

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇMESUYU ŞEBEKELERİNDEKİ FİZİKSEL KAYIPLARI
ÖNLEMeye YÖNELİK DİYARBAKIR İÇİN ÖRNEK BİR
MODEL GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Mehmet SONGUR

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İbrahim YÜKSEL

Kasım 2016

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

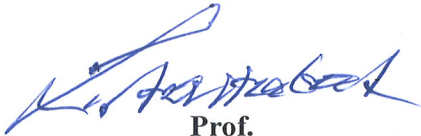
İÇMESUYU ŞEBEKELERİNDEKİ FİZİKSEL KAYIPLARI
ÖNLEMeye YÖNELİK DİYARBAKIR İÇİN ÖRNEK BİR
MODEL GELİŞTİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Mehmet SONGUR

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 30 / 11 / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.



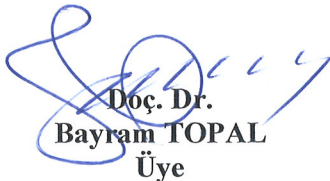
Prof.
Lütfi SALTABAŞ
Jüri Başkanı



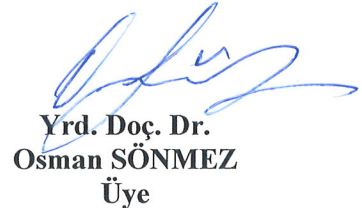
Prof. Dr.
İbrahim YÜKSEL
Üye



Doç. Dr.
Ahmet DOĞAN
Üye



Doç. Dr.
Bayram TOPAL
Üye



Yrd. Doç. Dr.
Osman SÖNMEZ
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Mehmet SONGUR

30 / 11 / 2016

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada sınırsız katkılarından ve değerli gürüşlerinden ötürü tez danışmanım Prof. Dr. İbrahim YÜKSEL, eşsiz katkılarından ötürü Prof. Lütfi SALTABAŞ'a en içten duygularla teşekkür ederim.

Tez alıőması boyunca yol gösterici soruları ve yeni fikirleri ile Doç. Dr. Bayram TOPAL'e, ayrıca teşekkür ederim.

Programın yazılmasında sabrı ve konuyu öğrenmek zorunda kalmasından dolayı Bilgisayar Mühendisi Erhan ÇETİN'e, mapinfo programının eğitimi ve desteklerinden ötürü Çevre Yüksek Mühendisi Ahmet DABANLI'ya teşekkür ederim.

Tezin yapısının dizayn edilmesindeki katkılarından dolayı Doç. Dr. Ahmet DOĞAN'a, Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ'e ve değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Z. Fuat TOPRAK'a ayrıca ölçüm bölgelerinin oluşturulmasında ve sonrasındaki analiz çalıőmalarından ötürü İnşaat Yüksek Mühendisi Metin MISIRDALI'na ve bu uzun çalışma boyunca daima yanımda olan ve desteğini esirgemeyen eşim Mevhibe SONGUR'a minnettarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Çalışmanın Önemi.....	2
1.3. Çalışmada İzlenen Yol.....	3
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR.....	4
2.1. Dünya’da ve Türkiye’de Yapılmış Çalışmalar	4
BÖLÜM 3.	
SU KAYIPLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	11
3.1. Su Kayıplarının Sınıflandırılması.....	14
3.2. Sahada Fiziki Kayıpların Kontrolü	18
3.2.1. Kaçağın temelleri.....	19
3.2.2. Kaçak bulma donanımları.....	19
3.2.3. Kaçak bulma teknikleri.....	20
3.2.4. Fiziki kayıplarda kaçak onarımının kalitesi ve hızı.....	21

3.2.5. Fiziki kayıpların bağlı olduğu parametreler	21
3.3. Ölçüm Sahası DMA (District Metered Area) Oluşturma	25
3.4. Basınç Yönetimi	27
3.5. Gece Akış Analizleri.....	29

BÖLÜM 4.

ÇALIŞMA SAHASI VE YÖNTEM.....	30
4.1. Diyarbakır İçme Suyu Sisteminin Özellikleri.....	30
4.2. Diyarbakır İçme Suyu Şebekesindeki Kayıplar	33
4.3. Diyarbakır İçme Suyu Şebekesinde Mesken Tüketim Analizleri	34
4.3.1. Tüketim hesaplama(Q_{cbs}).....	34
4.3.1.1. Mesken kullanımları	35
4.3.1.2. Resmi kurumlar	36
4.3.1.3. Dini kurumlar	37
4.3.1.4. Okullar	38
4.3.1.5. Ticarethaneler	39
4.3.1.6. Kırsal kesim mesken kullanımları	39
4.4. Bilgi Teknolojileri İle Entegrasyon.....	41
4.4.1. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS).....	41
4.4.2. Denetleme kontrol ve veri toplama(SCADA)	43
4.4.3. Abone bilgi sistemi (ABS)	48
4.5. Efes Bölgesinde Yapılan Çalışmalar	49
4.5.1. Efes bölgesinde izolasyon çalışmaları.....	52
4.5.2. Efes bölgesinde sızıntı tespit ve onarımı	53
4.5.3. Efes bölgesinde abone kaçakları tespiti.....	54

BÖLÜM 5.

UYGULAMA.....	59
5.1. Mapinfo Professional	59
5.2. Map Basic	60
5.3. C Sharp	61
5.4. Model Yazılım Aşamaları	62

5.4.1. Kuruluş bilgileri.....	62
5.4.2. Üst bölge seçimi	63
5.4.3. Üst bölge kayıp hesaplama	63
5.4.4. DMA bölge seçimi ve hesaplamalar.....	65
5.4.5. DMA bölgesi abone entegrasyonu	65
5.4.6. DMA bölgesi basınç yönetimi	66
5.4.7. DMA bölgesi sonuçlarının gösterilmesi ve raporlama	67
5.5. Üst Bölge (3.1) Ve Efes_DMA Model Çıktıları	70
5.6. SCADA ve CBS Olmayan Bölgeler İçin Su Kayıplarının Hesaplanması	78
5.6.1. Hesap yöntemi	78
5.6.2. Hesap yönteminin uygulaması.....	81
5.7. Abone ve SCADA Okumaları Arasında Regresyon Analizi.....	86
5.7.1. Basit doğrusal regresyon analizi.....	88
5.7.2. Doğrusal olmayan basit regresyon analizi.....	91
5.7.3. (Student) t dağılımı.....	91
BÖLÜM 6.	
TARTIŞMA VE SONUÇLAR	93
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	108

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABS	: Abone Bilgi Sistemi
AGD	: Asgari Gece Debisi
AKE	: Altyapı Kaçak Endeksi
ASAT	: Antalya Su ve Atıksu İdaresi
ASKİ	: Ankara Su ve Kanalizasyon İşleri
AWWA	: Amerikan su işleri birliği
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DBE	: Dünya Bankası Enstitüsü
DDY	: Devlet Demir Yolları
DHM	: Devlet Hava Meydanları
DİSKİ	: Diyarbakır Su ve Kanalizasyon İşleri
DMA	: (District Metered Area) Ölçüm Bölgesi
DMS	: Dağıtım Yönetim Sistemleri
DY	: Diyarbakır
EMS	: Enerji Yönetim Sistemi
GASKİ	: Gaziantep Su ve Kanalizasyon İşleri
GGs	: Gelir Getirmeyen Su
GIS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
IWA	: Uluslararası Su Birliği
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İşleri
İSU	: İzmit Su ve Kanalizasyon İşleri
İZSU	: İzmir Su ve Kanalizasyon İşleri
KASKİ	: Kayseri Su ve Kanalizasyon İşleri
KOSKİ	: Konya Su ve Kanalizasyon İşleri
LAN	: Yerel Alan Şebekesi
MGD	: Minimum Gece Debisi

MIS	: Yönetim Bilgi Sistemi
PLC	: Programlanabilir Kontrol Cihazı
PTT	: Posta Telefon Telgraf
RTU	: Uzak Terminal Birimleri
SASKİ	: Sakarya Su ve Kanalizasyon İşleri
SCADA	: Denetleme Kontrol ve Veri Toplama
TCK	: Türkiye Karayolları
THY	: Türk Hava Yolları
WAN	: Geniş Alan Şebekesi
WHO	: World Health Organisation (İnsan Sağlığı Örgütü)
YGFK	: Yıllık Gerçek Fiziki Kayıplar
YKFK	: Yıllık Kaçınılmaz Fiziki Kayıplar

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Kayseri (KASKİ) su kayıp kaçak tablosu 2015 yılı	8
Tablo 3.1. IWA standart su dengesi	13
Tablo 3.2. AKE katsayısı fiziki kayıp göstergeleri	16
Tablo 3.3. GGS performansı için sınıflandırma sistemi.	16
Tablo 3.4. Dünyanın bazı ülkelerinde AKE değerleri.....	17
Tablo 4.1. DİSKİ içme suyu şebekesi malzemeye göre boru metrajı.....	31
Tablo 4.2. DİSKİ abone bağlantıları metrajı.....	31
Tablo 4.3. Diyarbakır ili yıllık su istatistik raporu.....	33
Tablo 4.4. Büyükşehir belediyelerinin su kayıpları göstergeleri (2004).....	34
Tablo 4.5. Diyarbakır merkezi için aylık bazda kişi su tüketimi	41
Tablo 4.7. Efes bölgesi boru metraj analizleri.	52
Tablo 4.8. Efes bölgesi bina katsayısına göre analizleri.	52
Tablo 4.9. Efes bölgesi 2013 yılı su tahakkuklar.	56
Tablo 4.10. Efes bölgesi 2014 yılı su tahakkukları.	56
Tablo 4.11. Efes bölgesi SCADA aylık su temin miktarları 2013-2014 yılı.	57
Tablo 5.1. Efes bölgesi su kayıpları rapor çıktısı.....	68
Tablo 5.2. Diyarbakır su temini ve tüketimi tablosu.....	81
Tablo 5.3. Model sınıflandırmasına göre su kayıp katsayıları.	82
Tablo 5.4. 2009 yılı model verileri.....	83
Tablo 5.5. Tüketimin en yüksek olduğu mahalle çıktısı.	84
Tablo 5.6. Efes Abone ve SCADA aylık veriler.	88
Tablo 5.7. İki veri grubunun istatistik büyüklükleri ve göreceli hataları.	90
Tablo 6.1. Kaçınılmaz yıllık fiziki kayıpların bileşenleri	94
Tablo 6.2. Yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp miktarının oranlanması.	95
Tablo 6.3. Şebeke borusu oranları.....	95
Tablo 6.4. Yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp katsayıları.....	95

Tablo 6.5. Efes bölgesi Q_{cbs} aylık su tüketimi.	96
Tablo 6.6. Efes bölgesi AKE katsayıları 2013 yılına göre.....	97
Tablo 6.7. Efes bölgesi AKE katsayıları 2014 yılına göre.....	97



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İSKİ kayıp kaçak çalışmasında ekran görüntüsü	5
Şekil 2.2. Amerikan su kuruluşu su kayıpları programı ekran görüntüsü.....	7
Şekil 3.1. Fiziki su kayıplarının bileşenleri.....	14
Şekil 3.2. Basınç düzenleyici vana.....	29
Şekil 4.1. Diyarbakır Büyükşehir 2015 uydu görüntüsü.....	30
Şekil 4.2. Diyarbakır ortalama abone su tüketim eğrisi.	35
Şekil 4.3. Devlet dairesine ait örnek su tüketim eğrisi.....	36
Şekil 4.4. Hastaneye ait örnek su tüketim eğrisi.	37
Şekil 4.5. Dini kurumlara ait örnek su tüketim eğrisi.	38
Şekil 4.6. Okula ait örnek su tüketim eğrisi.	38
Şekil 4.7. Ticarethanelere ait örnek su tüketim eğrisi.....	39
Şekil 4.8. Efes bölgesi 2015 yılı uydu görüntüsü.....	49
Şekil 4.9. Efes ölçüm odası debimetre ve basınçölçer montajı.....	50
Şekil 4.10. Efes bölgesi CBS bina envanteri.....	50
Şekil 4.11. Efes bölgesi şebeke boru planı.....	51
Şekil 4.12. Efes DMA bölgesi izolasyon çalışması.	53
Şekil 4.13. Efes DMA bölgesi sızıntı tespiti ve onarım işleri.....	54
Şekil 4.14. Efes DMA bölgesi abone kaçakları tespiti.....	55
Şekil 4.15. Efes bölgesi izolasyon çalışmaları öncesi MGD.	58
Şekil 4.16. Efes bölgesi izolasyon çalışmaları sonrası MGD	58
Şekil 5.1. Üst bölge analizleri ekran görüntüsü.	63
Şekil 5.2. DMA bölge analizleri ekran görüntüsü.	64
Şekil 5.3. DMA bölge hesaplamaları ekran görüntüsü.	65
Şekil 5.4. DMA bölgesi verileri ekran görüntüsü.	66
Şekil 5.5. DMA alt bölge basınç yönetimi ekran görüntüsü.....	66
Şekil 5.6. DMA alt bölge gece akış debisi yönetimi ekran görüntüsü.....	67

Şekil 5.7. DMA alt bölge raporları ekran görüntüsü.....	67
Şekil 5.8. Yazılan programın ana menüsü ekran görüntüsü.	70
Şekil 5.9. DY_3.1 Besleme bölgesi verileri ekran görüntüsü.	71
Şekil 5.10. DY_3.1 Besleme bölgesi AKE katsayısı ekran görüntüsü.	72
Şekil 5.11. DY_2.2 Besleme bölgesi verileri ekran görüntüsü.	73
Şekil 5.12. DY_2.2 Besleme bölgesi AKE katsayısı ekran görüntüsü.	74
Şekil 5.13. Efes bölgesi veri analizleri ekran görüntüsü.	75
Şekil 5.14. Efes bölgesi CBS ve abone veri analizleri ekran görüntüsü.	76
Şekil 5.15. Efes bölgesi basınç yönetimi veri analizleri ekran görüntüsü	77
Şekil 5.16. Yıllara göre Gürdoğan mahallesi kişi başı tüketim.	84
Şekil 5.17. Yıllara göre Cumhuriyet mahallesi kişi başı tüketim.	85
Şekil 5.18. Yıllara göre Aziziye mahallesi kişi başı tüketim.	85
Şekil 5.19. Abone ve SCADA verileri aylık değişimi.	90
Şekil 5.20. Veri grubu arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren saçılım diyagramı. ...	90
Şekil 5.21. Veri grubu arasındaki ikinci derecede ilişkiyi gösteren saçılma diyagramı.....	91

ÖZET

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, abone bilgi sistemleri, SCADA, su kayıpları, gece akımı analizleri, ölçüm bölgesi.

Tatlı suların varlığını tehdit eden büyük faktörlerden biri küresel iklim değişikliği diğeri ise dünya nüfusunun hızla artmasıdır. Diğer taraftan, yeryüzüne sular mekânsal ve zamansal olarak homojen dağılmamaktadır. Bu yüzden tatlı su kaynakları gün geçtikçe daha yetersiz hale gelmektedir. Yeryüzüne inen tatlı su kaynaklarını artırmak veya dağılımını homojen hale getirmek doğal yollarla mümkün olmadığına göre insanlık ya tuzlu sulardan içilebilir su elde etmek gibi sentetik (yapay) yollarla su miktarını artırmak ya da eldeki suyu en verimli ve adil şekilde dağıtarak kullanmak zorundadır.

Yapay yollarla içilebilir su elde etmek yüksek maliyetli bir teknoloji gerektirmektedir. Ancak gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler henüz bu tür bir teknolojiye sahip değildir. Oysa su stresi veya kıtlığının yaşandığı birçok ülke gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkeler sınıfındadır. Diğer taraftan suyun ticari bir meta haline gelmesi de suyun adil bir şekilde insanlar arasında dağıtımını güçleştirmektedir. Dolayısıyla tatlı su kaynaklarını her zaman yetecek kadar artırmak ve olanı adil bir şekilde dağıtmak mümkün görülmemektedir. Mevcut su kaynaklarını korumak ve en iyi şekilde yönetmek günümüzde tek çare olarak görülmektedir. Bunun en büyük avantajı her ülkenin her zaman bunu düşük teknoloji ve düşük bir maliyetle yapabilmesidir. Bu nedenle bu yaklaşımları öneren çalışmalara günümüzde çok ihtiyaç vardır. Bu duyarlılık ile bu çalışmada izole edilmiş şehir içi su dağıtım şebekesinde kayıp ve kaçakların tespiti ve bunların giderilmesi rapor edilmiştir. Bu çalışmada fiziki kayıpları minimuma indirmek için bilgi teknolojileri kullanılarak, fiziki kayıplar, kaçınılmaz fiziki kayıplara kadar indirilmiştir.

Çalışma alanı olarak Diyarbakır şehir merkezi seçilmiş olup yapılan operasyonlardan sonra daha önce 44 olan izole edilmiş bölgedeki altyapı kaçak endeksi (AKE) katsayısı bire indirilmiştir.

THE DEVELOPMENT OF AN EXAMPLE MODEL TO PREVENT PHYSICAL LOSSES IN WATER DISTRIBUTION NETWORK IN DIYARBAKIR CITY

SUMMARY

Keywords: Geographical information systems, customer information system, SCADA, water losses, night flow analysis, DMA.

Main factors that are threatening the potable water quantity are global climate change and increase in the world population. On the other hand, water is not distributed equally in location and time dimensions. Potable water amount is getting decreased deficient day by day. Increasing the potable water amount by natural ways is not possible and distributing equally among the nations as well.

Desalination of the sea water is a synthetic solution, but it is an expensive way and not all of the countries can use it. Countries feeling the stress of insufficient water or drought are mostly undeveloped ones. On the other hand, water is becoming a commercial property, which makes impossible of equal distribution. The optimum solution is to improve the efficiency of existing water usage, to control the existing sources, decreasing the water losses. One of the advantage of this solution is it can be applied to any country/city. Furthermore, it is cheaper and does not need expensive technologies. There are limited published studies on this subject therefore, such studies are still needed. In this study determination of water losses and illegal usage in an isolated water distribution network is examined in details.

The study area is Diyarbakir city center. The infrastructure leakage index (ILI) at the end of the operations is decreased to 1, which initially were 44.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Su insan yaşamı açısından büyük öneme sahiptir. Artan nüfus ve büyüyen ekonomi ile birlikte suya daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Buna karşılık dünyadaki içilebilir sular kirlenmekte ve uygunsuz kullanımlar sayesinde giderek azalmaktadır. İçilebilir suya ulaşmak ve insanların ulaşabileceği mekânlara taşımak büyük maliyetler gerektirmektedir. Artan talep, değişen hava koşulları ve gittikçe azalan kaynaklar su dağıtım sistemindeki su kaybı probleminin “bilincine” varılmasıyla sonuçlanmıştır. Bilinçlilik ve dünya genelindeki su şebekelerini daha verimli hale getirmek için kapsamlı ve bütünleşmiş bir yaklaşım geliştirme yönünde uluslararası çaba artmaktadır. 1990’ların sonlarında, Uluslararası Su Birliği (IWA) su kaybı için uluslararası terminoloji ve bir dizi performans göstergesi oluşturmak üzere bir çalışma grubu kurmuştur [1]. 2002’de Su Kaybı Çalışma Grubu su kaybının bütün yönleri hakkında en iyi pratiği geliştirmeye girişmiştir. Bu grubun üretimi bütün Dünyada geniş biçimde yayılmış ve birçok ülkedeki uygulayıcılar tarafından kabul görmüştür. Avrupa ve dünyadaki çeşitli su birlikleri bu çabayı desteklerken su kaybının azaltılması ve kontrol edilmesinde en iyi pratiği geliştirme hedefine yaklaşmıştır. Ayrıca, Dünya Bankası Enstitüsü ve Avrupa Yatırım Bankası da su kaybı yönetimine yatırım yapmaktadırlar. 2007’de Su Kaybı hakkında Romanya’da büyük bir konferans düzenlenmiş ve 41 ülkeden 300’ün üzerinde delege katılarak 91 tebliğ sunulmuştur [2]. Avrupa’da ve diğer yerlerde verimli su kaybı yönetimine duyulan ilgiyi ve isteği açıkça göstermektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma, bir içme suyu dağıtım şebekesindeki fiziksel kayıpları bulmak üzere bir model geliştirilmesini hedeflemektedir. Söz konusu çalışma üç ayrı bilgi teknolojisinin bütünleşmiş bir şekilde kullanımını içermektedir. Bu teknolojiler,

SCADA, Abone Bilgi Sistemi (ABS) ve Coğrafi Bilgi Sistemidir (CBS). Yöntem temel olarak, içme suyu şebekelerindeki basınç bölgelerinde izole ölçüm bölgeleri ve bu ölçüm bölgelerinin içinde daha küçük, geçici alt bölgelerin oluşturulmasına dayanmaktadır. Olası fiziksel kaçak noktaları önce alt bölgelerde yapılacak adım deneyleri ile belli alanlara sıkıştırılmakta, daha sonra gürültü kaydedici cihazlar yardımı ile bu alanlar iyice daraltılmaktadır. Son olarak yer mikrofonları ile kaçakların noktasal yerlerinin saptanması yapıp, arızalar onarılmaktadır.

SCADA sisteminden günlük en düşük gece debisindeki düşüşler gözlenmekte ve onarılan arızaların debileri ölçülmüş olmaktadır. Minimum gece debileri yardımıyla fiziksel kayıp oranları bulunmakta, SCADA ve ABS sistemlerinin aylık olarak karşılaştırılması ile de tahakkuk oranları takip edilmektedir. Ayrıca gürültü kaydedicilerin daha etkili kullanımı ve yer mikrofonu ile dinlemenin en aza indirilmesi için CBS verileri üzerinde tampon bölgeler oluşturulmaktadır.

Kullanılacak model ile su kayıpları, fiziksel kayıplar ve idari kayıplar olarak ikiye ayrılacak aynı zamanda kayıp miktarlarının tespit edilmesi sağlanacak, bunun yanı sıra yıllık kaçınılmaz fiziki kayıplar tespit edilecektir.

1.2. Çalışmanın Önemi

Su canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. En küçük canlı organizmadan en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik yaşamı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan sudur. Dünyamızın %70'ini kaplayan suyun sadece %0,3 gibi bir oranı kullanılabilir ve içilebilir özelliktedir. Bu da bize suyun ne kadar değerli bir kaynak olduğunun göstergesidir. Dünya nüfusunun %40'ı ise şimdiden su sıkıntısı çekmeye başlamıştır. Doğal kaynakların hızla azalması nüfusun artması ile oluşuyorken dünyayı su tasarrufuna yöneltecek hareketlerle bir bilinç oluşturulması gerekmektedir. Bunun için ise öncelikle bireysel anlamda harekete geçmek bir başlangıçtır. Tahminler, artan su ihtiyacı ile giderek azalan temiz su kaynağı eğrilerinin 2030 yılında kesişeceğini göstermektedir. Bu durum doğal olarak evrensel bir kriz olacağı anlamına gelmektedir [3].

Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için, kişi başına düşen yıllık su miktarı en az 8.000-10.000 m³ arasındadır. Türkiye’de kişi başına düşen su miktarı 1.430 m³,tür ve su zengini bir ülke değildir. 2030 yılında, bu miktar 1100 m³ olacak ve su sıkıntısı çekilecektir. 2050 ve sonraki yıllarda, Türkiye’nin çok ciddi bir su sorunu olacaktır. Bu yalnızca ülkemizin sorunu değil küresel anlamda çözüme ulaştırılması gereken bir dünya sorunudur [3].

1.3. Çalışmada İzlenen Yol

Bu çalışmada özellikle gelişen son teknolojilerden faydalanma ve su sektöründe yeni kullanılmasına başlanmasına rağmen hızlı bir şekilde yayılan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemlerinin yanı sıra CBS (Coğrafi Bilgi Sistemler)’inin entegrasyonu sağlanmıştır.

Su kayıplarını analiz etmek için daha küçük bölgelerde çalışma yapma amacı ile izole bölge çalışmaları yapılmış. İzole bölge içinde yapılan ölçüm odası ve donanım montajları yapıldıktan sonra, coğrafi bilgi sistemleri yardımı ile şebekeye bağlı binaların servis bağlantıları ve tüm aboneler haritalanmıştır. Verilen suyun miktarı SCADA yardımı ile ölçülmüş, CBS yardımı ile bölgedeki müşterilerin tüm bilgileri haritaya işlenerek Abone bilgi sistemiyle entegrasyonu yapılarak bölgesel bazda analizler yapılmıştır.

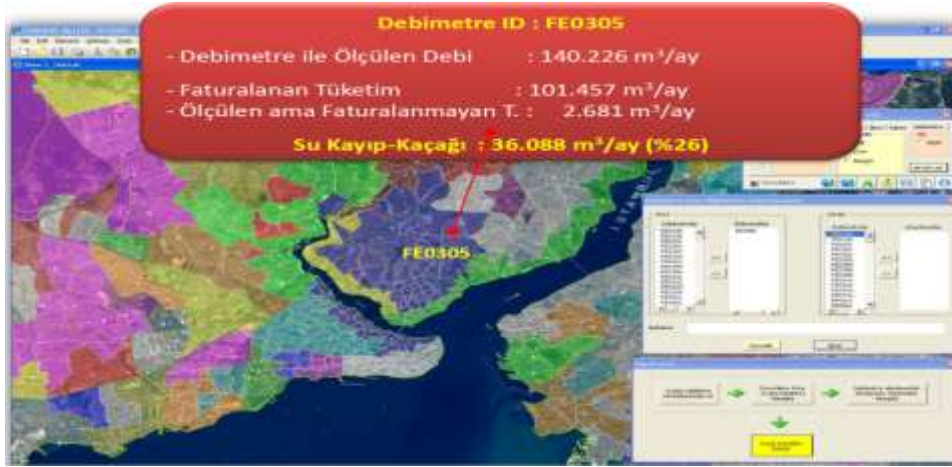
Yapılan tüm çalışmalar geliştirilen bir model yardımı ile programa dönüştürülmüştür.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR

2.1. Dünya’da ve Türkiye’de Yapılmış Çalışmalar

Bu konudaki en önemli çalışmalar 2000 yılından sonra yapılmaya başlanmıştır. Sebep ise SCADA ve CBS’nin, su kayıpları konusunda 2000 yılından sonra entegre çalışmaya başlamasıdır.

2010 yılından sonra ise Abone Bilgi Sistemleri entegrasyonu yapılmaya başlanmıştır. Konun önemi fark edildiğinden dolayı gelişmekte olan ülkeler enerji ve maddi kayıplarını minimuma indirmek için su kayıpları konusunda oldukça hızlı bir şekilde çalışmaya başlamışlardır. Hemen hemen her üniversitede yüksek lisans veya doktora düzeyinde çalışmalar başlatılmış ve devam etmektedir. Ülkemizde de bakanlık düzeyinde, üniversiteler ve belediyelerinde içinde bulunduğu bir su kayıplarını önleme çalışmayı 2013 yılında yapmıştır [4]. Bunun yanı sıra İSKİ (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi), ASAT (Antalya Su ve Atıksu İdaresi) ve İSU (İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi) bu çalışmaya birer sunum yaparak katkı sağlamıştır [5]. Şekil 2.1’de İSKİ’nin yaptığı sunumda örnek bir DMA’nın (District Metered Area) su kayıp kaçağı görülmektedir.



Şekil 2.1. İSKİ kayıp kaçak çalışmasında ekran görüntüsü [3].

KASKİ (Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi), GASKİ (Gaziantep Su ve Kanalizasyon İdaresi), İZSU (İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi), ASKİ (Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi), KOSKİ (Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi) ve SASKİ (Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi) gibi kuruluşlar SCADA veya CBS üzerinden bazı çalışmalar başlatmıştır.

Beyhan PALA, Ayşegül LATİFOĞLU (1998). Bu çalışmada, Kayseri ili içme suyu şebekesinde faturalanamayan su kayıplarının nedenleri tespit edilmiş ve bu nedenlerin etkinlik dereceleri istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir [6].

Alev KABAKÇI, Haluk KARADOĞAN (2002), bu makalede DMA oluşturularak su kayıplarının azaltılması ve gelir getirmeyen suyun azaltılmasının önemi vurgulanmıştır [7].

Zeynep KARACA (2009), İstanbul ilinde örnek bir bölgede sızıntı tespitlerinin yapılması, alt bölgelerin oluşturulması ve basınç yönetimiyle su kayıplarının önlenmesi ile ilgili çalışma yapılmıştır [8].

Hayrettin Onur BEKTAŞ (2010), Bilgi teknolojileri kullanılarak su şebekesindeki kayıpların bulunmasına yönelik yöntem geliştirilmesi konusunda çalışma yapmışlardır. Yapılan bu yüksek lisan tezinde CBS, SCADA ve Abone bilgi

sistemlerinin bir arada kullanılmasının önemi vurgulanmış ve örnek bölge olarak Antalya ilinde bir bölge seçilmiştir [9].

I. E. Karadirek, S. Kara, G. Yılmaz, Muhammetoglu, H. Muhammetoglu (2012), Antalya ili için basınç yönetimi yoluyla su kaybının azaltılması için hidrolik modelleme uygulaması yapmışlardır [10].

M. Erkan UÇANER, Osman ÖZDEMİR (2012), bu çalışmada Ankara ili Çankaya ilçesine bağlı bölgelerde CBS ve SCADA verileri kullanılarak kayıp kaçak oranları tespiti yapılmışlardır [11].

Yapılan çalışmaların tamamı gelişen kaçak bulma ekipmanları ve SCADA üzerine odaklanmıştır. 1947 yılında kurulan International Water Supply Association (IWSA) ile 1965 yılında kurulan International Association on Water Quality (IAWQ), 1999'da birleşerek IWA (International Water Association) kurulmuştur [1]. Bu kuruluşun iki yılda bir yaptığı su kayıpları (Water Loss) konferansları sayesinde 4 kıtada ve yaklaşık 50 ülkede yapılan tüm çalışmalar burada sunulmaktadır. Şekil 2.2'de kullanılan programın ara yüzü görülmektedir [12].

Tablo 2.1. Kayseri (KASKİ) su kayıp kaçak tablosu 2015 yılı [13].

	Faturalandırılmış İzinli	Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getiren
	Su Tüketimi	47.305.194	Su Miktarı
	47.305.194	m ³ /yıl	47.305.194
	m ³ /yıl	(%64.22)	m ³ /yıl
	(%64.22)	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	(%64.22)
		0 m ³ /yıl	
		()	
İzinli Tüketim	Faturalandırılmamış İzinli	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım	Gelir Getirmeyen
59.817.809	Su Tüketimi	12.512.615	Su Miktarı
m ³ /yıl	12.512.615	m ³ /yıl	
(%81.20)	m ³ /yıl	(%16.98)	
Sisteme Giren	(%16.98)	Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım	26.359.646
Su Miktarı		0 m ³ /yıl	m ³ /yıl
73.664.840	İbadethane Şadırvan ve	()	(%35.78)
m ³ /yıl	Umumi WC ler		
100%	İdari Kayıplar	İzinsiz Tüketim	Umumi WC ler %16.98
	6.089.838	355.875 m ³ /yıl	+
	m ³ /yıl	(%0.48)	Su Kayıpları % 18.80
	(%8.27)	Saygıçlardaki Ölçüm Hataları	
		5.733.963	
Su Kayıpları		m ³ /yıl	
13.847.031		(%7.78)	
m ³ /yıl			
(%18.80)	Fiziki Kayıplar	Temin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar	
	7.757.193 m ³ /yıl	7.757.193	
	(%10.53)	m ³ /yıl	
		(%10.53)	
		Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar	
		m ³ /yıl	
		()	

UK (1980), bu çalışma su kaçaklarının kontrol edilmesi ve bu konuda geliştirilmesi gereken konuları işlemiştir [14].

