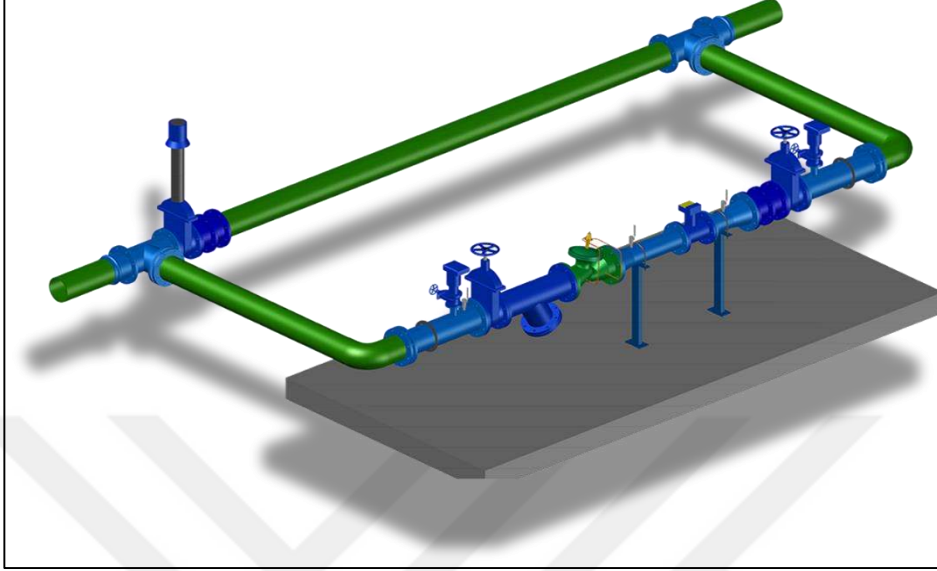
Girişteki kontrol odasında ilk olarak vananın emniyeti ve daha doğru bir şekilde basınç ölçülmesi için havanın bertaraf edilmesi için tek küreli vantuz, vanadan ani bir hızla geçerek su darbesi sağlanmaması için elastomer sürgülü mekanizmalı bir güvenlik vanası yerleştirilmiştir. Suyun içerisindeki sertlikten dolayı zaman içerisinde şebeke içinde CaCO_3 çökmesi, yüksek klor miktarından dolayı zaman içerisinde oluşan taş korozyonu sonucunda $\text{Fe}(\text{Cl})_3$ birikmesi gerçekleşerek sonucunda vana üzerinde kalabilir ve çalışma mekanizmasını bozabilir. Bu olaylar neticesinde vana önüne pislik tutucu filtre yerleştirilmesi uygun görülmüştür.

Basınç düşürücü vana çıkışı sonrasında vana içerisinde geçen su miktarı boru içerisinde çeşitli salınımlara uğrayabilir. Salınımlar sonucunda vana içerisinde ÖAA ya giren debi miktarı doğru bir şekilde ölçülemeyebilir. Bu yüzden vananın çapından daha küçük olan çapta bir debimetre tercih edilmiştir. Akışın daralan kesitte yüksek hızda salınım yapmadan ölçülmesi sağlanmıştır. Debimetre tercihinde ise elektromanyetik olan debimetre tipi tercih edilmiştir. Ultrasonik debimetre portatif olarak iyi olsa da uzun süre kullanımda iyi ölçüm yapamamaktadır, düzenli bakım olması gerekmektedir. Debimetre Sonrasında demontaj parça vanada

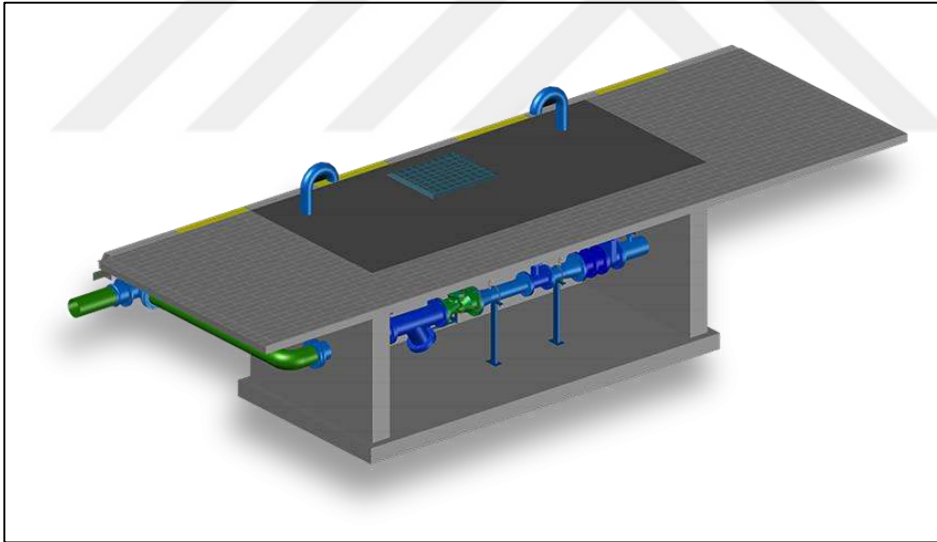
meydana gelen mevcut arıza sonucunda müdahale amaçlı kolayca sökülüp takılabilmesi için bulundurulmuş bir elemandır. Son olarak, düşürülen basınçlı suyun şebekeye güvenli bir şekilde verilebilmesi için en sona güvenlik amaçlı elastomer sürgülü vana yerleştirilmiştir. Bu kısma ilave olarak geçen debiye göre vana sonrasına ikinci vantuz yerleştirilmesi önerilmiştir.

3.4.3. Ölçülebilir Alt Alan Giriş Odası Yardımcı Elemanları Temini

Ölçülebilir alt alan odası inşası sonrasında giriş ve çıkış basınçlarını ölçmek amacıyla ÖAA odasına basınç transmitterleri ve bakiye klor miktarını ölçebileceği basınç değerlerini ileteceği GSM veri kayıt paneli bulundurulmuştur. Bu panel IP 68 diye adlandırılan herhangi bir dış etkenlere karşı korumalı kutu ile tertibatlandırılmıştır. Bu bilgiler ÖAA odasından alınarak SCADA merkezine gönderilecek şekilde yerleştirilmiştir. Ayrıca Ani bir elektrik kesintisine karşı 3kW lık güç kaynağı, vananın uygun çalışması için oda içindeki mevcut nemin bertaraf için havalandırma sistemi ve güvenlik amaçlı kamera sistemi gibi diğer yardımcı elemanlar da bulundurulmuştur.



Şekil 3.13. Basınç Düşürücü Vana Odasının Üç Boyutlu Görünümü



Şekil 3.14. Basınç Düşürücü Vana Odasının Dıştan Üç Boyutlu Görünümü

3.5. Son Fiziki Kaybın Tespiti ve Kalibrasyon Çalışmaları

Giriş odası inşası öncesinde belirlenen idari ve fiziki kayıp toplam miktarı hesaplandıktan 30 yıllık plana göre inşa edilen giriş odası inşası sonrasında basıncın düşmesiyle basıncın düşmesiyle azalan fiziki kayıp miktarı tespit edilmiştir. Oda inşası sonrasında kayıtlı olmayan aboneler incelemeye alınmıştır. Belirlenen usulsüz kullanımlar için gerekli işlemler yapılarak idari kayıp tespit edilmiştir. İdari kaybın ve azalan kaybın tespiti sonrasında son fiziki kayıp miktarı hesaplanmıştır.

$$Q_{f,son} = Q_{f,ilk} - Q_{f,azalan} \quad (3.4.)$$

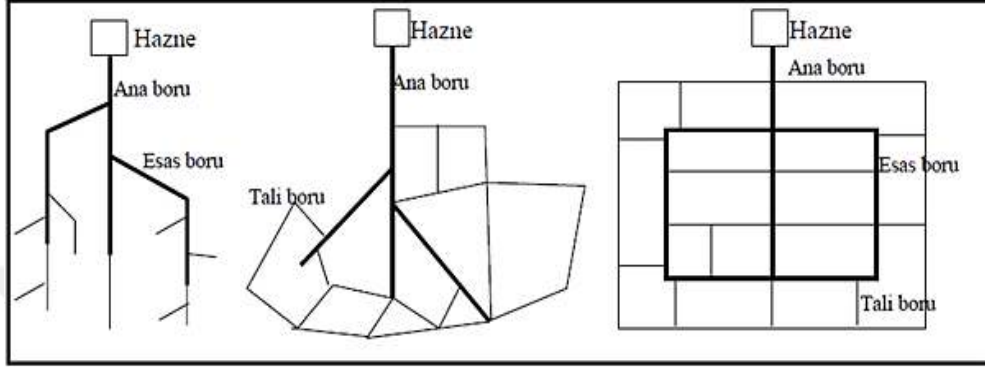
Son fiziki kayıp miktarı hesabı sonrasında belediyeler İller Bankası tarafından belirtilmiş olan bütün kayıplar su dengesi şeması üzerine yerleştirilir.

Çizelge 3.5. Su Dengesi Şeması (İller Bankası, 2013)

Sisteme Giren Su Miktarı [m ³ /yıl] (100%)	Yasal Su Tüketimi [m ³ /yıl] (....%)	Faturalandırılan Yasal Su Tüketimi [m ³ /yıl] (.....%)	Karşılığı Alınan Su Miktarı [m ³ /yıl] (.....%)
	Su Kayıpları [m ³ /yıl] (.....%)	Faturalandırılmayan Yasal Su Tüketimi [m ³ /yıl] (.....%)	Karşılığı Alınamayan Su Miktarı [m ³ /yıl] (..... %)
		Görünür Kayıplar [m ³ /yıl] (.....%)	
		Gerçek Kayıplar [m ³ /yıl] (.....%)	

Hidrolik modelde basıncın düşük ve yüksek olduğu noktalara data logger (veri kaydedici) yerleştirilerek SCADA üzerinden izlemeye alınır. Bu noktalara

kritik nokta adı verilmiştir. Kritik noktalar ring yapan sistemde genel de bir tane düşük basınç noktasına yerleştirilirken dallanmış sistemlerde ise fazla data logger yerleştirilmesi tavsiye edilmiştir.



Şekil 3.15. Ağ Sistem-Dal Sistem-Kafes Sistem Görünümleri (Karpuzcu ,1986)

Kritik noktalardaki minimum basınç normal durumunda 2 bar yangın durumunda ise 1.5 bar olmaması (Bkz. Çizelge 3.2.) için izlemeye alınmıştır. Model ile basınç değeri kıyaslanmıştır. Modelde hesaplanan ve ölçülen basınç değeri fark görüldüğünde ÖAA'nın belirli bir bölgesinde basınçlar gece saatlerindeki su kaybı ölçülerek gece debisi hesaplanmıştır. Gece debisi ile son fiziki kayıp farklılık gösterebilir. Bunun nedeni fiziki kaybın olduğu noktaların birden fazla olduğu, tespit edilemeyen kayıplar olduğudur. Çünkü fiziki kayıp hiçbir zaman bitirilemez ancak minimum seviyelere kadar azaltılabilir olmasından kaynaklanmıştır. Tahmini fiziki kayıp bölgeleri tespit edilen noktalarda arama çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 3.16. Fiziki Su Kayıplarının Ultrasonik Dinleme Aygıtı ile Tespiti (Adana ASKİ, 2018)



Şekil 3.17. Fiziki Su Kayıp Tespiti Sonrası Müdahale Kazısı (Adana ASKİ, 2018)



Şekil 3.18. Fiziki Kaybın Şebekedeki Görünümü (Adana ASKİ, 2018)

Standartlara göre hazırlanan istenilen basınç değerleri belirten modelin verileri ile fiziki kaybın tespiti sonrasında saha ölçüm verileri birbirlerine yakınlaşsa bile doğruluk oranı istenilen seviyelerde olmayabilir. Bu durumda standartlara göre hazırlanmış olan, su yaşı, boru pürüzlülüğü, boru uzunluğu gibi hesaplanabilen ancak ölçülemeyen modelin verilerinde güncelleme çalışması yapılır. Kalibrasyon çalışmaları, model ile ölçüm değerlerinin uyumsuzluğu devamında modeldeki verileri uygun değerlere ayarlayarak güncelleme işlemini kapsar.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ölçülebilir Alt Alanlar Hakkında Verilerin Tespitleri ve Uygun Seçimler

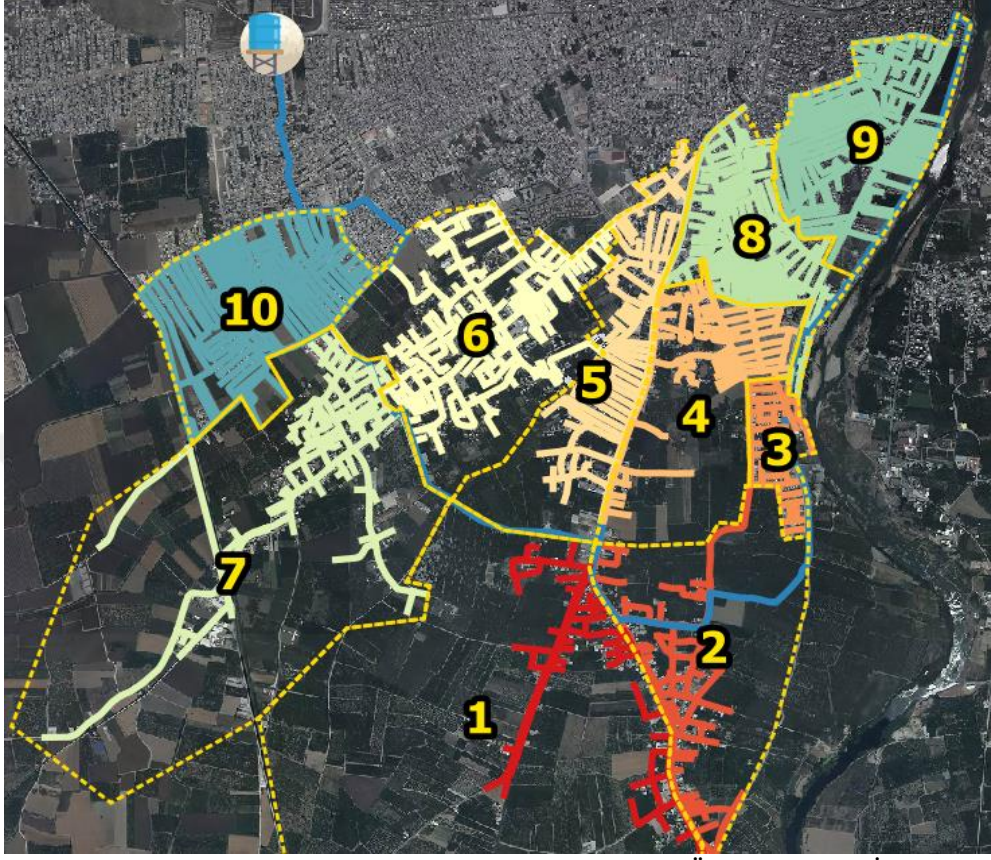
Çalışma bölgesi, Adana ili Seyhan İlçesi Meskûn mahallelerini kapsayan ayrılmış olan bu ÖAA bölgelerinde hidrolik modelleme çalışmaları yapılmıştır.

Başlangıç kotu 88 m olan D1A deposu seviyesinden ÖAA girişinde yapılacak odanın kotları 18,12– 23,54 m arasında olmakta olup ÖAA girişlerinde basınç 4,7 bar ile 6 bar arasında ölçülmüştür. Geçici basınç çalışmaları ekler kısmında gösterilmiştir. Basınç düşürücü vana için yapılan simülasyonda Çizelge 3.2’den yararlanılarak ayarlanan giriş basıncı 3 bar olarak belirlenmiştir. Simülasyon zamanı öncesi kapatılan vanalar ile bulunan bölgedeki basınçlar dengelenmiş birbirine yakınlığı ve uzaklığı ile alakalı çeşitli çıkarımlar yapılmıştır.

Dağıtımda D1A deposunun mevcut şebekede meskûn mahaldeki basınç hesabında değişken sonuçlar verebileceğinden dolayı şebeke içerisinde daha yakın bir nokta olan Gülbahçesi mahallesindeki $\phi 600$ CTP ile $\phi 400$ PVC boru bağlantı noktası simülasyonun başlangıç noktası olarak kabul edilmiştir. Bu noktada, ana boru bağlantı noktası olduğundan dolayı ilk olarak bu noktadan geçici basınç ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Basınç 5,5- 6,5 bar arasında değişmektedir.



Şekil 4.1. Gülbahçesi Mahallesi Simülasyon Başlangıç Noktası (x =437269, y=4094424)



Şekil 4.2. Başlangıç Noktası, Ana Dağıtım Hattı (Mavi) ve ÖAA Bölgeleri İçerisinde Bulunan Boru Yapılanmasının Genel Görünümü

Alanlarda boru çapları 63 mm ve 225 mm arasında değişmektedir. Malzeme olarak cinsleri çoğunlukla PVC (Poli Vinil Klorür) ve HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) bulunmakta, birkaç sokakta ise Font borular ihtiva etmektedir.

Meskûn mahallelerin kapsayan ölçüm alanı ve ona bağlı olan alt alanlarındaki hidrolik model çalışması öncesinde şebeke içerisinde geçici basınç ölçümleri yapılmıştır. Bu basınç ölçümleri iki adet olmakta olup vana kapama uygulaması öncesi ve sonrasını kapsamaktadır. Bu kapsamda iki adet geçici basınç ölçümü uygulaması yapılmıştır. Bu noktalara basınç transmitteri yerleştirilmesi uygun görülmüştür.

Meskûn mahallerdeki ÖAA bölgelerinde, gerekli ihtiyaç miktarı parametrelere göre değerlendirilmiş olup Epanet v2.0.0.12 hidrolik model programı ile tek ve çok zamanlı çözüm uygulanmış, dal kısımlarda tam, ring yapan kısımlarda ise yarım boru boyu debi kabulü yapılmıştır. Yangın debilerinin de dâhil edilmesi sonucunda basınç düşürücü vana çapları belirlenmiştir. Belirlenen basınç düşürücü vananın tipi çalışma mekanizmasına göre değerlendirilmiştir. Seçilen vana Bermad CS Ltd. tarafından tasarlanan yay destekli diyafram tasarımlı BDV (Basınç Düşürücü Vana) Model 720 En/Es olan modeli uygun görülmüştür.



Şekil 4.3. Kullanılan 700 Series Basınç Düşürücü Vana (Bermad CS Ltd. , 2020).

İçme suyu Şebekelerinin bulunduğu mevcut konum ve bina sayısı itibariyle değişen kullanımların olacağı varsayılarak çeşitli kesafet katsayıları atanmıştır.