Malcolm Farley and Stuart Trow (1999), İtalya su endüstrisi çok parçalıdır, 8000 den fazla ve bir birinden farklı özel şirketler tarafından yönetilir. Su kayıpları % 50'lerin üzerindedir. Bu kapsamda İtalya'nın Gubbio ve Brescia şehirlerinde çalışma başlatılmış, bu çalışmada etkin olarak CBS, DMA bölgeleri, en son üretim akustik dinleme cihazları, yer altı dinleme cihazları ve matematiksel simülasyon modeller kullanılmıştır. Çalışma sonunda % 60 civarında olan kayıplar % 40'ların altına indirilmiştir [15].

Water works coporation, (1999), Malta için kaçak kontrolü ve gelir getirmeyen su analizi konusunda çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı kaçak kontrolü ve non-revenue

water (gelir getirmeyen su) analizlerine bağlı pratik uygulama ve yöntem geliştirmek [16].

World Health Organisation (WHO), Geneva (2001), bu çalışmada Dünya Sağlık rgt su kayıplarının önemi, su kayıplarının yönetimi ve kontrol edilmesine dikkat çekmiştir [17].

Shire Council, (2001), bu çalışmada su dağıtım sistemlerinin basınç altında davranışı ve su tüketim analizleri International Water Association (IWA) Task Force talimatları ile The Water Services Associaton of Australia (WSAA) Benchloss yazılımını kullanarak fiziki kayıplar hesaplanmıştır [18].

RS McKenzie, AO Lambert, JE Kockand W Mtshweni, (2002),Güney Afrika Su Araştırma Komisyonu tarafından yapılan çalışmada genel olarak su kayıpları için termoloji oluşturmak ve kayıplarla mücadele etme yöntemleri geliştirilmeye çalışılmıştır [19].

AWWA (2007), Bu alışmada Amerikan su kuruluş kayıp kaçak yönetim için gerekli teknolojiler hakkında çalışmalar yapmıştır [20].

Kristin Brown (2007), bu çalışmada su kayıplarını azaltmak için WaterCAD içme suyu modelleme yazılımını kullanarak basınç yönetiminin kayıp kaçak üzerindeki etkisi test edilmiştir [21].

Kenneth Ross Friedman (2009), bu çalışmada AWWA programları kullanarak evsel tüketim analizleri yapılmış ve fiziki kayıplar ile görünür kayıpların ayrımı yapılmıştır [22].

Winarni, W. (2009), gelir getirmeyen suyu azaltmak için altyapı kaçak endeksinin önemi incelenmiştir [23].

Water New Zealand (2010), New Zealand içinyapılan çalışma 2002 yılında başlamış ve kesintiye uğramadan çalışmalar devam etmiştir. Water New Zealand'ın amacı su kayıpları için bir rehber kitapçık oluşturmak ve bunu bütün New Zealand da uygulamaktır. Çalışmada IWA'nın su dengesi yazılımı kullanılmış, DMA oluşturulmasının yanı sıra gece akış çizgilerinden faydalanılarak fiziki kayıpların azaltılması hedeflenmiştir [24].

Osama Hunaidi (2010), bu çalışmanın amacı Kanada'nın bir çok şehrinde su kayıpları ile mücadelenin sadece akustik dinlemeler ile yapıldığını buna karşılık çok az şehirde DMA bölgelerinin olduğu, bu nedenle amaç ülkenin tüm bölgelerinde DMA alt bölgelerinin oluşturularak su kayıpları ile mücadelenin ne kadar önemli olduğunu göstermek [25].

Jan Studzinski (2013), CBS, SCADA vasıtasıyla müşterek su şebekelerinin bilgisayar destekli yönetimi için bilgi teknolojileri sistemi, matematiksel modeller ve optimizasyon algoritmaları geliştirilmiştir. Bu makalede bilgi teknolojiler kullanılarak (CBS, SCADA ve ABS) su kayıplarının bir yazılım platformunda daha etkin olarak kullanılabilceği anlatılmıştır [26].

BÖLÜM 3. SU KAYIPLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Su kaybı her hangi bir su şirketi için içme suyu şebekelerinin başlama, iletim ve dağıtım sistemine giriş noktası ile müşteri sayacı arasındaki suyun ne kadarının nerede ve neden kaybolduğunu bilmektir. Su kaybı miktarı su denetimi yapılarak belirlenebilir ve bu işlem iki unsuru içerir [27].

- Şebeke işletme pratiklerinin gözden geçirilmesi.
- Şebekede kaybolan su miktarının ölçülmesi.

Suyun bir şebekede neden kaybolduğunu tam olarak anlamak için dağıtım şebekesi ve nasıl işletildiği gözden geçirilmelidir. Bu gözden geçirme altyapının durumu, sistemin davranışı ve ne ölçüde yönetildiğine ilişkin soruları cevaplamalıdır. Gözden geçirme:

- Bölgesel özellikleri, yerel faktörleri ve su kaybı bileşenlerini,
- Dağıtım sistemi işletme ve yönetimi için halen kullanılan metotları,
- Kaçak izleme ve tespit teknolojisi seviyesini,
- Personel sayısı, becerileri ve ehliyetlerini,
- Şirketin mevcut kayıp seviyesini hesaplamak için veri ve metodolojisini gözden geçirmelidir.

Mevcut yönetim kültürü, şirketin mali ve politik kısıtları hakkında bilgi edinmek üzere üst yöneticilerle görüşmeleri de ihtiva etmelidir. Sistemin günlük işletmesinde yer alan kilit personelle de özellikle [27].

- Sistem hakkında bilgi, örn. hizmet götürülen nüfus, ana hat uzunlukları, topografya, tipik talep ve kaynak yönetimi,

- Patlama sıklığı dâhil sistemin durumu,
- Mevcut kaçak seviyesinin tespiti,
- Müşteri sayaçlarının okunması,
- Faturalama verileri,
- Ekonomik bilgi, yani su temini maliyeti,
- Şirketin halen uyguladığı kaçak kontrol ve tamir politikası ile ilgili olarak görüşülmelidir.

Su dengesi hesabı en yaygın kayıp değerlendirme metodudur. Bir su kaybı stratejisi geliştirmeye ve başlatmaya girişmeden önce başlama noktasının bilinmesinin hayati önemi olduğu vurgulanmalıdır. Sistemden su kaybı miktarı su dengesi kurularak belirlenebilir. Bu temin edilen (giren ve/veya çıkan sular hesaba katılarak), tüketilen ve kaybolan su miktarının ölçülmesi veya hesaplanmasını esas almaktadır. En basit şekliyle, su dengesi aşağıdaki şekilde hesaplanır [28].

Kayıplar = Dağıtım Sistem Girişi – Tüketim

Su dengesinin hesaplanması çok önemlidir, çünkü:

- Her hangi bir şirket için su kaybı seviyesinin değerlendirilmesinin esasını teşkil eder,
- İlk baştaki hesaplama verilerin kullanılabilirliğini ve güvenilirliğini ve anlama seviyesini ortaya çıkarır,
- Kıyaslama mekanizması,
- İyileştirme için ilk adımı sağlar,
- Su dengesini anlama faaliyet ve yatırımların önceliği için zorunludur.

1990'ların sonlarında IWA ortak terminolojiye sahip pratik bir su denetleme yapısına ihtiyaç olduğunu teşhis etmiş ve sonuçta Su Kaybı Çalışma Grubu standart bir su dengesi geliştirmiştir. Tablo 3.1'de IWA tarafından hazırlanan su dengesi formu görülmektedir. Bu standart su dengesi, günümüzde bir takım küçük değişikliklerle veya hiç değiştirilmeden kabul edilmiş olup dünya genelinde kullanılmaktadır [29].

Tablo 3.1. IWA standart su dengesi [29].

Sisteme Giriş Hacmi (m ³ /yıl)	İzinli Tüketim (m ³ /yıl)	Faturalı İzinli Tüketim (m ³ /yıl)	Faturalı Ölçülmüş Tüketim (m ³ /yıl)	Gelir getiren Su (m ³ /yıl)	
			Faturalı Ölçülmemiş Tüketim (m ³ /yıl)		
		Faturasız İzinli Tüketim (m ³ /yıl)	Faturasız Ölçülmüş Tüketim (m ³ /yıl)		
			Faturasız Ölçülmemiş Tüketim (m ³ /yıl)		
	Su kayıpları (m ³ /yıl)	Görünen Kayıplar (m ³ /yıl)		İzinsiz Tüketim (m ³ /yıl)	Gelir Getirmeyen Su (m ³ /yıl)
				Ölçme Hataları (m ³ /yıl)	
		Gerçek Kayıplar (m ³ /yıl)		İletim ve/veya Dağıtım Ana Hat Kaçağı (m ³ /yıl)	
				Şirket Depolarında Kaçak ve Taşma (m ³ /yıl)	
				Servis Bağlantılarında Müşteri Sayacına Kadar Olan Kaçak (m ³ /yıl)	

IWA standart su dengesinin bileşen bölümleri

- Sisteme giriş hacmi: Su temin sisteminde yıllık arttırılmış su giriş hacmidir
- İzinli tüketim su tedarikçisi tarafından konut, ticari ve sınaî amaçlarla zımnen veya açıkça izin verilen kayıtlı müşteriler, su tedarikçisi ve diğerleri tarafından ölçülerek ve/veya ölçülmeden alınan yıllık su hacmidir.
- Su kayıpları: Sisteme giriş hacmi ve izinli tüketim arasındaki farktır. Su kayıpları tüm sistem için toplam bir hacim olarak veya iletim veya dağıtım sistemleri veya münferit bölgeler olarak düşünülebilir.
- Su Kayıpları: Gerçek Kayıplar ve Görünen Kayıplardan oluşur.
- Görünen kayıplar: Temin ve müşteri ölçümleri ile ilişkili bütün sayaç hata tipleri, aynı zamanda veri işleme hataları (sayaç okuma ve faturalama), artı izinsiz tüketimden (hırsızlık veya kanundışı kullanım) oluşur [30].
- Gerçek kayıplar(Fiziki Kayıplar): Müşteri kullanım noktasına kadar su dağıtım şebekesinde meydana gelen su kayıplarından oluşur. Ölçülen sistemlerde bu müşteri sayacına kadardır [31].

- Gelir Getirmeyen Su (GGS) sistem giriş hacmi ile faturalı izinli tüketim arasındaki farktır; GGS faturasız izinli tüketim (normal olarak su dengesinin çok küçük bir oranı), görünen ve gerçek kayıplardan ibarettir [32].

3.1. Su Kayıplarının Sınıflandırılması

Uluslararası Su Birliği (IWA) su kayıplarını iki ana kategoride tanımlar Gerçek(Fiziki) kayıplar üç bileşenden oluşmaktadır (Şekil 3.1).

- 1- Rapor edilen kaçaklar ve sızıntılar: Müşteriye rahatsızlık verdiklerinden dolayı,(basınç kaybı veya ikmal kesintisi) müşteri veya yardımcı personel tarafından bildirilmektedir [33].
- 2- Rapor edilmemiş kaçaklar ve sızıntılar: Genellikle sızma şeklinde olur, yer üstünde görünmezler ve onlardan haberdar olmak için uzun bir çalışma süresi gerekir. Çalışanlar bu kaçakları aramak ve bulmak zorundadır [34].
- 3- Yeri belirlenemeyen Kaçaklar: Boru bağlantılarındaki küçük sızma ve süzülmelerin olduğu yerlerdir. Debileri çok çok düşüktür. Yalnızca ses dinleme cihazları ile tespit edilebilirler. Bu tip kaçakları azaltmanın yöntemi, basınç düzenleme veya boruların değiştirilmesidir [35].



Şekil 3.1. Fiziki su kayıplarının bileşenleri [35].

Gerçek kayıplar hemen hemen her su dağıtım şebekesinde meydana gelir. Yeni devreye alınmış bir su dağıtım şebekede bile gerçek kayıplar(reel kayıpların kaçınılmaz hacmi) belirli bir minimum hacimde olabilir. Ancak gerçek kayıplarının hacmi Lambert tarafından (Denklem 3.1) (Lambert, 1999) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$YKFK = [(18 \times Lm) + (0.8 \times Ns) + (25 \times Lp)] \times P \quad (3.1)$$

YKFK = Yıllık Kaçınılmaz Fiziki Kayıplar (Litre/bağlantı/gün)

Lm = Toplam şebeke uzunluğu (km).

Ns = Servis bağlantı sayısı.

Lp = Servis bağlantıları toplam uzunluk (km).

P = Bölgenin ortalama işletme basıncı (m).

Kaçığın meydana gelme nedenleri:

- Kötü montaj, işçilik ve malzemeler,
- Montaj öncesi malzemelerin yanlış kullanımı,
- Yanlış dolgu,
- Kısa süreli basınçlar,
- Basınç dalgalanmaları,
- Aşırı basınç,
- Korozyon,
- Titreşim ve trafik yükü,
- Çevresel koşullar, soğuk hava gibi,
- Uygun olmayan planlama ve bakım eksikliği.

Altyapı kaçak endeksi (Denklem 3.2) gelişmiş olan ülkelerde sekizin altı iken gelişmekte olan ülkelerde bu oran gittikçe büyüyor (Tablo 3.2) bunun yanı sıra performans göstergeleri Tablo 3.3'te kaçığın belli bir miktarın altına düşürüldükten sonra kaçak tespit çalışmalarının devam etmesinin ekonomik olmayacağı belirtilmiştir [36]. Tablo 3.4'te bazı ülkelerin AKE katsayıları verilmiş ve Türkiye'nin AKE katsayısının en yüksek olduğu görülmektedir [37].

$$AKE = \frac{YGFK}{YKFK} \quad (3.2)$$

Altyapı Kaçak Endeksi (AKE)

Yıllık Gerçek Fiziki Kayıplar (YGFK)

Yıllık Kaçınılmaz Fiziki Kayıplar (YKFK)

Tablo 3.2. AKE katsayısı fiziki kayıp göstergeleri [36].

Teknik performans kategorisi	AKE	litre/bağlantı/gün ortalama basınç (sistem basınçlı ise)				
		10m	20m	30m	40m	50m
Gelişmiş Ülkeler	A	1-2	<50	<75	<100	<125
	B	2-4	50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8	100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8	>200	>300	>400	>500
Gelişmekte Olan Ülkeler	A	1-4	<50	<100	<150	<200
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800
	D	>16	>200	>400	>600	>800

Tablo 3.3. GGS performansı için sınıflandırma sistemi.[36].

Kategori	Performans derecelendirmesi
A-iyi	Daha fazla kayıp azaltma ekonomik olmayabilir, maliyet etkin iyileştirmeleri tespit etmek için dikkatli analiz gereklidir.
B-Orta	Basınç yönetimini, daha iyi aktif kaçak kontrol uygulamalarını ve daha iyi bakımı dikkate alın
C-Zayıf	Sadece su ucuz ve çoksa kabul edilebilir, bu durumda bile GGS azaltma çabalarını yoğunlaştırın
D-Çok zayıf	Kaynakların verimsiz kullanımı, GGS azaltma programı zorunlu olup, programa öncelik verilmelidir.

Tablo 3.4. Dünyanın bazı ülkelerinde AKE değerleri [37].

Ülke adı	AKE katsayısı
Kıbrıs	1,5
Kanada	1,6
Avustralya	2
Yeni Zelanda	2,1
Almanya	2,2
İngiltere	2,4
Fransa	2,6
Çek Cumhuriyeti	4
Japonya	4
Kuzey Amerika	5
Şili	6
Güney Afrika	7
Ukrayna	9
Macaristan	10,5
İtalya	12
Yunanistan	13,5
Malezya	22
Bulgaristan	24,5
Sri Lanka	26
Ürdün	28
Türkiye	42

Gerçek (fiziki) kayıplar genel olarak, dört farklı bölümde oluşabilir.

- 1) İletim hattı
- 2) Dağıtım şebekesi
- 3) Hizmet boruları
- 4) Depolar

Görünür kayıplar üç temel şekilde gerçekleşebilir:

- Müşteri sayaçlarındaki hatalar
- Su muhasebe hataları
- Yetkisiz tüketim

Ölçüm hataları birkaç şekilde meydana gelebilir. Birincisi, su sayaçları okuması mekanik veya uygulama nedenlerinin çeşitliliğinden dolayı hata olabilir. İkincisi, Değişik müşteriler arasında su tüketim alışkanlıklarının farklı olması nedeniyle,

farklı ölçüm cihazları ve bazen türleri, ölçümü zorlaştırır. Su sayaçları, su debisini ölçmek için hatalı olmalarının en önemli sebeplerinden bazıları şunlardır:

- Zamanla yıpranma
- Su kalitesi etkisi
- Kimyasal birikme
- Kötü işçilik
- Çevresel koşullar, aşırı sıcak veya soğuk
- Yanlış montaj
- Yanlış boyutlandırma
- Kurcalama
- Test ve bakım eksikliği
- Yanlış onarım

Su faturalamadaki hatalar: Müşteri hesaplarındaki el hataları çeşitli şekillerde ortaya çıkabilir;

- Müşteri su tüketimi verileri fatura düzenlemeleri sırasında değiştirilir.
- Su kullanan bazı müşteriler yanlışlıkla veya kasten çıkarılmıştır
- Veri analizi ve fatura sırasında insan hatası,
- Zayıf politikalar fatura ve su muhasebe boşlukları oluşturabilir.
- Sayaç okuma ve faturalandırma sistemleri kötü yapılandırılmıştır
- Teknik ve yönetsel ilişkiler anlayışının eksikliği [38].

Görünür kayıpların belirgin ve son ayağı izinsiz tüketimdir. Bir nüfusun belli bir kesimi su bedelini ödemek istemez bu durumda müşteri su ölçme cihazını kullanmak istemez ya da devre dışı bırakır.

3.2. Sahada Fiziki Kayıpların Kontrolü

Su kuruluşlarının yöneticileri su dağıtım sistemlerindeki kaçakları bulmak için iş emirleri veriler. Bunlar

- 1- Aktif kaçak bulma: Saklı kaçakları bulmak için kaçak ekipmanları ile güncel olarak su borularını izlemektir.
- 2- Pasif kaçak bulma: Su kuruluşlarının işletme bakımından sorumlu oldukları ve yüzeyde görünen kaçaklardır. Bunların toplam kayıp miktarları fiziki kayıp miktarı olarak kabul edilir.

Sahada öncelikli ve gerekli müdahale fiziki kayıplara karşı program yapmaktır. Su kuruluşlarının bütçeleri sınırlıdır, bu yüzden müdahale metotları kısıtlıdır fakat buna rağmen bu kayıplarla ilgili mutlaka bir program yapmaları gerekir. Aksi takdirde gelecekte su taleplerini karşılayamayabilirler [39].

3.2.1. Kaçağın temelleri

Bir su kuruluşunun kayıp kaçak yönetim personeli kaçakların meydana gelme karakteristiklerinin temellerini anlaması ve onları kontrol etmek için ne manaya geldiklerini bilmesi gerekir. Bazı kaçak tipleri:

- 1- Ana boru veya boru kırıkları
- 2- Çatlak
- 3- Delik
- 4- Sızma
- 5- Pompalar veya vanaların kaçağı
- 6- Boru bağlantı kaçakları
- 7- Servis bağlantı borularında sızma

3.2.2. Kaçak bulma donanımları

Kaçak bulma donanım teknolojileri geniş bir oranda bulunur. Bu ekipmanlardan önce fiziki kayıplarının meydana gelme ve doğasını iyi anlamak gerekir. Su işletme kuruluşları en uygun teknolojileri seçerek işletmek zorundadır. En önemli şey, kullanılan ekipmanlardan gelen bilgilerin kaçak bulma ekibi tarafından kullanılırken deneyimdir. Kaçak ekibi sadece ekipmanları nasıl kullandıkları değil aynı zamanda ekipmanların sınırlarını iyi bilmeleri gerekir.

Bazı kaçak donanımları [40].

- 1- Akustik kaçak tespit cihazı
 - a- Mekanik ve elektronik dinleme sopası
 - b- Yer mikrofonu
 - c- Kaçak gürültü korelatörü
 - d- Kaçak gürültü kaydedici
 - e- Dijital korelatör kaçak gürültü kaydedici
- 2- Akustik olmayan kaçak tespit cihazı
 - a- İzleme gazı
 - b- Yer radarı
- 3- İletim için şebeke sızıntı algılama donanımları
 - a- İletim hattına takılı sensörler
 - b- Fiber optik
 - c- Kızıl ötesi teknolojisi

3.2.3. Kaçak bulma teknikleri

Sızıntı boyunca kaybolan suyun parasal değeri ve sızıntı bulma, su işletmesi için en uygun olan tekniği kullanmasına karar vermesinde önemli bir rol oynar. Doğru karar vermek için su işletmesindeki personelin ustalık seviyesi su dağıtım sistemin malzemesi ve sistemin yaşı ayrıca önemlidir. Mini ölçüm bölgeleri, oluşan kaçıktan dolayı su debisindeki herhangi bir artışı izlemek, kaçağın seviyesini saptamak ve dağıtım şebekesinin farklı bölgelerindeki akımları izlemek için kullanılır. Önemli bazı teknikler:

- 1- Görsel inceleme
- 2- Akustik kaçak bulma
- 3- Adım testi
- 4- Sızıntı gürültü kaydedici
- 5- Sızıntı haritalama

Kaçığın büyük miktarları ya su deposunun yapısından ya da su deposunun taşmasından meydana gelir. En basit çözüm yolu giriş ve çıkış vanaları kapatılarak

deponun izolasyonun yapılması ve daha sonrada sızdırmazlık testlerinin yapılmasıdır. Su deposunun taşmaması içinde mutlaka seviye sensörlerinin kullanılması ve bunların SCADA ya bağlanması ve deponun minimum ve maksimum seviyelerinin belirlenerek taşmaların önlenmesi.

3.2.4. Fiziki kayıplarda kaçak onarımının kalitesi ve hızı

Kaçak onarımının kalitesi kaçak yönetim çalışmalarında önemli bir rol oynar. Malzemenin ve işçiliğin kalitesi kaçak onarımın tüm kalitesini etkileyen en önemli iki faktördür. Kaçak onarımının kalitesi zayıf olursa bir önceki kaçak onarımının olduğu yerde tekrar kaçak olma olasılığı yüksektir. Kötü bir kaçak onarım kalitesi yeni bir kaçak demektir.

Kaçığın toplam zamanı üç bileşenden oluşur:

- 1- Farkında olma zamanı: Bu var olan bir kaçağın farkında olduktan sonra operatör için ihtiyaç duyduğu zamandır.
- 2- Yer zamanı: bu kaçağın varlığının haber alınır alınmaz kaçağın noktasal yerine gidildiği zamandır
- 3- Onarım zamanı: bu kaçağın tanımlandıktan sonra kaçak akımının tamamen kesilmesine kadar geçen onarım süresidir.

Bu zamanları azaltmanın yolu:

- a- Aktif kaçak bulma çalışmaları
- b- Ölçüm bölgeleri oluşturma ve izleme
- c- Altyapı CBS bilgilerinin eksiksiz olarak yapılması şeklinde özetlenebilir.

3.2.5. Fiziki kayıpların bağlı olduğu parametreler

Su kuruluşları fiziki kaçaklarını nedenleri ile çok ilgilidirler. Son 20 yıldır bu konuda uluslararası birçok çalışma yapılmıştır. Yaptığımız örnek çalışma bölgelerinde bizlerin karşılaştığı temel nedenlerin fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$f_{fiziki_kayıplar}$ (Basınç, Delik çapı, Sızıntı Süresi, Boru malzemesi, Borunun Yaşı, İşçilik, Şebeke Dizaynı, Servis Bağlantı Sayısı, Toplam Boru Uzunluğu)

Bu fonksiyonda bağımlı ve bağımsız parametreler vardır bunlar aşağıdaki gibidir:

Müdahale edilebilir parametreler; basınç, işçilik, boru malzemesi ve borunun yaşı
Müdahale edilemeyen parametreler; delik çapı, sızıntı süresi, şebeke dizaynı, servis bağlantı sayısı ve boru toplam uzunluğu.

Basınç kaçağı etkileyen en büyük öneme sahip etkenlerden biridir. Sistemde basınç yüksek ise kaçak miktarı da o kadar yüksek olur. Bu yüzden kaçak miktarını azaltmak için ilk yapılması gereken su dağıtım sisteminde basıncı düşürmektir. Basıncın azalması su temini sisteminde bölgenin topografyasına bağlıdır. Basıncı azaltmak özellikle tüketim hacmini azaltacaktır. Şebekedeki kritik noktalar (yüksek seviyeler, v.b.) ve yüksek miktarda su tüketenler, basıncın azaltılması ile ilk etkilenecek yerlerdir. Basınçtaki ani dalgalanmalar kaçağı etkileyen bir faktör olarak ayrıca dikkate alınmalıdır. Basınçtaki ani artışlar boru tahribatlarına sebep olur. Vanaların aniden açılıp kapanması, onarım çalışmaları sonrasında boşalan şebekenin aniden doldurulması şebekedeki kaçakların artmasına ve sisteme zarar verir. Doğal olarak büyük çaplı deliklerden su kaçağı miktarı fazla olur. Büyük çaplı delikler ile yüksek basınç bir arada olduğunda kaçak miktarı çok büyük olur. Bunun yanında küçük çaplı delikler ve düşük basınçlarda oluşan kaçaklar ancak dinleme cihazları sayesinde bulunabilir. Boru da oluşan deliğin çapı zamanla boru malzemesine ve basınca bağlı olarak büyür. Bu yüzden çok küçük çapta sızıntıların tespiti zordur ve bu bölgelerde kaçan suyun miktarını tahmin etmek iyi hesap gerektirir [41].

Kaçak takibi kaçağın bulunmasına kadar geçen tüm zamanı kapsar. Kaçaklar küçük zararlara sebep olunca bulunur, ama bu keşfedildiğinde kaçak aylar ya da yıllar öncesinde başlamış olabilir. Su dağıtım sistemlerinde kullanılan boru malzemelerinin avantaj ve dezavantajları vardır. Kaçağı etkileyen faktör kullanılan malzemelerin farklı olmasından kaynaklanır.

Asbest borular su şebekelerinde kullanılan en eski borulardır ve günümüzde modern borular ile değiştirilmektedir. Ancak bazı su dağıtım sistemlerinde hala kullanılmaktadır. Bu boruların onarılması oldukça zordur. Kalıcı bir çözüm ise bu

boruların daha iyi bir malzeme ile değiştirilmesidir. Öngerilmeli beton borular asbest ile benzer malzeme özellikleri taşır, ama öngerilmeli beton borular içinde demir bulduklarından dolayı asbestlerden daha güçlüdürler. Bu tip borular betonun içerdiği malzemelerden dolayı sıkıntı çıkarır. Zaman içinde bu borular dışarıdan gelen etkilere dolayı yeterince korunamadıklarında korozyona maruz kalır [42].

Çelik borular çok küçük çaptan çok büyük çaplara geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Çelik boruların tek zayıf noktası katodik korumadır. Uygun katodik koruma yapılmaz ise montajdan çok kısa bir süre sonra delinmesi kaçınılmaz olur. PVC borular su dağıtım sistemleri için ucuz ve montajı çok kolaydır. Korozyona karşı oldukça dayanıklıdır. Ancak dış kuvvetlere karşı dayanıksızdır. Bu yüzden kazılarda çok çabuk zarar görürler [42].

PE borular çok geniş amaçlar için ve çok büyük çaplarda kullanılır. Bu borular korozyona karşı dayanıklıdır. Zayıf noktası başka bir boru ile birleşme noktasıdır. Malzeme ve işçiliği ucuzdur. Su dağıtım sistemleri imalat tarihinden on yıllar sonrasındaki nüfus projeksiyonlarına göre dizayn edilir. Boru imalata başladıktan sonra işletmede gittikçe yaşlanır ve zarar görür. Bu yüzden eski borularda kaçak olma olasılığı yüksektir ve bu borular yenisiyle değiştirilmelidir. Zamana karşı dayanabilen daha güçlü borular tercih edilmelidir. PE borular son zamanlarda en çok tercih edilen borulardır.

İşçilik ve malzeme kalitesi kaçak konusunda tamamıyla en büyük rolü oynar. İyi işçilik ve yüksek kaliteli malzeme kaçağı önlemek için önemli iki bileşendir. Bu iki bileşenden her hangi birinin yokluğu şebekede probleme yol açar. İşçi alınırken çalışmaların becerilerine ve deneyimlerine göre işe alınmalıdır. Ayrıca onarım hakkında iyi bir teknik bilgi yede sahip olmaları gerekir. İşçilik hayati bir değerdir. Yeni boruların montajında iyi bir işçilik uygulanmaz ise işletme anında birçok problem çıkar.

Su dağıtım şebekeleri yapılmadan önce imar haritaları üzerine yapılır. İmalat süresince arazide mutlaka değişikliğe uğrar. Saha da karşılaşılan zorluklara göre,

bazen de hesaba katılmayan zorluklara ve yeni yapılaşma göre değişikliğe uğrar. Bu işlemler boyunca orijinal şebeke dizaynı ve yapımı başka bir şekil almış olur. Bazen bu değişiklikler katlar arasında geçişe yol açar ve basınç farklılıklarından dolayı kaçaklara sebebiyet verir. Diğer bir sebepte hesaba katılmayan altyapı kuruluşlarının (Telekom, doğal gaz, internet, v.b.) yer altı hatlarıdır. Bunların farklı zamanlarda montajlarından dolayı bir birlerine zarar veriler [43].

Servis bağlantı sayısı kullanılan malzemenin kalitesi ve işçilikle birlikte büyük önem arz eder. Her servis bağlantısı içme suyu borusunun kesilmesi veya delinmesi manasına gelir. Bu bağlantıların mutlaka konusunda tecrübeli ve uzman kişilere yaptırılması gerekir. Çünkü su kayıplarının en fazla olduğu yerlerdir. Bu bölgelerde meydana gelen sızıntı şeklindeki kayıpları bulmak oldukça zordur [43].

Görünür Kayıpların Bağlı Olduğu Parametreler

Görünür kayıplar bir su kuruluşunda arşivleme, kayıt, ölçme ve işletme anındaki müdahalelerden kaynaklanır. Ayrıca görünür kayıplar izinsiz tüketimlerinde bir fonksiyonudur.

$f_{\text{görünür_kayıplar}}$ (su kalitesi, zamanla yıpranma, sayaç kurcalama, kimyasal birikim, çevre koşulları ve izinsiz tüketim)

Bu tezin konusu fiziki kayıplar olduğundan, görünür kayıplar ile ilgili detaylı bir çalışma yapılmamıştır.

Müdahale edilebilir parametreler; sayaç kurcalama, izinsiz tüketim

Müdahale edilemeyen parametreler; su kalitesi, zamanla yıpranma, kimyasal birikim ve çevre koşulları, gece debisi takip edilerek fiziki kaçaklar hakkında kesin bir bilgi elde edilebilir.

3.3. Ölçüm Sahası DMA (District Metered Area) Oluşturma

Sürecin ilk aşaması, geçici sınırlar çizmek için dağıtım sisteminin küçük ölçekli planları kullanarak yapılan ön planlamadır.

Bu aşama aynı zamanda ilgili olan personelle görüşme yapmayı, basınç ve debi hakkında kullanılabilir verileri elde etmeyi ihtiva eder. Bazı hallerde planlanan sınır vanalarının kritik noktada (en düşük basınçların olduğu yer) problemlere neden olabileceğinden, önerilen DMA'ların hidrolik verimliliği de dikkate alınmalıdır. DMA uygulandığında, hizmet seviyelerini korumak için yeni bir ana hat bağlantısı döşemek gerekebilir.