Çizelge 4.1. Su Dağıtım Sistemine Verilmesi Gereken Kesafet Katsayıları

Su Dağıtım Sistemi Üzerindeki Yerleşim Durumu	Kesafet Katsayısı
Boş mesken veya araziden geçen borular	0
Bir veya iki adet bulunan yerleşim noktalarından geçen borular	0.1-0.3
Bir veya birkaç katlı yerleşim bulunan tek taraflı besleme yapan borular	0.5
Bir veya birkaç katlı yerleşim bulunan çift taraflı besleme yapan borular	1
Çok katlı binaların olup merkezi olan konumlarda bulunan borular	1.5- 2.0

Çizelgeye göre su dağıtım sistemine katsayılar tanımlanmıştır. Tanımlanan katsayılara göre çalışma alanı için çeşitli katsayılarla tanımlanan izafi uzunlukların boyları ÖAA'lardaki toplam boru uzunluğu ve izafi boru uzunluğu metre cinsinden aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.2. Katsayılarına Göre Boruların Birim, Toplam ve İzafi Uzunlukları

	L ₀ (m)	L _{0,1} (m)	L _{0,5} (m)	L ₁ (m)	L _{toplam} (m)	L _i (m)
Hadırlı Mah.	2088,59	11779,90	6084,79	6951,69	26904,97	11172,08
Mıdık Mah.	2723,19	7935,94	9919,62	4521,04	21615,44	9926,01
Bey Mah.	54,45	492,27	6026,81	12904,70	19478,23	15967,33
Yenibey Mah.	0	0	748,71	9246,02	9994,73	9620,38
Barbaros Mah.	3617,65	89,25	4737,95	12374,00	20818,85	14751,90
Şehitduran Mah.	0	0	997,95	6502,62	7500,57	7001,59
Akkapı Mah.	4252,31	8361,18	11737,00	26051,46	50401,95	32756,08

İzafi uzunlukları hesaplanan boruların geçtiği mahalleler göz önünde bulundurularak mahallelerdeki kullanılan birim debi miktarı aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

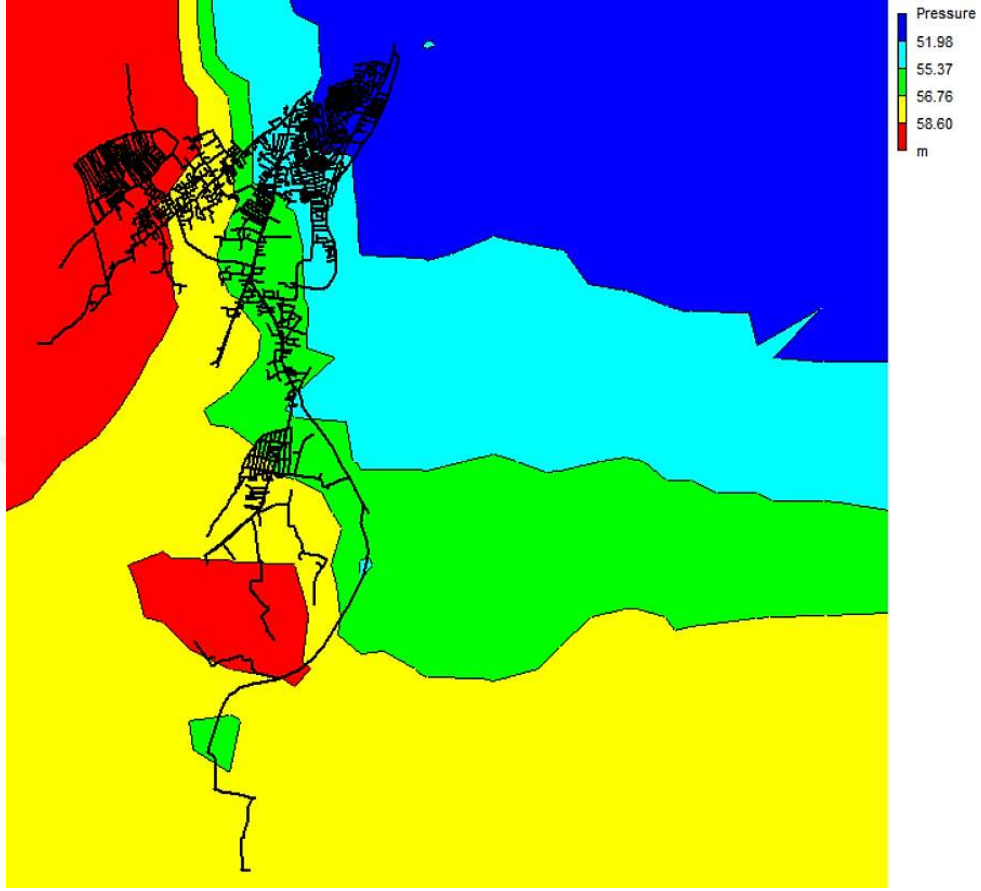
Çizelge 4.3 Mahallelerde kullanılan Birim Debi Miktarları

Mahalle	Nüfus	Debi (L/sn)	İzafi Uzunluk(m)	Birim Debi (L/sn.m)
Hadırlı Mah.	5093	7,07	11172	0,0006
Mıdık Mah.	3784	5,26	10274,5	0,0005
Bey Mah.	11500	15,97	15967	0,0010
Yenibey Mah.	13081	18,17	9620,4	0,0019
Barbaros Mah.	17874	24,82	14751	0,0017
Şehitduran Mah.	5973	8,30	7001,6	0,0012
Akkapı Mah.	18096	25,13	32756,1	0,0008

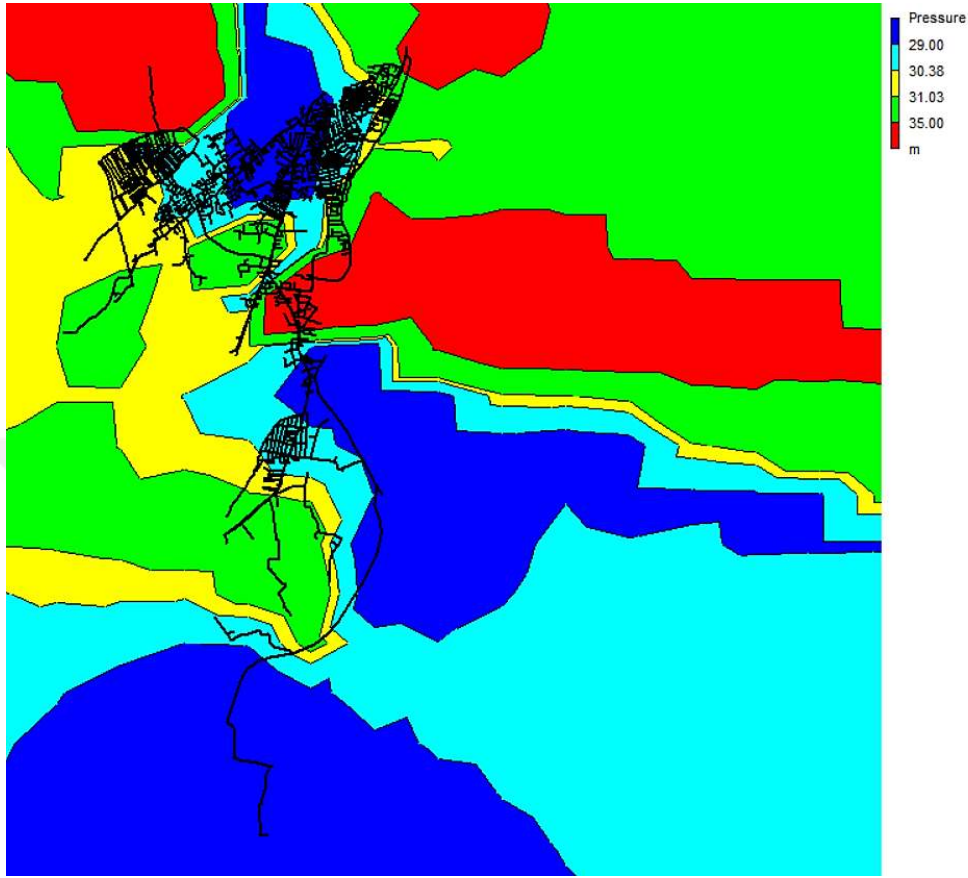
Bulunan izafi debiler modele yerleştirilerek ÖAA 'ların basınç ve debi değişimleri ortaya çıkarılmıştır. Boruların dal veya ağ yapı olması da göz önünde bulundurulmuştur. ÖAA alanının büyüklüğüne göre 2 ila 3 noktaya yangın debileri yerleştirilmiş ve 3 saat yangın oluşacağı göre simülasyon yapılmıştır. Sonuçlar grafik halinde ve ekler kısmında şablon halinde lejantlı olarak gösterilmiştir.

4.2. Meskûn Mahallerde Hidrolik Model Simülasyon Çalışmaları

Hidrolik model çalışmaları Epanet v.2.0.0.12 programında simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Basınç Değişimleri analiz edilmiştir. Simülasyon üzerinde Yangın anı ve yangın dışı oluşan basınçlar, debiler, yük kayıpları vs. analiz edilmiştir. Analiz edilen sonuçlar çıktı haline getirilerek genel basınç değişim aşağıda diğer sonuçlar ise ekler kısmında gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Basınç Düşürücü Vana Öncesi Genel Simülasyonun Durumu



Şekil 4.5. Basınç Düşürücü Vana Sonrası Genel Simülasyonun Durumu

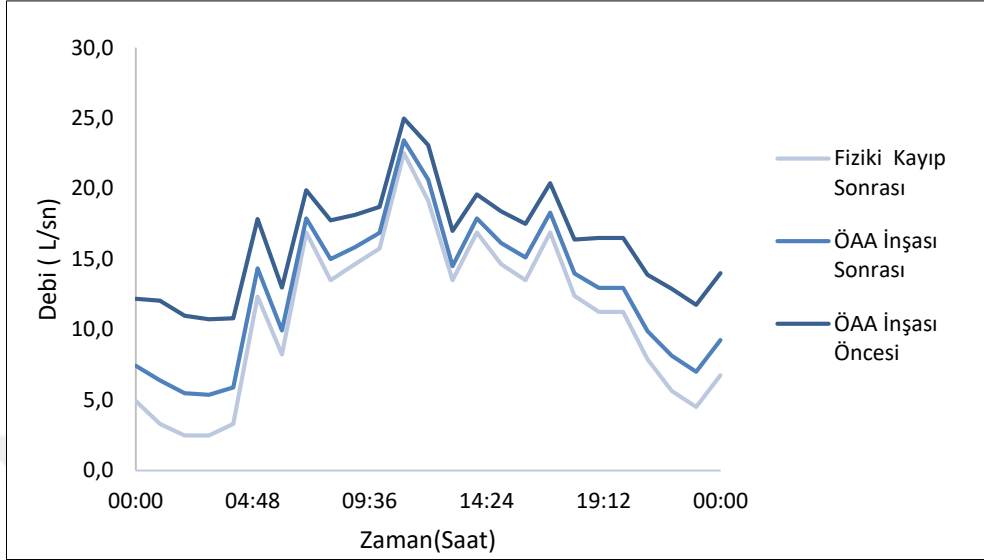
Simülasyon sonucunda şebekedeki sistem yapıları arasındaki basınç farklılıkları görülmüştür. Ölçülebilir alt alanların dallanmış basınç kısımlarında basınç yüksek olduğu ring yapan kafes yapılı sistemlerde basıncın daha düşük olduğu su akışının sürekli değişimde olduğu saptanmıştır. Yangın Debileri yerleştirilerek simüle edilmiş ve ekler kısmında gösterilmiştir. Yük kayıpları çok düşük olduğu ve bazı noktalarda ise yük kaybının olmadığı tespit edilmiştir. Yük kayıplarının düşük olması sadece su kaybı değil aynı zamanda suyun durağan olarak şebekede kalmasından dolayı su yaşını ve bakiye klor miktarını etkiyebileceğinden dolayı bazı noktalara tahliye vanası zemin kotunun yüksek olduğu noktalara ise

vantuz kullanılması tavsiye edilmiştir. Yük kayıplarının maksimum ve minimum olduğu basınçların düşük olduğu noktalara basınç transmitterlerinin yerleştirilmesi ile daha kolay kıyaslama fırsatı ve kalibrasyon çalışmalarının devamlılığı için iyi bir zemin hazırlanmıştır. Yük kayıpları minimum olduğu zaman yüksek basınçtan dolayı bazı kısımlarında zaman içerisinde bağlantı noktalarında sızıntıların oluşumu, çatlama ve patlama durumları daha kolay tahmin edilebilir hale gelmiştir. Yük kayıpları maksimum olduğu zaman ise kullanımın yoğun olduğu saatlerde ve yangın durumlarında kriz yönetimi için seçeneklerin oluşumu ortaya çıkarılmıştır. Su nerelere ulaşabilir veya ulaşamaz gibi çıkarımlara olanak vermiştir. Maksimum yük kayıpları olan yerlerde daha büyük çap ile değiştirilmesi tavsiye edilmiştir.

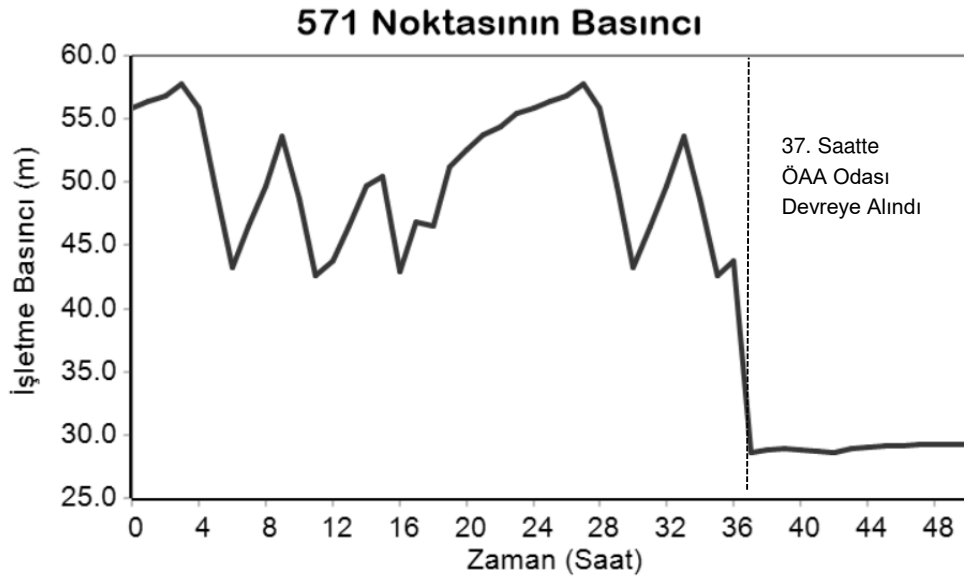
4.3. Ölçülebilir Alt Alanlarda Kayıp Miktarları ve Basınç Değişimlerinin Analizi

Debi miktarlarında değişimler 3 gün olarak aynı günde incelenmiş olup, bu incelemelerde ilk fiziki kayıp son fiziki kayıp miktarları analiz edilerek kayıp miktarları tespit edilmiştir. Basınç ayarlanması için ÖAA odası için aktivasyon gece 12'den itibaren alınan verilerin ÖAA odasının 37. Saate aktive edilmesi ile değişimi gözlenmiştir. 10 adet ölçülebilir Alt Alanlar hakkında gerekli analizler numara sırasına göre yapılmıştır.

1 ve 2 numaralı ÖAA alanında hidrolik modelleme çalışmaları yapılmış olup geçici debi ölçümleri ile alandaki basınç değişimleri de incelenmiştir. Her iki ÖAA odasına uygun olarak DN150 basınç düşürücü vana kullanılmıştır. ÖAA odası inşası öncesi ve sonrasında basınç değişimleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 4.6. 1 Numaralı ÖAA Odası İnşası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği

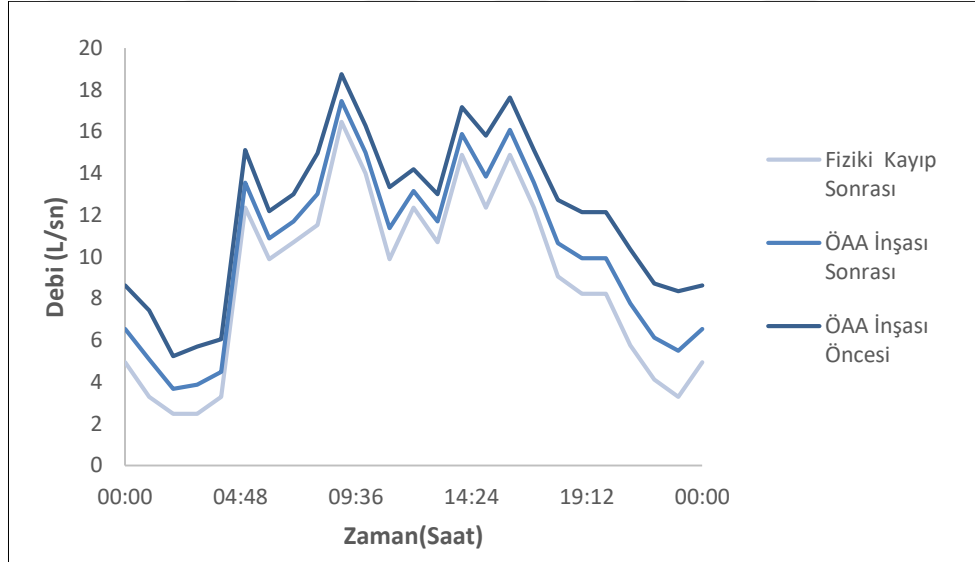


Şekil 4.7. 1 Numaralı ÖAA da 571 no'lu Noktada Basınç Değişim Grafiği

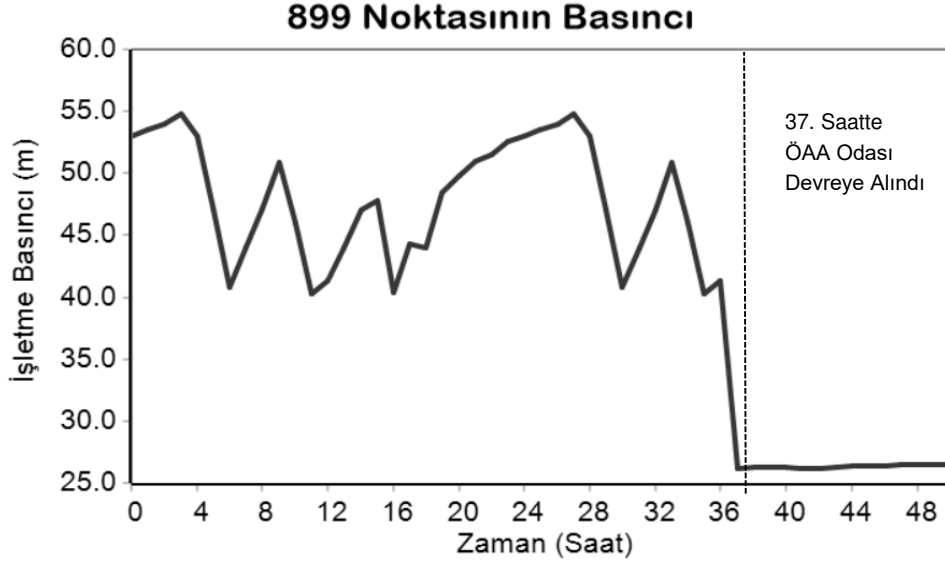
1 Numaralı ÖAA da Basınç Düşürücü vana odası yapıldıktan sonra oluşan dengesiz basınç değişimleri azalmıştır. Bununla beraber ilk fiziki kayıp son fiziki

kayba göre değişimler grafik üzerinde gün içinde saatlik değişimler baz alınarak fiziki kayıp tespit edilmiştir. ÖAA odası inşası öncesi 5-7 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 571 numaralı noktadaki Datalogger dan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 1 – 2,5 L hesaplanmış ve 1 numaralı ÖAA'nın kalibrasyonu tamamlanmıştır.

2 numaralı ÖAA alanında hidrolik modelleme çalışmaları yapılmış olup geçici debi ölçümleri ile alandaki basınç değişimleri 1 numaralı ÖAA ile birlikte incelenmiştir. ÖAA odası inşası öncesi ve sonrasında basınç değişimleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



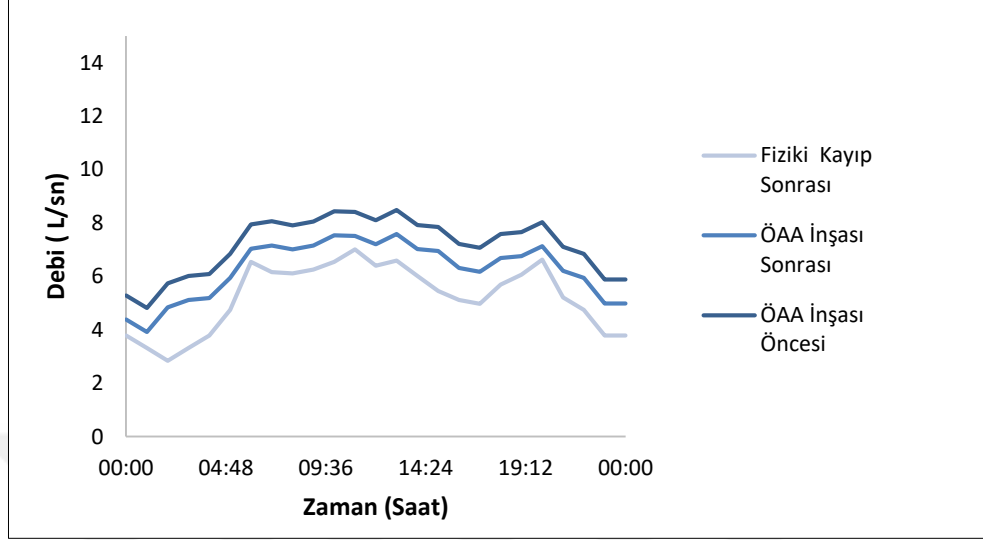
Şekil 4.8. 2 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği



Şekil 4.9. 2 Numaralı ÖAA da 899 no'lu Noktada Basınç Değişim Grafiği

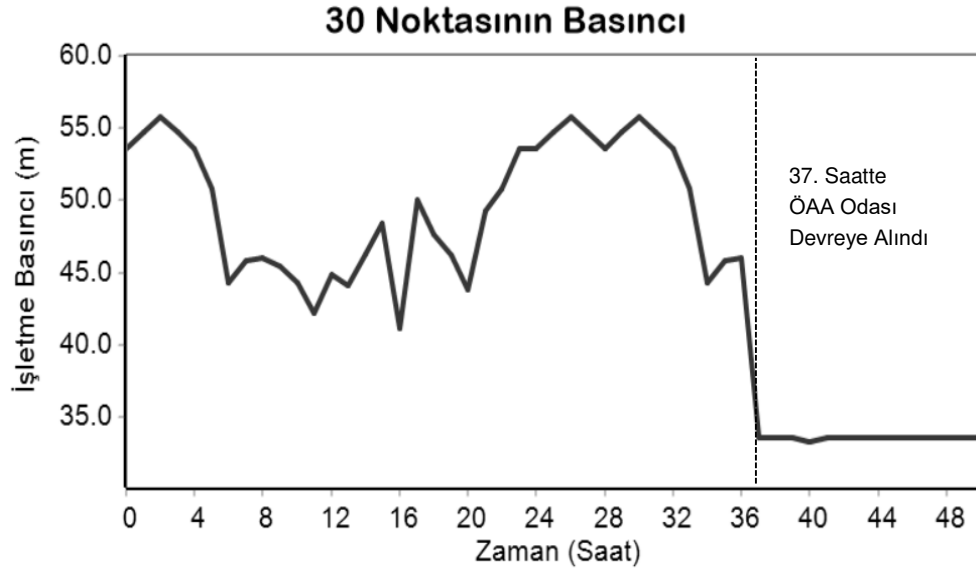
1 ve 2 numaralı ÖAA'lardaki debi ve basınçta miktar olarak farklılık gösterse de aynı değişimlere uğramıştır. Bunun nedeni bölgedeki coğrafik ve topoğrafik koşullar ve bulunan ÖAA'larda nüfusun yalnızca Hadırlı ve Mıdık mahallesinin içermesinden kaynaklı nüfus dağılımının orantılı bir şekilde olması nedeniyle bölgeler birbiriyle benzerlik göstermiştir. Alanlarda basınç farkı en fazla 3 m olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni bölge genellikle step (düzlük) alan olması, boru çaplarının büyük olması, seyrek bir yerleşim alanı olması, boru hatlarının çok uzun olması nedenleri arasındadır. Seyrek yerleşim olması kullanım artışında fiziki kayba etki gösterememiştir.

3 numaralı ÖAA Barbaros mahallesinin ufak bir bölümünü içermektedir. Ancak, bu bölge ufak olduğu kadar sıkı bir yerleşim bulunması dikkate alınmıştır. Bu bölgede DN100 Basınç Düşürücü Vana kullanılmıştır.



Şekil 4.10. 3 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği

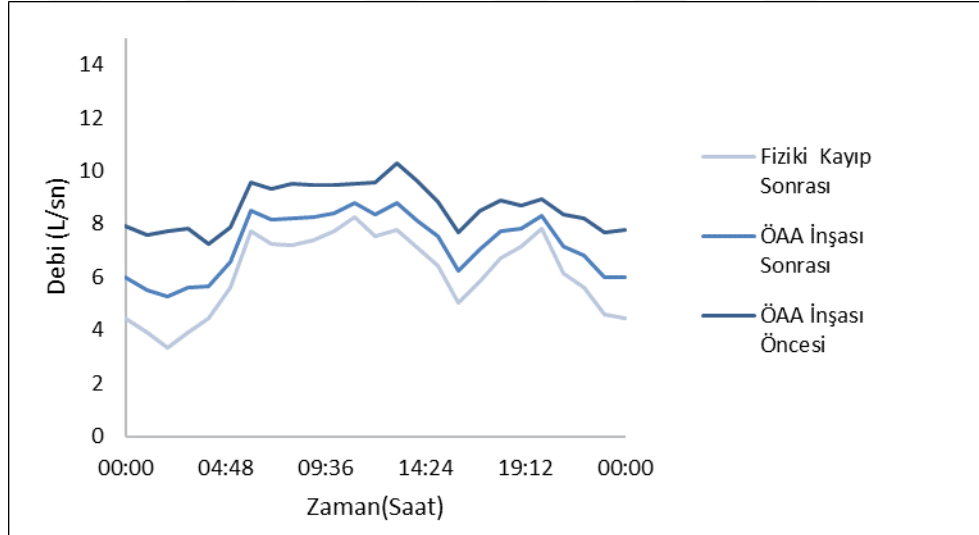
ÖAA odası inşası öncesi 2-4 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 30 numaralı noktadaki Dataloggerdan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 1– 1,5 L hesaplanmıştır.



Şekil 4.11. 3 Numaralı ÖAA da 30 no'lu Noktada Basınç Değişim Grafiği

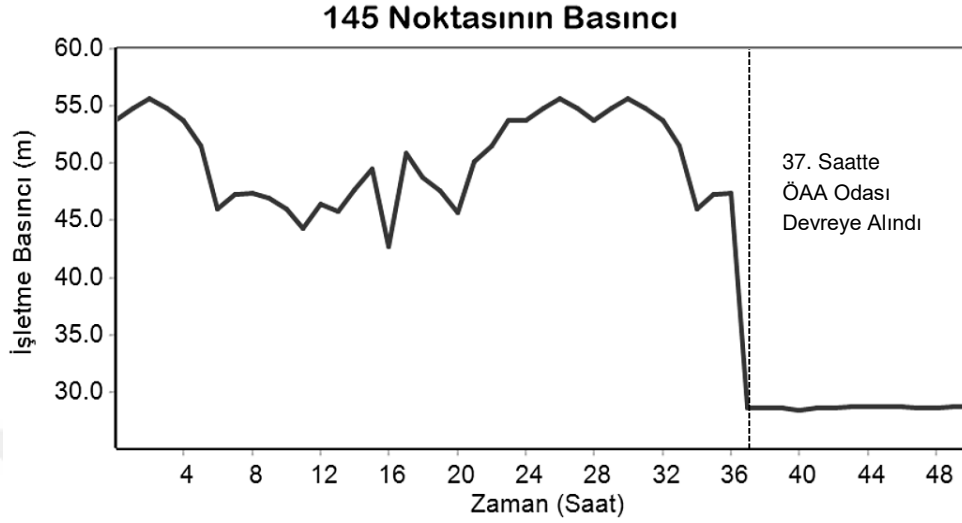
3 Numaralı ÖAA bölgesinde oluşan basınç değişimleri daha az olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni gün içinde kullanım miktarı nüfus yoğunluğu ÖAA da daha fazla olması ve kullanımın çoğunluğu evsel kaynaklı ihtiyaç olmasından dolayı olduğu görülmüştür. Evsel kullanımın ÖAA içinde fiziki kayıp ile ters orantılı etki gösterdiği saptanmıştır. 3 Numaralı ÖAA'nın kalibrasyonu tamamlanmıştır.

4 numaralı ÖAA Bey mahallesinin önemli bir bölümünü ve Barbaros mahallesinin şebeke bulunan yerleşimsiz bölgesini içermektedir. Ancak, bu bölge ufak olduğu kadar sıkı bir yerleşim bulunması ile kullanım olmayan yerlerde dikkate alınmıştır. Bu bölgede DN150 Basınç Düşürücü Vana kullanılmıştır.



Şekil 4.12. 4 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği

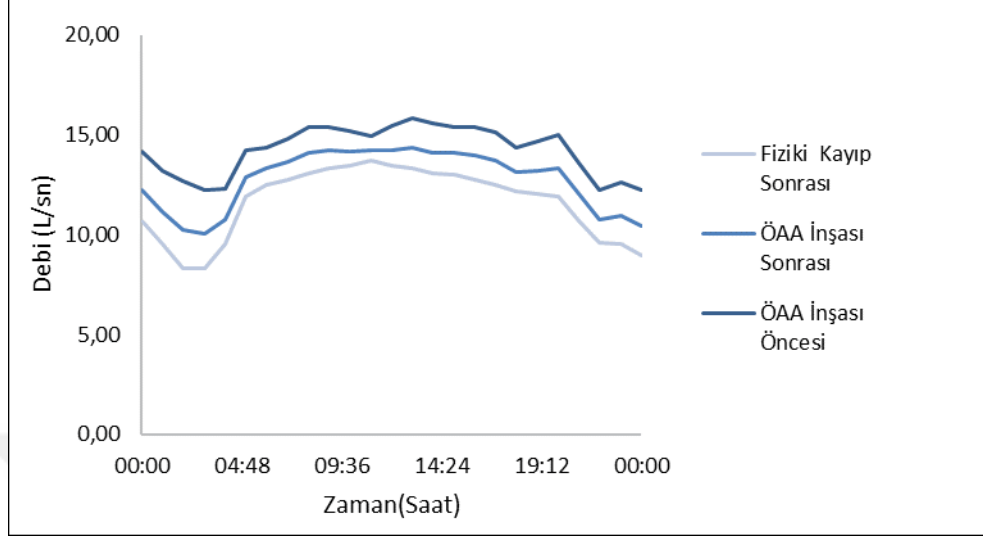
ÖAA odası inşası öncesi 2 -5 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 145 numaralı noktadaki Dataloggerdan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 1 – 2 L'lik kayıplar olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.13. 4 Numaralı ÖAA da 145 no'lu Noktada Basıncı Değişim Grafiği

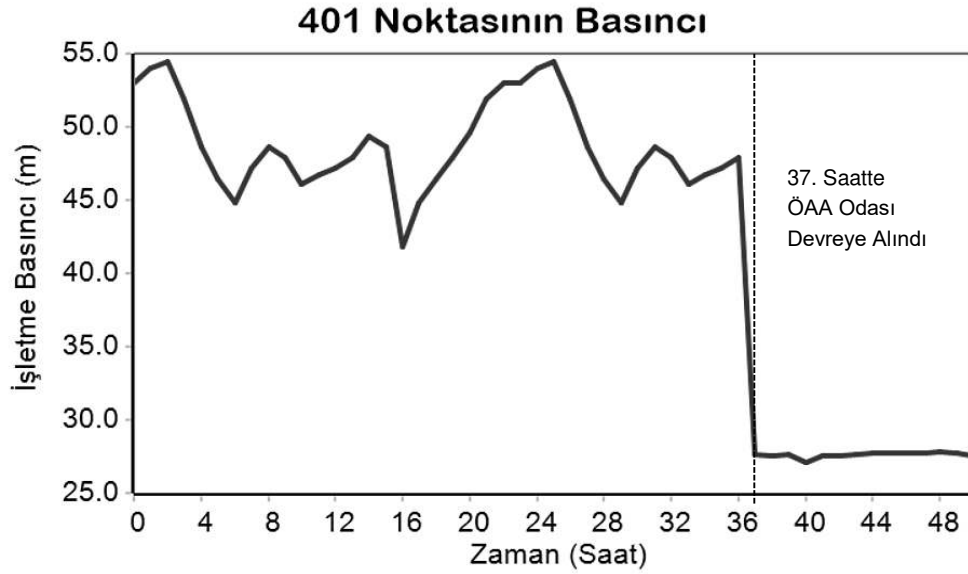
4 ve 5 Numaralı ÖAA bölgesinde oluşan 3 Numaralı ÖAA bölgesindeki gibi basınç değişimleri daha az olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni gün içinde kullanım miktarı nüfus yoğunluğu daha fazla olması ve kullanımın çoğunluğu evsel kaynaklı ihtiyaç olmasından dolayı olduğu görülmüştür. 4 Numaralı ÖAA gelişmeye müsait arazilerinin bulunması burada içme suyu kullanımını da arttıracaktır. Alan içinde bulunan Barbaros mahallesini de bir kısmını kapsayan bu alan ileriki yıllarda yerleşim oluşumu 4 Numaralı ÖAA'nın kalibrasyonu tamamlanmıştır.

5 numaralı ÖAA alanı Sadece Bey Mahallesini kapsama olup a hidrolik modelleme çalışmaları yapılmıştır. Geçici debi ölçümleri ile alandaki basınç değişimleri 4 numaralı ÖAA ile birlikte incelenmiştir. ÖAA odası inşası öncesi ve sonrasında basınç değişimleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Şekil 4.14. 5 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği

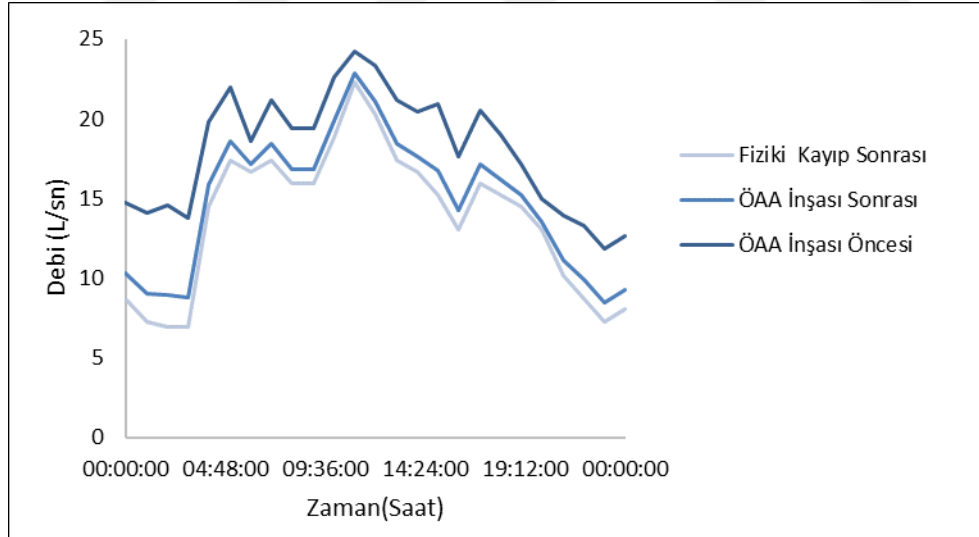
ÖAA odası inşası öncesi 0,5 – 6 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 30 numaralı noktadaki Dataloggerdan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 3 – 7 L hesaplanmıştır.



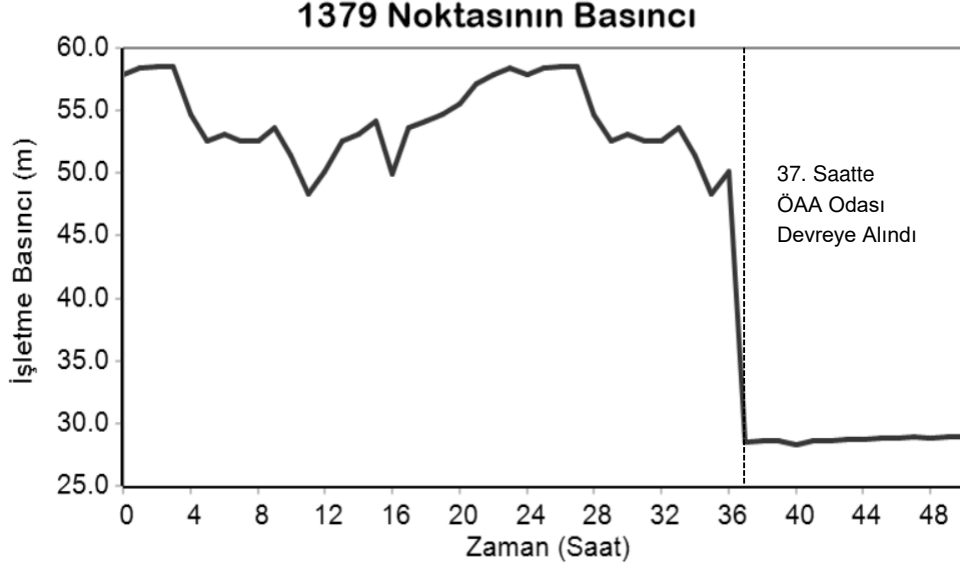
Şekil 4.15. 5 Numaralı ÖAA da 401 no'lu Noktada Basınç Değişim Grafiği

5 Numaralı ÖAA bölgesinde oluşan başlangıç basınç değerleri değişim göstermektedir. 5 Numaralı ÖAA bölgesinde basınçlar zaman zaman azalmakta artmaktadır. Alan nüfusunun kalabalık olması nedeniyle bu tip basınç değişimleri görülebilir. Genel olarak bölgedeki nüfus 0-18 yaş arası olmasından dolayı okul çıkışlarında debinin maksimum, basıncın minimum olduğunu Şekil 4.15’de görülmüştür.

6,7 ve 10 numaralı ÖAA Akkapı mahallesini kapsamaktadır. 6 ve 7 numaralı ÖAA’lar sıkı bir yerleşim alanı bulunurken 10 Numaralı ÖAA alanında ise yerleşim seyrek. Bu bölgelerde DN100 ve DN150 Basınç Düşürücü Vana kullanılmıştır. 10 Numaralı ÖAA bölgesi gelişim bölgesi olduğundan önümüzdeki 30 yıl içinde nüfus artış durumunda DN 200 ile değiştirilmesi tavsiye edilmiştir. ÖAA odası inşası öncesi 0,5 – 5 L, litrelik kayıplar olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4.16). Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 30 numaralı noktadaki Dataloggerdan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 0,6 – 8 L hesaplanmıştır.