Sayaç yerinin tasarlanması, ana hattın güzergâh detaylarının ve vanaların, dirseklerin pozisyonu gibi diğer montaj bilgilerin açıkça görülebileceği şekilde büyük ölçekli haritaları gerektirecektir. DMA tasarlanırken dikkate alınması gereken en önemli faktörler:

- DMA içindeki arazi seviyesinde minimum denge
- Sağlam ve kolayca tespit edilen sınırlar
- Kapalı vana sayısının sınırlandırılması
- Sayaç sayısının sınırlandırılması
- Hizmet seviyesini korumak için basıncın optimizasyonu
- Tüketici türlerinin tespiti (ticari, aile, endüstriyel ve hastane v.b.)
- Su kalitesini etkileyen unsurlar

DMA boyutu: Minimum gece akışını izlemek ve analiz yapmak için DMA alanını küçük boyutta seçmek. Örneğin, bir DMA'nın normal boyutları 1000 ile 3000 servis bağlantısı arasında olmalıdır. Ekonomik analizler yapmak için DMA'nın boyutu uygun seçilmelidir. Yüksek konut yoğunluğundan dolayı kentsel alan yoğunluğu içindeki DMA'lar 3.000 servis bağlantısından daha büyük olabilir. DMA bağlantılarının sayısı kırsal bölgelerinde farklı olabilir. Kırsal DMA'lar bir köy içerebilir, ya da köylerin bir kümesini kapsayabilir. Bir DMA 5.000 servis bağlantısından daha büyük ise su kaçak takibi zor olur.

Genel bir kural olarak, DMA'lar üç kategoride gruplandırılabilir:

- Küçük: <1,000 servis bağlantı sayısı
- Orta: 1.000-3.000 servis bağlantı sayısı
- Büyük: 3.000-5.000 servis bağlantı sayısı [36].

Kaçak hacminin optimum ekonomik seviyesi DMA'nın izlenmesi ve veri transfer kabiliyetlerine bağlıdır. Su kuruluşları, suyun maliyet hesapları için daha küçük kaçakların olduğu ve finansal hesaplamaların daha kolay yapılacağı alanlara ihtiyaçları vardır. DMA verilerinin gerçek zamanlı transferlerine ihtiyaç duyulur, DMA adan gelen veriler haftalık olarak analiz edilir. Bu periyot üzerinden kaçığın olma sayısı ve minimum gece akışı araştırılır.

Gerçek zamanlı veri iletimi: Denetim kontrolü ve veri toplama sistemleri genellikle gerçek zamanlı veri iletimi için kurulur. Son yıllarda, SCADA sisteminin rolü, güvenliği kapsayacak şekilde genişletildi. SCADA sistemi birçok su kuruluşları için uygun bir seçenektir. DMA'ların mutlaka bir SCADA sistemiyle izlenmesi gereklidir. DMA veri izleme konsepti, tipik değişen akımları gözlemlemek ve tanımlanan sınır bölgesi içinde akımları ölçmektir. Minimum gece akış analizleri yolu ile fiziki kayıp bileşenlerini tahmin etmek DMA'daki su borularına bağlı her bir müşterinin legal gece tüketim hacminin ölçülmesini başarmaktır.

Minimum gece akışı şehirlerde genellikle gece saat 02.00 ve 04.00 arasında olur. Bu akışın değeri DMA'daki kaçak oranının saptanmasında kullanılan en önemli değerdir. Bu dönem süresince, meşru tüketim minimum bir seviyededir ve bu yüzden kaçak maksimumdur. Bölge girişinde akış ve basınç ölçümlerine ek olarak, aşağıdaki verilerinde olması istenmektedir.

- Şebeke uzunluğu
- Servis bağlantıları sayısı
- Hane halkı özellikleri
- Gece tüketimi

Dağıtım sisteminin herhangi bir başka parçasında olduğu gibi, DMA beklenen sonuçlara ulaşmak için muhafaza edilmesi gerekir. DMA ilgili ekipmanlar debimetreler ve basınçölçer, düzgün, yüksek kaliteli olmalı ve muhafaza edilmelidir. Bu bütünlüğün muhafaza edilmesi DMA başarısı için önemlidir. Tüm sınır vanalarının kapalı ve sızıntı olmamasına özen gösterilmelidir. Bununla birlikte, sınır vanaları geçici süre işletme amaçlar için açılabilir, bu vanalar daha sonra tekrar düzgün olarak kapalı ve normal çalışma koşullarına getirilmelidir. Bu çalışmaların kayıtları tutulmalı ve tüm çalışmalar bir haritaya işlenmelidir.

Her DMA için önemli bilgileri içeren bir dosya tutulmalıdır. Müşterilerin türleri ve sayısı, duyarlı müşterilerin yeri ve iletişim bilgileri ve yangın söndürme sistemleri bilgisi, sayısı, basınç bilgileri ve minimum gece tüketim miktarları tutulmalıdır. Bulunan tüm sızıntıları kayıt edilmeli ve gelecekteki bileşen analizi için saklanmalıdır.

Son yirmi yılda su kayıpları yönetimini geliştirmek amacıyla uluslararası dokümanlar yayınlanmıştır.

3.4. Basınç Yönetimi

Su kaybı kontrolü uzmanları aktif basınç yönetiminin, etkili kaçak yönetimi politikasının temeli olduğunu kabul etmektedirler. Basınç ve kaçak debisi arasında fiziki bir bağıntı bulunmaktadır [44, 45, 46]. Bir çatlak veya delikteki basınç ile debi arasındaki bağıntı (Denklem 3.3) aşağıdaki gibidir.

$$Q_f = C_d A_f \sqrt{2gP} \quad (3.3)$$

Burada:

- Q_f: sızıntının debisi
- A_f: su sızıntısı olduğu borunun üzerindeki çatlak alanı
- C_d: boşaltma katsayısı, 1 den küçük bir sayı boyutsuz,
- g: yer çekim ivmesi,
- P: su basıncını gösterir.

Basınç ile debi arasındaki pratik uygulama

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^N \quad (3.4)$$

John May tarafından 1994'te geliştirilen bu kavram (Denklem 3.4) ile su kaçağı ve basınç arasında ilişki ifade edilmiştir [47, 48, 49].

Q_1 : Son kaçak miktarı

Q_0 : İlk kaçak miktarı

P_1 : Son basınç

P_0 : İlk basınç

N değeri tipik olarak 0,5 ve 1,5 arasında değişir ve metal boruların genel sızıntıları 0,5'e yakın N değerlerine sahipken, küçük sızıntılar için 1,5 değerindedir [50]. Karışık boru malzemesine sahip bir hayli büyük şebekeler için ortalama basınç/kaçak hızı bağıntısı genellikle $N=1$ dir [51]. Basınç yönetiminin pratik yararlarının ana hatlarını vermek herhalde uygun olacaktır.

- Yeni sızıntı ve patlamaların sayısını ve tamir giderlerini azaltacak.
- Bütün mevcut sızıntıların debisini azaltacak.
- Belirsiz, tespit edilemeyen kaçakları azaltacak.
- Basınca bağlı tüketimi azaltacak.
- Minimum servis standartlarının elde edilmesini sağlayacak.

DY_3.1 su deposunun beslediği zonda yüksek basınçlar oluştuğundan Şekil 3.2'de de görüldüğü gibi basınç düzenleyici vana odası ve montajı yapılarak beslediği bölgedeki borular yüksek basınca maruz kalmamıştır.



Şekil 3.2. Basınç düzenleyici vana.

3.5. Gece Akış Analizleri

Bu metodun hedefi, gece debilerini mevcut bölgelere veya geçici bölgelere telemetre bağlantıları ve veri kaydedicileri ile sürekli ölçmektir. Geçici bölgeler şebekenin birbirinden yalıtılmış seçilmiş bölgeleri olup debilerin portatif debimetrelerle ölçülebileceği bir veya iki girişleri vardır [52]. Asgari Gece Debisi (AGD) normal olarak 02.00 ve 04.00 saatleri arasında meydana gelir, ancak farklı bölgeler arasında bu değişebilir. AGD fiziki kayıplarla ilgili olarak çok yararlı bir bilgi olabilir çünkü müşterinin en düşük seviyede kullandığı ve kaçağın yüksek basınçla sonuçlanan düşük yükseklik kayıpları nedeniyle en yüksek seviyede olduğu zamanda meydana gelir [53].

BÖLÜM 4. ÇALIŞMA SAHASI VE YÖNTEM

4.1. Diyarbakır İçme Suyu Sisteminin Özellikleri

Diyarbakır Büyükşehir belediyesi Türkiye'nin 29 Büyükşehir Belediyelerinden ve merkez nüfusu 1.008.848 olan bir yerleşim alanıdır. Toplam hizmet verdiği alanda su şebekesi 1.201.468 m'dir. İller Bankası tarafından yapılan şebeke DİSKİ Genel Müdürlüğüne 2001 yılında devredilmiştir. Su şebekesi 8 basınç bölgesinden oluşmaktadır. Dicle barajından temin edilen ham su 40 km'lik isale hattından sonra ham su arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra depolara aktarılmakta ve oradan su şebekesine cazibeli olarak verilmektedir. Şekil 4.1. Diyarbakır merkezini gösterir 2015 yılına ait uydu görüntüsü. Tablo 4.1'de Diyarbakır içme su şebekesinin merkezdeki toplam şebeke uzunluğu metrajı ve Tablo 4.2'de Diyarbakır ili merkezindeki binaların şebeke bağlantı uzunluğu metrajı verilmiştir [54].



Şekil 4.1. Diyarbakır Büyükşehir 2015 uydu görüntüsü.

Tablo 4.1. DİSKİ içme suyu şebekesi malzemeye göre boru metrajı [54].

Boru Malzemesi	Uzunluk (m)
Çelik	144.396
PE	628.924
PVC	339.999
AÇB	78.337
Beton	9.812
Toplam	1.201.468

Tablo 4.2. DİSKİ abone bağlantıları metrajı [54].

Boru Çapı (mm)	Boru Malzemesi	Uzunluk (m)
25	PE	50.306
32	PE	259.131
40	PE	61.782
32	Galvanizli	86.000
	Toplam:	457.219

Diyarbakır İçme Suyu Sistemi Büyükşehir Belediyesine bağlı bir kuruluş olarak 1995 yılında kurulmuş olan “Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi” (DİSKİ) tarafından yönetilmektedir. DİSKİ görevleri arasında su temini ve dağıtımı; kullanılmış sular ile yağış sularının uzaklaştırılması; gerekli tesislerin kurulması ve abonelik hizmetleri vardır. DİSKİ 2016 yılında 616 çalışanı ile toplam şehir merkezinde 234.214 aboneye hizmet vermektedir [55].

DİSKİ tarafından içme suyu sistemini işletmek ve yönetmek için kullanılan programlar arasında CBS; Yönetim Bilgi Sistemleri(MIS, Management Information System); MAPINFO; SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition); ve Oracle veri tabanı bulunmaktadır. CBS ile mevcut olan şebekedeki suyun akışı kolayca izlenebilmekte, ayrıca sistem üzerinde bulunan ana su borularının, su depolarının, vanaların, ölçüm odalarının, sayaçların, yangın hidratlarının ve havalandırma bacalarının yerleşimi ve durumları tespit edilebilmektedir. MIS, CBS ile birlikte kullanılarak uydudan elde edilen yerleşim haritalarına ulaşmak amacıyla sisteme adapte edilmiştir. Bu haritalar yapıların koordinatlarını, yüksekliklerini, kat

sayılarını, yapıda yaşayan kişilerin sayısını, abone numaralarını, durumlarını, atık su bağlantılarını, elektrik ve telefon bağlantılarını, içme suyu ve atık su sistemlerinde kullanılan malzemenin bakım yaşı ve çeşidini içeren çeşitli bilgileri bilgisayar yardımıyla görüntüleme ve izleme kolaylığı sağlar. MIS gelişmiş bir veri tabanı olup aboneler hakkında çok çeşitli verileri saklamak ve sorgulamak amaçlı kullandığı bir programdır. MIS sisteminin kullanımı aynı zamanda sistemdeki su kayıplarının gerilemesini de sağlamaktadır. DİSKİ, MIS uygulamasında Avrupa standartlarını kullanarak cadde ve binaları numaralandırarak sistemde kodlamıştır. MIS ile incelenmek istenilen basınç bölgesindeki nüfus, su ihtiyacı, işletme basıncı, kullanılan klor miktarı, toplam yapı sayısı, abone sayısı, kamu binaları, park, hastane, okul, iş merkezleri gibi bilgiler belirlenebilir. İncelenen bölgedeki geçmiş tüketim bilgileri yardımıyla; bu bölgedeki su kayıpları yine bölgede bulunan nüfusun günlük su tüketim miktarı ve fatura edilen tahakkuk değerleri ile karşılaştırarak MIS verileri yardımıyla öngörülebilmektedir. SCADA, kapsamlı ve entegre bir Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemidir. Bu sistem sayesinde bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözlenmesi sağlanmaktadır.

DİSKİ, içme suyu sistemi üzerinde SCADA sistemini kurarak su üretimini, arıtımını ve şebeke içerisinde dağıtımını bilgisayar destekli merkezi kontrol ile izlemeyi amaçlamıştır. SCADA sisteminin kurulumuna 2006 yılında başlanmış olup çalışmalar halen devam etmektedir. SCADA geniş bir alana yayılmış olan Diyarbakır Su Sisteminin işletilmesini, bakım onarım çalışmalarının düzenlenmesini, suyun yönetimi daha etkin kılmak ve kayıpları azaltmak amaçlı kullanılır. SCADA merkezi ana dağıtım depolarından DY 3.1 Su Deposu İşletme Binası içerisinde yer almaktadır. SCADA verilerini, ölçüm odalarına yerleştirilmiş olan basınç-akım-klorür ölçekleri üzerinden almaktadır. Bu veriler RTU (uzaktan yönetilen istasyon birimi) vasıtası ile taşınmaktadır. Bu sistem anlık bilgi akışını sağlar ve merkez bu bilgileri veri tabanında depolar. Böylece su sistemi etkin bir şekilde ekrandan kontrol edilir ve acil durumlarda sistemdeki ana noktalara yerleştirilen vanalarla sistemin tümü hasar görmeden arızalara müdahale edilir.

4.2. Diyarbakır İçme Suyu Şebekesindeki Kayıplar

İçme suyu şebekesi yeni olduğu halde, depolardan çıkan 100 birim suyun ancak 40 birimi faturalandırılabilmiştir [56]. Aradaki büyük farkın azaltılması için sistemde nerelerde ve hangi tip kaçakların olduğu tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın yapılabilmesi için, su ölçüm sayaçları (debimetre) temini, abonelerin adresleri, sayıları, şebekenin hangi hattından su temin ettiği, vanaların işletme durumlarının (açık veya kapalı) tespitleri yapılmıştır. Böylece kaçakların miktarları ve tipleri tespit edilmiştir. Kilometre şebeke ve ev bağlantılarından oluşan ağ sisteminde kaçakların tespiti oldukça zordur. Tablo 4.3'te Diyarbakır iline ait yıllara göre su temini ve su tüketimi verilmektedir. Bu tablodan anlaşıldığı üzere 9 yılda toplam su kayıp miktarı 329.536.607 m³ tür [57,58]. Tablo 4.4'te 2004 yılında Büyükşehir belediyelerinin su kayıp göstergeleri bulunmaktadır [59].

Tablo 4.3. Diyarbakır ili yıllık su istatistik raporu [57].

Yıllar	Nüfus Merkez	Su Temini (m ³ /yıl)	Su Tüketimi (m ³ /yıl)	Su Kaybı (m ³ /yıl)	Kayıplar Yüzde
2007	717.986	59.625.000	26.721.105	32.903.895	55%
2008	733.888	56.582.000	26.654.873	29.927.127	53%
2009	768.450	60.175.971	28.781.083	31.394.888	52%
2010	777.593	64.018.662	27.273.512	36.745.150	57%
2011	806.667	64.635.899	28.795.827	35.840.072	55%
2012	822.546	67.403.821	30.094.549	37.309.272	55%
2013	841.762	72.224.265	30.586.858	41.637.407	57%
2014	872.463	73.978.520	32.311.068	41.667.452	56%
2015	887.348	76.381.010	34.269.666	42.111.344	55%

Tablo 4.4. Büyükşehir belediyelerinin su kayıpları göstergeleri (2004) [59].

Büyükşehir Belediyesi	Su Kayıpları oranı (%) (BEPER)	Su Kayıpları Oranları (%) (Yerel Bilgi)
Adana	46	60
Adapazarı	32	26
Ankara	22	22
Antalya	61	40
Bursa	31	29
Diyarbakır	66	40
Erzurum	43	48
Eskişehir	52	52
Gaziantep	60	32
İstanbul	35	27
İzmir	48	51
İzmit	53	40
Kayseri	46	35
Konya	43	42
Mersin	12	30
Samsun	51	49

4.3. Diyarbakır İçme Suyu Şebekesinde Mesken Tüketim Analizleri

4.3.1. Tüketim hesaplama(Q_{cbs})

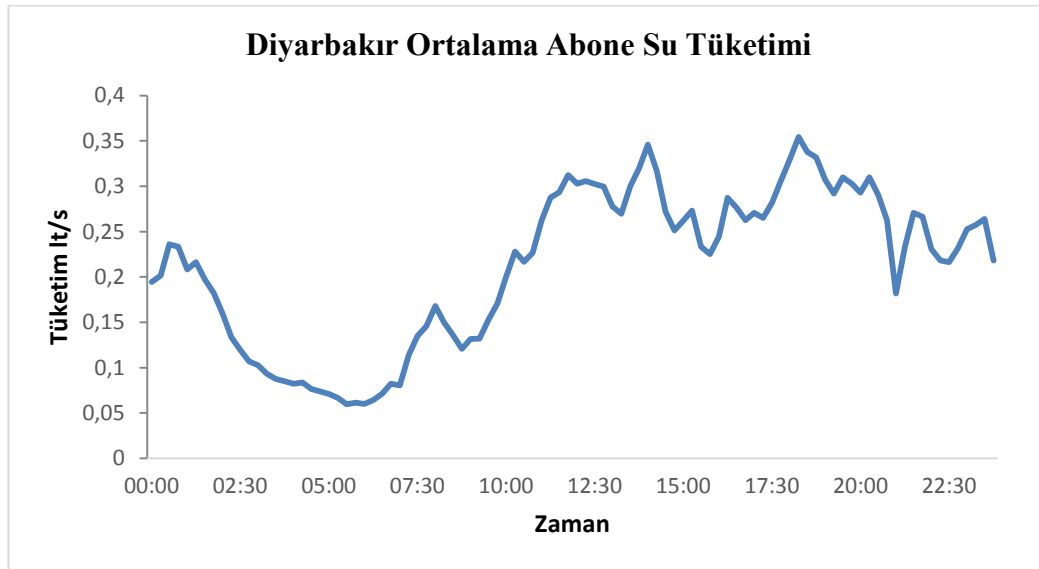
Modelleme çalışmasında kullanılmak üzere su tüketimi(Q_{cbs}) 5 ana gruba ayrılmış, daha sonra her bir ana grup, gerek görüldüğü durumlarda alt gruplara bölünmüştür.

- 1- Mesken Kullanıcıları
Şehir merkezi ve kırsal
- 2- Resmi Kurumlar
Devlet daireleri ve hastaneler
- 3- Dini Kurumlar
- 4- Okullar
- 5- Ticarethaneler

4.3.1.1. Mesken kullanımları

Diyarbakır ili merkezinde su tüketimi en fazla mesken kullanımları tarafından yapılmaktadır. Su kullanımlarının günlük harcama eğrilerinin belirlenmesi için, debimetreler ve veri ölçümü yapabilen sayaçlar kullanılarak farklı noktalarda ölçümler alınmıştır. Her bir basınç bölgesinde, tanımlayıcı tüketim özellikleri gösterdiği düşünülen alanlarda toplam 221 adet ölçüm alınmıştır. Yapılan ölçümler, farklı mahallelerde, farklı tipte binalar üzerinde yapılarak genel karakteristik çıkartılmaya çalışılmıştır. Yapılmış olan ölçümlere göre kış ortalama tüketimi 105,7 lt/gün/kişi olarak hesaplanmıştır. Yapılmış olan çalışmalarda meskenlere göre kişi sayısı değişse de ortalama kişi sayısı daire başına 43 kişi olarak çıktığı görülmüştür.

2014 yılı verilerine göre Diyarbakır merkez nüfusu 872,463 kişi olarak verilmiştir. Abone Daire Başkanlığından alınan bilgiye göre toplam mesken abonesi sayısı 2014 yılı için 189,803 adettir. Buna göre abone başına ortalama sayı 2014 yılında 4.59 kişi çıkmaktadır. Bu rakam ortalama tüketimle çarpıldığında, her bir mesken abonesinin günde 533,22 lt/gün su tüketimi yaptığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.2. Diyarbakır ortalama abone su tüketim eğrisi.

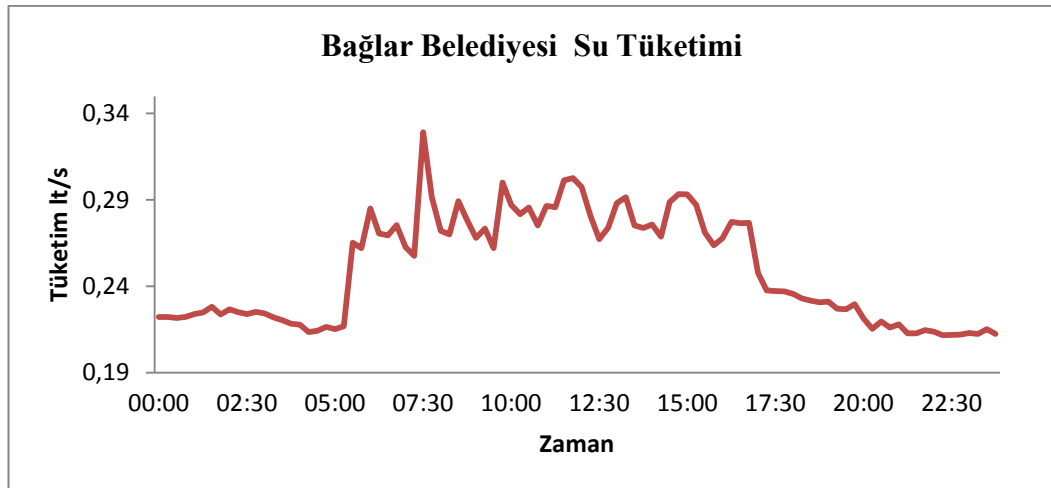
Elde edilmiş veriler Şekil 4.2’de Diyarbakır ortalama abone su tüketimi eğrisi kullanılarak bir hesaplama yapıldığında, mesken kullanıcılarının yıllık toplam su tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

Merkez Nüfus	: 872,433 kişi
Kişi Başına Günlük Tüketim	: 105,7 lt/gün
Kişi Başına Günlük Tüketim	: 116,17 lt/gün (%10 yaz kış ortalama farkı)
Gün Sayısı	: 365 gün
Yıllık Tüketim	: 37,024,791.50 m ³

2014 yılı toplam sisteme verilen su miktarı 73.978.520 m³ olarak verilmiştir. Yapılmış olan hesaba göre bu toplam üretimin yarısı şehir merkezi tarafından tüketilmektedir.

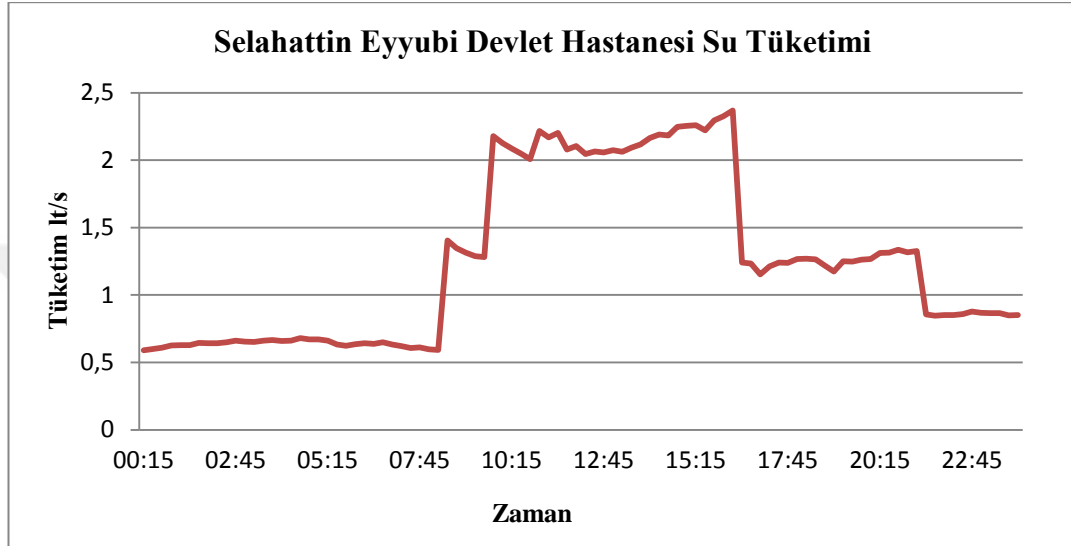
4.3.1.2. Resmi kurumlar

Şekil 4.3’de Bağlar Belediyesi binası örnek olarak seçilmiş ve ölçüm grafiğinden de görülebileceği üzere, su kullanımı mümkün mertebe depoda dengelenmektedir. Su tüketimi mesai saatlerinden hemen önce başlamakta, mesai saati bitimiyle sonlanmaktadır. Mesai saatleri içerisinde yapılan tüketim hemen hemen sabittir. Bu örneklemenin bütün devlet daireleri için geçerli olduğu kabul edilmiş ve yukarıdaki eğriyi baz alan tüketim eğrisi oluşturularak modelde kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Devlet dairesine ait örnek su tüketim eğrisi.

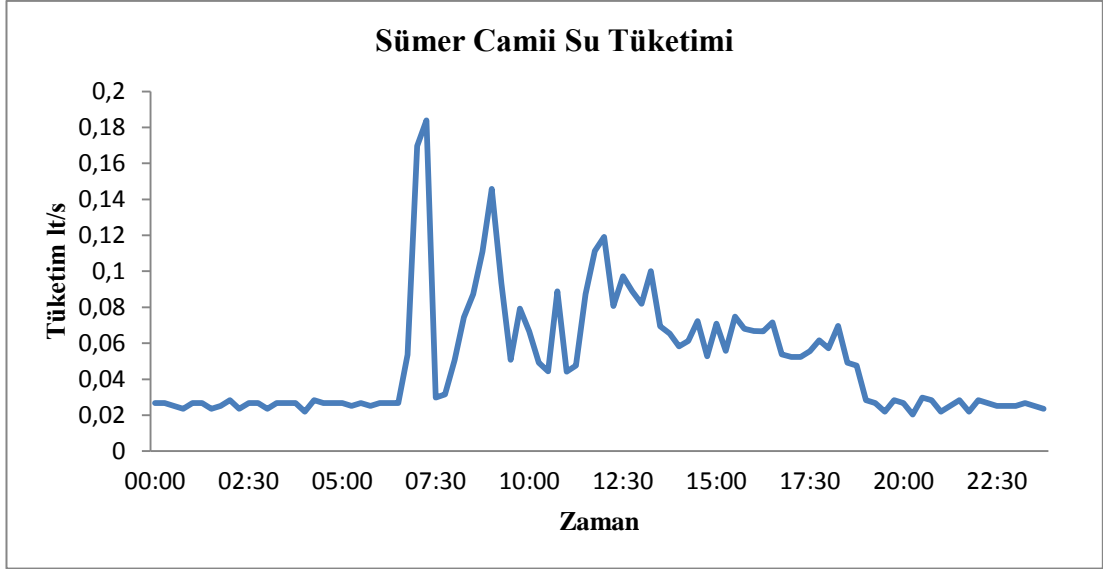
Şekil 4.4'te Selahattin Eyyubi Devlet Hastanesi örnek olarak seçilmiş ve grafikten de görülebileceği üzere, kullanım depo tarafından dengelenmekte ve sistem dengeye ulaştığı süre zarfında sabit olarak seyretmektedir. Tahmin edildiği üzere, ortalamanın yaklaşık %50 si kadar bir gece tüketimi mevcuttur. Bu gerçek bir tüketim olabileceği gibi depo dolması da olabilir.



Şekil 4.4. Hastaneye ait örnek su tüketim eğrisi.

4.3.1.3. Dini kurumlar

Diyarbakır ili genelinde, farklı dinler için birçok ibadet yeri mevcuttur. Bu ibadet yerlerinin bir kısmının ölçümü yapılmasına karşın tahakkuk yapılmamaktadır. Modelleme açısından bu dini kurumlar içerisinde camiler ayrı bir yer tutmaktadır. Camilerin diğer dini kurumlara göre farkı, ibadet zamanları öncesi belirgin bir su kullanımı olmasıdır. Örnekleme yapılabilmesi için Şekil 4.5 uygun bir cami seçilmiş, sayaç takılarak günlük harcama eğrisi çıkartılmıştır.



Şekil 4.5. Dini kurumlara ait örnek su tüketim eğrisi.

4.3.1.4. Okullar

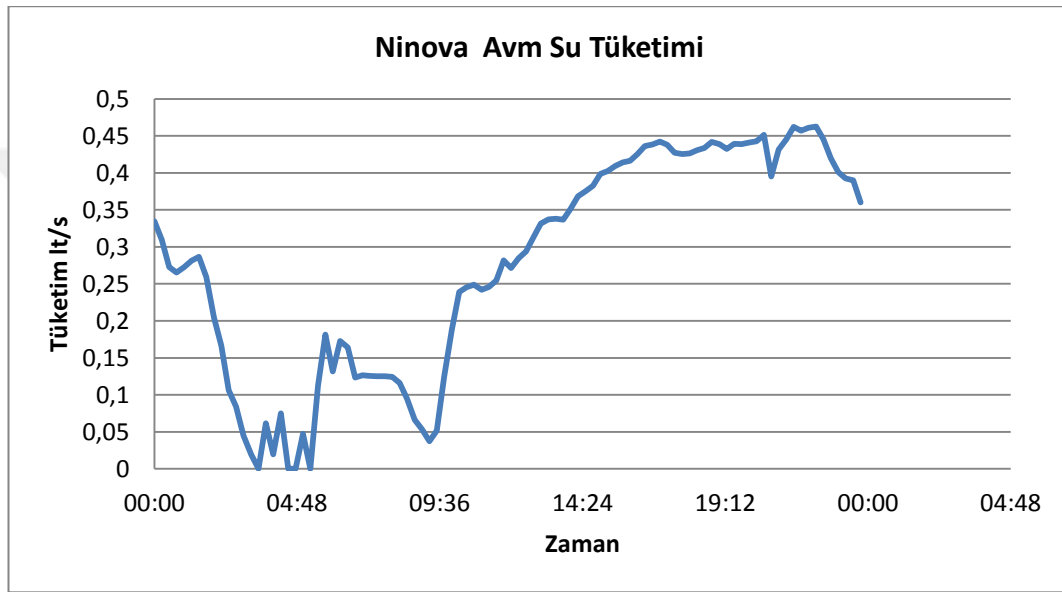
Şekil 4.6’da Bağıvar ilköğretim okulu örnek olarak seçilmiş ve görülebileceği üzere, okullarda tüketim, ders ve teneffüs saatlerine göre ufak değişiklikler göstermektedir. Gece kullanımları ise depo dolmaları ve muhtemelen okulda tam olarak kontrol edilmeyen fiziki kayıplar açık veya bozuk musluklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.6. Okula ait örnek su tüketim eğrisi.

4.3.1.5. Ticarethaneler

Ticaretanelerin su tüketimleri için Şekil 4.7’de Ninova Alışveriş Merkezi’ne debimetre takılarak ölçüm alınmıştır. Görülebileceği üzere, temizlikle başlayan su kullanımı artarak merkezin kapanma saatine kadar devam etmektedir. Diyarbakır’da yüksek su tüketimine sebep olacak büyük sanayi tesisleri bulunmamaktadır. Şehirdeki ticarethaneler küçük ölçekte esnaflardır.



Şekil 4.7. Ticarethanelere ait örnek su tüketim eğrisi.

4.3.1.6. Kırsal kesim mesken kullanımları

872,433 kişilik şehir nüfusuna ek olarak çevredeki köyler ve kırsal alanda yaklaşık 90,000 kişi yaşamaktadır. Kırsal kesimin su tüketimlerinin belirlenmesi için 38 adet örnek ölçüm yapılmıştır. Yapılmış olan ölçüme göre, kişi başına tüketim 313.6 lt/gün bulunmuştur. Yani, diğer bir deyişle, kırsal alanın su tüketimi abone başına şehir merkezindeki meskenlere göre 3 kat daha fazladır. Bunun nedeni kırsal kesimde tarla ve bahçelerin şehir şebekesi ile sulanmasıdır. Buna göre hesaplama yapıldığında

Kırsal Nüfus	: 90,000 kişi
Kişi Başına Günlük Tüketim	: 313.6 lt/gün
Kişi Başına Günlük Tüketim	: 344.96 lt/gün (%10 yaz kış ortalama farkı için)
Gün Sayısı	: 365 gün
Yıllık Tüketim	: 11.331.936 m ³

Yapılmış olan saha çalışmalarının neticesinde, bütün kullanıcıların mesken girişlerinde ve kimi zaman çatılarda kendilerine ait depoları olduğu görülmüştür. Dolayısıyla günlük harcama eğrilerinde hiçbir zaman gece kullanımı sıfırlanmamıştır. Sonuç olarak yapılan ölçümler ve analizler neticesinde Diyarbakır ili merkezi için, su temin edilen yerlerde mesken abonelerinin toplam tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Şehir Merkezi Yıllık Tüketim	: 37.024.791 m ³
Kırsal Kesim Yıllık Tüketim	: 11.331.936 m ³
Toplam Meskenlerin Yıllık Tüketimi	: 48.356.727 m ³

Bu değer de toplam sisteme verilen 74 Milyon m³ suyun %65'ine denk gelmektedir.2014 yılı tahakkukları incelendiğinde toplam tutarın 32.311.068 m³ olarak verilmiştir. Abone işlerinden alınan bilgiye göre mesken harici tahakkuk tutarı 7.791.860 m³ olarak hesaplanmıştır. Yani mesken kullanımları tahakkuk toplamı 24.519.208 m³ tür. Buna göre mesken kullanımlarının sadece %50'si tahakkuk ettirilmiştir. Sahada yapılan mesken ölçümlerinin ortalaması alınarak Tablo 4.5'te Diyarbakır merkezi için modelde kullanılmak üzere aylık bazda kişi başı tüketim hesaplanmıştır. Her bir basınç bölgesinde, tanımlayıcı tüketim özellikleri gösterdiği düşünülen alanlarda yapılan 221 adet ölçüm esas alınmış, kullanıcılarının aylık tüketimlerinin meskendeki nüfusa bölünerek kişi başı su tüketimi hesaplanmıştır. Elde edilen tüketim verilerinin ortalaması alınarak modelde kullanılmıştır.

Tablo 4.5. Diyarbakır merkezi için aylık bazda kişi su tüketimi

Aylar	Aylık Kişi Başı Tüketim (m ³)		Modelde kullanılan Tüketim (m ³)
	Abone_1	Abone_2	
Ocak	2,80	2,74	2,78
Şubat	2,66	2,53	2,56
Mart	3,00	2,73	2,33
Nisan	2,60	2,56	2,56
Mayıs	3,27	2,87	2,61
Haziran	3,00	2,79	2,89
Temmuz	3,10	3,28	3,50
Ağustos	3,47	3,52	3,61
Eylül	4,53	3,04	3,17
Ekim	3,80	3,09	3,05
Kasım	2,73	2,69	2,83
Aralık	2,70	2,61	2,66

4.4. Bilgi Teknolojileri İle Entegrasyon

4.4.1. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), İngilizce Geographical Information Systems (GIS) ifadesinin Türkçeye çevrilmiş hali olup, kullanıcıların çok farklı disiplinlerden olması nedeniyle, bu kavram da değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Özellikle CBS'nin dünyada konumsal bilgi ile ilgilenen kişi, kurum ve kuruluşlar arasında geniş bir merak uyandırması, gelişmelerdeki hızlı değişiklikler, özellikle ticari beklentiler, farklı uygulama ve fikirler, CBS'nin standart bir tanımının yapılmasına henüz izin vermemiştir. CBS, bazı araştırmacılara göre konumsal bilgi sistemlerin tümünü içeren ve coğrafi bilgiyi irdeleyen bir bilimsel kavram, bazılarına göre; konumsal bilgileri dijital yapıya kavuşturan bilgisayar tabanlı bir araç, bazılarına göre de; organizasyona yardımcı olan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak nitelendirilmektedir [60]. Buna göre en genel haliyle CBS tanımı aşağıdaki şekildedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik-olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir. CBS'nin yeteneklerini kavrayabilme yolunda atılacak bir diğer adım ise CBS'nin bileşenlerini

ve bir arada nasıl çalıştıklarını anlayabilmektir. Bu bileşenler donanım, yazılım, veri ve insan olarak dört kısımdır [61].

Coğrafi bilgi sistemi kullanıcıları deyince; konuma bağlı grafik coğrafi verilerle bunları tanımlayan, konuma bağlı olmayan ve grafik olmayan (sözel) verilerle çalışan özel ve tüzel kişi ve kuruluşlar anlaşılır. Kullanıcılar, çoğunlukla değişik tipte grafik veri veya aynı tür grafik verileri üreten kurumlarla bunları kullanarak kendi sözel verileriyle bütünleştiren kurumlardır [62]. Bu tanıma uygun olarak CBS kullanıcıları özel, kamu kurum ve kuruluşlar başlığı altında toplanabilir ülkemizde aktif ve potansiyel kullanıcılar:

- Yerel Yönetimler
- Tapu ve Kadastro Müdürlükleri
- Harita Genel Komutanlığı
- Deniz Kuvvetleri
- Hava Kuvvetleri
- İller Bankası
- Devlet İstatistik Enstitüsü
- Merkezi Yönetim Müdürlükleri (bayındır ve iskan, arsa ofisi, köy hizmetleri, tarım, orman, sağlık, meteoroloji, milli eğitim, gençlik ve spor vb.)
- Maden Tetkik Arama Enstitüsü
- Devlet Su İşleri
- Nüfus Müdürlükleri
- Altyapı Kurumları (su, kanalizasyon, elektrik, gaz, PTT vb.)
- Üstyapı Kurumları (THY, TCK, DDY, DHM vb.)
- Üniversiteler
- Muhtarlıklar ve
- Özel Kurumlar vb'dir.

4.4.2. Denetleme kontrol ve veri toplama(SCADA)

1960'lı yıllarda çoğu endüstriyel otomasyon pnömatik olarak gerçekleştirildi. Hava basıncı iletişim ve kontrol sistemlerinde kullanıldı. Süreç değişkenlerinin ölçümü yapıldıktan sonra bu ölçümler pnömatik dönüştürücüler vasıtasıyla hava basıncı olarak sinyale dönüştürüldü. Pnömatik vericiler hava basıncı olarak aldığı sinyali bir kanaldan algılayıcıya getirir ve bu algılayıcı kontrol, kayıt ve düzenleme gibi işlemleri yürütürdü. Pnömatik düzenleyiciler aritmetik fonksiyonlar (toplam, çarpım, kök alma) gerçekleştirilmesinin yanısıra lojik fonksiyonların gerçekleştirilmesinde de kullanılırdı. Pnömatik sistemlerde kullanılan bütün parçalar mekanik olarak çalışmaktaydı. Pnömatik sistemler görece olarak parçalarının ucuz, güvenilir ve güvenli olmasından ötürü uzunca yıllar kullanıldı [63].

Ayrıca pnömatik sistemlerin paslanma ve aşınmaya karşı dayanıklı olması da bir avantaj sağlamaktadır. Fakat pnömatik sistemlerin tüm bu avantajlarının yanı sıra, temel teşkil eden bir problem var ki o da sinyallerin uzak mesafelere iletimi sorunudur. Zaman gecikmesini yaratan sorun basınçla yaratılan analog sinyalin uzunca tüplerden geçirilmesidir. Bu da sinyal iletilecek mesafe arttıkça zamanda önemli gecikmeler yaratmaktadır. Tranzistörlerin yaşantıya girmesiyle birlikte, birçok pnömatik araç elektronik parçalarla değiştirilmiştir. Elektronik sinyaller vasıtasıyla proses veya kontrol değişkenleri çoğunlukla gerilim (1-5 Volt) veya akım (4-20 mA) şeklinde analog elektrik sinyallerine dönüştürülür. Elektrik sinyal dönüşümü anlık zaman cevabında olduğundan artık birçok uzak mesafe kablolar, radyo dalgaları veya mikrodalga sinyalleri ile ulaşılabilir hale gelmişti. Fakat elektronik kontrol sistemleri geniş uygulamalarda çok karmaşık olması yönünden bir dezavantaja sahipti. Bundan dolayı elektronik araçlar basit kontrol döngüleri ve lojik fonksiyonların gerçekleştirilmesi dışında tavsiye edilmedi. 1960'ların sonlarında mikroişlemci alanındaki atılımlar süreç kontrolde önemli bir devir açtı. Dijital sinyaller yavaş yavaş analog sinyallerin yerini almaya başladı [63].

Elektronik analog sinyaller yeni bir örneklem alınana kadar önceden belirlenen bir frekans aralığında örneklenir. Analog ölçümler analog/dijital (A/D) çeviriciler

sayesinde dijital sinyale dönüştürülür, kullanım yerine geldiğinde kontrol çıktıları dijital/analog (D/A) çeviriciler sayesinde tekrardan analog sinyale dönüştürülür. Dijital kontrolörler pnömatik ve elektronik araçlarla oluşturulan diğer kontrolörlere göre birçok esnekliğe sahiptir. Dijital kontrolörler tek döngü gerçekleştirilmesi veya dağıtık kontrol noktalarına veri aktarılması için kullanılabilir. Mikroişlemciye dayanan kontrol sistemleri 1960larda kullanılmaya başlansa da klasik pnömatik ve elektronik sistemlerin denetlenmesinde nadiren kullanıldı [64].

Bunun gerçekleşmesi 1970'lerin ortalarında ilk dağıtık kontrol Sistemlerinin kullanılmasıyla başladı. Dağıtık kontrol sistemleri kontrol sisteminin fonksiyonlarını birçok mikroişlemciye dağıtır. Fiziksel olarak tesisin pek çok noktasına dağıtılmış ve kendi arasında iletişimin sağlandığı bu mikroişlemciler kendi içinde bir alt sistem oluştururlar. Operatör ara yüzü merkezi bir noktada kontrol odasında konumlandırılır. Operatör ara yüzü dinamik süreç verilerini gösteren renklendirilmiş grafiklerden oluşur. Ayrık süreçlerde seri lojik kontrol fonksiyonları gerçekleştirmek için çeşitli donanımlarla oluşturulmuş düzenleyiciler kullanılırdı. Elektromekanik düzenleyiciler donanımı açıp kapatmak için kendi aralarında kablolarla seri veya paralel bir şekilde bağlanabilirler. Giriş cihazları olan butonlar veya aç-kapa tuşlarıyla devre içindeki akımın akması veya kesilmesi sağlanır böylelikle aletin de çalışıp çalışmaması kontrol edilirdi. Donanımlarla oluşturulmuş bu düzenleyicilerin önemli bir dezavantajı sistemi devre dışı bırakmadan genişlemenin mümkün olmamasıydı. Donanımlara dayalı düzenleyicilerdeki bu tarzdaki bir problemten ötürü 1970'lerde otomotiv endüstrisinde yeni bir mikroişlemciyi temel alan programlanabilir Lojik Kontrolör(PLC) adı verilen bir kontrol sistemi geliştirildi. PLC sistemler donanımlarla oluşturulmuş düzenleyici panellerinin yerini aldı ve ne zaman istenirse istensin uygulamaya yönelik lojik programın değiştirilmesi esnekliğini sağladı. Ayrıca, PLC sistemler çok ucuza yüksek güvenilirlik düzeyiyle bir avantaj sağlamaktadır. Bundan dolayıdır ki PLC sistemler basit bir açma-kapama kontrolünden tutun da daha karmaşık kontrol uygulamalarına kadar popüler oldu. Uzaktaki sistemler arası iletişim gerektiren uygulamalar için de 1960'lı yılların sonlarında SCADA (Supervisory Control and Data Acquisiton) sistemi geliştirildi. SCADA sistemi değişik bölgelere dağıtılmış olarak bulunan boru veya elektrik hattı

gibi birimlerin denetimi için uzak terminal birimlerinden (RTU= Remote Terminal Unit) bilgi alır. SCADA uzak terminal birimleriyle sürekli olarak iletişim halinde olup gerçek zamanlı bilgi transferi sağlar. 1980'lerden itibaren bilişim sektöründeki ilerlemeler ve kişisel bilgisayarlar, LAN (Local Area Network) ve WAN (Wide Area Networks) üzerindeki gelişmeler süreç kontrolü için önemli olanaklar doğurmuştur. Standart olarak bilgisayarların endüstri içinde kullanılması dağıtık kontrol sistemleri, PLC ve SCADA üzerinde birçok gelişmeye olanak sağlamıştır [64].

SCADA terimi "Supervisory Control And Data Acquisition kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Türkçeye " Denetleme Kontrol ve Veri Toplama Sistemi " veya "Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi "olarak çevrilebilir. Kısaca bilgisayarlardan, haberleşme aletlerinden, algılayıcılardan veya diğer aygıtlardan oluşturulmuş denetlenebilen ve kontrol edilen bir sistemin genel adıdır.

Bilgisayar ve iletişim teknolojilerindeki son gelişmeler ve bunlarla ilgili cihazlardaki maliyet düşüşleri, elektrik dağıtım sistemlerinin otomasyonunu teknik ve ekonomik olarak yapılabilir hale gelmiştir. Örneğin dağıtım ve su otomasyonu ile şebekenin uzaktan izlenmesi ve hızlı ve etkin bir şekilde kontrolünü sağlar ve sonuçta daha güvenilir, sürekli ve kaliteli elektrik enerjisi ve su beslemesi olası duruma gelir. Sistem bilgileri arşivlenebilir ve istatistikî raporlar ile en etkin ve ekonomik işletme yönetimi sağlanır [65].

Süreçler için gözetleyici denetim ve veri toplama işlemlerini yapan sistemler için kullanılan SCADA sistemleri, fabrikadaki süreçlerin (hammadde, üretim ve mamul madde takibi vb.) denetiminde kullanılan çeşitli araçlarla (RTU, PLC vb.) birlikte fabrikanın üretim kontrolü ve takibine yönelik bir alt yapı oluştururlar. Bu alt yapının imkân verdiği ölçüde üretim kaynakları planlaması (MRPII) ve işletme kaynakları planlama (ERP) sistemleriyle gerekli bağlaşımlar kurularak ideal bir yapıya erişilebilir. Amaç en düşük maliyetle, daha kaliteli ve daha çok üretmek için gerekli yapıyı kurmaktır. İşletmedeki tesislerden en yüksek verimlilikle yararlanmak, yöneticilerin işletmeye ve üretim bilgilerine tam olarak hâkim olmasıyla sağlanabilir. SCADA yazılım paketleri endüstriyel tesislerde alt yapı yazılım görevini üstlenmeli

ve fabrika içi ile dışındaki ağlara bağlanarak şirketin bütün katmanlarının uyum içerisinde çalışmasına imkân verir. SCADA işletme genelinde herkese, her zaman erişebilecekleri, gerçek zamanlı ve ayrıntılı bilgiyi sağlar [65].

SCADA sistemi, hidroelektrik, nükleer güç üretimi, doğalgaz üretim ve işleme tesislerinde, gaz, yağ, kimyasal madde ve su boru hatlarında pompaların, valfların ve akış ölçüm ekipmanlarının işletilmesinde, kilometrelerce uzunluktaki elektrik aktarım hatlarındaki açma kapama düğmelerinin kontrolü ve hatlardaki ani yük değişimlerinin dengelenmesi gibi çok farklı alanlarda kullanılabilir. SCADA sistemi, hidroelektrik, nükleer güç üretimi, doğalgaz üretim ve işleme tesislerinde, gaz, yağ, kimyasal madde ve su boru hatlarında pompaların, valfların ve akış ölçüm ekipmanlarının işletilmesinde, kilometrelerce uzunluktaki elektrik aktarım hatlarındaki açma kapama düğmelerinin kontrolü ve hatlardaki ani yük değişimlerinin dengelenmesi gibi çok farklı alanlarda kullanılabilir.

Günümüzde tüm tesis ve işletmeler SCADA sistemini kurmaya başlamışlardır; giderek de daha fazla ivme kazanacaktır. SCADA sisteminin birçok kullanım alanı vardır. Geniş bir coğrafi alana yayılmış, bölgesel ve yerel tesislerin birçoğunda kullanılmaktadır. Başka sistemlere de alt yapı teşkil etmektedir. SCADA sistemine ilave işlevler eklenerek Enerji Yönetim Sistemleri (EMS) veya Dağıtım Yönetim Sistemleri (DMS) gibi sistemler oluşturulur. SCADA sisteminin başlıca kullanım alanları şunlardır:

- Kimya Endüstrisi
- Doğalgaz ve Petrol Boru Hatları
- Petrokimya Endüstrisi
- Elektrik Üretim ve İletim Sistemleri
- Elektrik dağıtım Tesisleri
- Su Toplama, Arıtma ve Dağıtım Tesisleri
- Hava Kirliliği Kontrolü
- Çimento Endüstrisi
- Otomotiv Endüstrisi
- Bina Otomasyonu
- Proses Tesisleri

Kısaca bir tesiste, ölçüm yapılacak yerlerin alanı km^2 ile ölçülüyor ve km'lerce uzakta ise, basit komutlar ve görüntülemelerle kontrol edilebilecekse ve iyi bir

işletme için, sık, düzenli ve hızlı cevap süreleri gerekli ise SCADA sistemi uygulanabilir.

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

1. İzleme (Monitoring) İşlevleri

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

2. Kontrol İşlevleri

- Kontrol edilecek cihazların tek tek kontrolü (ayırıcı ve kesicilerin uzaktan açılıp kapatılması, trafo değiştirici kontrolü, vb)
- Regülatörlere veya rölelere kontrol işaretleri gönderilmesi

3. Veri Toplama

- Analog ölçümler (akım, gerilim, aktif ve reaktif güçler, yağ ve sargı sıcaklıkları, kademe değiştirici konumu vb.)
- Durum ölçümleri (kesici ve ayırıcıların açık kapalı konumları, röle kontak konumları vb.)
- Enerji ölçümleri (sayaç çıkışlarından alınan birim enerji işaretlerinin sayılması)

4. Verilerin Kaydı ve Saklanması

Danışma Kontrol ve Veri Toplama işlevlerinden elde edilen veriler isteğe bağlı olarak kaydedilip saklanır.

4.4.3. Abone bilgi sistemi (ABS)

Abone Bilgi Sistemi bir su ve kanalizasyon kurumundaki aboneyle ilgili tüm işlemlerin yapılabilirdiği bir otomasyon yazılımıdır. Kurumdaki abone işlemleri ile görevli personel bu yazılım aracılığıyla kendisine verilen kullanıcı adı ve şifre ile programa giriş yapar ve verilen izinlere göre belirli işlemleri yapar.

ABS Temel Özellikleri

- Abone Kayıt
- Abone Bilgileri, Abone Sicil Kayıt, Abone Sözleşme, Geçici Fesih, Teminat Mektubu, Yasal Takip
- Tahakkuk
- Terminal Bilgi Kontrol, Gelir Borç Silme / Yükleme, Terminal Bilgi Hazırlama, Ek Tahakkuk Yükleme, Defter Okuma Planı
- Tahsilât
- Tahsilât Giriş (Fatura Ödeme), Tahsilât İptal (Makbuz iptali), Online tahsilât miktar ve oranını izleme
- İtiraz
- Tenzil (Düzenleme), Sayaç işlemleri
- Sayaç Tamir
- Sayaç Satış ve Tamiri, Sayaç Testi, Mühürleme, Sayaç Stok Giriş
- Açma Kesme
- Açma / Kapama, Taksitlendirme, Kaçak Takip
- Bilgi İşlem
- Ajanda, Kullanıcı Sorunları (yazılım ve teknik servis), Görevlendirme, Menü Yetkilendirme, Duvar Kâğıdı ve Tema Seçimi
- Çözüm Masası

4.5. Efes Bölgesinde Yapılan Çalışmalar

Efes bölgesi içinde hem site hem de münferit bina barındıran bir bölgedir. Efes bölgesi tek noktadan su beslenmesi çok müsait olduğundan seçilmiş ve Şekil 4.8’de bölgenin 2015 uydu görüntüsü verilmiştir. Bölgede ilk önce CBS birimi çalışmaya başlamış ve aşağıdaki verilere ulaşmıştır. Şekil 4.9 Efes DMA ölçüm odası montaj sonrası görüntüsü verilmiştir.

Nüfus : 10.925 kişi Bina sayısı : 152 adet Daire Sayısı : 2.162 adet
İşyeri Sayısı : 156 adet Resmi Kurum : 3 adet Camii : 2 adet

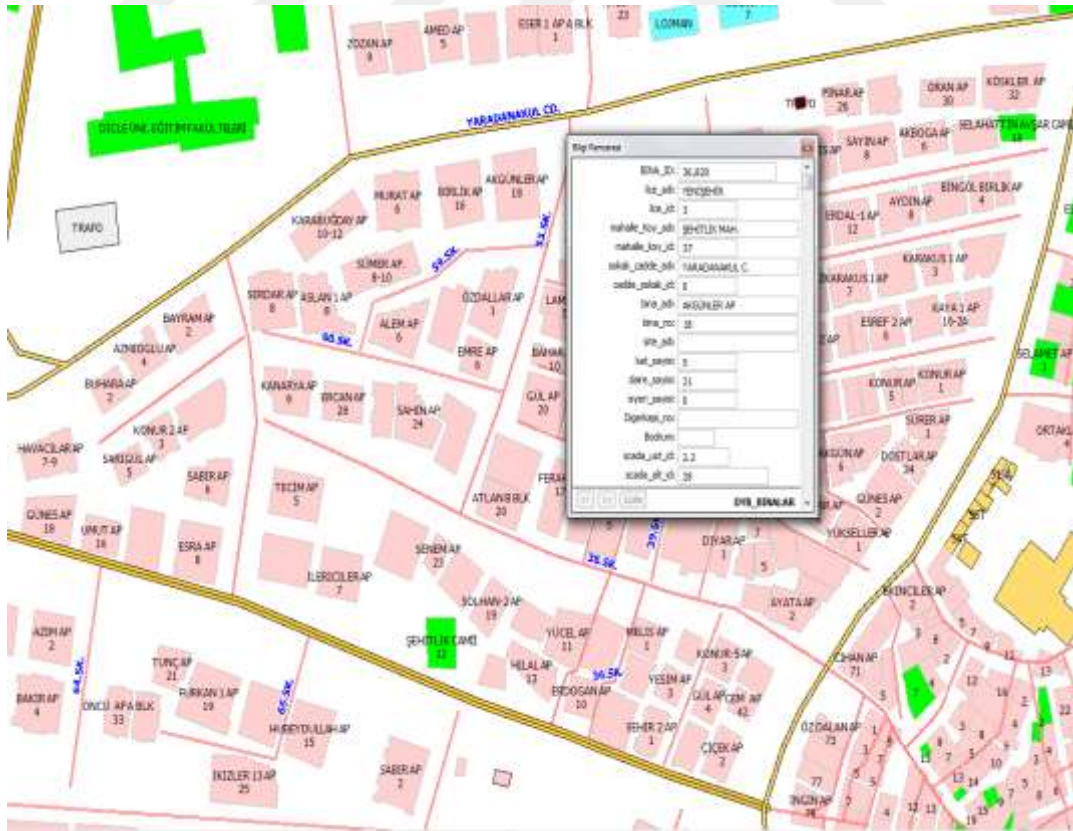
Şekil 4.8’de görüldüğü gibi bir ölçüm odası imalatı yapılmış ve içerisine elektromanyetik debimetre ve basınçölçer montajı yapılmıştır. Şekil 4.9’da CBS çalışmaları sonucunda veriler, sorgulanabilir Mapinfo programına girilmiştir. Bölgenin şebeke çizimi Şekil 4.10 ve boru çapı ve malzeme durumu Tablo 4.7’de verilmiştir.



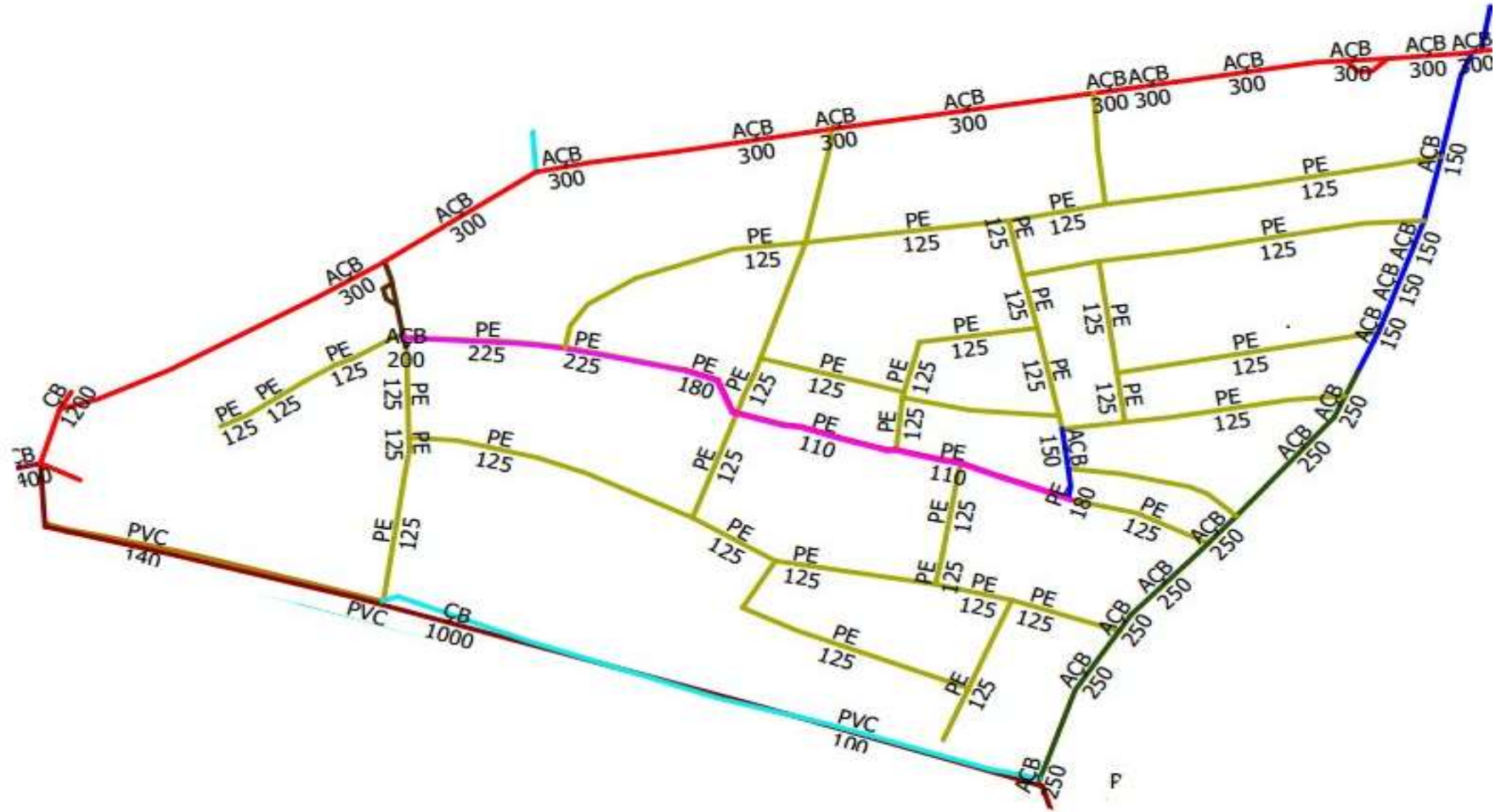
Şekil 4.8. Efes bölgesi 2015 yılı uydu görüntüsü.



Şekil 4.9. Efes ölçüm odası debimetre ve basınçölçer montajı.



Şekil 4.10. Efes bölgesi CBS bina envanteri



Şekil 4.11. Efes bölgesi şebeke boru planı.

Tablo 4.7. Efes bölgesi boru metraj analizleri.

Boru Çapı (mm)	Boru Malzemesi	Boru Uzunluğu (m)
100	PVC	403
125	PE	2.065
150	ACB	391
200	ACB	883
250	ACB	227
300	ACB	140
Toplam		4.109

Ev bağlantıları toplam uzunluğu ise 2,06 km dir. Yeni oluşturulan Efes DMA bölgesinde etkin bir basınç yönetimi yapabilmek için bina sayılarına karşılık gelen bina katsayıları Tablo 4,8’de verilmiştir. Abone bilgi sisteminin program yapısına ilave olarak, abonenin beslendiği üst bölge ve beslendiği DMA’nosu kolonları eklenmiştir.

Tablo 4.8. Efes bölgesi bina katsayısına göre analizleri.

Kat Sayısı	Bina Sayısı	Yüzde
1	1	1%
2	8	5%
3	3	2%
4	10	7%
5	25	16%
6	39	26%
7	32	21%
8	27	18%
9	6	4%
10	1	1%
Toplam	152	100%

4.5.1. Efes bölgesinde izolasyon çalışmaları

Efes_DMA bölgesinin izolasyonunun sağlanması için DİSKİ Genel müdürlüğü yapmış olduğu ihale ile bölge gerekli vanaların montajı ve boru kesimleri yapılmıştır. Bu kapsamda Şekil 4.12 görüldüğü gibi sınır boruları körlenmiş veya vana montajı yapılmıştır. Bu iş kapsamında 34 adet düğüm noktası kazılmış ve yapılan çalışmaların tamamı CBS’de kayıt altına alınmıştır.



Şekil 4.12. Efes DMA bölgesi izolasyon çalışması.

4.5.2. Efes bölgesinde sızıntı tespit ve onarımı

Bu konuda alınan cihazlar yardımı ile DİSKİ personeli özellikle gece sessizlikte çalışarak şebekede muhtemel olan sızmaları bulmaya çalışmış ve oldukça başarılı olmuştur. Şekil 4.13'te bölge ile ilgili sızıntı bulma çalışması yapılmış oldukça başarılı olunmuş ve bulunan sızıntılara müdahale edilmiştir.



Şekil 4.13. Efes DMA bölgesi sızıntı tespiti ve onarım işleri.

4.5.3. Efes bölgesinde abone kaçakları tespiti

Çalışma bölgesinde toplam 152 bina bulunmaktadır. Yapılan bina depo kontrollerinde 43 binada kaçak tespit edilmiştir. Şekil 4.14'de abone kaçaklarına birkaç örnek verilmiştir. Kaçak tipleri:

7 adet abonesiz iş yeri

22 adet harici musluk

5 adet şamandıra arızasından dolayı depo taşması

9 adet depodan hortum ile su çekme



Şekil 4.14. Efes DMA bölgesi abone kaçakları tespiti

Abonelere DMA numaraları yazıldığı için Efes bölgesi abonelerinin 2013ve 2014 yıllarının aylarına göre tahakkukları Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da verilmiştir [66].

Tablo 4.9. Efes bölgesi 2013 yılı su tahakkukları.