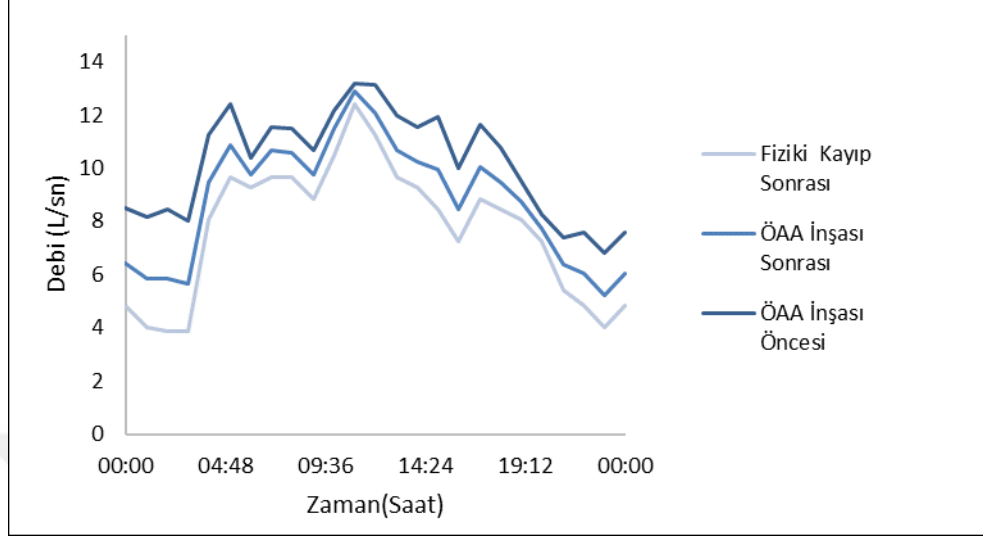


Şekil 4.16. 6 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği

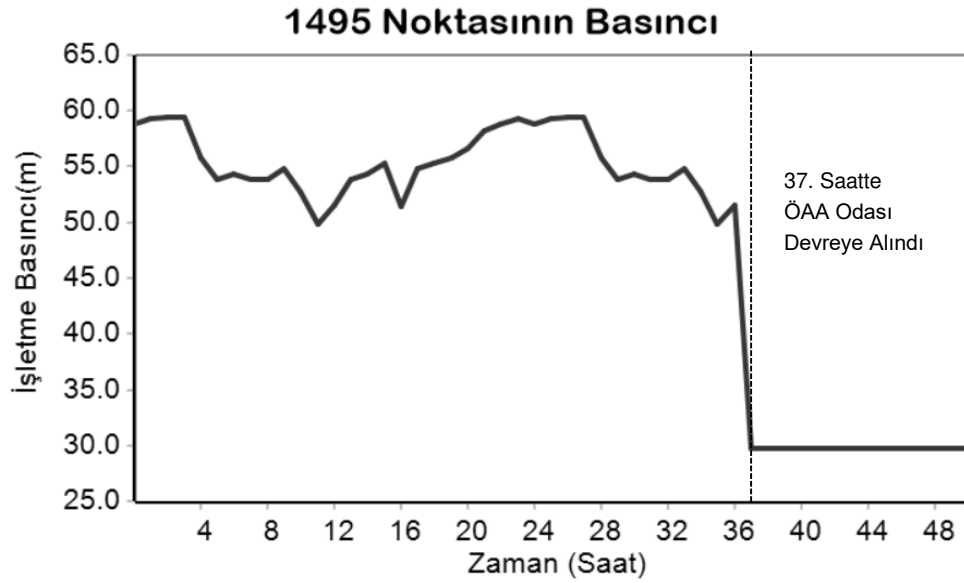


Şekil 4.17. 6 Numaralı ÖAA da 1379 no'lu Noktada Basıncı Değişim Grafiği

6 Numaralı ÖAA bölgesinde oluşan başlangıç basınç değeri çok yüksektir. Bunun nedeni Ana Dağıtım Noktasına çok yakın olmasında dolayı kaynaklanmaktadır. 6 Numaralı ÖAA bölgesinde Aniden düşen basınç ise bu bölgelerde ufak çaplı küçük işletmelerin bulunması, çeşitli mezbahaların vardiyasız mesai yapmaları basınç değişiminin gün içerisinde başlıca nedenidir. Evsel kullanımın ÖAA içinde fiziki kayıp gün içerisinde kullanımın maksimum olduğu noktalarda aşırı bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. 7 numaralı ÖAA Alanı da 7 Numaralı ÖAA ile benzer özellikler göstermiştir. 7 numaralı ÖAA odası inşası öncesi 0,3 – 4 L, litrelik kayıplar olduğu tespit edilmiştir. Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 30 numaralı noktadaki Dataloggerdan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 0,1 – 2 L hesaplanmıştır.



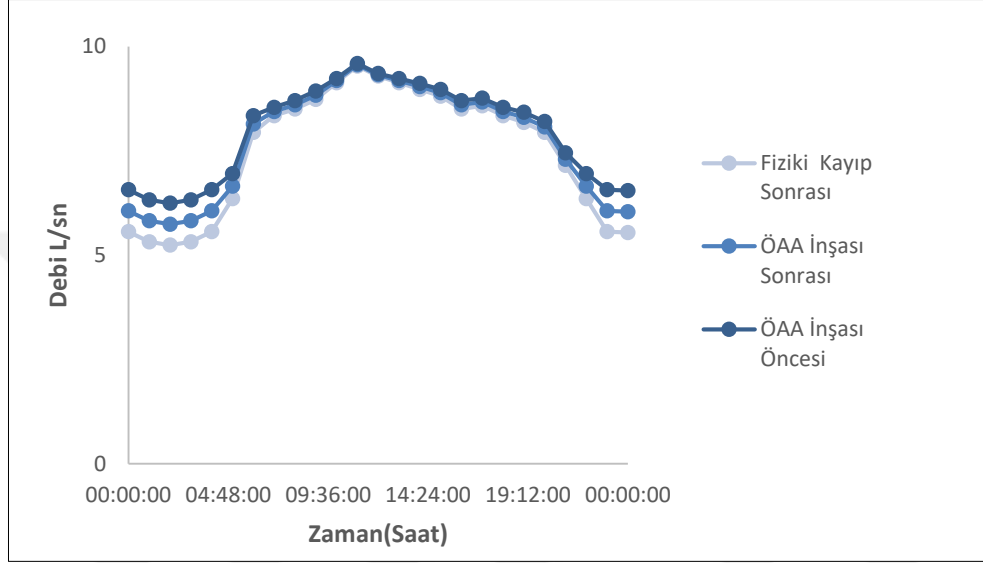
Şekil 4.18. 7 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği



Şekil 4.19. 7 Numaralı ÖAA da 1495 no'lu Noktada Basınç Değişim Grafiği

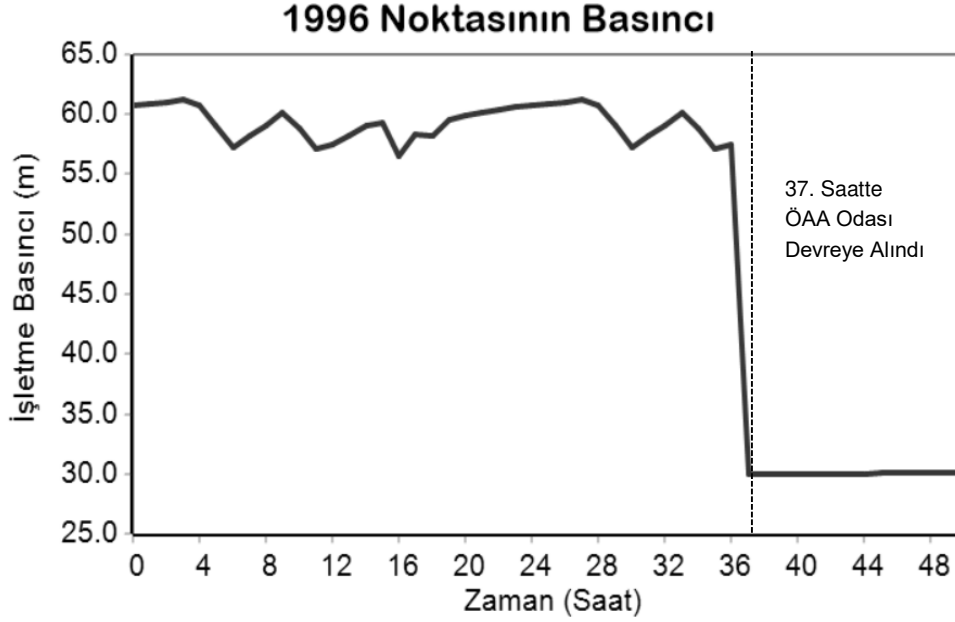
10 Numaralı ÖAA Adana Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından gelişim alanı olacağı düşünülmüş ve 2019 tarihinde yenilenmiştir. (Habertürk, 2019) Alandaki şebekenin yenilenmiş olmasından dolayı ÖAA da aşırı

derecede bir basınç debi değişimi gözlenememiştir. Fiziki Kayıp neredeyse olmadığı saptanmıştır. Yenilenen şebeke ile seyrek yerleşim durumu da önemli bir faktör olmuştur.



Şekil 4.20. 10 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği

ÖAA odası inşası öncesi 0,15 – 0,5 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 30 numaralı noktadaki Dataloggerdan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 0,05 – 0,15 L hesaplanmıştır.



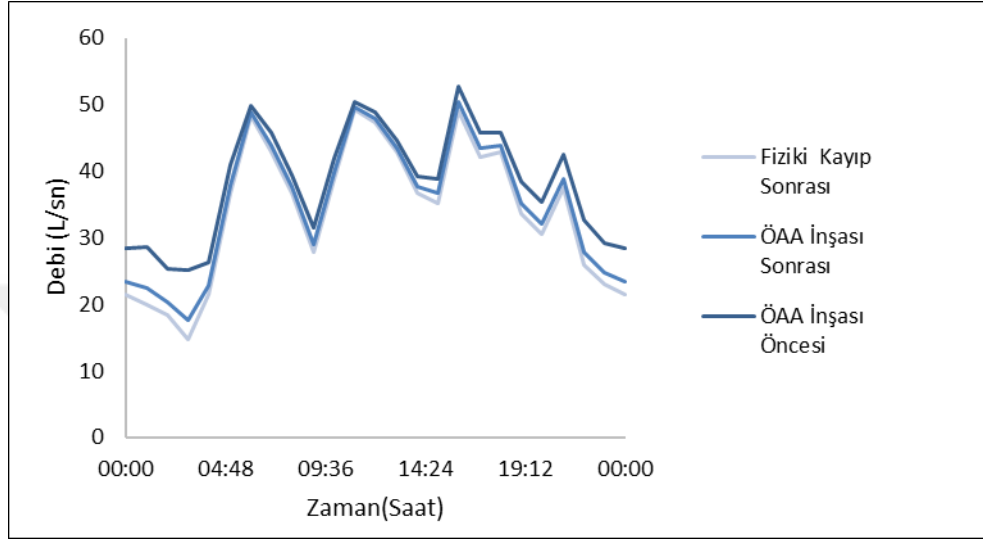
Şekil 4.21. 10 Numaralı ÖAA da 1996 no'lu Noktada Basınç Değişim Grafiği

10 Numaralı ÖAA alanı en son yapılan alan ÖAA alanı olmuştur. Bunun nedeni bölgede bulunmayan şebeke projesi ile beraber yapılması dolayısı ile en sona alınmıştır. Alan Akkapı mahallesi içinde olmasından dolayı ve dağıtım noktasına yakınlığından dolayı 6 ve 7 numaralı Ölçülebilir Alt Alanları ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu durumdan dolayı numarasal olarak değil bölgesel olarak bir ölçüm sıralaması yapılması uygun görülmüştür.

10 numaralı ÖAA Dağıtım noktasına yakınlığı, yeni yapılması, seyrek yerleşim olmasından dolayı şekil 4.21 de görüldüğü üzere 5,8 ile 6,2 bar arasında dar aralıkta değişime uğramıştır.

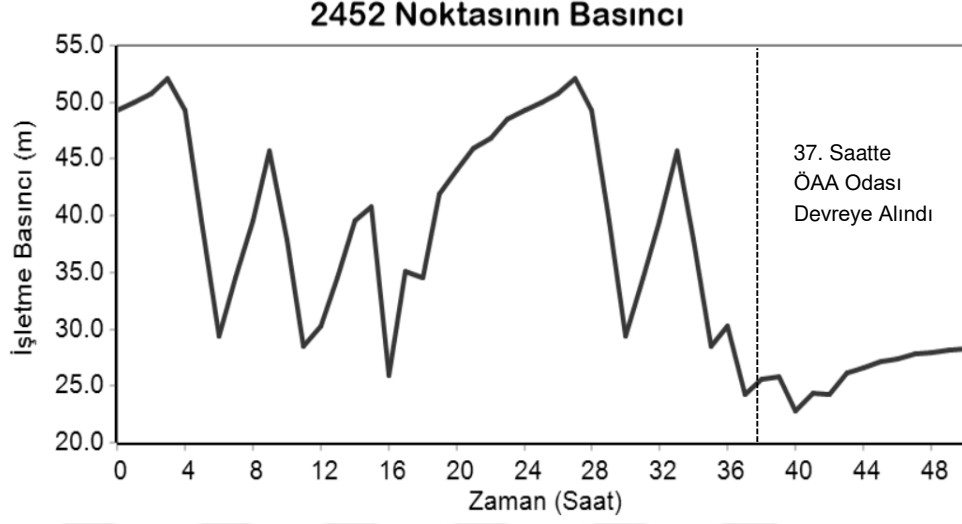
8 numaralı ÖAA Bey ve Barbaros mahallelerini kapsamaktadır. 8 numaralı ÖAA da sıkı bir yerleşim alanı bulunmaktadır. Gün içinde kullanım miktarı nüfus yoğunluğu ÖAA da daha fazla olması ve kullanımın çoğunluğu evsel kaynaklı ihtiyaç olmasından dolayı olduğu görülmüştür. Evsel kullanımın ÖAA içinde fiziki

kayıp ile ters orantılı etki gösterdiği saptanmıştır. Bu alanda DN200 Basınç Düşürücü Vana kullanılmıştır. 8 Numaralı ÖAA'nın kalibrasyonu tamamlanmıştır.



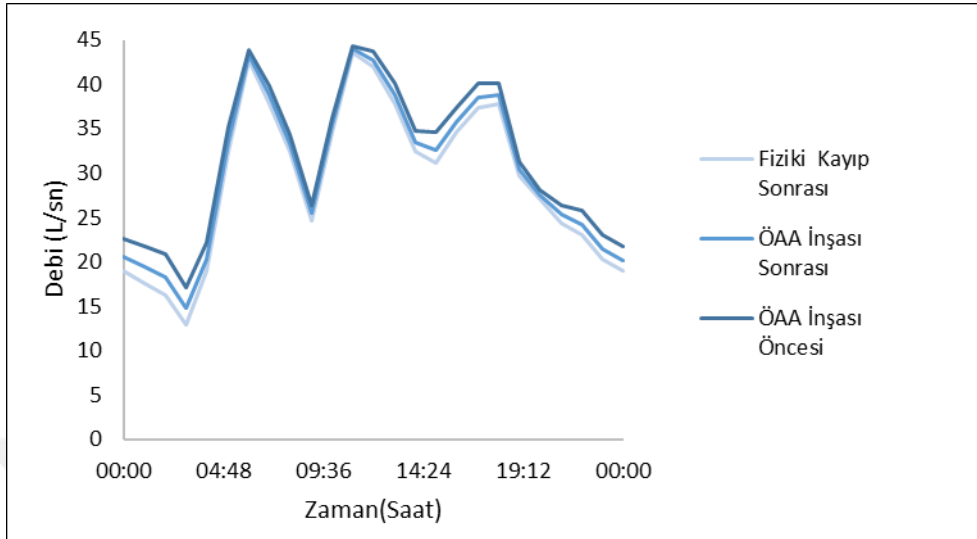
Şekil 4.22. 8 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği

ÖAA odası inşası öncesi 1 – 10 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 30 numaralı noktadaki Dataloggerdan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 0,1 – 2 L hesaplanmıştır.



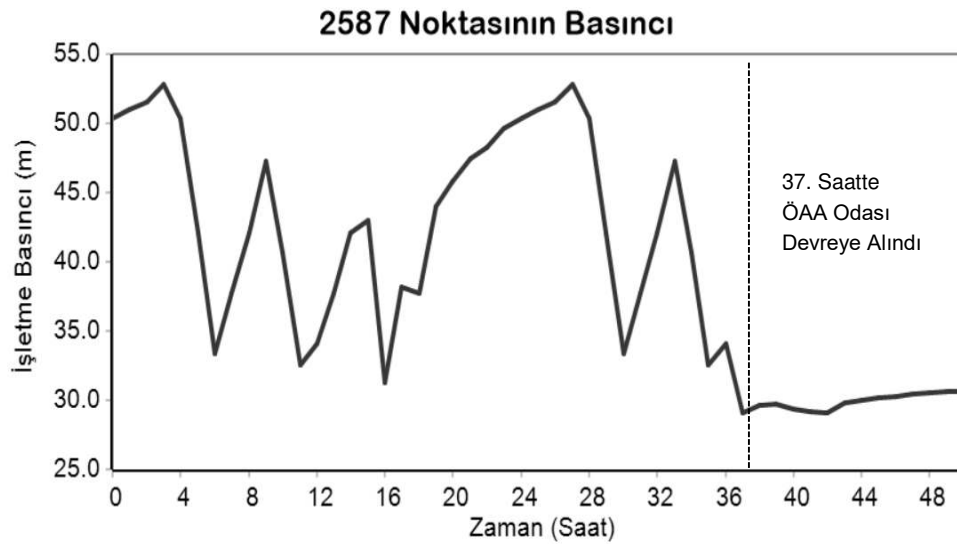
Şekil 4.23. 8 Numaralı ÖAA da 2452 no'lu Noktada Basıncı Değişim Grafiği

9 numaralı ÖAA Yenibey ve Şehitduran mahallelerini kapsamaktadır. 8 numaralı ÖAA'daki gibi sıkı bir yerleşim alanı bulunduğu, evsel kullanımın ÖAA içinde fiziki kayıp ile ters orantılı etki gösterdiği saptanmıştır. Bu alanda DN200 Basıncı Düşürücü Vana kullanılmıştır. 9 Numaralı ÖAA'nın kalibrasyonu tamamlanmıştır.



Şekil 4.24. 9 Numaralı ÖAA Odası Öncesi ve Sonrası Debi Grafiği

ÖAA odası inşası öncesi 0,2 – 5 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. Gece debisi analizi için oluşan kayıplar için 30 numaralı noktadaki Dataloggerdan alınan verilere göre fiziki kayıp miktarı 0,1 –2 L hesaplanmıştır.



Şekil 4.25. 9 Numaralı ÖAA da 2587 no'lu Noktada Basınç Değişim Grafiği

Debi ve basınç değişimlerinin analiz çalışmaları 9 ÖAA da tamamlanmıştır. Geçici basınç ölçümleri ekler kısmında gösterilmiştir. Çalışmalar birbirine yakın olan Ölçülebilir Alt alanların durumuna göre değerlendirilerek inşa sırasına göre analizi tamamlanmıştır. Çalışmalarda fiziki kayıp miktarları çizelge haline getirilerek numara sırasına göre gösterilmiştir.