AYLAR_2013	Meskenler(m³)	Ticaret(m³)	Resmi (m³)	Camii(m³)	Toplam(m³)
Ocak	20.207	751	61	50	21.069
Şubat	18.480	890	35	143	19.548
Mart	18.587	628	22	143	19.380
Nisan	20.120	698	59	163	21.040
Mayıs	22.150	684	31	163	23.028
Haziran	22.400	642	39	163	23.244
Temmuz	23.993	722	47	2.202	26.964
Ağustos	26.613	904	23	2.202	29.742
Eylül	21.717	772	45	2.202	24.736
Ekim	20.531	722	38	2.202	23.493
Kasım	19.508	714	26	1.300	21.548
Aralık	17.278	645	37	1.300	19.260

Tablo 4.10. Efes bölgesi 2014 yılı su tahakkukları.

AYLAR_2014	Meskenler(m³)	Ticaret(m³)	Resmi (m³)	Camii(m³)	Toplam(m³)
Ocak	16.368	691	31	1.300	18.390
Şubat	13.961	621	31	1.300	15.913
Mart	19.047	703	36	1.300	21.086
Nisan	17.455	692	43	1.300	19.490
Mayıs	21.164	801	36	1.300	23.301
Haziran	20.708	764	41	1.300	22.813
Temmuz	21.761	728	41	1.300	23.830
Ağustos	25.747	798	65	1.300	27.910
Eylül	20.601	677	42	1.300	22.620
Ekim	27.594	801	44	1.300	29.739
Kasım	14.085	521	36	1.3000	15.942
Aralık	16.676	599	49	1.300	18.624

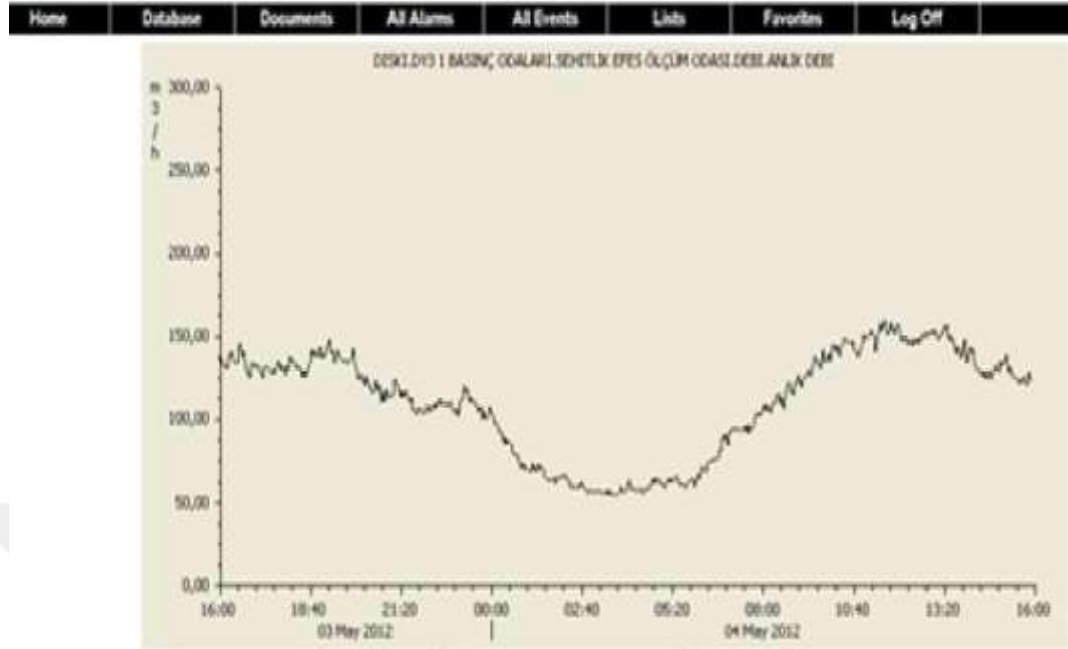
Montajı yapılan Efes DMA, SCADA merkezine bağlantısı yapılmış ve anlık veriler alınmaya başlanmıştır. Tablo 4.11’de bölgenin 2013 ve 2014 yıllarında SCADA’dan ölçülen su tüketim verileri görülmektedir [67].

Tablo 4.11. Efes bölgesi SCADA aylık su temin miktarları 2013-2014 yılı.

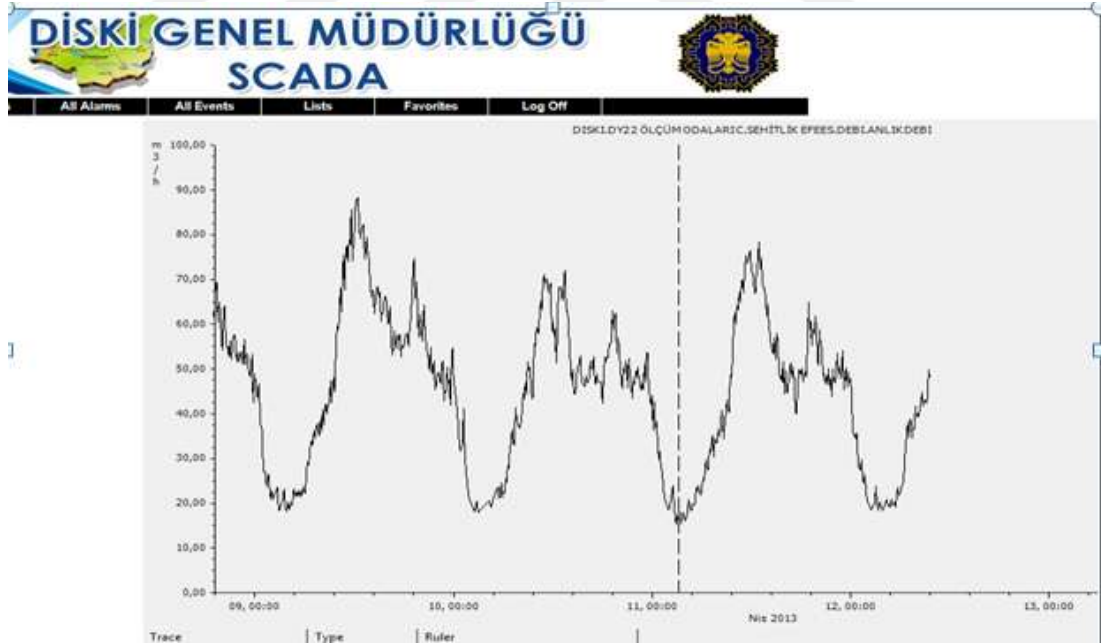
AYLAR 2013	SCADA(m ³)	AYLAR 2014	SCADA(m ³)
OCAK	31.168	OCAK	36.947
ŞUBAT	29.581	ŞUBAT	34.178
MART	35.876	MART	37.758
NİSAN	34.610	NİSAN	37.922
MAYIS	38.078	MAYIS	40.340
HAZİRAN	40.342	HAZİRAN	40.255
TEMMUZ	44.223	TEMMUZ	46.031
AĞUSTOS	43.717	AĞUSTOS	43.948
EYLÜL	39.550	EYLÜL	40.694
EKİM	41.188	EKİM	37.773
KASIM	35.165	KASIM	33.437
ARALIK	35.764	ARALIK	33.130

Efes DMA bölgesi verileri alınmaya başlandıktan sonra gece debileri gözlenmeye başlanmıştır. Şekil 4.15 izolasyon çalışmaları başlamadan önce minimum gece debisini göstermektedir. Şekil 4.16 izolasyon çalışmaları bittikten sonraki minimum gece debisini göstermektedir. Görüldüğü gibi minimum gece debisi 60-65 m³/saatten 25-30 m³/saate gerilemiştir.

**CONTROL
MICROSYSTEMS**



Şekil 4.15. Efes bölgesi izolasyon çalışmaları öncesi MGD.



Şekil 4.16. Efes bölgesi izolasyon çalışmaları sonrası MGD

BÖLÜM 5. UYGULAMA

5.1. Mapinfo Professional

MapInfo Professional, masaüstü konumda da akıllı çözüm yetenekleriyle kullanışlı ve kolay kullanılabilen en güçlü sürümdür. Yeni veri içeriğiyle ve GeoDatabase direk erişim sağlar son CAD formatları ile MapInfo Professional'ı diğer uygulamalarla veriyi dönüştürmeye gerek kalmadan ve kendi uygulamalarıyla birlikte kullanılabilir. Başarılı bu sürüm yetenekleriyle zaman ve olay tabanlı analizleri gerçekleştirmek, geliştirilen özellikleri ile çoğunlukla görevleri gerçekleştiriliyle verimliliği artırır ve fonksiyonluğuyla daha güzel görünümlü ve anlaşılması kolay haritalar oluşturmanızı sağlar. MapInfo Professional güçlü analizler yapmak istediğiniz çok yönlü veri kaynaklarından gelen verilere orijinal formatından direk erişim sağlayan yeteneklere sahiptir. Müşteriden gelen bir Excel dosyasını, altyapı planı CAD dosyalarını ve coğrafik SDE ve GeoDatabase dosyalarını açabilirsiniz. Dönüştürmeye ihtiyacınız yoktur bu zaman kazancı sağlayıp analizlerinizi daha hızlı gerçekleştirmenizi sağlar. Desteklenen formatlar ve veri tabanı içeriği [68].

- Mühendislik ve yerleşim planı gibi endüstri standardı coğrafik CAD verilerine en son (DWG/DXF, DGN, SDTS ve VPF formatları) direk erişim
- ESRI, Grid, SDE, EDO ve GeoDatabase formatına direk erişim.
- Oracle'ın Oracle 10G, Oracle 10G Locator ve Oracle 9iR2 sürümleri için desteği vardır
- Microsoft'un MS Access 2003, MS Excel 2003 ve MS SQL Server 2000 ve MS SQL 2005 sürümleri için desteği vardır.
- Uzak verinin daha büyük kullanımı için anında indeksleme sağlar. Genişletilebilir veri erişim teknolojisi sayesinde verilen temel desteklenmiş

veri formatlarına erişim, verimli bir veri erişim motoru ile neredeyse tüm veri formatlarına erişimi sağlar.

- Son olarak bir harita penceresi coğrafik şekilde kodlanmış resim GeoTIFF formatında kaydedilebilir. Bu bize diğer konumda çalışan durumdan haberdar uygulamalarla bilgi değişimine ihtiyaç duyduğumuzda yardımcı olur [69].

Zaman tabanlı analiz, eklenenlerin biri sayesinde mümkündür. MapInfo veri formatı bu sürümde (date/time) tarih/zaman ve (time) zaman tiplerini içerir. MS Excel, MS Access ve ilişkili veritabanı sistemlerinden gelen verilere erişim sağlanırken MapInfo Professional otomatik olarak(time) zaman ve (date/time) tarih/zaman bilgilerini ve MapInfo tablosunda kullanılan uygun veri tiplerini otomatik algılar. MapInfo Professional karakter ve nümerik veriyi, zaman veya tarih/zaman değerlerine çeviren fonksiyonlara sahiptir. Tarih/zaman ve zaman verisi için bu destek çok yönlüdür ve bir çok yeni görünümlere ve analitik çözümlere açıktır. Yeni fonksiyonlar sistem zamanını okuyabilme, zaman bilgisini formatlayabilme ve dakika, saniye gibi birimlerine ayırabilme özelliklerine sahiptir. Bu yetenekler zaman verisinin esnekliğini ve işe yararlığını artırır buna analitik yetenekler de dâhildir. Zaman ve tarih/zaman kolonları tematik haritalarda kullanılabilir ve sql yetenekleri kullanılarak içinde arama yapılabilir. Bu belirli bir zaman dilimindeki veriler üzerinde analizler yapılabilmesini mümkün kılar [70].

5.2. MapBasic

MapBasic, MapInfo Professional üzerinde, uygulama geliştirmeye yarayan basic tabanlı bir programlama dilidir. Aynı zamanda, Basic diline CBS yeteneklerinin eklenmesi ile oluşmuş, zengin fonksiyon kütüphanesi ile gelişmiş bir CBS geliştirme ortamıdır. MapBasic, kullanıcıya kolaylık sağlamak için yeni diyalog kutularının tanımlanması ve bir dizi işlemi kullanıcılar için otomatik olarak yapacak programlar geliştirmeye yarar. Kullanıcılar, MapInfo Professional menülerinde değişiklik yapabilir, kendilerine yeni menüler oluşturup ekleyebilir. Böylece, MapInfo içerisinde defalarca yaptığımız bir dizi işlemi MapBasic sayesinde otomatik hale getirmiş oluruz. Örneğin, yüzlerce ayrı dosyada bulunan verilerin ayıklanarak ayrı

ayrı tablolara tasnif edilmesi işlemi için yüzlerce kere sorgulama ve tabloya yeni kayıt ekleme işlemi uygulamak zorunda kalabiliriz. MapBasic ile geliştirilecek bir uygulama ile ayrı tablolarda bulunan veriler sorgulanarak ayrı tablolara otomatik olarak eklenebilir ve bu işlem birkaç dakika içerisinde gerçekleştirilmiş olur [71].

MapBasic sadece CBS programlama dili olmayıp aynı zamanda güçlü bir veri tabanı yöneticisidir. Sorgulama dili olarak yaygın bir şekilde kullanılan SQL (Structured Query Language) MapBasic içerisinde standart olarak kullanılmaktadır. MapBasic uygulama geliştirme ortamı, notepad programını andıran basit bir arayüze sahiptir. MapBasic üzerinde tanımlanmış 300' e yakın prosedür ve fonksiyon vardır. Aynı zamanda her bir fonksiyon ve prosedür hakkında ayrıntılı bilgi almak için güncel bir yardım dosyasını da bünyesinde barındırır. Lokal, global, string, nümerik, mantıksal, tarihsel ve obje tipli değişken tanımlamasına izin verir [71].

Integrated Mapping özelliği ile MapInfo Professional aynı zamanda MapBasic dışında kullanıcıların alışmış oldukları ortamları da (VB, Delphi, Visual Basic, Power Builder vs...) desteklemektedir. Bu özellik, OLE (Object Linking and Embedding) ve DDE (Dynamic Data Exchange) desteği ile gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda MapInfo' yu OLE (Object Linking and Embedding) otomasyonu üzerinden kontrol etme, MapInfo pencerelerini bu uygulamalar içerisinde oluşturma, uygulama ara yüzünün bir parçasıymış gibi görünmesi ve bu uygulamalarda hazırlanan Windows DLL (Dynamic Link Libraries)'lerinin MapBasic yardımı ile MapInfo üzerinden çağrılması diğer avantajlarıdır. Basic tabanlı olması sebebiyle öğrenilmesi kolay bir programlama dilidir. Oldukça esnek yapısı sayesinde diyaloglardan tasarım esnasında prosedür çağırmak mümkün hale gelmiştir. MapBasic içerisinde herhangi bir bilgiyi farklı dosya türlerine yazmakta mümkündür [71].

5.3. C Sharp

C#, yazılım sektörü içerisinde en sık kullanılan iki yazılım dili olan C ve C++ etkileşimi ile türetilmiştir. Ayrıca C#, ortak platformlarda taşınabilir bir (portable language) programlama dili olan Java ile pek çok açıdan benzerlik taşımaktadır. En

büyük özelliği ise Net Framework platformu için hazırlanmış tamamen nesne yönelimli bir yazılım dilidir. Yani nesnelere önceden sınıflar halinde yazılıdır. Programcıya sadece o nesneyi sürüklemek ve sonrasında nesneyi amaca uygun çalıştıracak kod satırlarını yazmak kalır. Microsoft tarafından geliştirilen C#, C++ ve Visual Basic dillerinde yer alan tutarsızlıkları kaldırmak için geliştirilmiş bir dil olmasına rağmen kısa süre içerisinde nesne yönelimli dillerin içinde en gelişmiş programlama dillerinden biri olmayı başarmıştır. [72]

Program arka tarafta mapxtrem kullanmaktadır. Demo uygulamada kullanılan veriler mapinfo tab dosyaları üzerinden çekilmektedir. Herhangi bir kurumda mevcut olan sistemlerle entegrasyonu rahat bir şekilde yapılmaktadır. Programın çalışabilmesi için gerekli olan veriler aşağıdaki yöntemlerle elde edilebilir.

1. Kurumun mevcut veri tabanına direk bağlantı yapılarak (Oracle, Mysql, Microsoft Sql Server vb.)
2. Kurumun sunacağı webservis aracılığıyla,
3. Kurumun, programın çalışacağı formatta olan mapinfo tab formatına uygun olarak verileri gece çalışan bir job ile otomatik oluşturularak program tarafından hesaplanan veriler istenilen kaynaklara aktarılma özelliğine sahiptir.

Program tarafından hesaplanan veriler belirlenecek herhangi bir saatte otomatik olarak hazırlanarak ilgili kişilere mail atabilir. Varsa ilgili Kurumun sms servileri üzerinden ilgili kişilere hazırlanan bilgiler hakkında bilgi gönderilebilir. Lisanslama kullanıcı bazındadır. İstenirse sınırsız kullanıcıda verilebilir.

5.4. Model Yazılım Aşamaları

5.4.1. Kuruluş bilgileri

Bu kısımda programı kullanan kuruluşun adı ve programı kullanan teknik personelin adı girilir.

Kuruluş adı:

Teknik Personel Adı:

5.4.2. Üst bölge seçimi

Programda şebeke bir üst bölgeden (bir depodan) besleniyor ise o bölgenin de hesaplarının yapılması için bölge ile alakalı veriler seçilir, (üst bölge adı, yılı ve dönemi gibi) sonra program analiz başlat denildiğinde, SCADA'dan temin edilen su miktarı, aboneden bölge ile alakalı su tüketimleri ve CBS'den şebeke bilgileri ekrana gelir (Şekil 5.1.).

SCADA verileri

CBS veriler

Abone verileri

Şekil 5.1. Üst bölge analizleri ekran görüntüsü.

5.4.3. Üst bölge kayıp hesaplama

Programın bu bölümünde üst bölgenin görünür kayıpları, fiziki kayıpları ve şebeke performansları ile ilgili verilere ulaşılabilir. Sonuç olarak AKE hesaplanır (Denklem 3.2) ve şebekenin fiziki kaçakları ile ilgili fikir sahibi olunur (Şekil 5.2.). AKE'nin hesaplanması için YKFK'nın (Denklem 5.1) mutlaka hesaplanması gerekir ayrıca fiziki kayıplar (Denklem 5.2) ve Abone kayıpları (Denklem 5.3) hesaplanır.

Q_{scada} SCADA merkezinden alınır (aylık verilen su miktarı m^3).

Q_{cbs} program kendisi hesaplar (aylık su miktarı m^3).

Q_{abone} Abone bilgi İşlemden alınır (aylık su miktarı m^3).

$$YKFK = [(A \times Lm) + (B \times Ns) + (C \times Lp)] \times P \quad (5.1)$$

YKFK = Yıllık Kaçınılmaz Fiziki Kayıplar (litre/bağlantı/yıl)

Lm = Toplam şebeke uzunluğu (km)

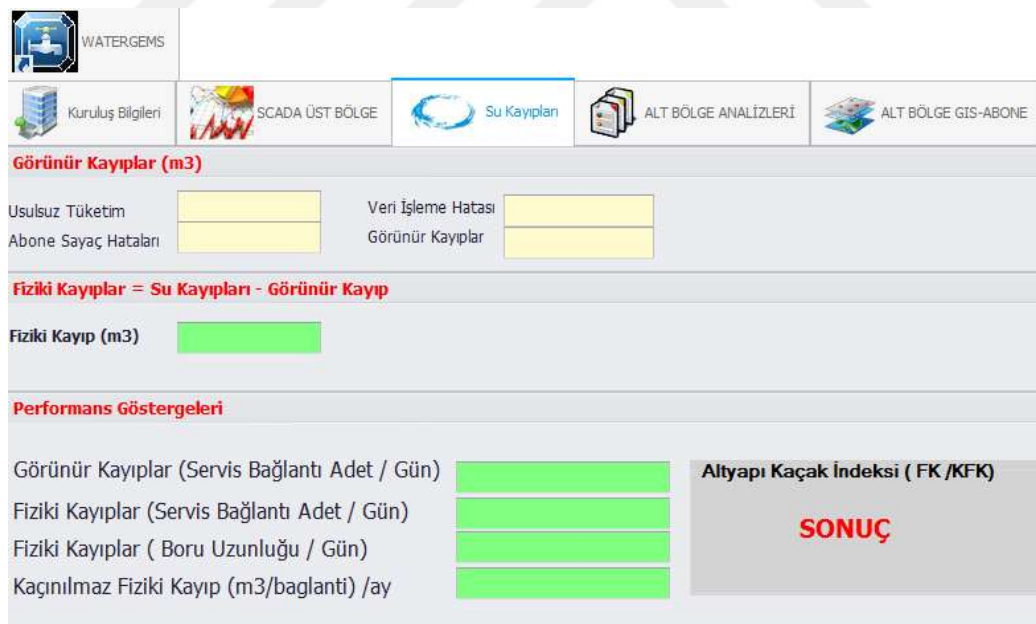
Ns = Servis bağlantı sayısı

Lp = Servis bağlantıları toplam uzunluk (km)

P = Bölgenin ortalama işletme basıncı (m).

$$Q_{fiziki\ kayıp} = Q_{scada} - Q_{cbs} \quad (5.2)$$

$$Q_{Abone\ kayıp} = Q_{cbs} - Q_{abone} \quad (5.3)$$



Şekil 5.2. DMA bölge analizleri ekran görüntüsü.

5.4.4. DMA bölge seçimi ve hesaplamalar

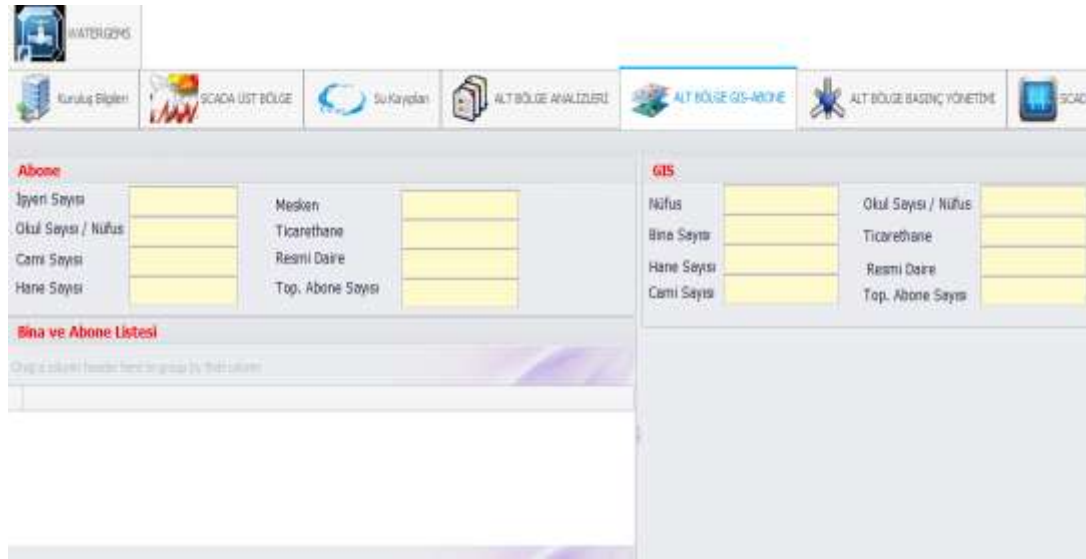
Programın bu kısmında daha önceden izolasyonu tamamlanmış abone entegrasyonu bitmiş bölge olan DMA seçilir. Bu bölgenin tek bir yerden beslendiği ve ölçüm cihazlarının hassasiyeti mutlaka bilinmelidir. DMA bölgesine ait SCADA verileri ve şebeke bilgileri gelir. Bununla birlikte fiziki kayıp miktarı hesaplanır. Performansa dayalı bilgiler gösterilir. Sonuç olarak DMA bölgesinin AKE'si hesaplanır. Bu bölge ile ilgili tüm bilgiler Şekil 5.3'te gösterildiği gibi program entegrasyonu sonucu gelmektedir.



Şekil 5.3. DMA bölge hesaplamaları ekran görüntüsü.

5.4.5. DMA bölgesi abone entegrasyonu

Bu bölümde DMA bölgesine ait abone bilgilerine ulaşılmakta ve istenirse program abonelere bağlı tüm istatistiksel bilgileri vermektedir. Aynı zamanda CBS bilgilerini de getirerek ikisi arasında farklılıkları göstermektedir (Şekil 5.4.). Bu kısımda aboneler ile ilgili bazı istatistiklerde alınabilir. Örneğin $5m^3$ ten daha küçük su tüketimlerini listele gibi, bu bilgiler aynı zamanda harita üzerinde de renklendirilebilir.



Şekil 5.4. DMA bölgesi verileri ekran görüntüsü.

5.4.6. DMA bölgesi basınç yönetimi

Bu bölümde seçilen DMA bölgesinin basınç grafiği günlük, aylık ve istenirse yıllık olarak seçilip gösterilebilir bu sayede basınçlar arasındaki ilişki takip edilebilir. Basınçla ilgili olarak kayıp oranı düşürülmek isteniyor ise mevcut olan basıncın düşürüldüğü zaman kazanılacak kayıp miktarı hesabı yapılır (Şekil 5.5.). Gece akış debisi kontrolleri yapılarak minimum mesken su tüketiminin olduğu saatlerde herhangi bir kaçağın olup olmadığı kontrol edilir (Şekil 5.6.).



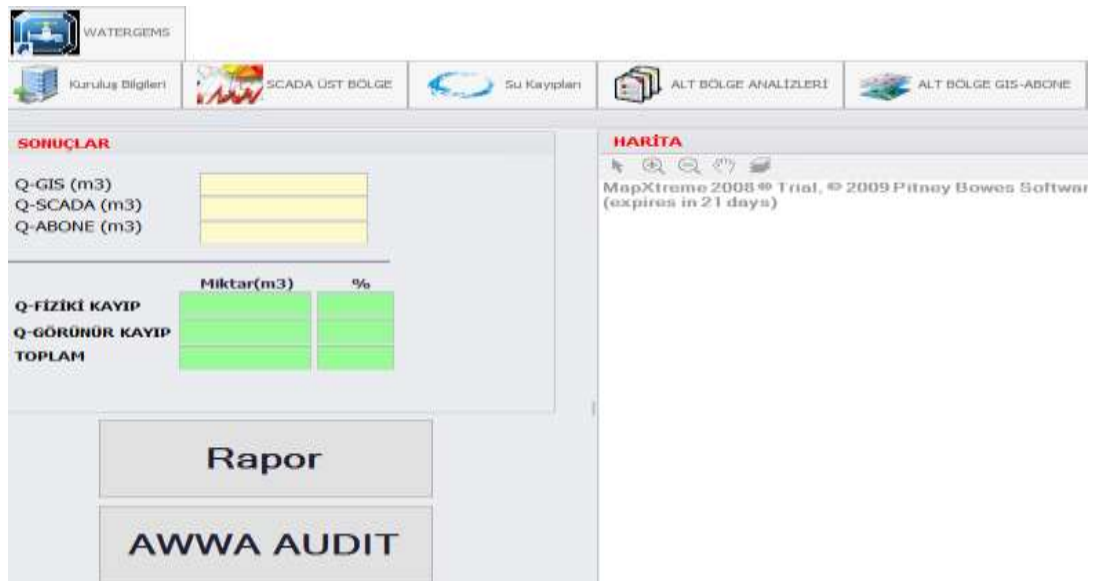
Şekil 5.5. DMA alt bölge basınç yönetimi ekran görüntüsü.



Şekil 5.6. DMA alt bölge gece akış debisi yönetimi ekran görüntüsü.

5.4.7. DMA bölgesi sonuçlarının gösterilmesi ve raporlama

Bu bölümde harita ile birlikte DMA alt bölgesine ait su kayıplarını fiziki ve görünür kayıplar olarak miktarının (m^3) yanı sıra yüzde olarak ta görebilirsiniz. Program bu bölge ile alakalı su temini ve tüketimi bilgilerini de getirir (Şekil 5.7.). Raporlama kısmında DMA bölgesi ile ilgili tüm verileri gösteren bir Excel sayfası açılır (Tablo 5.1.). Bu raporlar Orman Ve Su İşleri Bakanlığı'nın 08.05.2014 tarihli ve 28994 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliğine uygun hazırlanmıştır [73].



Şekil 5.7. DMA alt bölge raporları ekran görüntüsü

Tablo 5.1. Efes bölgesi su kayıpları rapor çıktısı.

SU TEMİNİ

Kaynaktan elde Edilen Su Miktarı	31,168	m ³ /ay
İthal Edilen Su Miktarı	0	m ³ /ay
İhrac Edilen Su Miktarı	0	m ³ /ay
SU TEMİNİ	31,168	m ³ /ay

TÜKETİLEN SU

Faturalandırılmış ölçülmüş	21,637	m ³ /ay
Faturalandırılmış Ölçülmemiş	0	m ³ /ay
Faturalandırılmamış ölçülmüş	0	m ³ /ay
Faturalandırılmamış ölçülmemiş	0	m ³ /ay
İZİNLİ TÜKETİM	26,637	m ³ /ay
GÖRÜNÜR KAYIPLAR	10,537	m ³ /ay
FİZİKİ KAYIPLAR	821	m ³ /ay

SİSTEM VERİLERİ

Ana boruların uzunluğu	4,1	km
Servis Bağlantılarının Sayısı	152	
Servis Bağlantılarının Toplam Uzunluğu	2,06	km
Ortalama İşletme Basıncı	38	m

PERFORMANS GÖSTERGELERİ

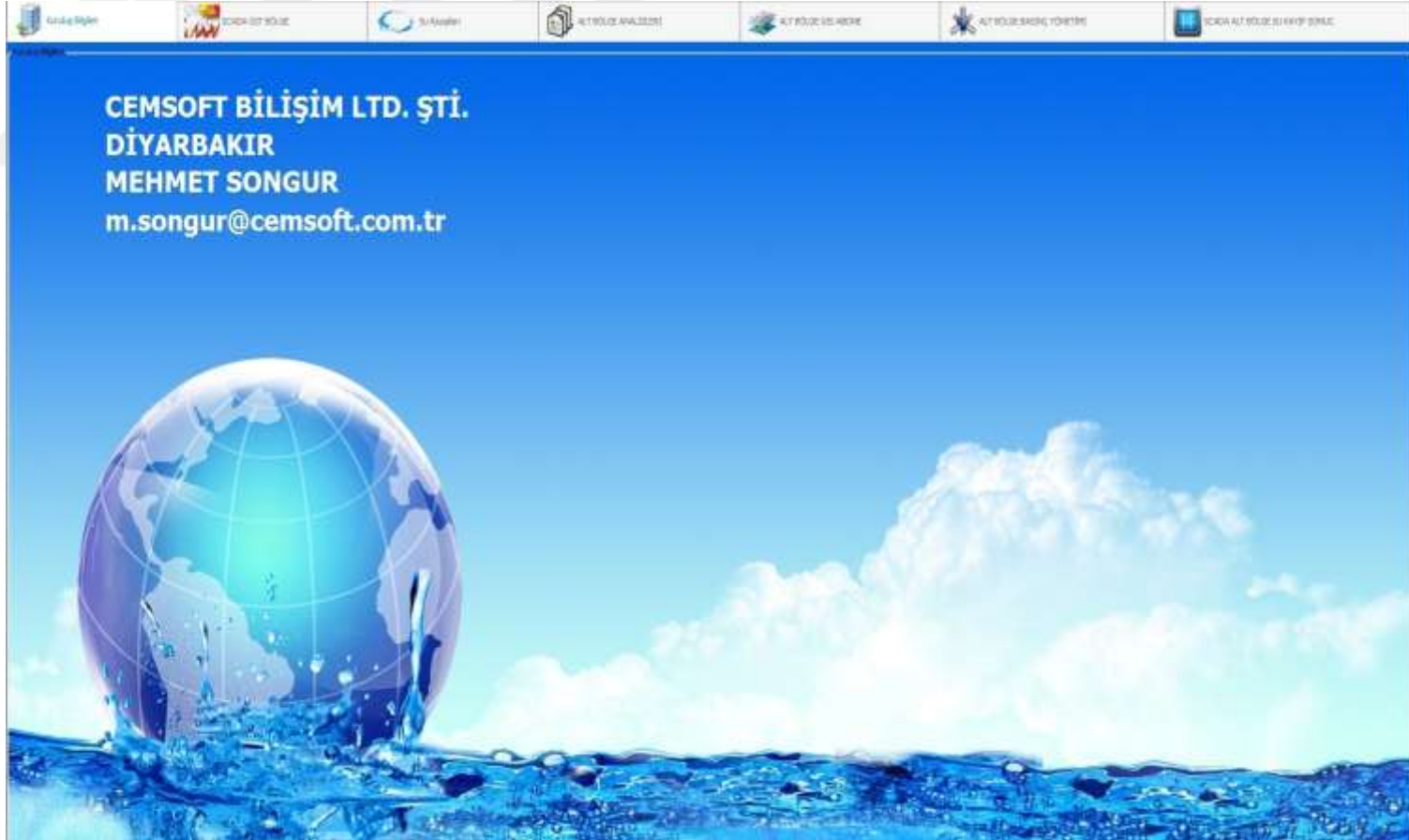
Görünür kayıplar servis bağlantı başına / ay	69,32	m ³ /bağlantı/ay
Fiziki kayıplar servis bağlantı başına / ay	5,40	m ³ /bağlantı/ay
Fiziki kayıplar ana boruda uzunluk / ay	200,24	m ³ /uzunluk/ay
Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıplar (KYFK)	821	m ³ /ay
ALTYAPI KAÇAK ENDEKSİ (AKE)	1	

Program hem üst bölgesi hem de DMA bölgesi için analizler yapar. Program DY_3.1 olarak adlandırılan üst bölgesi ve alt bölge olarak seçilen Efes DMA bölgesi için çalıştırılmıştır.

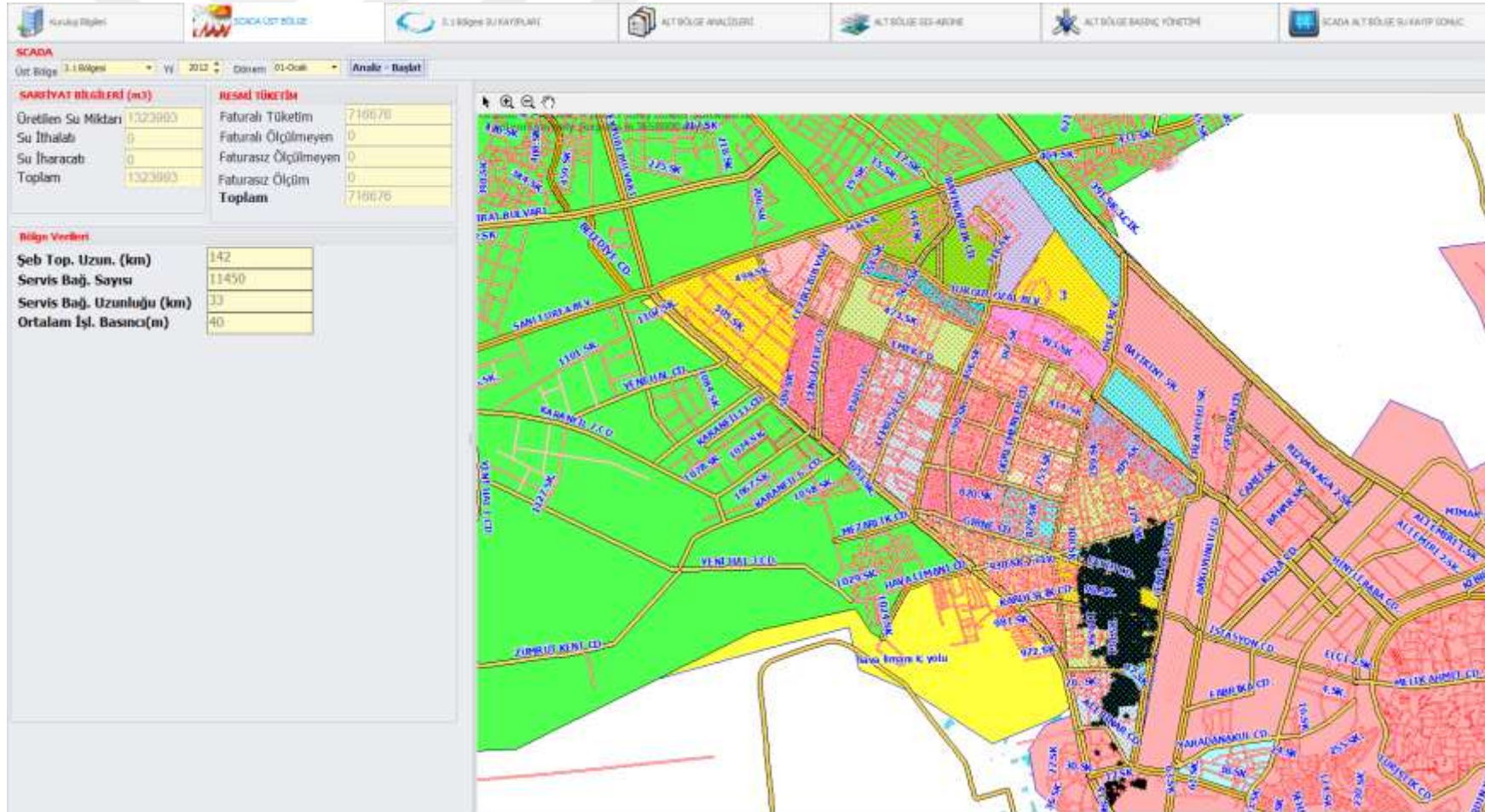
Şekil 5.8’de programın başlangıç giriş ekranı, Şekil 5.9’da DY_3.1 bölgesinde SCADA tarafından ölçülen su miktarı abone bilgi sisteminden alınan aylık su tüketim miktarı ile bölge içinde bulunan içme suyu dağıtım şebekesinin boru uzunluğu, servis bağlantı sayısı ve aylık ortalama işletme basıncı verileri görünür. Şekil 5.10’da DY_3.1 üst bölgesi için fiziki kayıp ve görünür kayıp miktarları hesaplanır. Şebekedeki fiziki kayıp miktarı hakkında bilgi sahibi olmak için altyapı kaçak endeksi hesaplanır. Şebeke performansı hakkında bilgi verilir.

Şekil 5.11’de DY_2.2 üst bölgesinin SCADA tarafından ölçülen su miktarı abone bilgi sisteminden alınan aylık su tüketim miktarı ile bölge içinde bulunan içme suyu dağıtım şebekesinin boru uzunluğu, servis bağlantı sayısı ve aylık ortalama işletme basıncı verileri görünür. Şekil 5.12’de DY 2.2 üst bölgesinin için fiziki kayıp ve görünür kayıp miktarları hesaplanır. Şebekedeki fiziki kayıp miktarı hakkında bilgi sahibi olmak için altyapı kaçak endeksi hesaplanır. Şebeke performansı hakkında bilgi verilir. Şekil 5.13’te Efes DMA bölgesi için SCADA su temin miktarı, abone sisteminden bölge içindeki abone aylık okumaları ayrıca bölge içindeki dağıtım borusu bilgilerinin yanı sıra bölgenin CBS haritası ekrana getirilir. Fiziki kayıplar hakkında bilgi sahibi olmak için altyapı kaçak endeksi hesaplanır. Şekil 5.14’te Efes DMA bölgesi için abone ve CBS bilgilerinin analizlerinin yapılmasının yanı sıra harita ile eşleştirilerek sorgu yapılması sağlanır. Şekil 5.15’te Efes DMA bölgesinde bulunan içme suyu dağıtım şebekesinin boru analizleri ile birlikte basınç yönetimi için bölgenin günlük minimum gece debisini ve basınç bilgilerini görebilirsiniz.

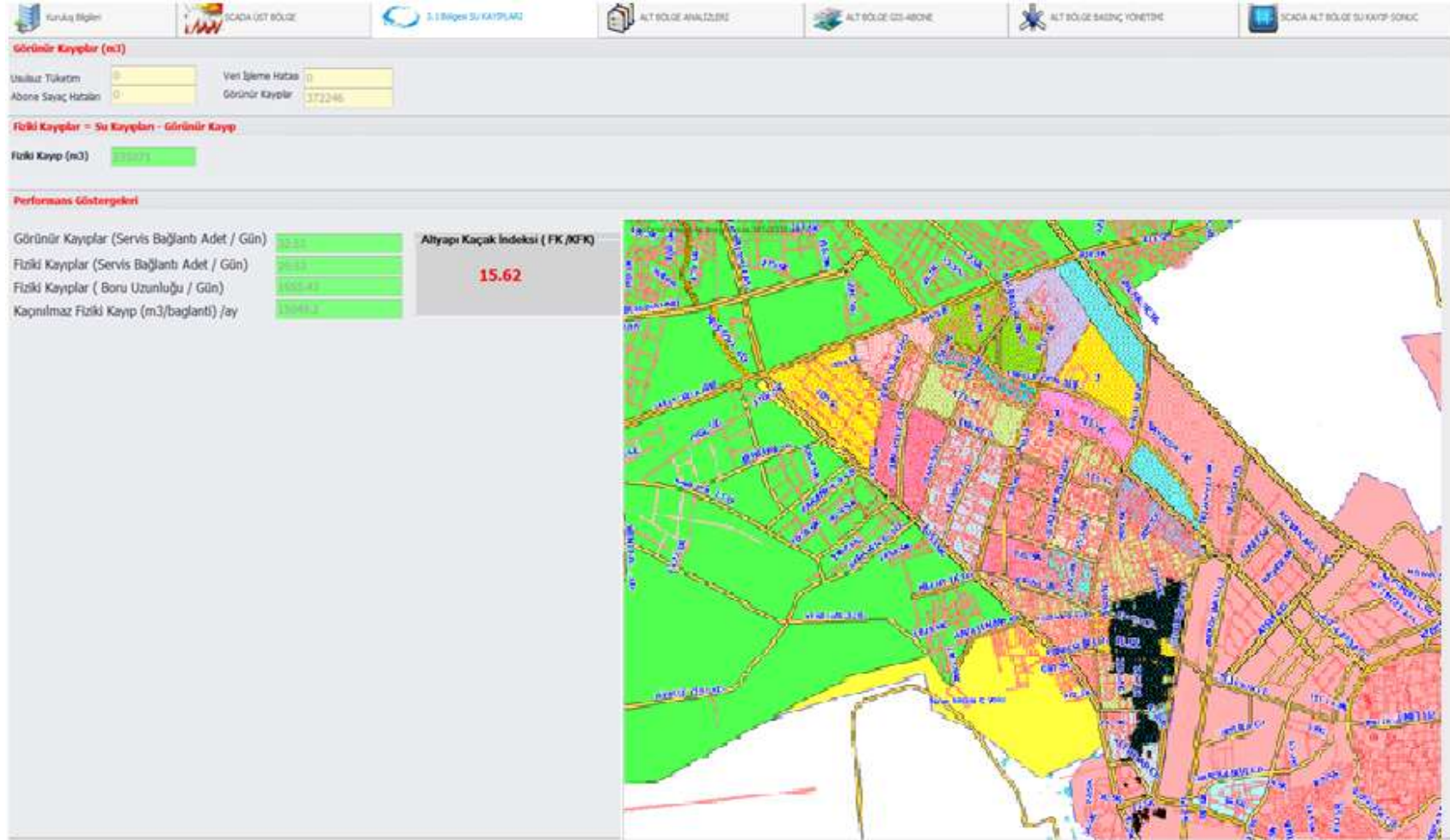
5.5. Üst Bölge (3.1) Ve Efes DMA Model Çıktıları.



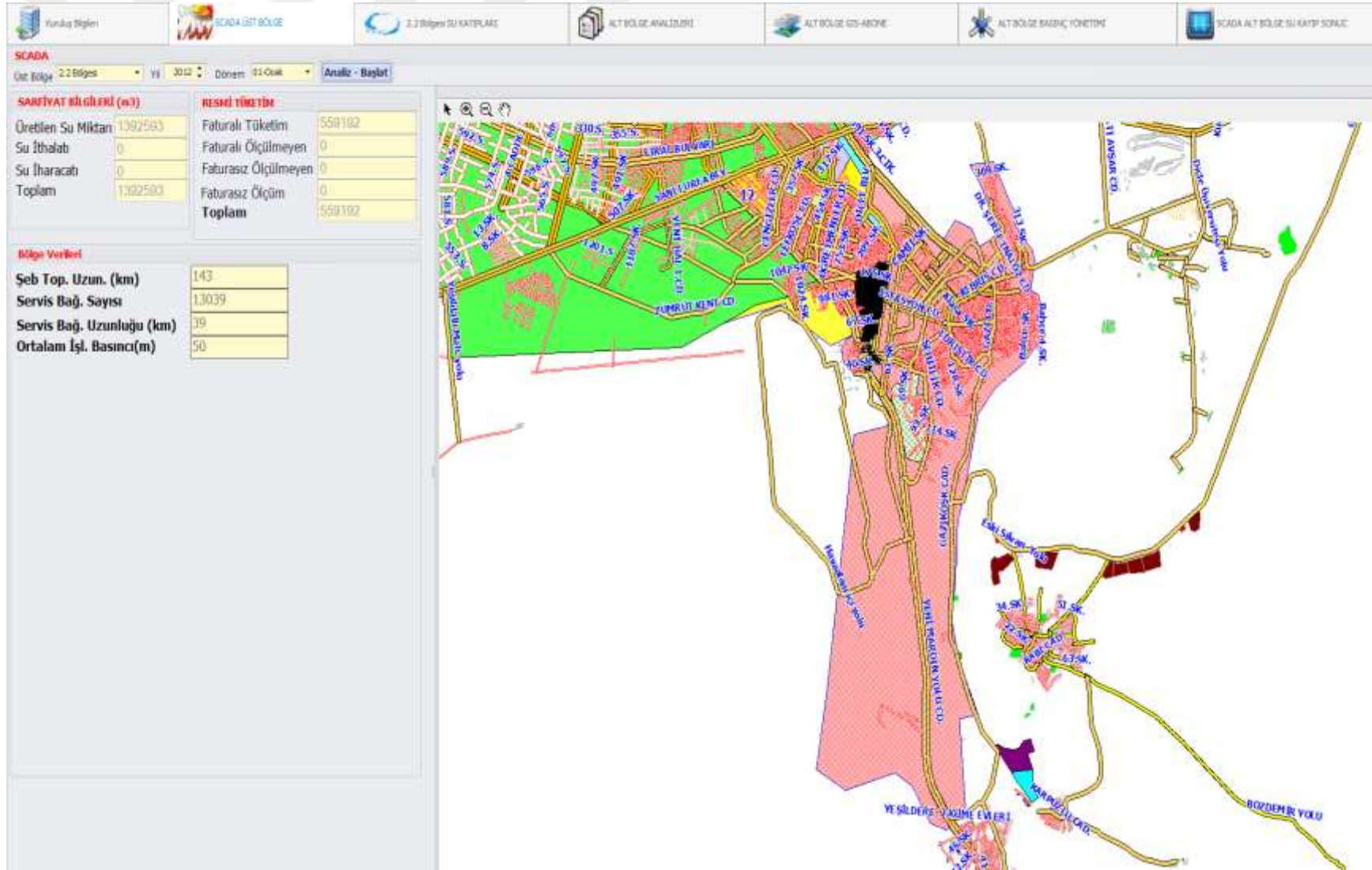
Şekil 5.8. Yazılan programın ana menüsü ekran görüntüsü.



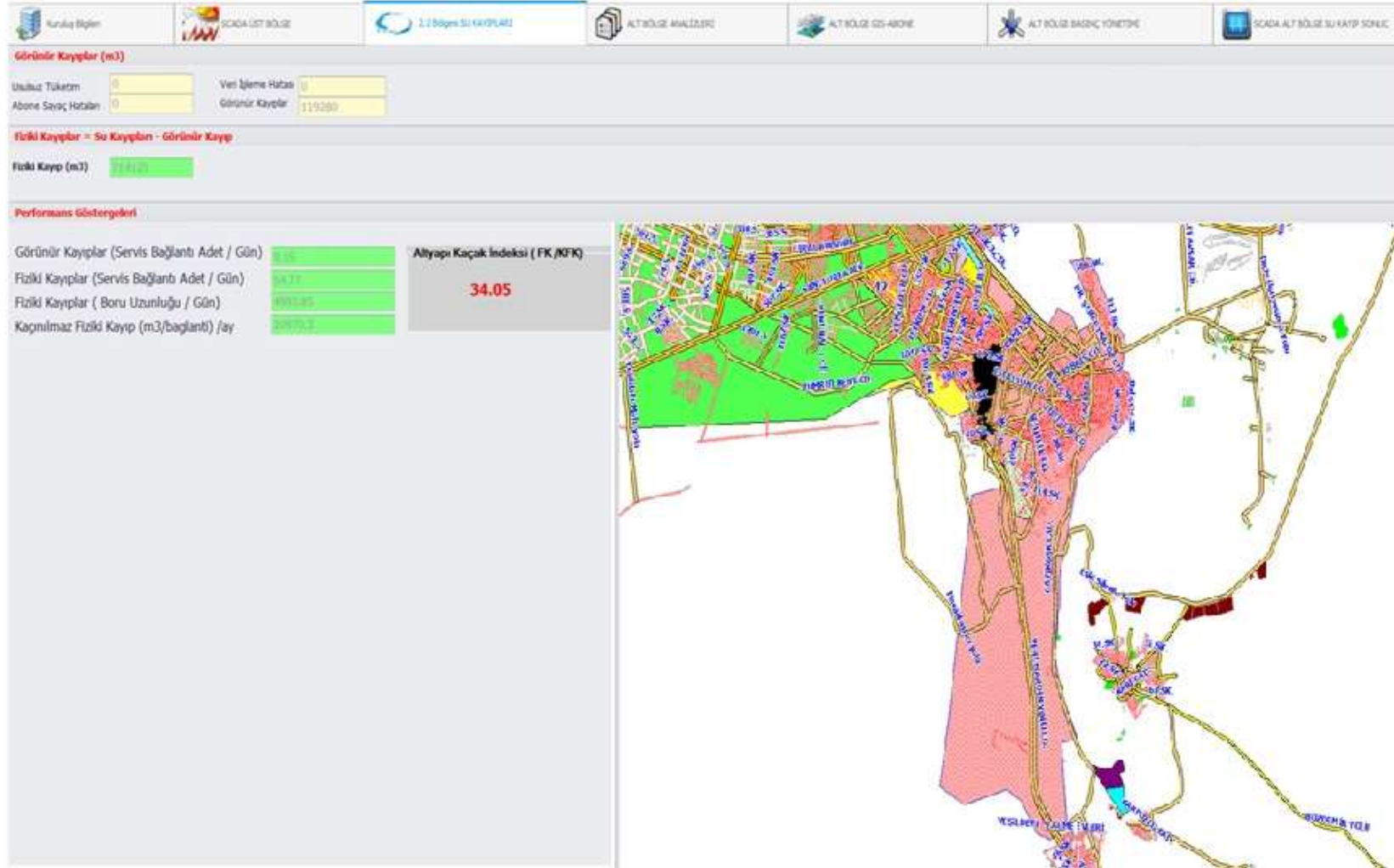
Şekil 5.9. DY_3.1 Besleme bölgesi verileri ekran görüntüsü.



Şekil 5.10. DY_3.1 Besleme bölgesi AKE katsayısı ekran görüntüsü.



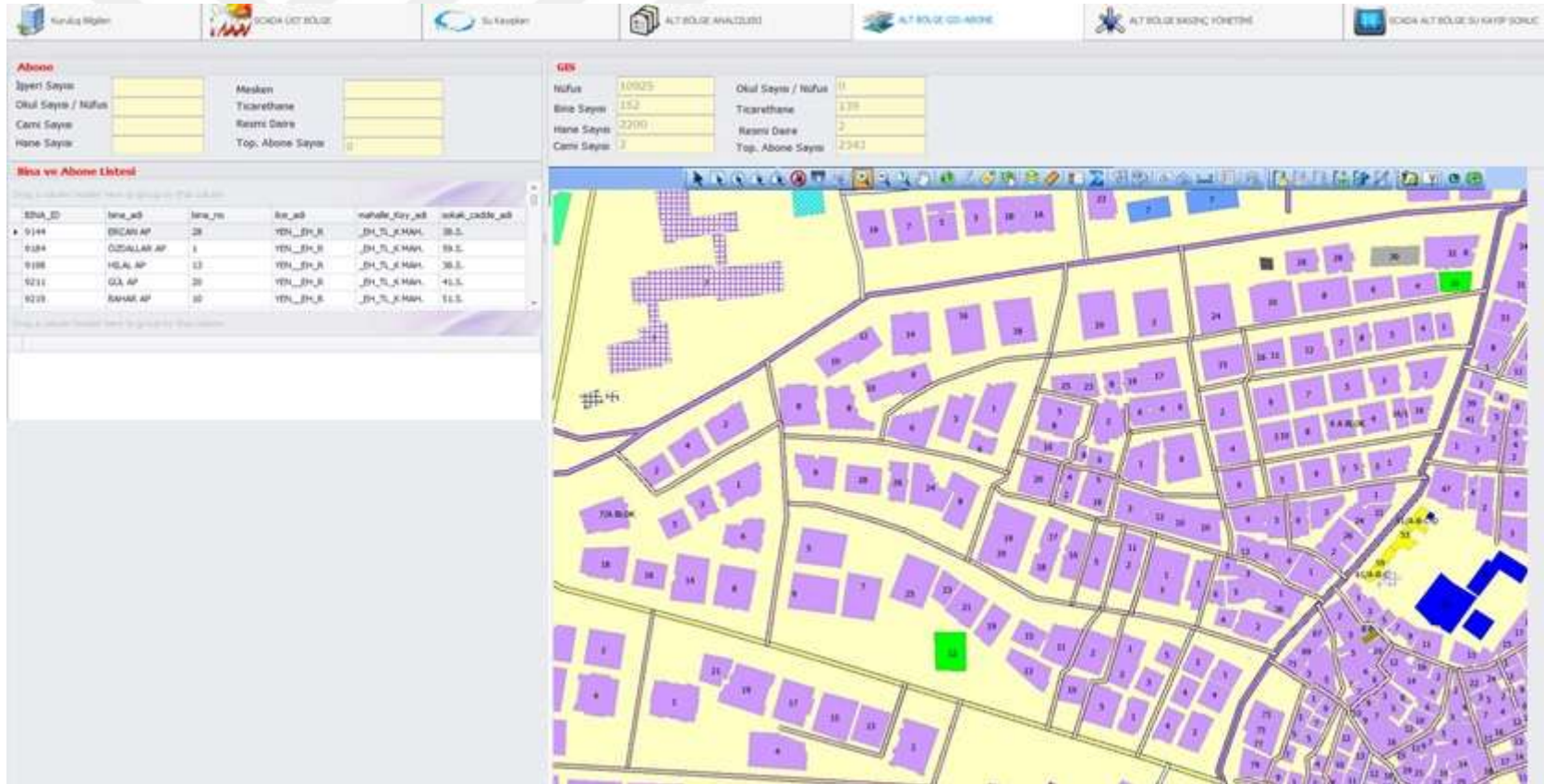
Şekil 5.11. DY_2.2 Besleme bölgesi verileri ekran görüntüsü.



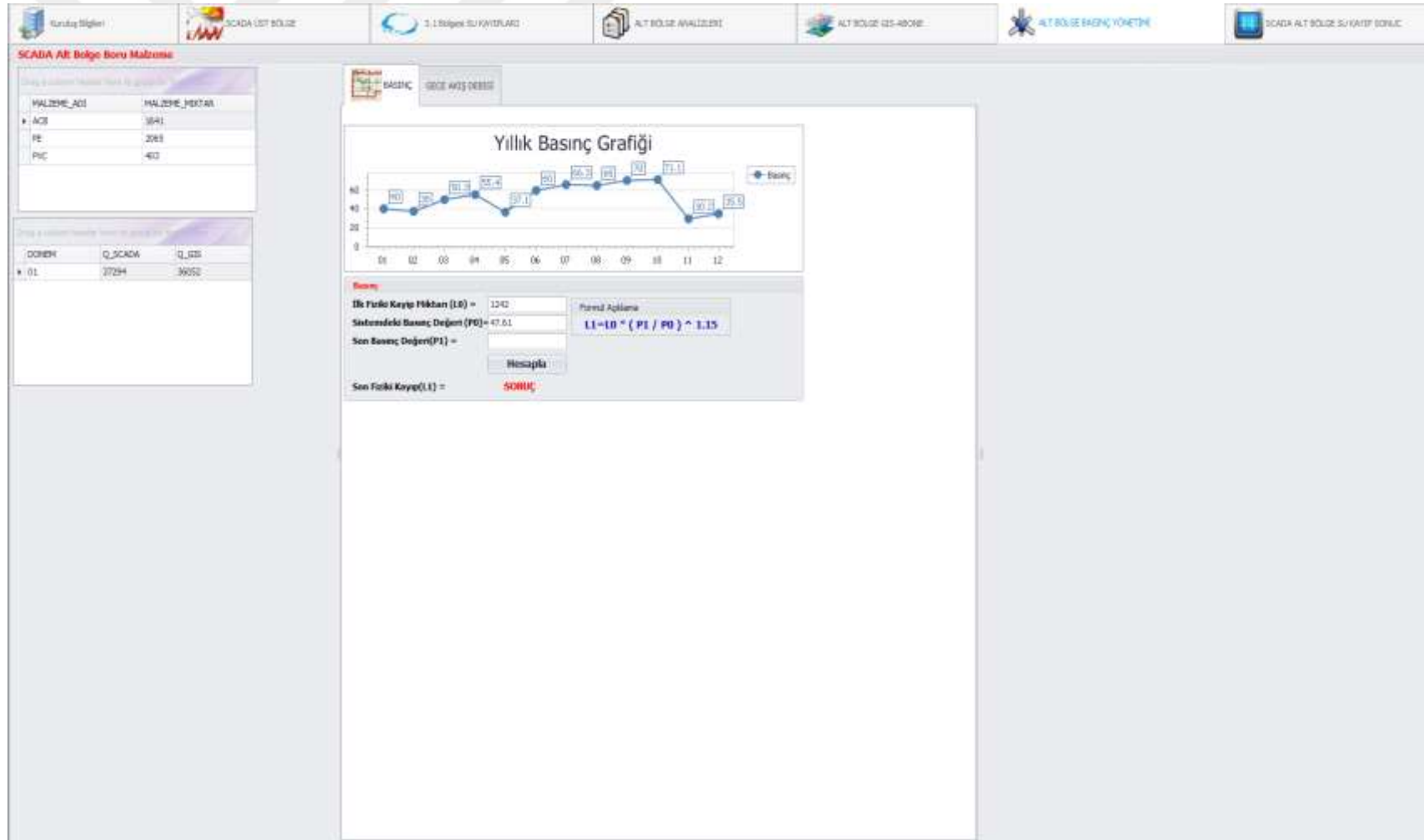
Şekil 5.12. DY_2.2 Besleme bölgesi AKE katsayısı ekran görüntüsü.



Şekil 5.13. Efes bölgesi veri analizleri ekran görüntüsü.



Şekil 5.14. Efes bölgesi CBS ve abone veri analizleri ekran görüntüsü.



Şekil 5.15. Efes bölgesi basınç yönetimi veri analizleri ekran görüntüsü

5.6. SCADA ve CBS Olmayan Bölgeler İçin Su Kayıplarının Hesaplanması

5.6.1. Hesap yöntemi

Einstein'in belirttiği gibi, matematik kesin olduğunda gerçeği yansıtmaz, gerçeği yansıttığında kesin değildir. Mühendislik çalışmalarında, deterministik ve analitik yöntemler ile toplumsal ve doğal olayları modellemek neredeyse imkânsızdır. Bununla birlikte, böyle bir fenomen, idealize yapılan varsayımlarla sadece bazı koşullarda sonuçlar elde etmek için mümkündür. Öte yandan, varsayımlar temel bilgilerin kesin olmayan kısımlarını kaybedebilir. Metot uygulaması için ihtiyaç duyulan varsayımların algoritmasının aşamaları aşağıda adım adım sunulmuştur [74].

1. Herhangi bir konut birimi için yıllık su kayıpları (L) (mahalle, ilçe, belde, şehir veya ülke v.s.) aşağıdaki denklem ile m^3 olarak kolayca hesaplanabilir:

$$L = P_r - C \quad (5.4)$$

Burada, P_r bütün şehir için yıllık su üretimi m^3 ve C bütün şehir için yıllık kaydedilen tüketim m^3 tür.

2. Tüm şehir için kişi başına yıllık su kayıpları (bütün şehir için su kayıpları katsayısı, $m^3 / \text{kişi}$) hesaplanabilir,

$$L_c = \frac{L}{P} \quad (5.5)$$

Burada, L_c $m^3 / \text{kişi}$ olarak, bütün şehir için kişi başına düşen yıllık su kayıpları (bütün şehir su kayıpları katsayısı) ve P bütün şehir nüfusu.

3. Su kayıplarını ayların yanı sıra mahallelere nasıl dağıtılabilirliği sorundur. Her mahallede yıllık su kayıplarını hesaplamak için (L_i), kişi başına düşen yıllık su kayıpları (l_c) aşağıda verilmiş denklemde mahalle nüfusu (P_i) ile çarpılması gerekir. Burada, bütün şehir su kayıpları katsayısı (l_c) her mahallenin su kayıpları katsayısına (L_q) eşit olduğu varsayılır.

$$L_i = l_c * P_i \quad (5.6)$$

Burada mahallelere 1'den n kadar simge verilmiştir.

4. Her mahalle için aylık su kayıpları olmadığından dolayı her mahalle için denklem (3) tarafından hesaplanan yıllık su kayıplarını dağıtmak gerekir. Bu amaç için, bir aylık kaydedilen su tüketimi katsayısını (C_{ij}) kullanabiliriz.

$$C_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^{12} c_{ij}} \quad (5.7)$$

Burada, C_{ij} şehrin her mahallesi için boyutsuz aylık su tüketimi katsayısı, C_{ij} her mahallede aylık kaydedilen su tüketimi m^3 ve j 1. aydan 12. aya kadar değişen bir simge (Ocaktan-Aralığa).

5. Her mahalle için aylık su kayıpları katsayısı (l_{Tij}) aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir,

$$l_{Tij} = \frac{L_i * C_{ij}}{C_{ij}} \quad (5.8)$$

burada, l_{Tij} her mahallede (boyutsuz) toplam su kaybı katsayısıdır, burada $l_{Tii} = l_{Tii} = l_{Tii} = l_{Tii} = \dots = l_{Tii}$. Bu katsayılar Ocaktan –Aralığa değişmez. Ancak farklı aylık toplam su kayıpları C_{ij} ile çarpılır sonra elde edilecek farklı toplam aylık su tüketimi (C_{ij}) m^3 ile l_{Tij} çarpılır.

6. Her mahalle için aylık toplam kayıp katsayısı sistemindeki su kayıpları 1) ve evsel su kayıplar 2) ile temsil edilebilir. İlk katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanabilir,

$$l_{Sij} = \min l_{Tij}_{i=1}^n \quad (5.9)$$

Burada, l_{Sij} su dağıtım şebekelerindeki su kayıplarının katsayısıdır. l_{Sij} bir mahalleden başka bir mahalleye değişmez, yanı sıra bir aydan sonraki bir ayda da değişmez. Başka bir deyişle, şehir merkezi için sabit olacaktır.

7. Evsel su kayıpları katsayısı, l_{Tij} den l_{Sij} ye aşağıdaki denklem ile ekstra hesaplanabilir,

$$l_{Iij} = l_{Tij} - l_{Sij} \quad (5.10)$$

Burada, l_{Iij} evsel su kayıplarının katsayısıdır. Bu katsayının başka bir mahalledeki ile farklılık gösterdiğinin bilinmesi önemlidir. Bununla birlikte, her ay için sabittir.