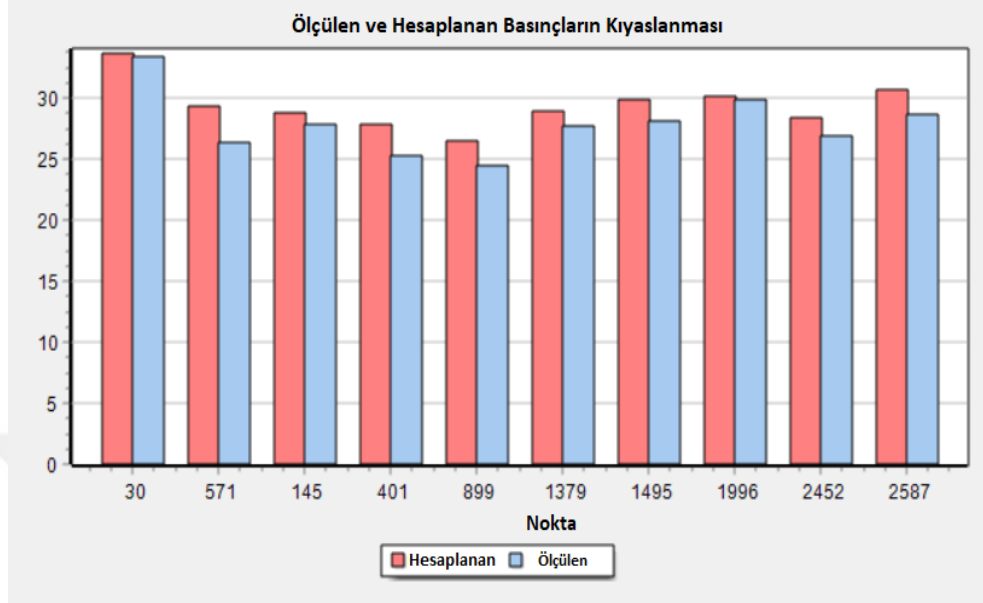
Çizelge 4.4. Ölçülebilir Alt Alanların İlk ve Son Fiziki Kayıp Miktarları

Ölçülebilir Alt Alan	İlk Fiziki Kayıp (L)	Son Fiziki Kayıp (L)
1	5 – 7	1 – 2,5
2	3 – 5	0,5 – 2
3	2 – 4	1–1,5
4	2 – 5	1–2
5	3 – 7	0,5 – 6
6	0,6 – 8	0,5 – 5
7	0,3 – 4	0,1 – 2
8	1 – 10	0,2 – 2
9	0,2 – 5	0,1 – 2
10	0,5 – 1	0,15 – 0,5
Toplam	17,6 – 56	5,15 – 25,5

Seyhan İlçesi meskûn mahallerde su kayıplarını azaltılması çalışması sonucunda toplam ilk fiziki kayıp miktarı 17,6 – 56 L, litrelik kayıpların olduğu tespit edilmiştir. ÖAA odası inşası sonrası toplam son fiziki kayıp miktarı 5,15 – 25,5 L olarak hesaplanmıştır.

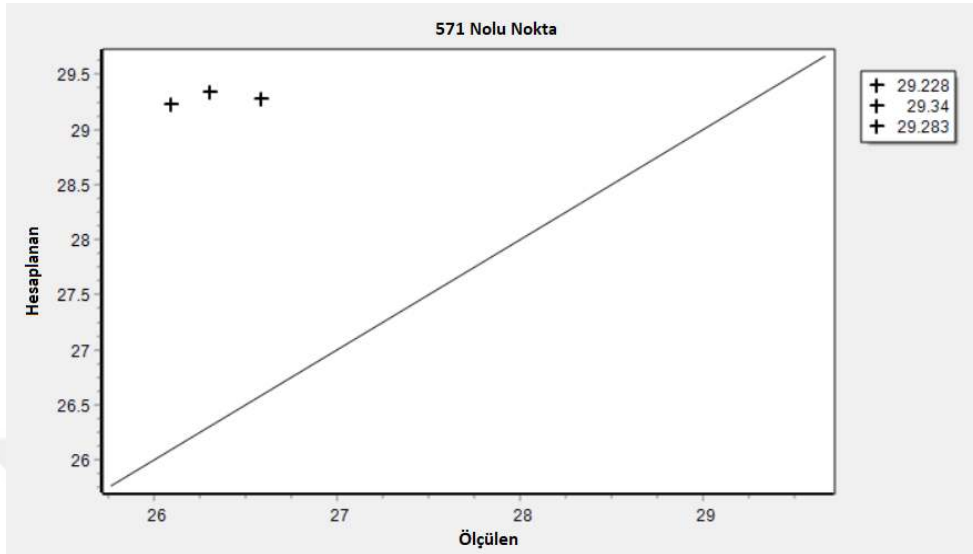
4.4. Kalibrasyon Çalışmaları

Kalibrasyon çalışmaları, hidrolik model çalışmalarının sahadan alınacak olan gece 2, 3 ve 4 saatlerindeki basınçların kıyaslanmasını kapsamaktadır. Bu çalışmalar EpaNet v.2.0.0.12 programında bulunan Kalibrasyon özelliği üzerinden yapılmış, hata yüzdesi hesaplanmıştır. Hesaplanan Gece basıncı ile ölçülen gece basıncı aşağıdaki şekilde verilmiştir.

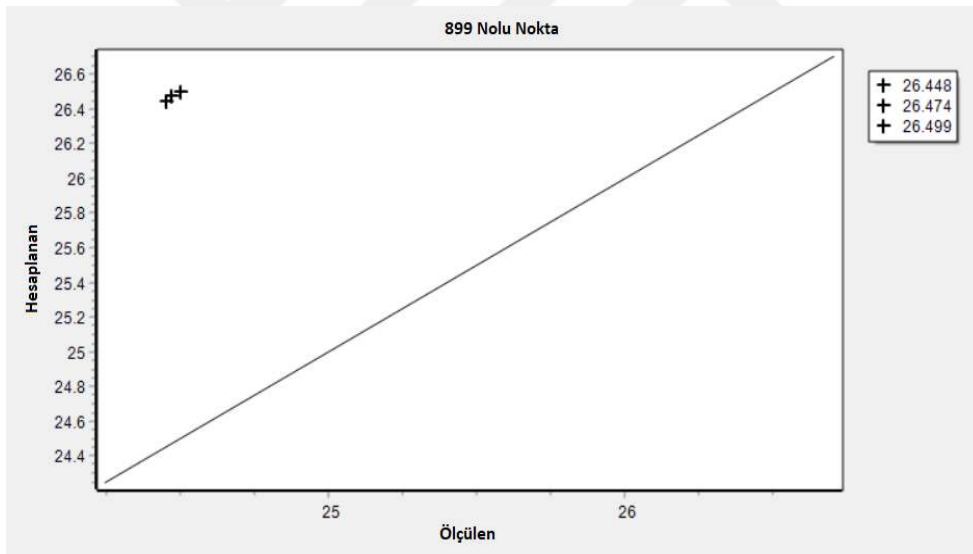


Şekil 4.26. Çalışma Alanındaki Ortalama Hesap ve Ölçülen Gece Basıncı Değerleri

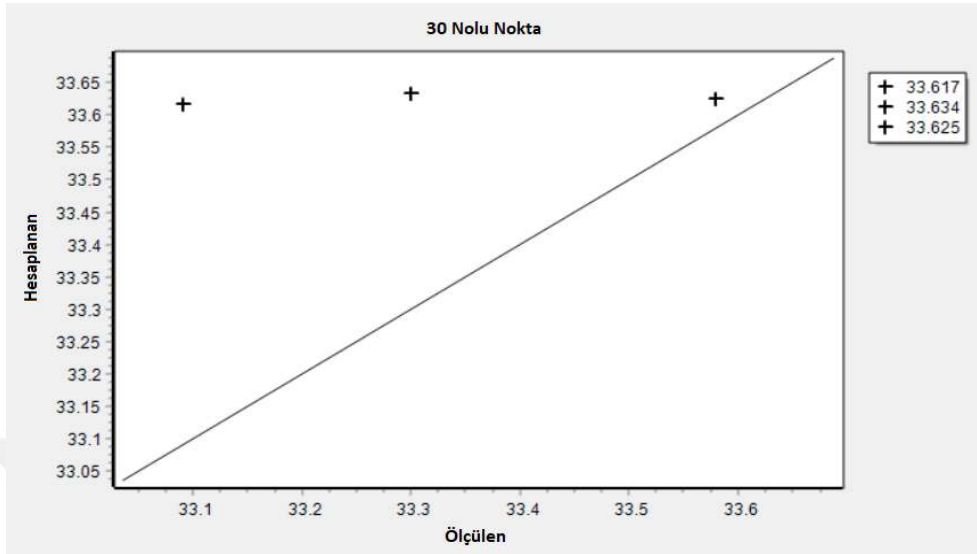
Ölçülen Gece basıncı değerleri, basınç transmitterlerinin kalibrasyonunun yapılmasından dolayı cihazın yaptığı ölçüm değerleri hata oranının sıfır olduğu kabul edilmiştir. Epanet programı bu kabule uyarak ölçüm değerlerini regresyon çizgisi halinde, Hidrolik modeldeki basınç değerleri nokta halinde aşağıda gösterilmiştir.



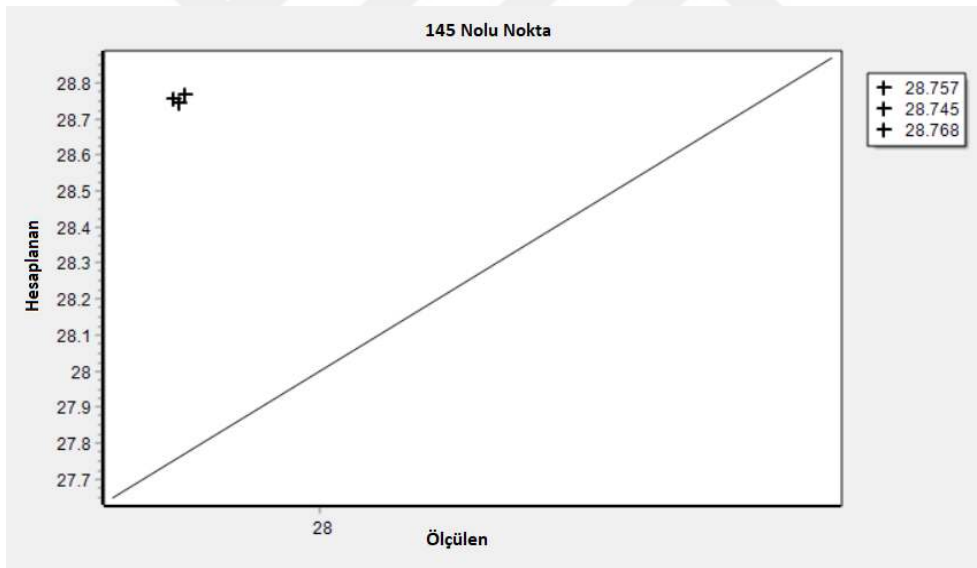
Şekil 4.27. 1 Numaralı ÖAA'nın 571 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



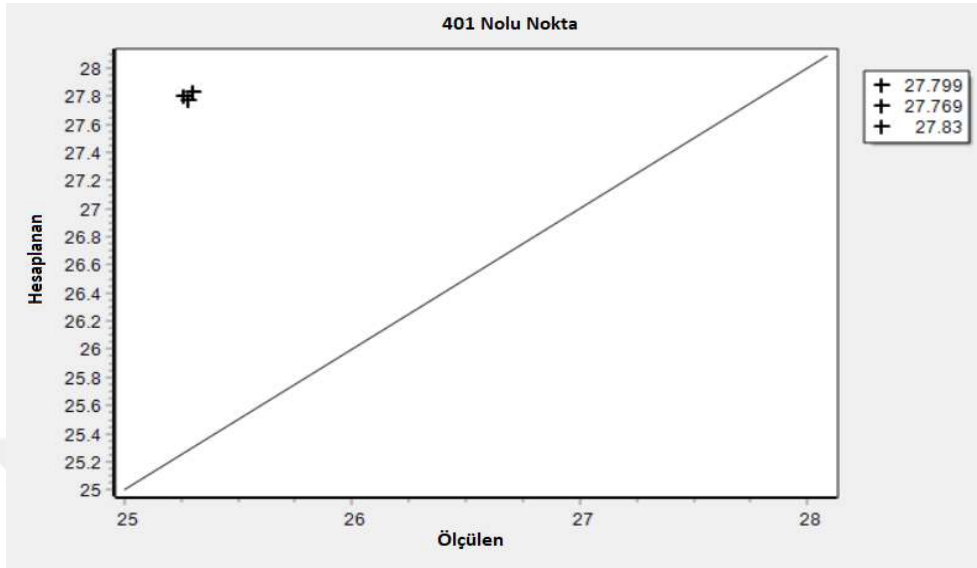
Şekil 4.28. 2 Numaralı ÖAA'nın 899 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



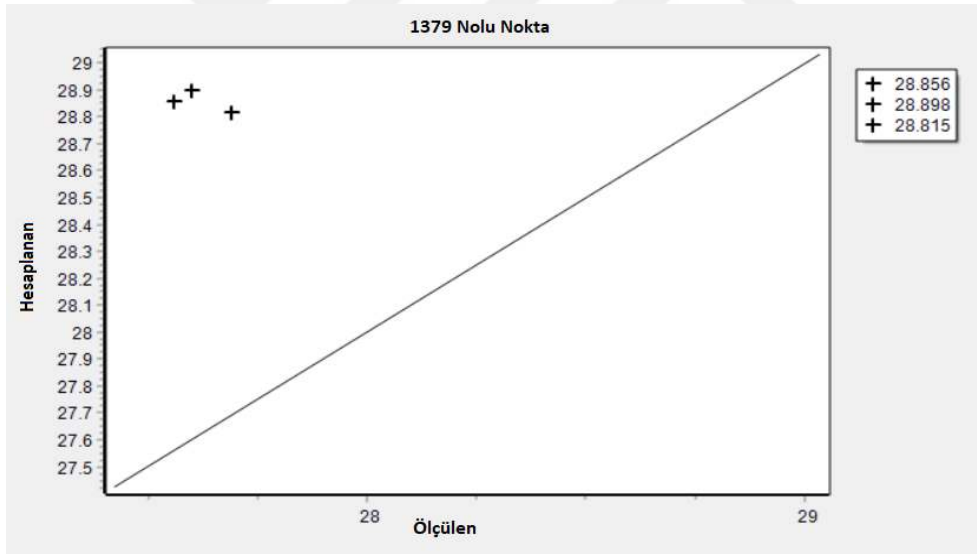
Şekil 4.29. 3 Numaralı ÖAA'nın 30 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



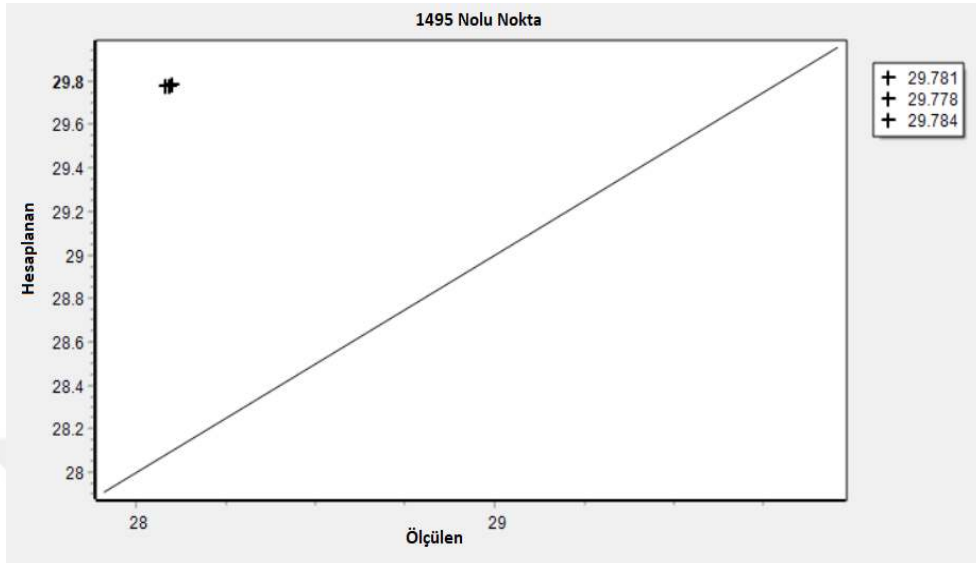
Şekil 4.30. 4 Numaralı ÖAA'nın 145 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



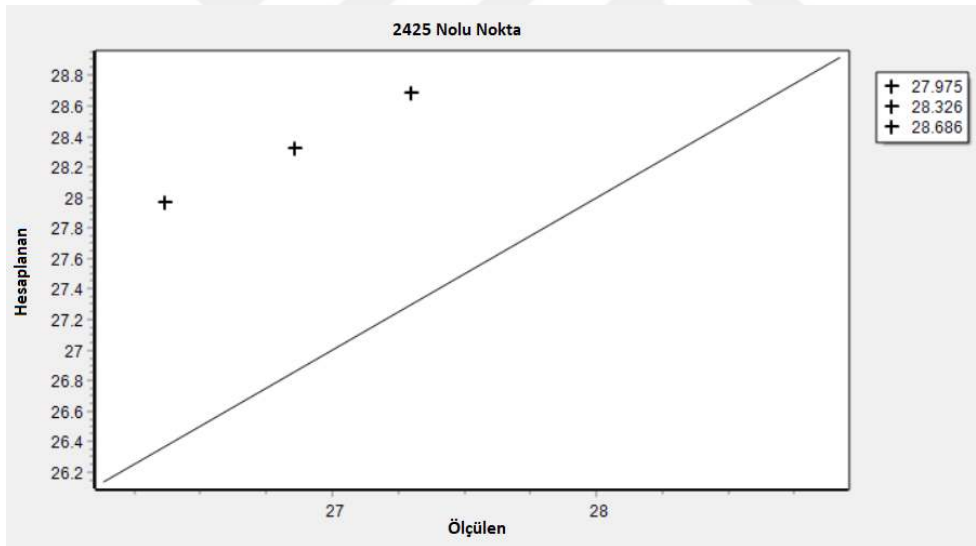
Şekil 4.31. 5 Numaralı ÖAA'nın 401 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



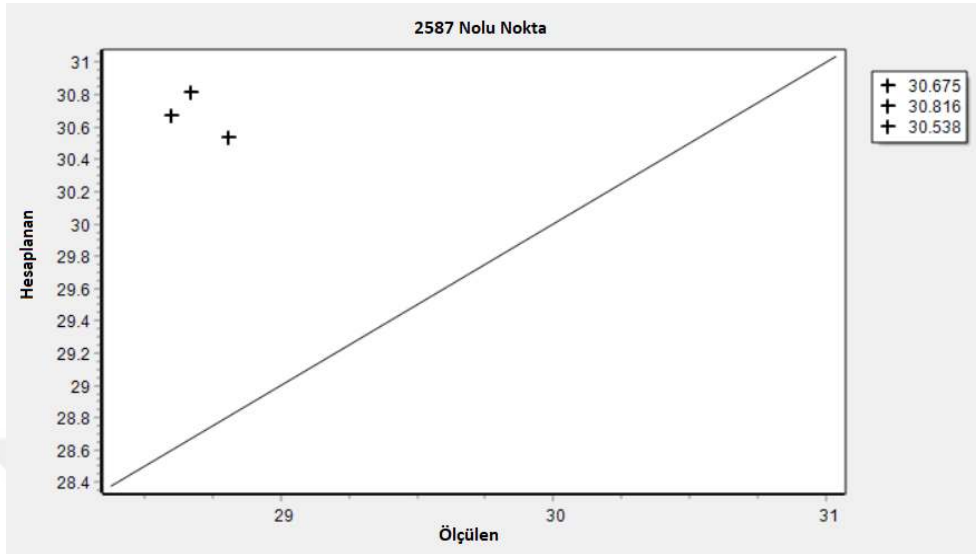
Şekil 4.32. 6 Numaralı ÖAA'nın 1379 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