8. Aylık su üretim katsayısı (P_{ij}) her mahalle için aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$P_{ij} = \frac{L_i * C_{ij} + C_{ij}}{C_{ij}} \quad (5.11)$$

9. Şimdi sistemde, her mahalle için üretilen suyun yanı sıra evsel toplam su kayıplarının miktarını elde etmek mümkündür ve sırasıyla aşağıdaki dört ifadeler ile ayrı ayrı hesaplanabilir.

$$L_{Tij} = l_{Tij} * C_{ij} \quad (5.12)$$

Burada, L_{Tij} m³ toplam (hem sistem hem de evsel) her mahalle için aylık su kayıplarıdır.

$$L_{Sij} = l_{Sij} * C_{ij} \quad (5.13)$$

Burada, L_{Sij} m³ her mahalle için sistemdeki (su dağıtım şebekesindeki) aylık su kayıplardır.

$$L_{Iij} = l_{Iij} * C_{ij} = L_{Tij} - L_{Sij} \quad (5.14)$$

Burada, L_{ij} m³ her mahalle için evsel aylık su kayıplarıdır.

$$P_r = P_{rij} * C_{ij} = L_{Sij} + L_{Iij} + C_{ij} \quad (5.15)$$

Burada P_{rij} her mahalle için üretilen sudur.

5.6.2. Hesap yönteminin uygulaması

Tablo 5.2 şehir merkezindeki yıllık su teminini ve tüketimini içerir. İlk üç satır resmi tüketimleri, nüfusları, su teminini ve koyu renkte gösterilen son üç satır ise resmi tüketimler ve verisi olmayan mahallelerin çıkarılmış halidir.

Tablo 5.2. Diyarbakır su temini ve tüketimi tablosu.

YILLAR	NÜFUS	SU TEMİNİ (m ³ /yıl)	SU TÜKETİMİ (m ³ /yıl)	SU KAYBI (m ³ /yıl)	KAYIPLAR (%)
2009	768.450	60.175.971	28.781.083	31.394.888	52
2010	777.593	64.018.662	27.273.512	36.745.150	57
2011	806.667	64.635.899	28.795.827	35.840.072	55
2009	758.358	49.277.985	17.883.097	31.394.888	64
2010	764.662	55.917.505	19.172.355	36.745.150	66
2011	792.054	55.436.753	19.596.681	35.840.072	65

Çalışmada son üç sıradaki veriler esas alınmıştır. Aylık veriler 2009 – 2011 arasındaki üç yılı ve 41 adet mahalleyi içermektedir. Yani algoritma 1476 (12(ay)*41(mahalle)*3(yıl)) veri kullanılarak üretilmiştir. Bu yüzden Tablo 5.3'te bu veriler revize edilerek mahalle bazında veri setleri yeniden hazırlanmış ve numaralandırılmıştır. Su tüketimi, 5 mahalle dışındaki diğer tüm mahallelerde Eylül ayında pik değere sahiptir. Diyarbakır genelinde % 68,29 ünün 0 ile 1,63 arasında aylık evsel su kayıp katsayısına sahip olduğu görülmüştür (Tablo 5.5.).

Bu çalışmada aylık tüketim, aylık üretim, aylık toplam kayıp, aylık evsel kayıp ve aylık fiziki su kayıp katsayıları tanımlanmıştır. Bu tanımlardan hareket ile aylık mahalle bazlı aylık su temini, aylık tüketim ve aylık su kayıpları hesaplanmıştır. Bunun yanında kayıplar iki kısma ayrılarak evsel ve fiziki olarak ayrı ayrı

hesaplanmıştır. Tablo 5.2'deki veriler kullanılarak su kayıp miktarları nüfusa bölündü ve aşağıdaki gibi yıllara göre kişi başı su kayıp miktarları hesaplandı.

2009 yılı aylık kişi başı kayıp miktar: 3,44 m³

2010 yılı aylık kişi başı kayıp miktar: 4,00 m³

2011 yılı aylık kişi başı kayıp miktar: 3,77 m³

Yapılan hesaplamalar da kişi başı su tüketimi en yüksek olan mahallede görünür kayıplar sıfır kabul edildi ve diğer mahalleler bu mahallenin katsayısına oranlanarak aylık görünür su kayıp katsayıları bulundu ve bu katsayılar beş grup olarak sınıflandırıldı (Tablo 5.3). Modelde kullanılan veriler (Tablo 5.4) ve sonuç olarak Tablo 5.5'te modelin tüketimin en yüksek olduğu mahalleye göre çıktısı bulunmaktadır.

Tablo 5.3. Model sınıflandırmasına göre su kayıp katsayıları.

AYLIK GÖRÜNÜR SU KAYIP KATSAYILARI	MAHALLE SAYISI	%
0,00 - 0,81	11	26,83
0,81 - 1,63	17	41,46
1,63 - 2,44	8	19,51
2,44 - 3,25	2	4,88
3,25 - 4,06	3	7,32

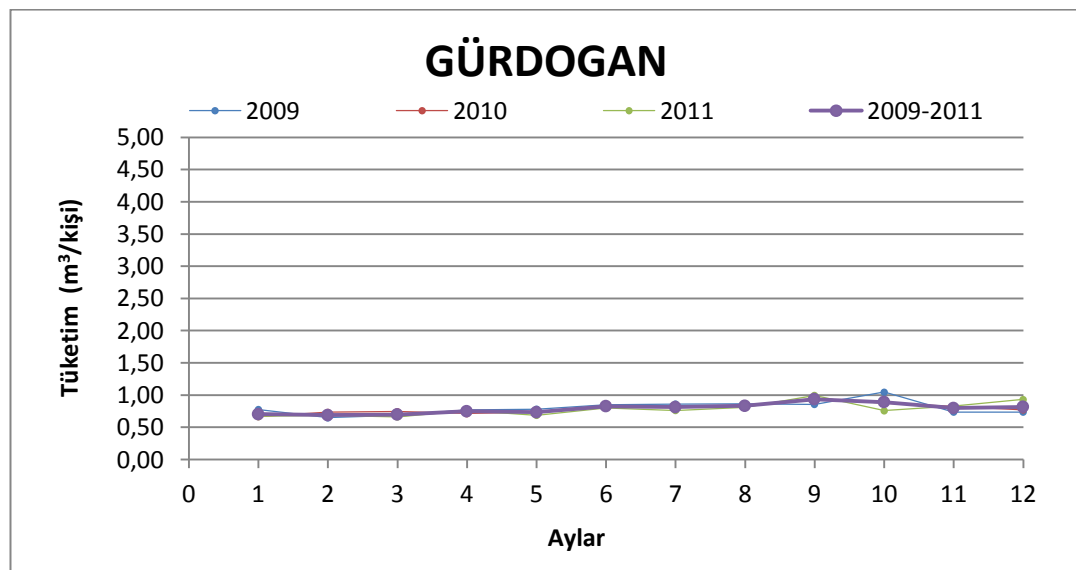
Tablo 5.4. 2009 yılı model verileri.

YILLAR	İLÇELER	MAHALLELER	NUFUS	ORT. AYLIK	ORT. KİŞİ	AYLIK TÜKETİM (m ³)											
				TÜKETİM (m ³)	TÜKETİM (m ³)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2009	YENİŞEHİR	AZIZIYE	15.223	45.827	3,01	37.861	32.685	30.814	35.009	42.763	62.663	60.508	59.579	59.538	59.319	34.887	34.301
2009	YENİŞEHİR	CUMHURİYET	6.313	4.180	0,66	3.642	3.703	3.837	3.786	4.131	4.694	4.659	4.424	4.590	5.833	4.074	2.790
2009	YENİŞEHİR	DICLE	3.876	4.766	1,23	4.850	3.724	3.950	4.935	5.418	4.555	5.447	5.237	6.021	5.211	3.778	4.068
2009	YENİŞEHİR	FABRIKA	7.781	8.140	1,05	6.794	5.146	4.780	5.452	5.602	5.821	6.374	10.542	8.255	16.829	11.754	10.334
2009	YENİŞEHİR	FERİT KOSK	3.988	5.318	1,33	5.489	4.424	4.237	5.377	6.008	5.381	6.102	5.630	7.409	5.470	3.737	4.556
2009	YENİŞEHİR	GURDOĞAN	9.427	7.557	0,80	7.333	6.124	6.470	7.253	7.359	8.024	8.128	8.150	8.077	9.881	6.940	6.942
2009	YENİŞEHİR	KOOPERATİFLER	36.994	100.906	2,73	110.626	93.181	92.369	99.258	93.462	110.187	104.069	95.877	106.048	119.583	92.183	94.027
2009	YENİŞEHİR	SEYRANTEPE SANAYİ	2.621	1.934	0,74	1.709	1.694	1.457	1.820	1.762	2.045	2.425	2.549	1.868	2.324	1.996	1.556
2009	YENİŞEHİR	SEHİTLİK	52.969	85.054	1,61	80.687	74.717	73.011	84.472	82.947	91.432	93.639	91.468	99.763	98.473	78.168	71.872
2009	YENİŞEHİR	YENİŞEHİR	25.976	65.781	2,53	67.137	62.058	59.543	66.435	64.220	70.230	69.733	63.573	72.304	76.959	58.783	58.392
2009	YENİŞEHİR	YOLALTI	6.662	16.794	2,52	10.729	12.382	11.441	12.516	14.734	24.875	24.507	25.214	22.559	19.298	11.937	11.331
2009	BAGLAR	5 NISAN	64.547	101.187	1,57	95.250	85.900	86.276	98.156	99.422	111.451	110.373	110.339	114.739	122.532	92.028	87.783
2009	BAGLAR	ALIPINAR	4.560	9.561	2,10	8.768	8.906	8.706	9.453	9.658	10.389	10.749	10.128	10.402	11.805	7.934	7.836
2009	BAGLAR	BAGCILAR	18.405	47.842	2,60	29.958	24.880	24.974	32.411	34.373	63.046	75.563	83.562	69.839	67.035	32.852	35.610
2009	BAGLAR	FATİH	24.202	37.954	1,57	35.015	32.485	32.469	37.027	38.649	41.789	45.527	42.924	45.677	40.582	30.832	32.470
2009	BAGLAR	KAYNARTEPE	34.822	58.455	1,68	55.396	50.213	50.665	57.133	58.353	63.425	65.142	62.742	67.960	70.360	50.659	49.406
2009	BAGLAR	KORHAT	11.387	13.401	1,18	12.779	11.676	11.543	13.382	13.549	15.077	15.766	13.940	16.516	15.485	10.979	10.122
2009	BAGLAR	MEVLANA HALİT	55.545	112.464	2,02	110.032	100.340	98.519	110.800	106.713	123.367	120.842	116.890	128.109	134.626	100.218	99.116
2009	BAGLAR	MURADIYE	11.884	20.454	1,72	19.267	17.772	17.313	20.296	18.965	22.881	23.414	23.210	21.137	26.868	16.063	18.262
2009	BAGLAR	SELAHADDİN EYYUBİ	20.892	58.690	2,81	57.809	53.361	51.187	56.513	51.674	61.604	66.947	57.419	64.847	74.089	52.907	55.917
2009	BAGLAR	SEYH SAMİL	47.056	73.270	1,56	68.770	62.647	64.010	74.204	67.728	82.320	80.908	81.949	84.297	84.514	63.847	64.050
2009	BAGLAR	YENİKOY	7.848	9.700	1,24	8.765	8.923	8.147	9.835	10.320	10.531	11.128	10.564	10.128	10.928	7.755	9.372
2009	BAGLAR	YUNUS EMRE	19.776	29.442	1,49	28.298	24.582	24.459	28.773	27.637	31.450	34.131	31.552	31.162	37.786	24.899	28.578
2009	KAYAPINAR	BARIS	3.992	2.712	0,68	2.563	2.731	2.711	2.972	2.478	2.356	2.721	2.385	2.859	2.910	2.861	2.993
2009	KAYAPINAR	HUZUREVLERİ	79.484	166.448	2,09	147.695	128.425	125.703	147.535	158.926	196.053	203.607	187.882	215.673	198.031	148.539	139.303
2009	KAYAPINAR	PEYAS	111.178	307.625	2,77	277.875	237.671	228.729	268.422	285.791	363.821	384.698	370.573	394.059	361.317	266.608	251.933

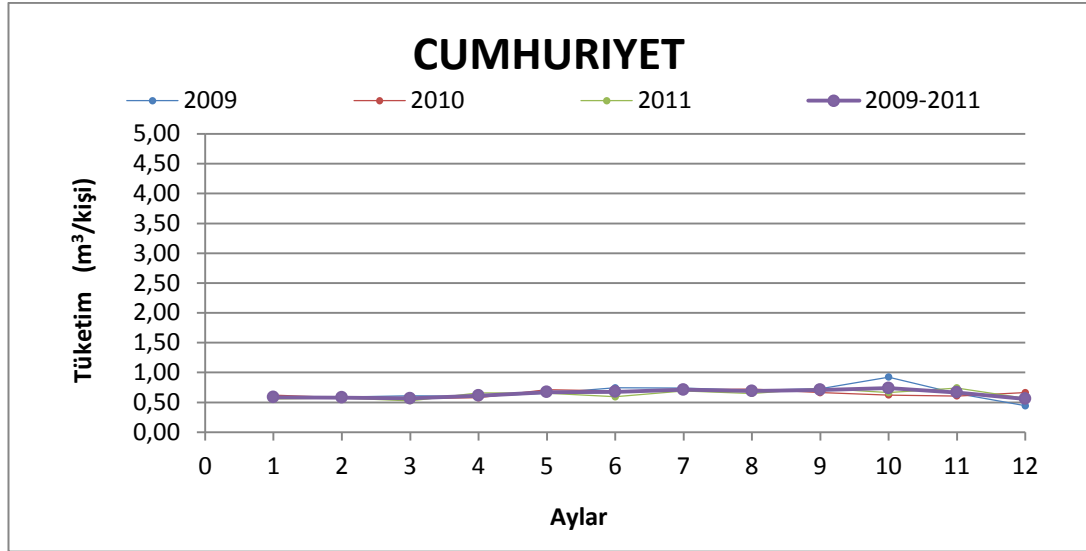
Tablo 5.5. Tüketimin en yüksek olduğu mahalle çıktısı.

İLÇE	YENİSEHIR
MAHALLE ADI	AZİZİYE
YIL	2009
AY	OCAK
YILLIK KAYIPLAR KİŞİ BAŞI (m ³)	41,40
AYLIK SU TÜKETİM KATSAYISI	0
YILLIK SU KAYBI (m ³)	630.209
AYLIK SU KAYBI (m ³)	43.388
AYLIK SU TÜKETİMİ (m ³)	37.861
AYLIK SU TEMİNİ (m ³)	81.249
AYLIK TOPLAM SU KAYIP KATSAYISI	1,15
AYLIK FİZİKİ SU KAYIP KATSAYISI	1,15
AYLIK GÖRÜNÜR KAYIP KATSAYISI	0
AYLIK SU TEMİN KATSAYISI	2,15
AYLIK TOPLAM SU KAYBI (m ³)	43.388
AYLIK GÖRÜNÜR SU KAYBI (m ³)	0
AYLIK FİZİKİ SU KAYBI (m ³)	43.388

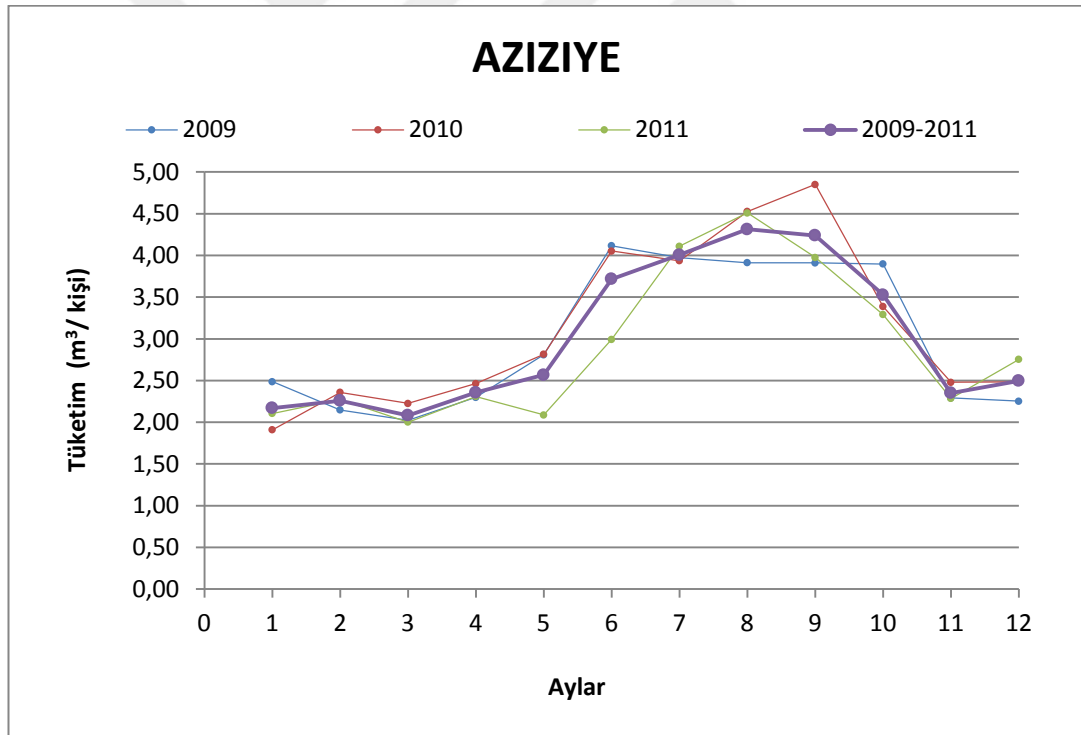
Şekil 5.16 ve 5.17’de görüldüğü gibi bazı mahallelerin kişi başı su tüketiminin çok düşük olduğu buna karşılık Şekil 5.18’de ise su tüketimi en yüksek olan mahallenin kişi başı su tüketim verisi görülmektedir.



Şekil 5.16. Yıllara göre Gürdoğan mahallesi kişi başı tüketim.



Şekil 5.17. Yıllara göre Cumhuriyet mahallesi kişi başı tüketim.



Şekil 5.18. Yıllara göre Aziziye mahallesi kişi başı tüketim.

5.7. Abone ve SCADA Okumaları Arasında Regresyon Analizi

Regresyon analizinde kullanılması nedeniyle regresyon analizinden önce korelasyon katsayısı hakkında biraz bilgi vermekte yarar olduğu söylenebilir. Korelasyon katsayısı, iki veri grubu veya değişken arasındaki istatistiksel ilişkinin şiddetini belirlemede kullanılmaktadır. -1 ile +1 arasında değişmektedir. Farklı düşünüş tarzları ile geliştirilmiş farklı korelasyon katsayıları vardır (Pearson, Kendall, Spearman, Şen gibi) ancak en çok kullanılanı (Denklem 5.16)'de matematiksel ifadesi verilen Pearson korelasyon katsayısıdır. Negatif korelasyon katsayısı bu ilişkinin tersine olduğu, başka bir ifade ile birinin artması halinde diğerinin azaldığı anlamına gelmektedir. Pozitif değerli korelasyon katsayısı ise değişkenler arasındaki ilişkinin doğru olduğu (tersine olmadığı), başka bir ifade ile biri artarken diğerinin de arttığı veya biri azalırken diğerinin de azaldığı anlamına gelmektedir. Bu değerler sıfır olması hali herhangi bir ilişkinin olmadığı anlamına gelmektedir. İster pozitif ister negatif yönde (mutlak değer olarak) katsayı değerinin bire yaklaşması ilişkinin şiddetinin yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Pozitif ve negatif değerlerden bağımsız olarak ilişkinin şiddeti çoğu kez Pearson korelasyon katsayısının karesi olan determinasyon katsayısı ile ifade edilmektedir [75, 76].

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \frac{x_i - \bar{x}}{s_x} * \frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \quad (5.16)$$

Regresyon analizi metrik bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla sayıda metrik bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kullanılan bir istatistiksel yöntemdir [77]. Bazı özel durumlarda bağımsız değişkenler metrik olmayabilir. Tek bir bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon tek değişkenli regresyon analizi olarak adlandırılır. Birden fazla bağımsız değişken kullanıldığı regresyon analizine ise çok değişkenli regresyon analizi denir.

Y bağımlı değişkeni ile X_1, X_2, \dots bağımsız değişkenleri arasındaki istatistik ilişki genel olarak $Y=f(X_1, X_2, \dots)$ şeklinde ifade edilebilir, burada f herhangi bir fonksiyondur [78].

Regresyon analizi genel olarak aşağıdaki sorulara cevap aramada kullanılabilir.

- Bağımlı değişkendeki değişimin önemli bir kısmı bağımsız değişkenlerce açıklanabilir mi? (bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişki var mıdır?)
- Bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarı bağımsız değişkenlerce açıklanabilmektedir? (ilişkinin şiddeti)
- Değişkenler arasında ne tür bir ilişki vardır? (ilişki yapısının belirlenmesi bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel ifadesi)
- Bağımlı değişkene ait ileriye dönük değerleri tahmin etmek mümkün müdür ve nasıl tahmin edilmelidir?
- Belirli şartların kontrol edilmesi durumunda, spesifik bir değişken veya değişkenler grubunun diğer değişken veya değişkenler üzerindeki etkileri nedir ve nasıl değişmektedir?

Regresyon analizi iki ana sınıfta incelemek mümkündür:

1. Doğrusal regresyon analizi
2. Doğrusal olmayan regresyon analizi

Doğrusal regresyon analizi basit ve çoklu doğrusal regresyon analizi olmak üzere iki kısımdır. Tıpkı doğrusal regresyon analizi gibi doğrusal olmayan regresyon analizi de doğrusal olmayan basit ve çoklu regresyon analizi olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Basit doğrusal regresyon analizi regresyon analizinin en basit biçimidir. Çoklu regresyon analizinde genellikle adım adım regresyon tekniği kullanılmaktadır. Çoklu regresyon analizi bu çalışmada yapılmadığı için burada çoklu regresyon analizine girilmeyecektir. Ancak aşağıdaki alt başlıklarda basit doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizi kısaca açıklanmış ve uygulaması verilmiştir.

Doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizinin, sediment kontrol [79-88]. Yüzeysel akış [89]. Taşkın tekerrür [90]. Yağış [91]. Nehir akımları [92]. Yer altı suyu [93]. Su ihtiyacı [94]. Akarsularda boyuna dispersiyon [95, 96]. Olmak üzere hidroloji ve su kaynakları alanında yaygın olarak kullanıldığı güncel literatürden görmek mümkündür.

5.7.1. Basit doğrusal regresyon analizi

Regresyon Analizinde, değişkenler arasındaki ilişkiyi fonksiyonel olarak açıklamak ve bu ilişkiyi bir modelle tanımlayabilmek amaçlanmaktadır. Tablo 5.6'da Efes bölgesi abone ve SCADA okumaları için kullanılan veriler mevcuttur.

Tablo 5.6. Efes Abone ve SCADA aylık veriler.

Aylar	Abone aylık (m ³) tüketim okumaları (X)	SCADA aylık (m ³) tüketim okumaları (Y)
1	21,069	31,168
2	19,548	29,581
3	19,380	32,876
4	21,040	34,610
5	23,028	38,078
6	23,244	40,342
7	26,964	44,223
8	29,742	43,717
9	24,736	39,550
10	23,493	41,188
11	21,548	35,165
12	19,260	35,764
TOPLAM	273,052	446,268

Bir kitlede gözlenen X ve Y değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki aşağıdaki Doğrusal Regresyon Modeli (Denklem 5.17) ile verilebilir;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (5.17)$$

Burada;

X: Bağımsız (Açıklayıcı) değişken

Y: Bağımlı (Açıklanan; Etkilenen; Cevap) değişken

β_0 : X=0 olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değer (kesim noktası)

β_1 : Regresyon Katsayısı

ε : Hata terimi (Ortalaması=0 ve varyansı= σ^2 'dir)

Şekil 5.19’da görüldüğü üzere, regresyon doğrusu yatayla 45 derecelik açı yapmamaktadır. Dolayısıyla SCADA verileri ile Abone verileri arasındaki saçılma diyagramının taraflı olduğu rahatlıkla söylenebilir. Regresyon doğrusu SCADA verilerinin lehine davrandığı görülmektedir. Bu da SCADA verilerinin Abone verilerine göre daha büyük olduğu anlamına gelmektedir. Bunun yanı sıra ikisinin arasındaki korelasyon katsayısının (veya determinasyon) yüksek olması Tablo 5.7 bu hatanın (veya farkın) sistematik olarak 12 ay boyunca devam ettiğini göstermektedir. Başka bir ifade ile SCADA okumalarının Abone verilerinden büyük olması ve bunun tüm aylar için (yıl boyunca) geçerli olması kayıp veya kaçığın sistematik olarak tüm yıl boyunca söz konusu olduğu söylenebilir. Her iki veri grubunun arasındaki doğrusal istatistiksel ilişkinin matematik ifadesi (Denklem 5.18)’te verilmiştir.

$$y = 1.2946x + 7.7316 \quad (5.18)$$

Alınacak olan tedbirlerle kayıp ve kaçakların azaltılması oranında bu denklem $y = x$ doğrusuna yaklaşacak ve kayıp ve kaçakların tamamen giderilmesi halinde (Denklem 5.18) $y = x$ doğrusuna dönüşecektir. Her iki veri grubunun arasındaki farkın daha açık bir şekilde görülmesini sağlamak amacıyla Tablo 5.7’de hem SCADA verilerinin hem de Abone verilerinin tüm istatistik büyüklükler ve ikisinin arasındaki standart hata ve ortalama mutlak rölatif hatalar verilmiştir.

Standart sapma S_x

Korelasyon katsayısı r

Ortalama karekök karesel hata [97].

$$OKKH = \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^N (X_{Abone} - X_{SCADA})^2 \right]^{1/2} \quad (5.19)$$

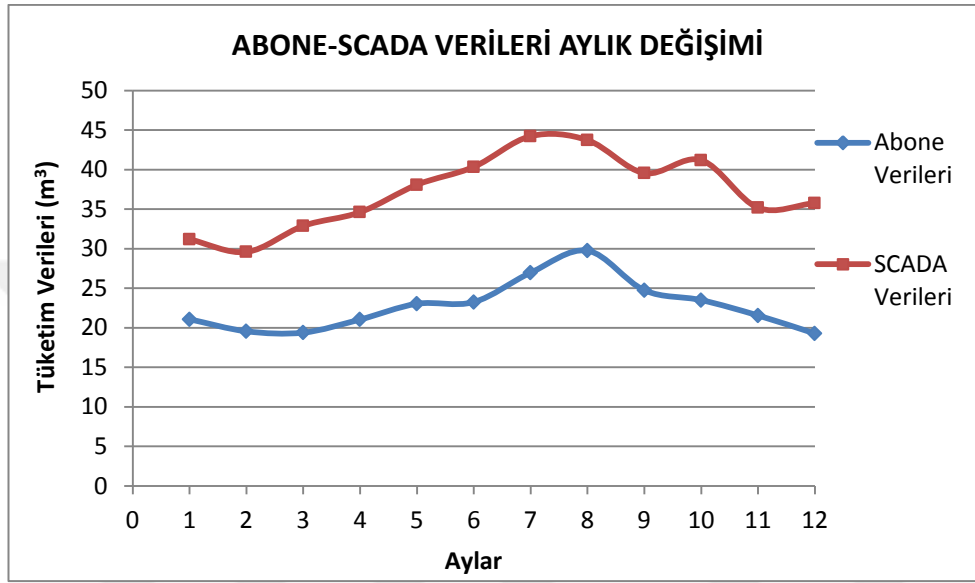
Ortalama mutlak rölatif Hata [97].

$$OMRH = \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^n 100 \frac{|X_{Abone} - X_{SCADA}|}{X_{SCADA}} \right] \quad (5.20)$$

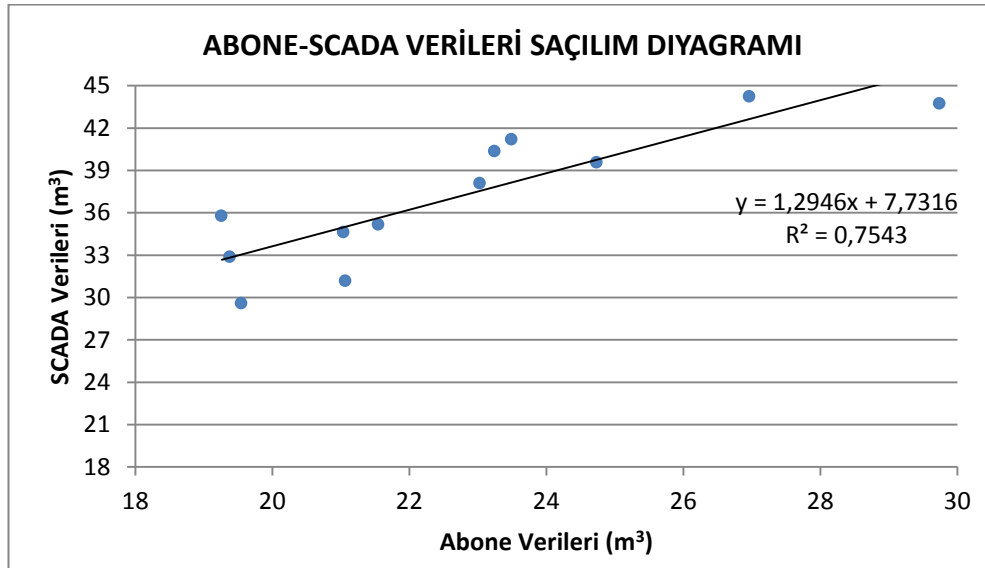
Bu bağıntılarda, X_{Abone} ve X_{SCADA} sırasıyla Abone ve SCADA okumaları, N ise veri sayısıdır.

Tablo 5.7. İki veri grubunun istatistik büyüklükleri ve göreceli hataları.

VERİ GRUBU	İstatistik Büyüklükler							Hata Modları	
	Xmax	Xmin	Xort	Sx	F	Sig.	r	OKKH	OMRH
Abone	29,742	19,260	22,754	3,197	3,191	0,088	0,869	4,226	63,952
SCADA	44,223	29,581	37,189	4,766					



Şekil 5.19. Abone ve SCADA verileri aylık değişimi.

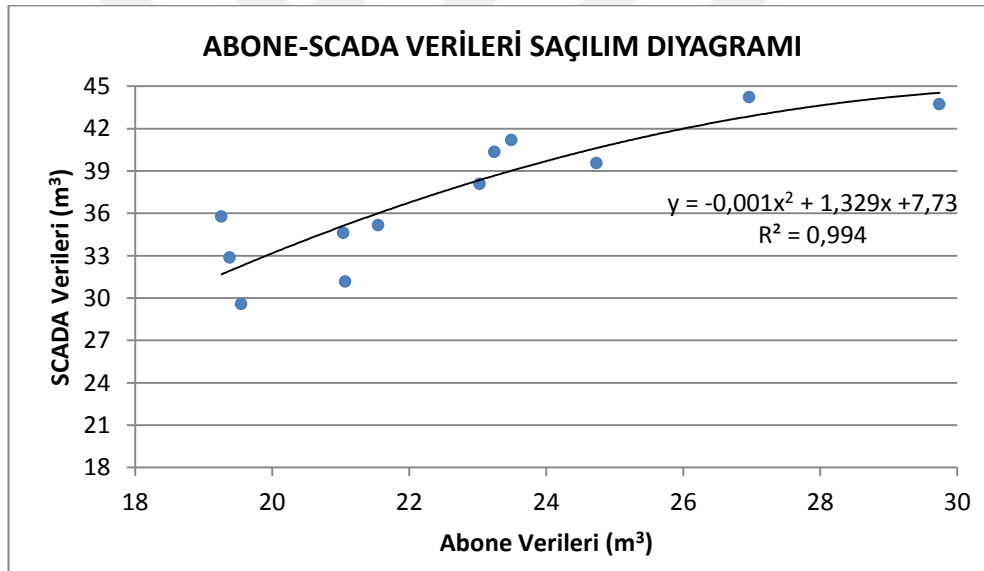


Şekil 5.20. Veri grubu arasındaki doğrusal ilişkiyi gösteren saçılım diyagramı.