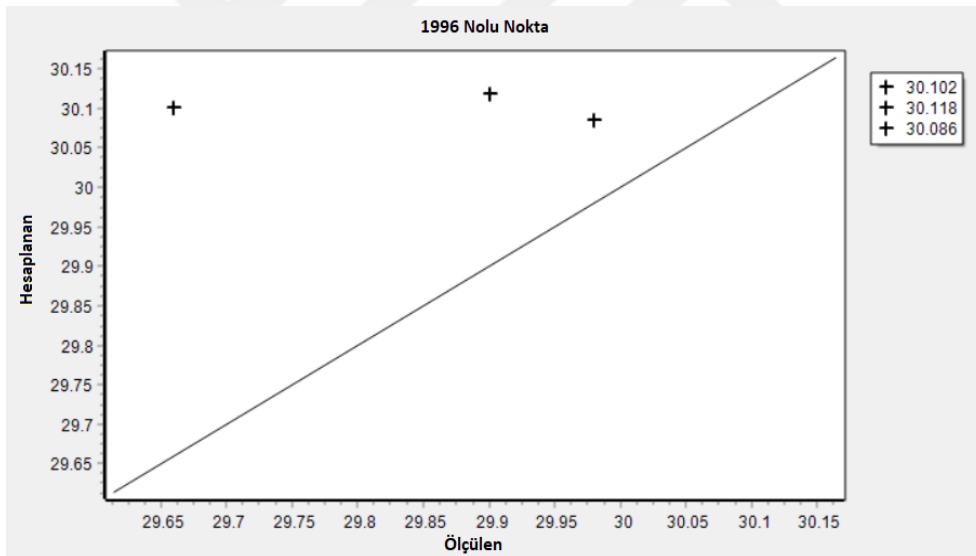
Şekil 4.33. 7 Numaralı ÖAA'nın 1495 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



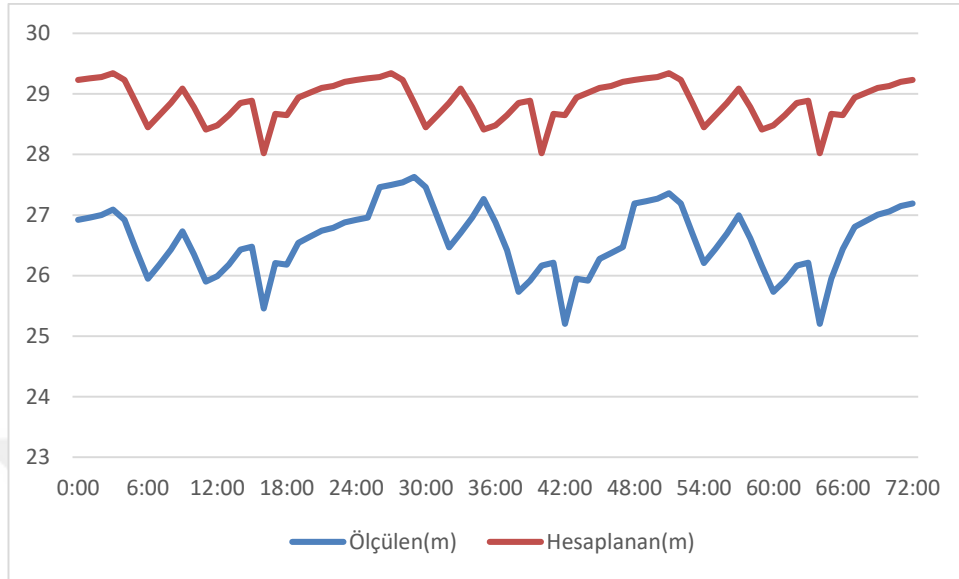
Şekil 4.34. 8 Numaralı ÖAA'nın 2425 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



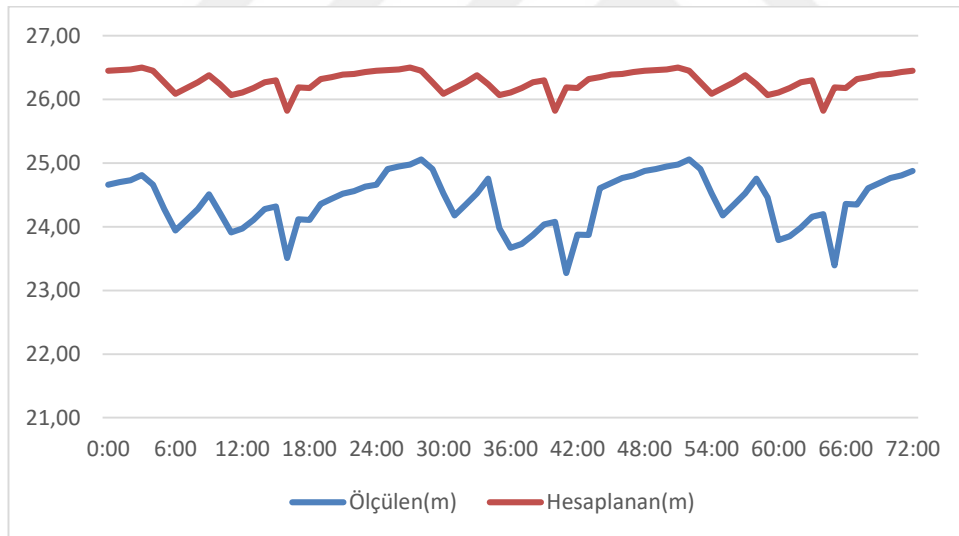
Şekil 4.35. 9 Numaralı ÖAA'nın 2587 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



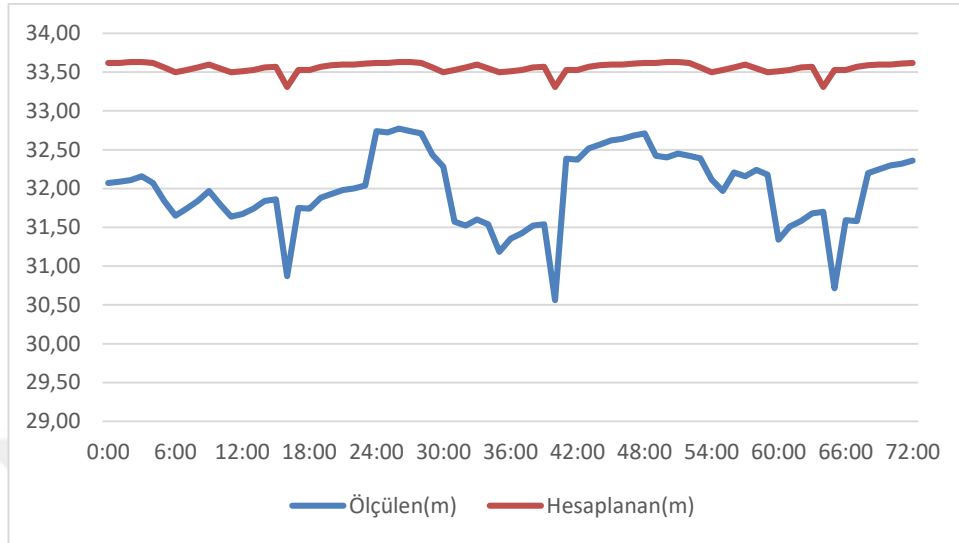
Şekil 4.36. 10 Numaralı ÖAA'nın 1996 Numaralı Noktanın Kalibrasyon Değerleri



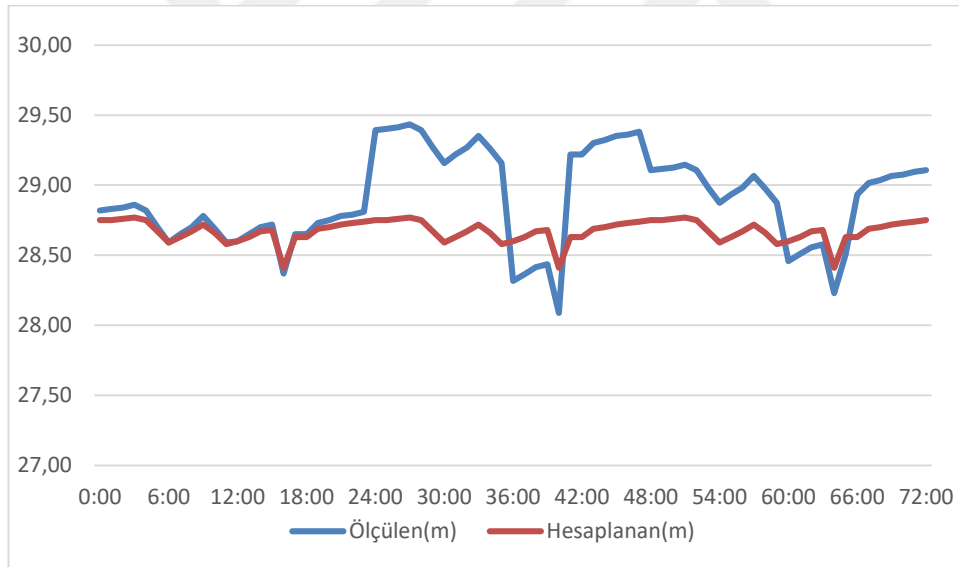
Şekil 4.37. 1 Numaralı ÖAA da 571 Numaralı Noktadaki Basınçların Kıyaslanması



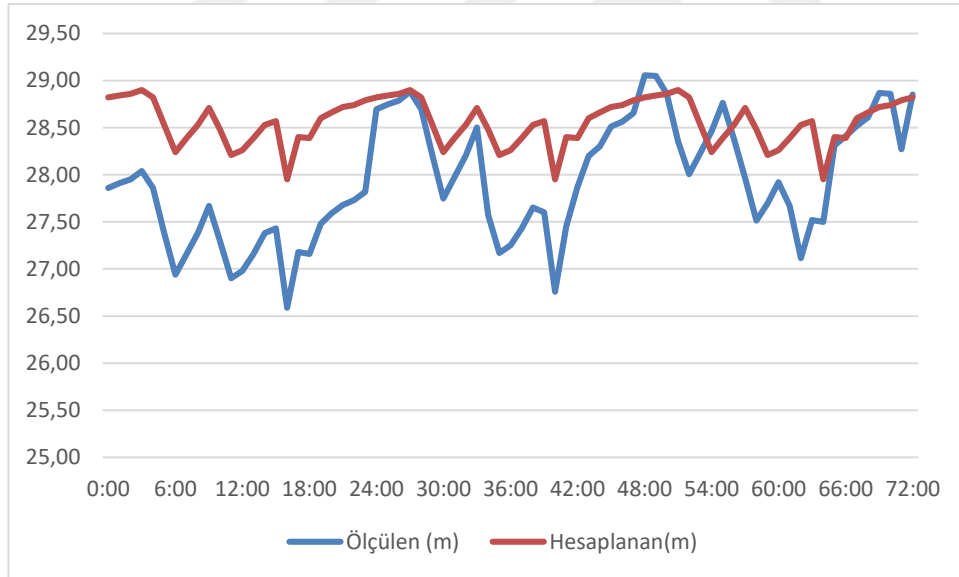
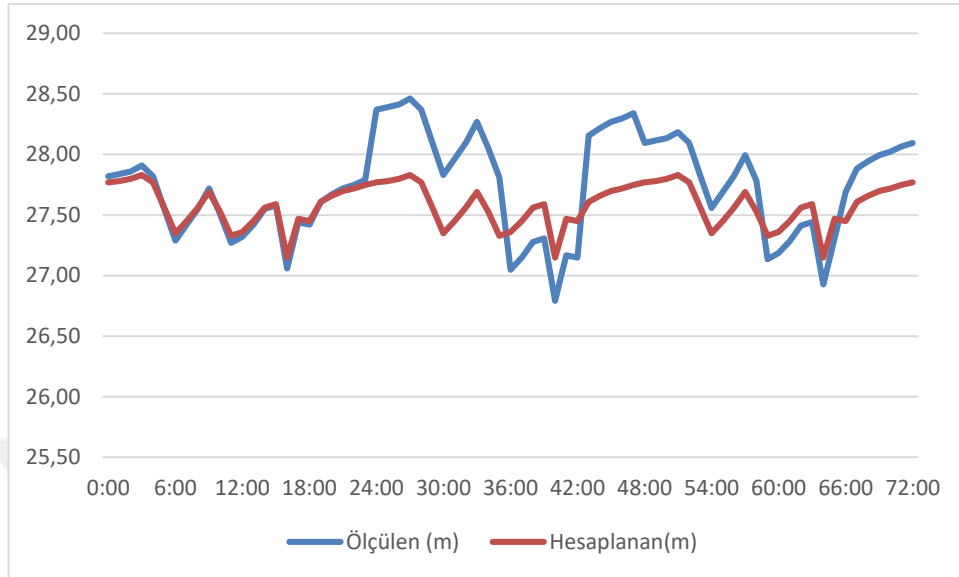
Şekil 4.38. 2 Numaralı ÖAA da 899 Numaralı Noktadaki Basınçların Kıyaslanması

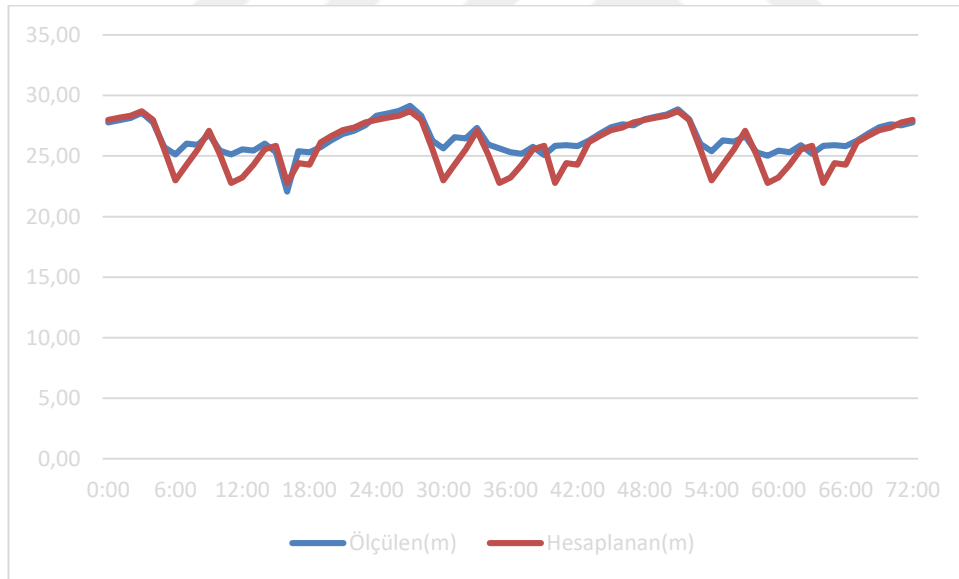
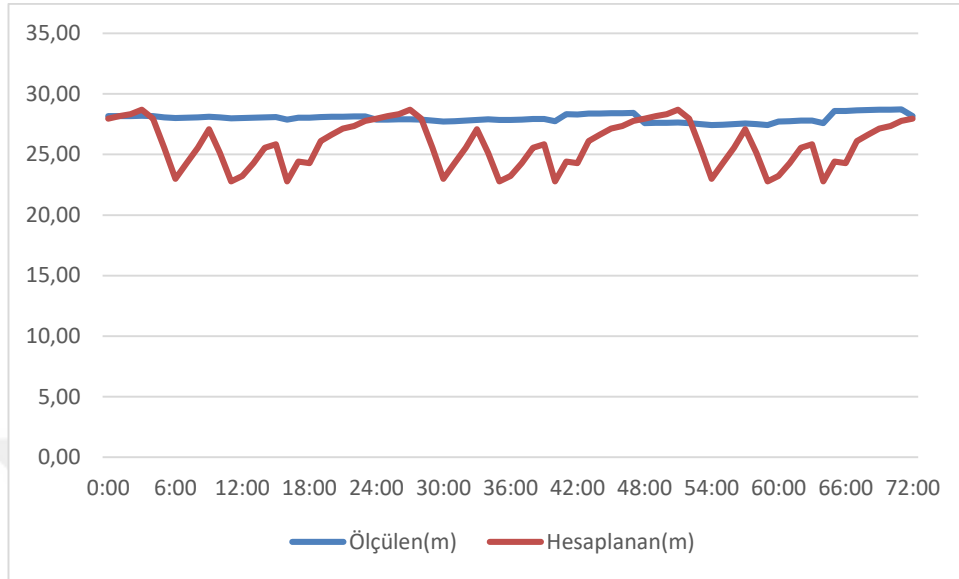


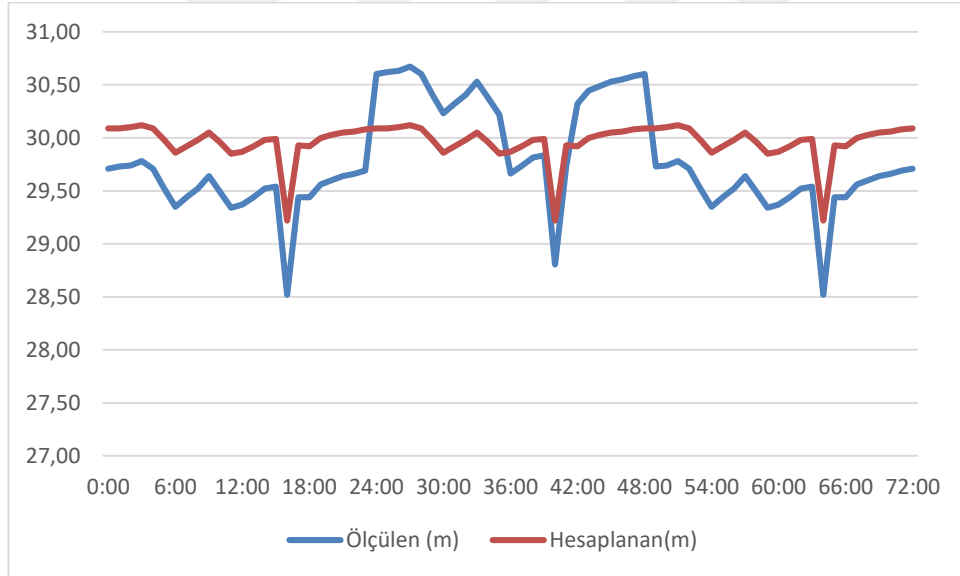
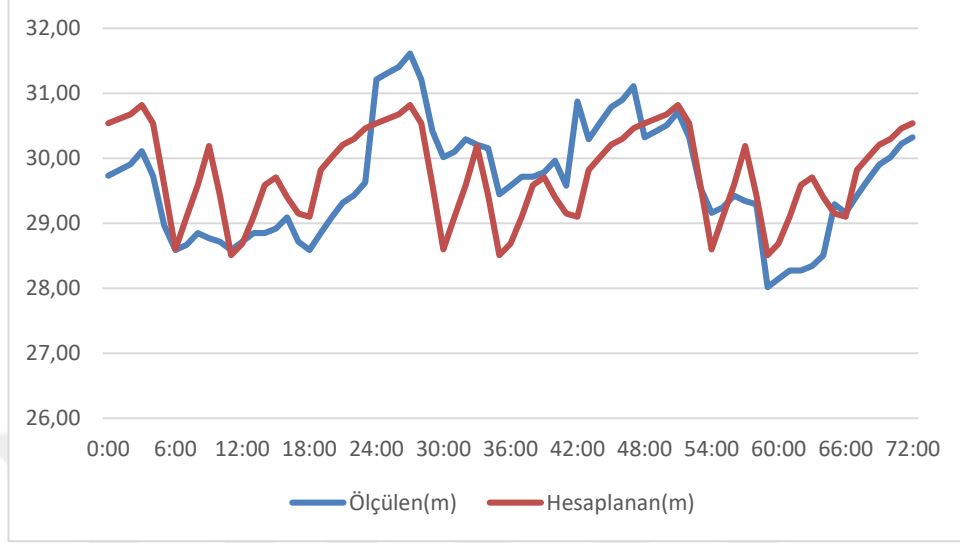
Şekil 4.39. 3 Numaralı ÖAA da 30 Numaralı Noktadaki Basıncın Kıyaslanması



Şekil 4.40. 4 Numaralı ÖAA da 145 Numaralı Noktadaki Basınçların Kıyaslanması







Kalibrasyon grafiklerinde basınç farkının yüksek olduğu ÖAA'larda fiziki kaybın devam ettiği ve bir kez daha son fiziki kayıp çalışmalarının gerektiğini

göstermiştir. 1, 8 ve 9 Numaralı ÖAA da istenirse tekrardan bir inceleme daha yapılabileceği tespit edilmiştir. 10 Numaralı ÖAA da ise basınç farkı düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni 10 Numaralı ÖAA'daki şebekenin yeni yapılmasından dolayıdır. Gece saatlerindeki gece basıncı farkı düşük olduğu tespit edildiğinde modelin doğru olduğu boru pürüzlülük katsayısı değişimi gerekli bazı güncellemeler yapılması gerektiğini göstermiştir.

Kalibrasyon çalışmaları sayesinde kaybın azaltılması sonucu oluşan ölçüm değerlerine göre hidrolik model gerektiğinde referans gerektiğinde de tekrar güncellenebilir olması nedeniyle kalibrasyon çalışmaları sürekli yenilenecek ve devamlılığı sağlanacak altyapı oluşturulmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda, analiz edilen ÖAA bölgelerinde basınçların arasındaki değişimin çok yüksek olmadığı gerek saha çalışmalarıyla gerekse de hidrolik model çalışmalarıyla tespit edilmiştir. İlk olarak, ÖAA'ların genellikle düzlük bir alan bulunması; zemin seviyeleri arasındaki farkın en fazla 3,5 m olması, bölgedeki yerleşim alanlarının seyrek olması, boru çaplarının büyük olması başlıca nedenleri olmuştur.

Bu sürecin devamında ölçülen değerlerin basınç düşürücü vana ile ayarlanabildiği için şebekedeki basınç değerlerinin gereken seviyeye getirilerek hidrolik model ile şebeke içi ölçülen basıncın arasındaki doğruluk oranının hesaplanabileceği bir basınç yönetimi durumu ortaya çıkarılacak şekilde planlanmıştır.

Hidrolik model çalışmasına destek olarak güncel olmayan CBS verilerinin yenilenerek ulusal ve uluslararası arası bir platforma hazır olarak sunulabilir hale getirilmiştir. Ölçülebilir alt alanların CBS üzerinde oluşturulması ile hidrolik modele hazırlık olmuş, fiziki ve idari kayıplarının izleneceği bir ortam sağlamıştır.

Şebeke yönetiminin daha iyi bir şekilde yapılabileceği 30 yıllık projeksiyonlar çıkarılmış ve mevcut senaryolar göre harita üzerinde yeni altyapı ve imar uygulama alanlarının belirlenebilmesi, çeşitli boru, vana gibi su elemanlarının değişimi gibi tavsiyelerde bulunulmuştur.

Hangi mahalleye ne kadar su temin edildiği, bunun ne kadarlık kısmının faturalandırılabilirdiği; kısmın neden venasıl kaynaklandığı net bir şekilde herkes tarafından izlenip görülebileceği izleme platformu için hazırlık olmuştur. Bu uygulamalar dahilinde görünemeyen kayıpların tespiti ve idari ve fiziki kayıp olarak sınıflandırılacak bilgileri geçilebilecek ve ÖAA da zaman içerisindeki çeşitli değişimler saptanabilecektir.

Şebekenin sabit basınç ile çalıştırılması sayesinde günlük meydana gelen arıza sayılarında gözle görülür bir azalma meydana gelecektir. Arıza tamiri ve bakım onarım masrafları azalacaktır. Fiziki kayıplar basıncın kaçak regresyonu ile ilintili olması nedeniyle ciddi bir şekilde fiziki kaçak azalacaktır.

Yapılacak debi ve basınç analizleri sayesinde ASKİ kayıp-kaçak arama ve tarama ekipleri tüm şebekeyi kontrol etmek yerine sadece sorun tespit edilen cadde ve sokaklarda çalışmalarını sürdürerek, dolayısıyla emek-maliyet açısından da önemli bir tasarruf sağlanmış olacaktır.

Meskûn mahallerde mevcut şebeke üzerinde zaman zaman yaşanan “su yetersizliği veya susuzluk” problemleri minimum seviyeye çekilmiş olacaktır. Bu nedenle fiziki kayıplardan tasarruf edilen miktar kadar su ek talebi olan yukarıda değinilen abonelere su temin edilip tahakkuk miktarı bir o kadar artacaktır.

İçme suyu arıtma tesisi içerisinde arıtılan her bir damla su için çeşitli kimyasal maddeler (klor, demir (III) klorür, polimer vb. gibi) kullanıldığından, kayıp su miktarının azaltılması ile arıtılma ihtiyacı duyulan suyun da azalacak olması sebebiyle işletme maliyetleri minimize edilecek ve enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Bu ve devamında takip edecek çalışmalar ÖAA bölgesinin niteliklerine göre değişecektir. Çalışmalar sonrasında basınçta ve kullanımda ani değişim gözlemlendiğinde niteliğine göre su kayıplarının tespiti daha kolay olacaktır. Çalışma Adana Su ve Kanalizasyon İdaresine ve diğer belediyelere su kayıplarının azaltılması için bir kılavuz olacak şekilde hazırlanılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, T., & Muhammetoğlu, H. (2019). Antalya İçme Suyu Şebekesinin Bir Bölümünün Online İzleme (SCADA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Araçları Kullanılarak Hidrolik Modellemesi. Su Vakfı, 12-22.
- Anadolu Ajansı. (2020, Aralık 11). İstanbul'un barajlarındaki su seviyesi ortalaması yüzde 22'ye indi. Anadolu Ajansı: <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/istanbulun-barajlarindaki-su-seviyesi-ortalamasi-yuzde-22ye-indi/2074004>
- Anjaya, J. R., Sheetal Kumar, K. R., MS, M., & Amrutur, B. (2015). A particle filter based leak detection technique for water distribution systems. Prodecia Engineering, 28-34.
- ASAT Genel Müdürlüğü. (2017). Su Kayıpları Yıllık Raporu. Asat Genel Müdürlüğü: <http://www.asat.gov.tr>.
- ASKİ Su Kayıp Kontrol Şube Müdürlüğü. (2020). İçme Suyu Su Kayıpları Yıllık Raporu (2019). Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi: <http://www.adana-aski.gov.tr>.
- Berardi, L., Laucelli, D., Ugarelli, R., & Giustolisi, O. (2015). Hydraulic system modelling: background leakage model calibration in Oppegård municipality. Prodecia Engineering, 633-642.
- Bermad CS Ltd. . (2020). Pressure Reducing Archives. BERMAD Water Control Products & Solutions: www.bermad.com.
- Bradley, T., Fentress, S., Fournier, C., & Rushlau, K. (2016). Gravity-Fed Water Distribution System. 2016. Gravity-Fed Water Distribution System. Bucori, Panama : Michigan Technological University. Bucori, Panama: Michigan Technological University.

- Cheung, P. B., Girol, G. V., Abe, N., & Propato, M. (2010). Night flow analysis and modeling for leakage estimation in a water distribution system. *Integrating Water Systems* (s. 509-513).
- Chowdhury, M. A., Ahmed, M. F., & Gaffar, M. A. (2002). Management of nonrevenue water in four cities of Bangladesh. *J. Am. Wat. Wks Assoc.*, 94(8), 64-75.
- Coşkun Dilcan, Ç., Çapar, G., Korkmaz, A., İritaş, Ö., Karaaslan, Y., & Selek, B. (2018). İçme Suyu Şebekelerinde Görülen Su Kayıplarının Dünyada Ve Ülkemizdeki Durumu. *Anahtar Dergisi*, 10-18.
- DSİ (2014). Toprak ve Su Kaynakları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü: <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>
- Durmuşçelebi, F. M., Özdemir, Ö., & Fırat, M. (2019). İzole Alt Ölçüm Bölgesinde Mükerrer Hat İptalleri Ve Su Kayıplarına Etkisi. 1st International Conference On Environment, Technology And Management (ICETEM) (s. 294-301). Niğde: Department of Environmental Engineering of Niğde Ömer Halisdemir University.
- Gama, M. C., Lanfranchi, E. A., Pan, Q., & Jonoski, A. (2015). Water distribution network model building, case study: Milano, Italy. *Prodecia Engineering*, 573-582.
- Gentek Elektronik. (2019). Portatif Ultrasonik Debimetre Kullanma Kılavuzu. İstanbul, Türkiye.
- Gentek Elektronik. (2020). Oem Basınç Tr. / BD Senxör. Gentek Elektronik: <http://www.gentekelektronik.com.tr/urunler/oem-basinc-transmitterleri.html>
- Günel, M., Bulut, S., & Günel, A. Y. (2005). İçmesuyu Şebekelerinde Hardy-Cross ve Ölü Nokta Karşılaştırılması. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi. Antalya: İnşaat Mühendisleri Odası.

- Habertürk. (2019, Eylül 20). Başkan Karalar: "5 ayda gidişi tersine çevirdik" Akkapı, Gülbahçesi ve Dağlıoğlu'na 23 kilometrelik kanalizasyon şebekesi yıl sonunda tamamlanacak. Habertürk: <https://www.haberturk.com/adana-haberleri/71992930-baskan-karalar-5-ayda-gidisi-tersine-cevirdikakkapi-gulbahcesi-ve-dagliogluna-23>
- İSU. (2015). İzmit İlçesinin Su Kayıplarının Azaltılması Projesi. İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi: www.isu.gov.tr
- Kabakçı , A., & Karadoğan, H. (2004). İzmir İçme Suyu Sistemi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 33-38.
- Karadirek, İ. E., Kara, S., Özge, Ö., Gülaydın, O., Beştaş, E., Boyacılar, M., . . . Muhammetoğlu, H. (2016). İçmesuyu iletim ve dağıtım sistemlerinde fazla basınçtan enerji üretim potansiyeli. Mugla Journal of Science and Technology, Vol 2, No 1, 70-76.
- Karpuzcu, M. (1985). Su Temini ve Çevre Sağlığı. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Matbaası.
- MGM. (2020). Kuraklık Analizi-Meteoroloji Genel Müdürlüğü: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx>
- Mutlu, Ö. (2006). Hardy Cross Yöntemiyle İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasında Netcad/Water Yazılımının CBS Çözümleri. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi (s. 95-107). Ankara: İnşaat Mühendisleri Odası.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2015). İçme Suyu Temin Ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği. Ankara, Türkiye: Resmi Gazete.
- Pilcher, R., Dizdar, A., Dilsiz, C., Toprak, S., De Angelis, E., De Angelis, K., Bacanlı, Ü. G. (2009). Su Kayıpları Nasıl Önlenir : Su Kayıplarını Azaltma Teknikleri ve Uygulamalarına Yönelik Rehber Kitap. Ankara: Efil Yayınevi Yayınları.

- Rossman, L. A. (2000). EPANET 2 User Manual. United States : Environmental Protection Agency.
- Selçuk, A. (2014). İçmesuyu Şebekelerine ait Tasarım Metodlarının (Ölü nokta ve Hardy-Cross) Bilgisayar Programları Kullanılarak Karşılaştırılması.
- Sertçelik, M. (2020, ŞUBAT). Su Şebkesinde Kayıp Kaçaklar ve Çözüm Önerileri. İstanbul, Türkiye.
- Toprak , S., Koç, C., Bacanlı, Ü. G., Dikbaş, F., Fırat, M., & Dizdar, A. (2007a). İçme Suyu Dağıtım Sisteminde Kayıplar. III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, (s. 60-610). İzmir.
- Toprak, S., Dikbaş, F., Koç, C., & Bacanlı, Ü. G. (2007b). Su Kayıplarının Azaltılması ve Su Dağıtım Sistemlerinin Performanslarının İyileştirilmesi Üzerine Leonardo Da Vinci Projesi: PROWAT. III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, (s. 611-618). İzmir.
- TUİK. (2019). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. Türkiye İstatistik Kurumu: adres.nvi.gov.tr
- UN-Water Decade Programme on Capacity Development. (2011). Solution oriented Capacity Development towards IuWm Focus on Water Loss Reduction. Capacity Development for Drinking Water Loss Reduction: Challenges and Experiences (s. 17).
- Usluer, M., Durmuşçelebi, F. M., Çağan, Y., & Fırat, M. (2019). Uzun Dönemli Sürdürülebilir Su Kayıp Yönetimi Stratejisinin Geliştirilmesi: Kayseri Dağıtım Sistemi Örneği. 1st International Conference On Environment, Technology And Management (ICETEM) (s. 1068-1078). Niğde: Department of Environmental Engineering of Niğde Ömer Halisdemir University.
- WHO & UNICEF. (2000). Global Water Supply and Sanitation Assessment. Washington, DC.: Iseman Creative.

Yılmaz, A. G., & Keskin, M. E. (2005). Altyapı Bilgi Sistemi. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi. Antalya: İnşaat Mühendisleri Odası.





ÖZGEÇMİŞ

Batuhan KARAKUŞ, 17 Ekim 1995 tarihinde Tekirdağ'da doğdu. Aslen Kadirli/OSMANİYE kütüğüne kayıtlıdır. İlk ve orta öğrenimini Tekirdağ'da tamamladı. 2013 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünde ana dal, 2014 yılında ise Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde ikinci ana dal eğitimine başladı. Çevre mühendisliği bölümünde üçer dönem, İnşaat Mühendisliği bölümünde ise birer dönem olmak üzere onur öğrencisi olarak seçildi. 2013 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2017 yılında üçüncülükle 3,09 ortalama ile mezun oldu. 2014 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2018 yılında çift ana dal eğitimini tamamlayarak mezun oldu. 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı yıl içerisinde başlayan Adana Su ve Kanalizasyon idaresi tarafından hazırlanan Adana İli Seyhan-Yüreğir ilçesi Su kayıplarının azaltılması projesinden iş tecrübesi bulunmakta, Epanet, msSu, WaterGEMS, WaterCAD gibi içme suyu isale ve iletim hattı hidrolik modelleme programlarını ileri, Quantum GIS, ArcGIS Gibi coğrafi bilgi sistemi programlarını ise iyi derecede bilmektedir.

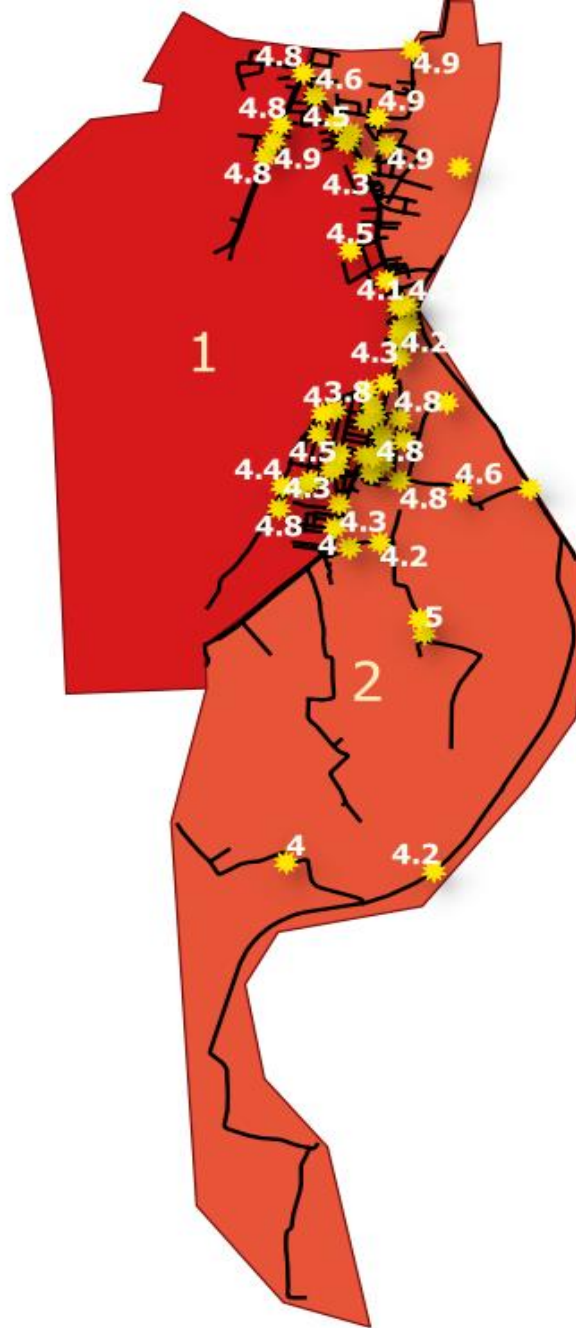




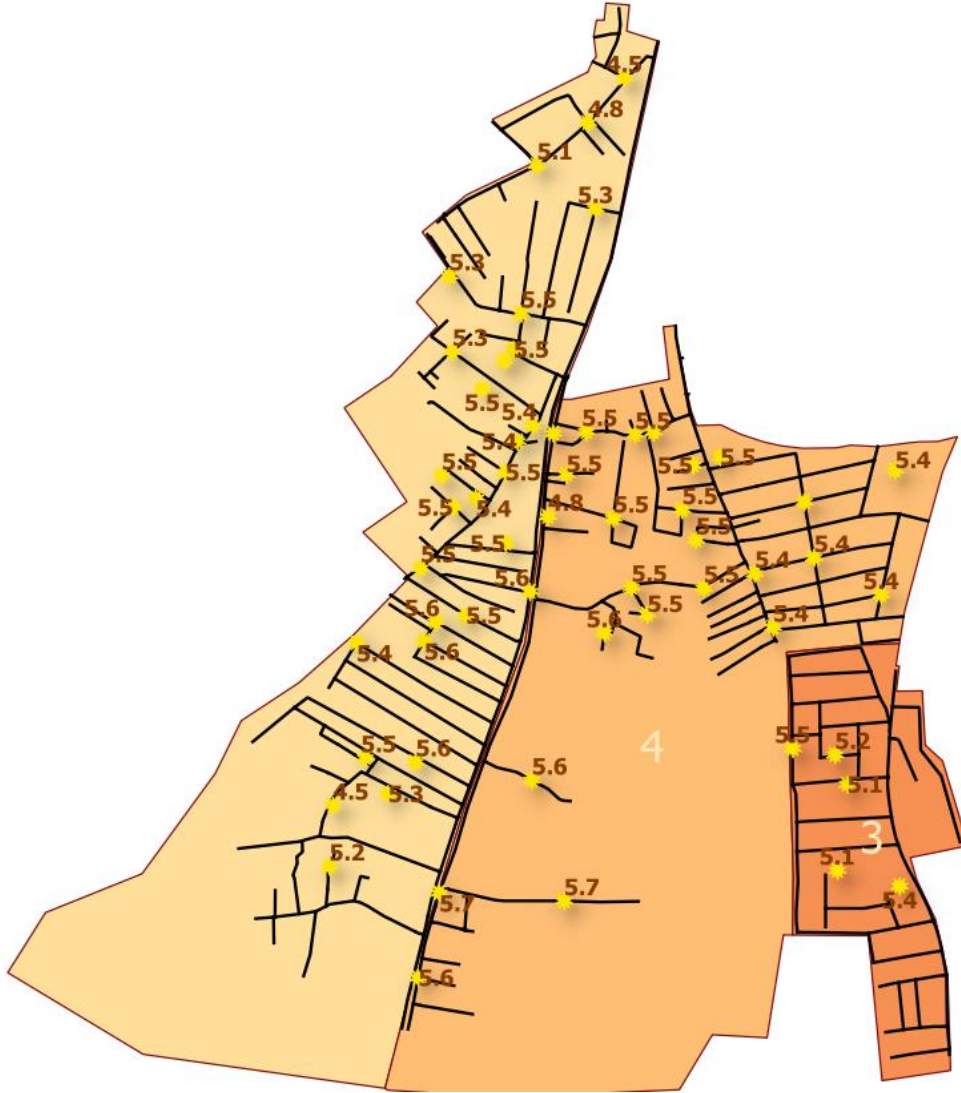
EKLER



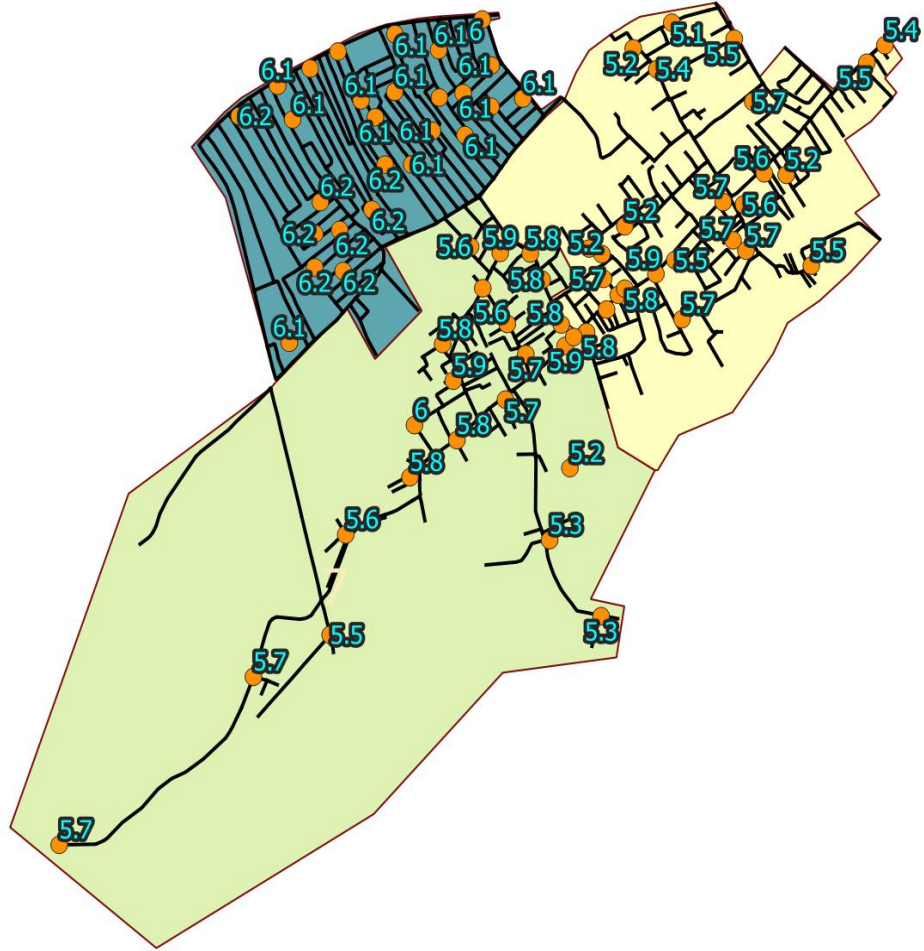
EK 1.a. 1 ve 2 Numaralı Ölçülebilir Alt Alanları Bar Cinsinden Geçici Basınç Ölçümleri (1 bar = 10,197m)



EK 1.b. 3 ,4 ve 5 Numaralı Ölçülebilir Alt Alanları Bar Cinsinden Geçici Basınç Ölçümleri (1 bar = 10,197m)



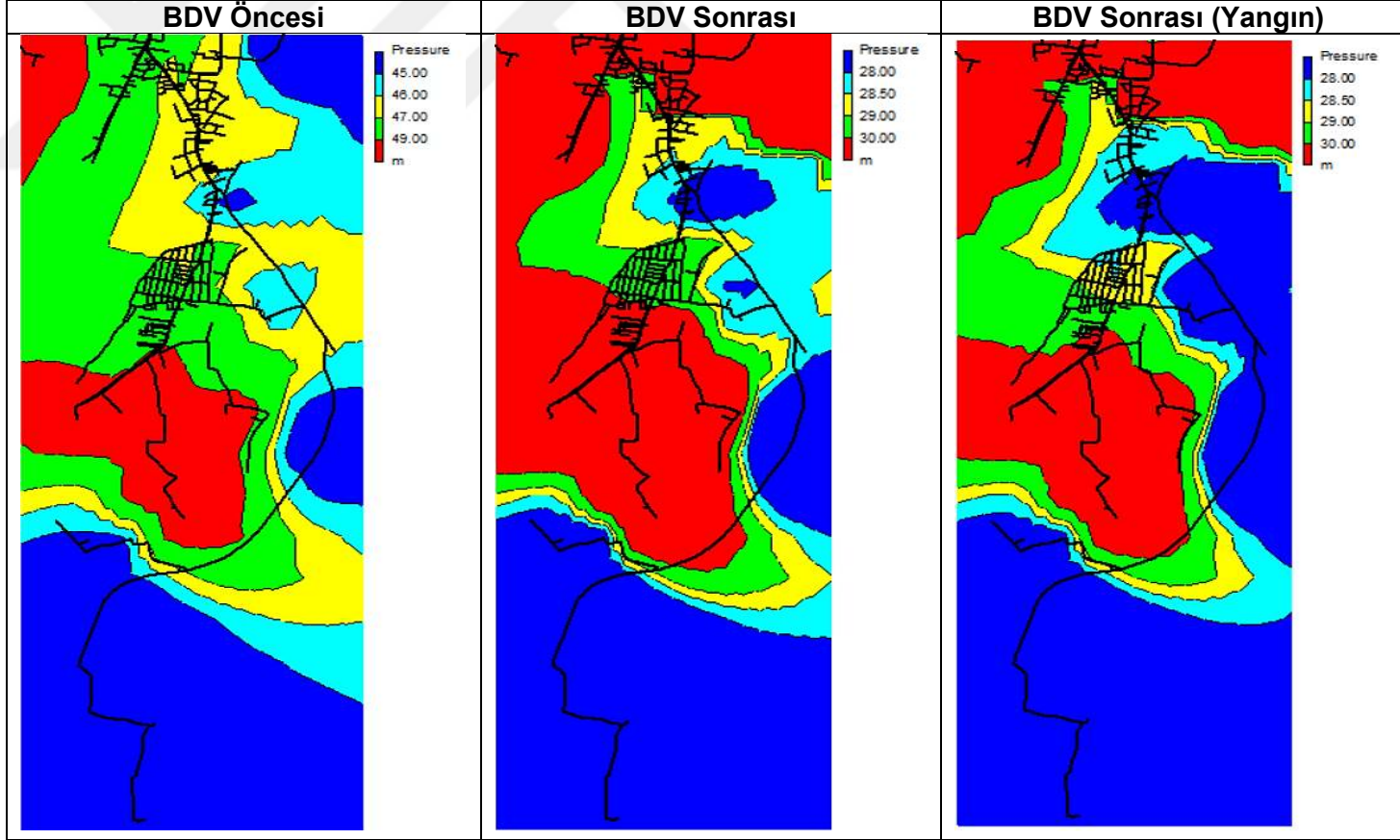
EK 1.c. 6, 7 ve 10 Numaralı Ölçülebilir Alt Alanları Bar Cinsinden Geçici Basınç Ölçümleri (1 bar = 10,197m)



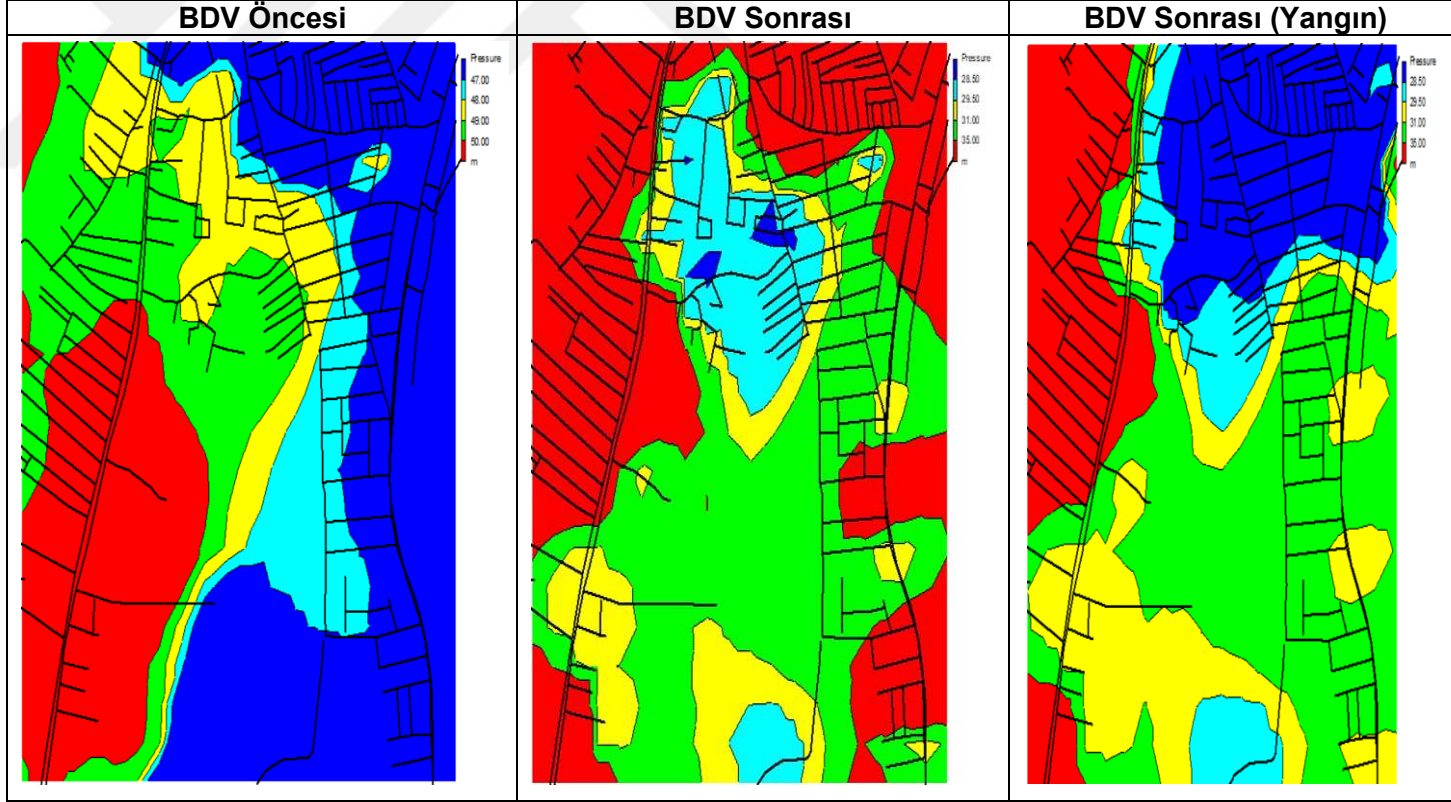
EK 1.d. 8 ve 9 Numaralı Ölçülebilir Alt Alanı Bar Cinsinden Geçici Basınç Ölçümleri (1 bar = 10,197m)



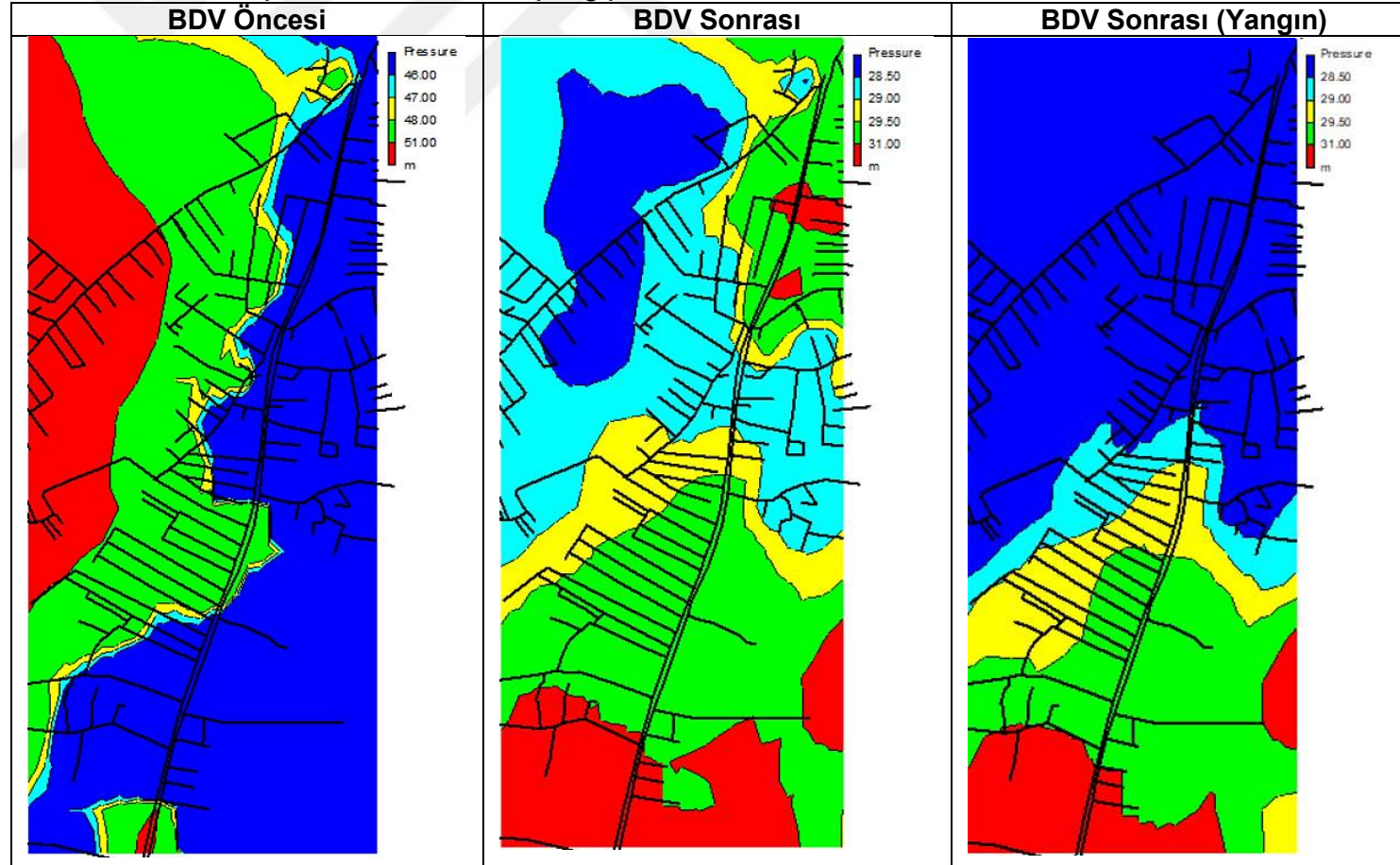
EK 2.a. 1 ve 2 Numaralı Ölçülebilir Alt Alanları Basınç Değişimlerinin Hidrolik Analizi

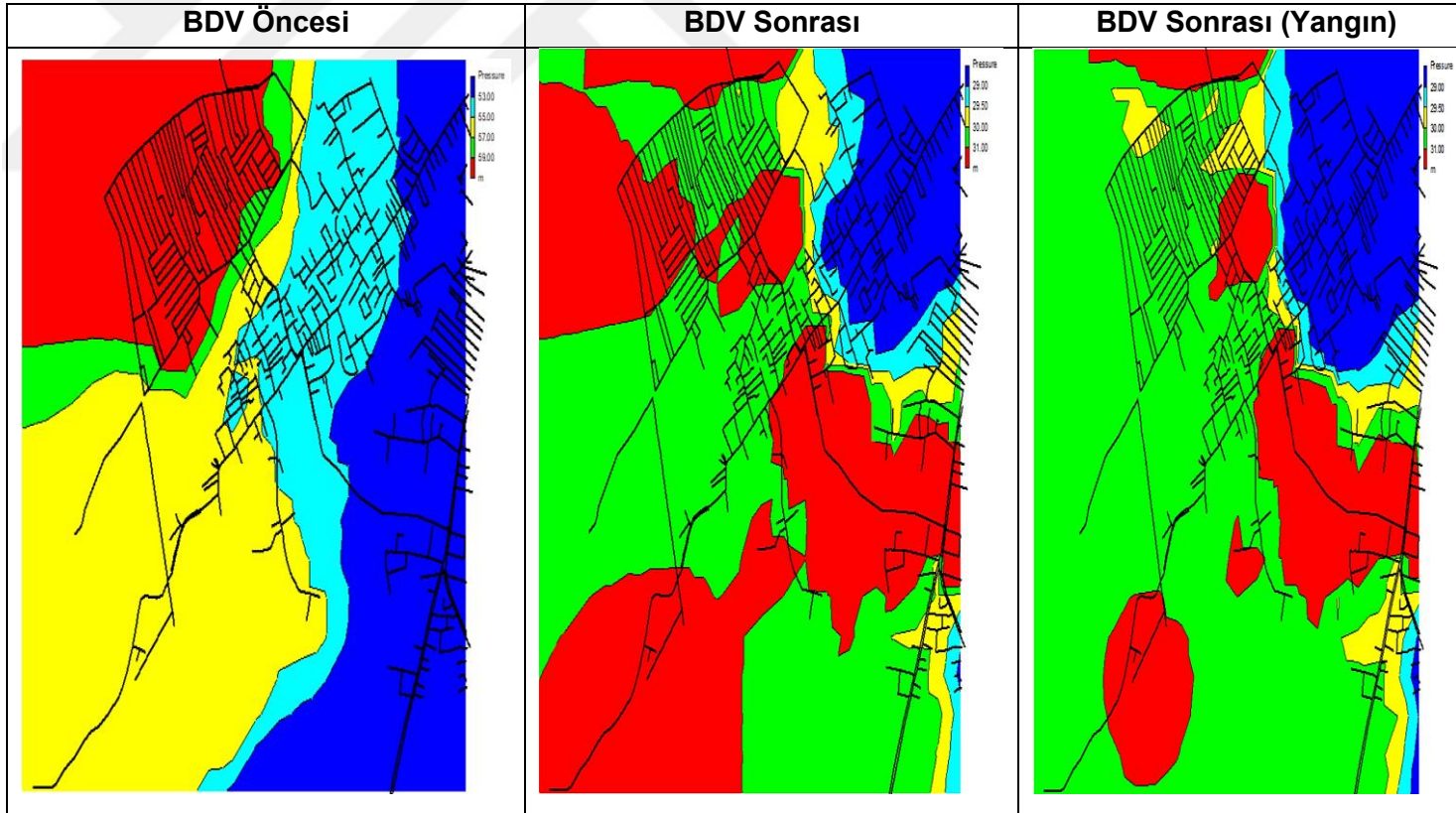


EK 2.b. 3 ve 4 Numaralı Ölçülebilir Alt Alanları Basınç Değişimlerinin Hidrolik Analizi



EK 2.c. 5 Numaralı Ölçülebilir alt alanın Basınç Değişimlerinin Hidrolik Analizi





EK 2.e. 8 ve 9 Numaralı Ölçülebilir Alt Alanları Basınç Değişimleri