5.2.2. Doğrusal olmayan basit regresyon analizi

Yukarıdaki analizi doğrulamak üzere aynı analiz doğrusal olmayan regresyon analizi ile tekrarlanmıştır. Zorunlu fiziki kayıpların 7,73 kabul edilmesi halinde parabolik regresyon modeli aşağıda Şekil 5.20’de elde edilmiştir. Modelde X^2 nin katsayısı istatistik olarak %5 anlam düzeyinde önemsiz görülmüştür. Bu durumda parabolik modelin her ne kadar F testi olumlu sonuç verse de katsayılar için yapılan t testi olumsuz sonuç vermesi sebebiyle istatistik açıdan geçerli olmadığına karar verilmiştir. Her iki veri grubunun arasındaki doğrusal olmayan istatistiksel ilişkinin matematik ifadesi (Denklem 5.21)’de verilmiştir.

$$y = -0.001x^2 + 1.329x + 7.73 \quad (5.21)$$



Şekil 5.21. Veri grubu arasındaki ikinci derecede ilişkiyi gösteren saçılma diyagramı.

5.7.3. (Student) t dağılımı

İki veri grubu arasındaki mevcut farkın istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı t (Student) testi ile belirlenmiştir. İki bağımsız grubun ortalamalarının farkını test etmek için öncelikle grupların varyanslarının eşit olup olmadığı (yani homojenliği) araştırılır. Program olarak SPSS kullanılmıştır.

Bunun için Levene testi uygulanmaktadır. Tablo 5.7’de görüldüğü gibi F istatistiği 3.191 olarak hesaplanmış olup olasılığı 0.088 olarak bulunmuştur. Buna göre varyansların homojenliği hipotezi %5 anlam düzeyinde kabul edilmiştir. Yani SCADA ve abone verileri varyansları %5 anlam düzeyinde homojendir. Bu düzeyde SCADA ve abone verileri ortalamaları karşılaştırılması için varyansların homojenliği dikkate alınarak t testi uygulanmıştır.

Ortalamaların birbirine eşit olup olmaması veya birinin diğerinden küçük veya büyük olması seçeneklerinin tamamını dikkate alınarak çift kuyruk testi seçilmiştir. H0 hipotezi iki ortalamanın birbirine eşit olması ve H1 hipotezi ise eşit olmamasını ifade etmektedir.

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S^2_x + (n_2-1)S^2_y}{n_1+n_2-2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (5.22)$$

t değeri (Denklem 5.22) hesaplanmış ve t= - 8.713 olarak bulunmuştur. Yukarıdaki hesaplama t değeri t teorik değeri ile karşılaştırılarak test edebiliriz t tablosundan 22 serbestlik derecesi ve %5 anlam değeri için $t_{0.05/2}=2.073$ olarak bulunmuştur. Buna göre $t=-8.713 < t_{0.05/2}=2.073$ olduğundan H0 hipotezi ret edilmiştir. SCADA ve abone verilerinin ortalamalarının eşit olmadığı anlaşılmıştır.

BÖLÜM 6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

CBS, SCADA ve Abone Bilgi Sistemi entegrasyonunun ne kadar önemli olduğu seçilen bölgelerde yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır ve bunun yanı sıra diğer karşılaştırma yapılan programların sonucu da model çıktılarına oldukça yakın çıkmıştır. Bunun sebebi kullanılan tahminlerin gerçeğe çok yakın olmasıdır. EFES bölgesinde yapılan çalışmalarda içme suyu borularının bağlantılarının bilindiği gibi olmadığı görülmüş, alt bölge oluşturulurken bu yeni bilgiler doğrultusunda çalışmalar ve bu çalışmaların yanı sıra Efes bölgesinin nüfusa dayalı aylık Q_{CBS} su tüketim hesapları yapılmıştır (Tablo 6.5.).

CBS çalışmaları yapıldığında 6 dairelik bir binanın yıllardır abonesiz su tükettiği tespit edilmiştir. Su sayaçlarının tamamı yeni C sınıf sayaçlar ile değiştirilmiş sonuçta su tüketimlerinin arttığı görülmüştür. Kaçak bulma ekibinin gece çalışmaları sonucunda bulunan sızıntılar onarılmış ve fiziki kayıplar minimuma indirilmiştir. Efes DMA bölgesinde yapılan çalışmalar sonrası fiziki kayıplar % 3,33 ve görünür kayıplar % 28,58 düşürülmüştür. Bu fiziki kayıplar açısından çok büyük bir başarıdır.

SCADA sayesinde gece tüketimleri incelenmiş çalışmalardan önce $60 \text{ m}^3/\text{saat}$ olan tüketim $20 \text{ m}^3/\text{saate}$ indirilmiştir. Bu bölgede yapılan çalışmalar ile minimum aylık kaçak miktarı kaçınılmaz kayıp olarak kabul edilmiş ve diğer değerler bu değere oranlanmıştır.

1999'dan beri Lambert A, tarafından geliştirilen formül (denklem 3.1) basınç ile fiziki kayıplar arasında bir bağlantının olup olmadığı konusunda günümüzde kullanılan en popüler formüldür. Tablo 6.1'de görüldüğü gibi formülün çıkış yaklaşımı görülmektedir. Bu tabloda su işletim sisteminde var olan arızalardan

kaynaklanan kayıp su miktarlarının kategorize edilmesi ve şebeke uzunluğu, servis bağlantı sayılarına oranlandıktan sonra işletme basıncına bölünerek bulunan katsayılardır. Formülde kullanılan nicelikler aşağıda verilmiştir.

$$YKFK = [(18 \times Lm) + (0.8 \times Ns) + (25 \times Lp)] \times P \quad (3.1)$$

YKFK = Yıllık Kaçınılmaz Fiziki Kayıplar (Litre/bağlantı/gün)

Lm = Toplam şebeke uzunluğu (km).

Ns = Servis bağlantı sayısı. (adet)

Lp = Servis bağlantıları toplam uzunluk (km).

P = Bölgenin ortalama işletme basıncı (m).

Tablo 6.1. Kaçınılmaz yıllık fiziki kayıpların bileşenleri [98].

Altyapı Bileşenleri	Kaçınılmaz Yıllık Fiziki Kayıpların Bileşenleri			Basınc 50m	
	Bakım Kayıpları	Rapor Edilmiş Kırıklar	Rapor Edilmemiş Kırıklar	Toplam	Toplam/Basınc
Şebeke Borusu	480	290	130	900	18
km	litre/km/gün	litre/km/gün	litre/km/gün	litre/km/gün	litre/km/gün
Servis Bağlantısı	30	2	8	40	0,8
adet	litre/bağlantı/gün	litre/bağlantı/gün	litre/bağlantı/gün	litre/bağlantı/gün	litre/bağlantı/gün
Servis Bağlantı Boruları	800	95	355	1250	25
km	litre/km/gün	litre/km/gün	litre/km/gün	litre/km/gün	litre/km/gün

Efes bölgesinde yapılan çalışmada (denklem 5.1) de bulunan katsayılar A, B ve C yeni bir tahmin ve yaklaşım metodu ile bulunmuştur. Efes bölgesinde yapılan iki yıllık çalışmada aylık bulunan minimum fiziki kayıp miktarı, kaçınılmaz yıllık fiziki kayıp miktarı olarak kabul edilmiştir (Tablo 6.6.).

$$YKFK = [(A \times Lm) + (B \times Ns) + (C \times Lp)] \times P \quad (5.1)$$

Kaçınılmaz fiziki kayıp miktarı : 821 m³/ay

Yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp miktarı : 9.852 m³/yıl

Yıllar içinde yapılan tüm arızaların CBS'ye işlenmesi sayesinde bu miktarın %50'sinin servis bağlantılarından ve %50'sinin şebekeden olduğu tahmin edilmiştir (Tablo 6.2.).

Tablo 6.2. Yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp miktarının oranlanması.

Altyapı Bileşenleri	Yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp miktarı 9.852 (m ³)
Şebeke Borusu (km)	50% 4.956 (m ³)
Servis Bağlantısı (adet)	50% 4.956 (m ³)

Şebeke kayıpları kendi içinde %60 şebeke dağıtım borusu ve %40 servis bağlantı uzunluğu olarak dağıtıldı (Tablo 6.3.).

Tablo 6.3. Şebeke borusu oranları.

Şebeke borusu yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp miktarı	4.956 (m ³)
Şebeke Borusu (km)	60% 2.974 (m ³)
Servis borusu (km)	40% 1.982 (m ³)

Şebeke uzunluğu (Lm)	: 4,1 km
Abone bağlantı sayısı (Ns)	: 152 adet
Abone bağlantı uzunluğu (Lp)	: 2,06 km
Ortalama basınç (P)	: 38 m

Tablo 6.4'te bulunan yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp miktarları basınç miktarına ve şebeke miktarlarına oranlanarak katsayılar bulunmuştur.

Tablo 6.4. Yıllık kaçınılmaz fiziki kayıp katsayıları.

Altyapı bileşenleri			Sistem basıncı (m)	Kayıp miktarları (m ³)	katsayılar
Şebeke borusu (A)	km	4,1	38	2.956	18,97
Servis bağlantısı (B)	adet	152	38	4.926	0,85
Servis borusu (C)	km	2,06	38	1.970	25,17

Bulunan katsayılar sonucu bu bölgeye has kaçınılmaz kayıplar (Denklem 6.1) formülü ile hesaplanmıştır.

$$YKFK = [(18,97 \times 4,1) + (0,85 \times 152) + (25,17 \times 2,06)] \times 38 = 9.852 \text{ m}^3/\text{yıl} \quad (6.1)$$

Tablo 6.6 ve Tablo 6.7’de 2013-2014 yılları arasında aylara göre AKE katsayıları verilmiştir. Bu tablolar incelendiğinde çalışma bölgesinden ayrıldıktan sonra müşterilerin tekrar illegal olarak su tüketmeye başladıkları gözlenmektedir. Bu bölgede AKE katsayısının artması fiziki kayıpların artışı manasına gelmez, müşterilerin sayaçtan önce su kullandıklarını gösterir.

Tablo 6.5. Efes bölgesi Q_{cbs} aylık su tüketimi.

AYLAR	KİŞİ BAŞI TÜKETİM (m ³)	NUFUS	CBS TÜKETİM (m ³)
OCAK	2,78	10.925	30.347
ŞUBAT	2,56	10.925	27.968
MART	2,33	10.925	25.455
NİSAN	2,56	10.925	27.968
MAYIS	2,61	10.925	28.514
HAZİRAN	2,89	10.925	31.573
TEMMUZ	3,50	10.925	38.238
AĞUSTOS	3,61	10.925	39.439
EYLÜL	3,17	10.925	34.632
EKİM	3,05	10.925	33.321
KASIM	2,83	10.925	30.918
ARALIK	2,66	10.925	29.061

Tablo 6.6. Efes bölgesi AKE katsayıları 2013 yılına göre.

Aylar_2013	Q_scada(m ³)	Q_gis(m ³)	Q_fiziki_kaçak (m ³)	AKE
Ocak_2013	31.168	30.347	821	1,00
Şubat_2013	29.581	27.968	1.613	1,96
Mart_2013	32.876	25.455	7.421	9,04
Nisan_2013	34.610	27.968	6.642	8,09
Mayıs_2013	38.078	28.514	9.564	11,65
Haziran_2013	40.342	31.573	8.769	10,68
Temmuz_2013	44.223	38.238	5.985	7,29
Ağustos_2013	43.717	39.439	4.278	5,21
Eylül_2013	39.550	34.632	4.918	5,99
Ekim_2013	41.188	33.321	7.867	9,58
Kasım_2013	35.165	30.918	4.247	5,17
Aralık_2013	35.764	29.061	6.703	8,16

Tablo 6.7. Efes bölgesi AKE katsayıları 2014 yılına göre.

Aylar_2014	Q_scada(m ³)	Q_gis(m ³)	Q_fiziki_kaçak (m ³)	AKE
Ocak_2014	36.947	30.347	6.600	8,04
Şubat_2014	34.178	27.968	6.200	7,55
Mart_2014	37.758	25.455	12.303	14,99
Nisan_2014	37.922	27.968	9.954	12,12
Mayıs_2014	40.340	28.514	11.826	14,40
Haziran_2014	40.255	31.573	8.682	10,57
Temmuz_2014	46.031	38.238	7.794	9,49
Ağustos_2014	43.948	39.439	4.509	5,49
Eylül_2014	40.694	34.632	6.062	7,38
Ekim_2014	37.773	33.321	4.452	5,42
Kasım_2014	33.437	30.918	2.519	3,07
Aralık_2014	33.130	29.061	4.070	4,96

Su kayıpları günümüzde enerji giderleri, kimyasallar ve işletme giderleri hesaba katıldığında oldukça maliyetlidir. Su dağıtım kuruluşları için su kayıplarını azaltmanın birçok sebebi olmasına rağmen su dengesini sağlamaya yönelik çalışmalar ve zamanında alınmayan kararlar, kaçaklar ile mücadele etmeyi erteler [99].

Dağıtım borularındaki kaçaqları bulmak oldukça maliyetli bir iş olmasının yanı sıra eğitilmiş ve deneyimli personel gerektirir. Gelişen teknolojiler yardımı ile SCADA sistemi ve kaçak bulma donanımına sahip olmak gerekir. Gelişen coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması ile su dağıtım şebekelerinin tüm özellikleri koordinatlı olarak belirtmeli ve dijital ortama aktarılmalıdır. Alt ölçüm bölgeleri oluşturulduktan sonra bölgenin hidrolik modellemesi kalibre edilmelidir. Abone bilgi sistemi, coğrafi bilgi sistemi ile entegre edilmeli ve gerçek zamanlı su tüketim hesapları yapılarak gündüz ve gece debileri ayarlanabilmelidir [100]. Bölge sınırlarındaki vanalar kontrol edilmeli problem varsa yenileri ile mutlaka değiştirilmelidir. Basınç yönetimi için karar alınmadan önce sistemdeki ana borularda mutlaka basınç ölçümleri yapılmalıdır. Çünkü basınç azaltmanın birçok mahsurunun olduğu da bilinmelidir.

Kaçığın tespiti ve onarımının kalitesi önemli olduğu kadar hızı da önemlidir. İşletme ve bakımı üstlenen personeller iyi bir donanıma sahip olmaları ile birlikte iyi bir eğitime de sahip olmaları gerekir. Bu personeller oluşturacakları denetim raporları ile sürekli kontroller yapmalı, çünkü sistemde bulunması zor olan sızıntılar bu denetimler sayesinde bulunur. Tüm bu çalışmalar coğrafi bilgi sistemlerine aktarılmalı ve gerekli analizler yapılmalıdır.

İçme suyu kayıp ve kaçaqlarının azaltılmasına yönelik temel ilkeler aşağıdaki gibi olmalıdır.

- 1- Dağıtım sistemine verilen su miktarı mutlaka ölçülmelidir.
- 2- İçme suyu dağıtım şebekesi dijital ortama aktarılmalı ve mutlaka akıllandırılmalıdır.
- 3- Büyük veya küçük bir SCADA sistemi kurulmalıdır.
- 4- İçme suyu dağıtım sisteminde kullanılan su depolarının vanaları ve seviyeleri kontrol altına alınmalıdır.
- 5- Su sayaçlarının tespitinin yapılması ve izinsiz tüketimlerinin önüne geçilmesi sağlanmalıdır.

- 6- Sistemde kullanılan boruların ekonomik ömürlerine ve malzeme özelliklerine göre bakımı yapılmalıdır.
- 7- Basınç yönetiminin uygulanması sağlanmalıdır.
- 8- Gerekli görülen bölgelerde debi yönetimi uygulanmalıdır.
- 9- Fiziki kayıpların fazla olduğu yerlerde alt bölgeler (DMA) mutlaka oluşturulmalı ve sebepleri araştırılmalıdır.
- 10- İçme suyu sisteminin kalibre edilmiş hidrolik modelinin yapılması sağlanmalıdır.
- 11- İşletme bakım onarımında çalışan personellerin, sürekli eğitimler ile desteklenmesi.
- 12- Yönetim ve organizasyon şeması gözden geçirilerek, kayıp kaçakları önlemeye yönelik yeniden revize edilmelidir.

Bütün bu çalışmalar ışığında yapılacak yeni yönetmelikler ile kayıp kaçakların önüne geçmek için sürekli çalışılmalıdır. Çünkü su hayat için çok önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/International_Water_Association, Erişim Tarihi: 30.06.2016.
- [2] Su Kayıpları Nasıl Önlenir- PROWAT, Eflatun Yayın evi, Mart 2009.
- [3] <http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/SUturkcePROJE.pdf>, Erişim Tarihi : 05.03.2009.
- [4] http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/anasayfa/resimlihaber/13-04-05/Su_05/Su_Kay%C4%B1pKa%C3%A7aklar%C4%B1_%C3%87al%C4%B1%C5%9Ftay%C4%B1_ve_Sunumlar%C4%B1.aspx?sflang=en, Erişim Tarihi: 15.06.2016.
- [5] http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xd3rxhH41goJ:suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/%25C4%25B0SK%25C4%25B0_Sunum_1.sflb.ashx+%&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr, Erişim Tarihi: 15.06.2016.
- [6] Beyhan PALA, Ayşegül LATİFOĞLU (1998). İçme suyu şebekelerinde oluşan su kayıpları: Kayseri ili örneği.
- [7] Alev KABAĞCI, Haluk KARADOĞAN (2002) İzmir içme suyu sistemi kaçak azaltma pilot çalışması, VI ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi.
- [8] Zeynep KARACA, içme suyu şebeke sistemlerinde su kayıp ve kaçakların tespiti, yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi 2009.
- [9] Developing a methodology for finding network water losses using information Technologies :acasestudy” by Hayrettin Onur Bektaş the degree of master of science, Middle East Technical University, december 2010.
- [10] Implementation of hydraulic modelling for water loss reduction through pressure management, Water Resour Manage, I. E. Karadirek, S. Kara, G. Yilmaz, Muhammetoglu, H. Muhammetoglu, 20 April 2012.
- [11] Su kayıp kaçaklarının tespitine yönelik CBS destekli su şebekesi hidrolik model oluşturulması, M. Erkan UÇANER, Osman ÖZDEMİR. Ankara.
- [12] <http://www.awwa.org/resources-tools/water-knowledge/water-losscontrol.aspx> : Erişim Tarihi: 20.02.2013.

- [13] <http://www.kaski.gov.tr/detaylar.asp?id=51>, Erişim tarihi: 15.06.2016.
- [14] Leakage Control Policy and practice, Technical Working Group on Waste of Water (1985), UK Water Authorities Association, WRc, ISBN 094561 95 X.
- [15] Malcolm Farley and Stuart Trow “Leakage control in southern Europe”, Italy. (1999).
- [16] Leakage control and non-revenue water analysis-water works coporation, Malta. (1999).
- [17] Leakage Management and control – A Best Practice Training Manual (2001):M Farley, World Health Organisation, Geneva.
- [18] An evaluation of the water distribution system for system losses in Sarina Shire Council, Australia. (2001).
- [19] “Benchmarking of leakage for water supplies in South Africa”, South Africa Water Research Commission by RS Mc Kenzie, AO Lambert, JE Kock and W Mtshweni, January 2002.
- [20] AWWARF Report “Leakage management Technologies” Due for Publication Late 2007.
- [21] “Modeling leakage in water distribution systems” by Kristin Brown The Florida State University College of Engineering master of science, 2007.
- [22] Bektaş, Hayrettin Onur, Developing a methodology for finding network water losses using information Technologies: a casestudy. M.Sc. thesis, METU-2010.
- [23] “Infrasture Leakage Index (ILI) as Water Losses Indicator”, Winarni, W. Civil engineering dimension. Vol. 11, No. 2 September 2009.
- [24] “water loss guidlines” , Water New Zealand, february 2010.
- [25] Osama Hunaidi “ Leakage management for water distribution infrastructure report 1” result of DMA experiments in Regina, National Research Council Canada, SK by , june 2010.
- [26] ”IT system for computer aided management of communal water Networks by menas of GIS, SCADA, mathematical models and optimization algorithms”, by Jan Studzinski february 2013.
- [27] “Lambert, A. and J. Morrison. “RecentDevelopments in Application of‘Bursts and Background Estimates’ Concepts of Leakage Management.” *Journal of Chartered Institute of Water and Environmental Management*. 10 April 1996:100–104.

- [28] Hiki, S. Relationship between Leakage and Pressure. *Journal of Japan Water Works Association*, 51(5):50–54, 1981.
- [29] Su Kayıpları Nasıl Önlenir- PROWAT, Eflatun Yayın evi, Mart 2009.
- [30] WaterLoss Control, Thornton J , Sturm R, Kunkel G, McGrawHill Second edition, 2008.
- [31] Losses in Water Distribution Networks, Malcolm Farley and Stuart Trow (IWA), IWA publishing -2007.
- [32] Water Loss Control Manual, Julian Thornton-McGrawHill-2002.
- [33] Lambert, A., Brown, T.G., Takizawa, M, and D. Weimer. 1999. A Review of Performance Indicators for Real Losses from Water Supply Systems. *Aqua*, Vol. 48, No.6.
- [34] Grigg, S.N. Main Break Prediction, Prevention, and control. Denver, Colo AWWARF, AWWA, and IWA, 2005.
- [35] American Water Works Association. Water Audits and Leak Detection, 3rd.ed. Manual M36. Denver, Colo: AWWA, in press.
- [36] World Bank Institute, NRW Training Module 6, Performance Indicators. Roland Liemberger 2005. (Dünya Bankası Enstitüsü, GGS Eğitim Modülü 6, Performans Göstergeleri. Roland Liemberger 2005.
- [37] Seago.C, McKenzie. R, Liemberger. R. International Benchmarking from Water Reticulation Systems. Paper presented to Leakage 2005 Conference, Halifax, Canada, 2005. Seago.C, McKenzie.R, Liemberger.R. Su Ağı Sistemlerinde Uluslararası Kıyaslama. Kaçak 2005 Konferansı, Halifax, Kanada, 2005.
- [38] Thornton, J.,and Lambert, A. *Pressure Management Extends Infrastructure Life and Reduces Unnecessary Energy Costs*. Bucharest, Romania: IWA WaterLoss, 2007.
- [39] Rizzo, A. “Tactical planning for effective leakage control. Leakage Management.” *A Practical Approach Conference: IWA, Lemesos, Cyprus: IWA*, 2002.
- [40] Lambert, A. and J. Morrison. “Recent Developments in Application of ‘Burstsand Background Estimates’ Concepts of Leakage Management.” *Journal of Chartered Institute of Water and Environmental Management*. 10 April 1996:100–104.

- [41] Farley, M, and Trow, S (2003) *Losses in Water Distribution Networks – Practitioner’s Guide to Assessment Monitoring and Control*. London: IWA Publishing ISBN 19002221.
- [42] “Evaluation of indoor urban water use and water loss management as conservation options in Florida” by Kenneth Ross Friedman, the degree of master of engineering, University of Florida (2009).
- [43] *Managing and Reducing Losses from Water Distribution System* (2004), 10 Manuals, Wide Bay Water Corporation, ISBN 0724294953.
- [44] Sterling, M.J.H, andBergiola, A (1984) “ Leakage reduction by optimised control of valves in water Networks” *Trans. Inst. Meas. Control* (london), 6 (6), 293-298
- [45] Nicolini, M, andZovatto,L. (2009) “ Optimal location and control of pressure reducing valves in water Networks” *J.water Resour Plann. Manage*, 126 (4) 245-250.
- [46] Thornton J. *New tools for precision pressure management—a casestudy in SABESP, Sao Paulo, Brazil*. IWA World WaterCongress, Beijing, 2006.
- [47] Goodwin,SJ, The results of the experimental programme on leakage and Leakage control technical report TR154 Swidon: Water research Centre 1980.
- [48] May,j Leakage, Pressure and control, Paper presented at BICS International conference on leakage control Investigation in underground assets, London, March, 1994.
- [49] Lambert, A, Pressure management/leakage relationships: theory, concepts andPractical application, paper presented at IQPCS seminar, London, Aprir, 1997.
- [50] Kunkel, G. “ApplyingWorldwide Best Management Practices in WaterLoss Control, AWWA WaterLoss Control” Committee Report. *Jour. AWWA*. vol. 95. 2003.
- [51] Thornton, J.,Garzon, F., and Lambert, A. “Pressure-LeakageRelationships in Urban Water Distribution Systems.” *International Conference on WaterLoss Management*. Skopje, Macedonia: ADKOM USAID GTZ, September, 2006.
- [52] *Water Audits and Loss Control Programs-* M36 American Water Works Association (AWWA)third edition, 2009.
- [53] Dickinson, M. A., “RedesigningWaterLossStandards in California Using the New IWA Methodology.” *Proc. oftheLeakage 2005 Conference*, Halifax, Canada: World Bank Institute, 2005.

- [54] DİSKİ Genel Müdürlüğü, İçme suyu Daire Başkanlığı, 2013.
- [55] DİSKİ Genel Müdürlüğü 2016 Mali Yılı Analitik Bütçe sayfa no:132.
- [56] DİSKİ 2015 faaliyet raporu. Sayfa 138.
- [57] DİSKİ Genel Müdürlüğü, İçme suyu Daire Başkanlığı, 2013.
- [58] DİSKİ Genel Müdürlüğü, Abone Daire Başkanlığı, 2013.
- [59] Toprak, S., Koç, A. C., Bacanlı, Ü. G.;Dikbaş, F., Fırat, M., Dizdar, A. (2007), İçme Suyu Dağıtım Sistemlerindeki Kayıplar, III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 10- 14 Eylül 2007 Gümüşdör, İzmir.
- [60] Geographical Information Systems Paul A. Longley, Michael F. Goodchild , David J. Maguire and David W. Rhind.
- [61] Geographical Information Systems, Delaney J, Oxford University Press, 1999.
- [62] Oliver, M.A. and Webster, R. Kringing (1990), A method of inter-polation for geographical information system 4(3):313-332.
- [63] <https://tr.wikipedia.org/wiki/SCADA>, Erişim Tarihi: 13.10.2015.
- [64] <https://inductiveautomation.com/what-is-scada>, Erişim Tarihi: 15.10.2015.
- [65] SCADA – Stuart A. Boyer, ISA second edition, 1999.
- [66] DİSKİ Genel Müdürlüğü, Abone Daire Başkanlığı.
- [67] DİSKİ Genel Müdürlüğü, İçme suyu Daire Başkanlığı.
- [68] www.basarssoft.com.tr, Erişim Tarihi: 13.07.2013.
- [69] https://en.wikipedia.org/wiki/MapInfo_Professional, Erişim Tarihi: 07.03.2014.
- [70] <http://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence.html?products-tab>, Erişim Tarihi: 22.07.2015.
- [71] <https://en.wikipedia.org/wiki/MapBasic>, Erişim Tarihi: 11.08.2014.
- [72] <http://www.teknokoliker.com/2011/11/c-nedir-c-temelleri-nelerdir.html>, Erişim Tarihi: 13.07.2015.
- [73] Orman Ve Su İşleri Bakanlığı'nın 08/05/2014 tarihli ve 28994 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği.

- [74] Toprak, ZF, (2009), Flow Discharge Modeling in Open Canals Using a New Fuzzy Modeling Technique (SMRGT), *CLEAN-Soil, Air, Water*, 37(9), 742–752, DOI: 10.1002/clen.200900146.
- [75] Hinton, P.R. (1996), *Statistic Explained*, Routledge; Malhotra, N.K. (1996), *Marketing Research-An Applied Orientation*, Prentice Hall.
- [76] Altunışık, R. Çoşkun, R. Bayraktaroğlu, S. Yıldırım, E. “Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri” Sakarya 2010.
- [77] Hair, J.F., R.E., Anderson, R.L., Tatham and W.C. Black (1998), *Multivariate Data Analysis*, 5. Edition, Prentice Hall.
- [78] Mehmetçik BAYAZIT (1996) “İnşaat mühendisliğinde olasılık yöntemleri” İTÜ inşaat fakültesi matbaası.
- [79] Principal Component and Multiple Regression Analyses for the Estimation of Suspended Sediment Yield in Ungauged Basins of Northern Thailand (vol 6, pg 2412, 2014) By: Wuttichaikitcharoen, Piyawat; Babel, Mukand Singh, *WATER* Volume: 6 Issue: 9 Pages: 2847-2848 Published: SEP 2014.
- [80] Principal Component and Multiple Regression Analyses for the Estimation of Suspended Sediment Yield in Ungauged Basins of Northern Thailand By: Wuttichaikitcharoen, Piyawat; Babel, Mukand Singh *WATER* Volume: 6 Issue: 8 Pages: 2412-2435 Published: AUG 2014.
- [81] Using Discriminant Analysis and Logistic Regression in Mapping Quaternary Sediments By: Heil, Kurt; Schmidhalter, Urs *MATHEMATICAL GEOSCIENCES* Volume: 46 Issue: 3 Pages: 361-376 Published: APR 2014.
- [82] Fitting sediment rating curves using regression analysis: a case study of Russian Arctic rivers By: Tananaev, Nikita I. Edited by: Xu, YJ; Allison, MA; Bentley, SJ; et al. Conference: International Symposium on Sediment Dynamics: From the Summit to the Sea Location: New Orleans, LA Date: DEC 11-14, 2014.
- [83] Applying regression analysis to calculating suspended sediment runoff: Specific features of the method By: Tananaev, N. I. *WATER RESOURCES* Volume: 40 Issue: 6 Pages: 585-592 Published: NOV 2013.
- [84] Regression analysis between sediment transport rates and stream discharge for the Nestos river, Greece By: Angelis, I.; Metallinos, A.; Hrissanthou, V. *GLOBAL NEST JOURNAL* Volume: 14 Issue: 3 Pages: 362-370 Published: SEP 2012.
- [85] Assessment of sidewall erosion in large gullies using multi-temporal DEMs and logistic regression analysis By: Martinez-Casasnovas, JA; Ramos, MC; Poesen, J. *GEOMORPHOLOGY* Volume: 58 Issue: 1-4 Pages: 305-321 Published: MAR 1 2004.

- [86] Analysis of regional suspended sediment in Gorganroud drainage basin by using regression equation By: Feiznia, S; Varvani, J; Arabkhedri, M Edited by: Hu, C; Tan, Y; Zhou, Z; et al. Conference: 9th International Symposium on River Sedimentation Location: Yichang, PEOPLES R CHINA Date: OCT 18-21, 2004.
- [87] Criteria for the use of regression-analysis for remote-sensing of sediment and pollutants by: whitlock, ch; kuo, cy; lecro, sr remote sensing of environment volume: 12 issue: 2 pages: 151-168 published: 1982.
- [88] Study on Urban Wastewater Discharge Forecasting and Influence Factors Analysis Based on Stochastic Gradient Regression By: Li Huaiyu; Wang Hongli; Li Guanmin; et al. Edited by: Luo, Q; Zhu, M Conference: 3rd International Symposium on Intelligent Information Technology Application Location: Nanchang, PEOPLES R CHINA Date: NOV 21-22, 2009.
- [89] Quantifying surface runoff in the water district of Western Macedonia using multiple regression analysis and GIS By: Zabanakis, G.; Baltas, E.; Dassaklis, A.; et al. Edited by: Lekkas, TD Conference: 8th International Conference on Environmental Science and Technology Location: Lemnos Isl, GREECE Date: SEP 08-10, 2003.
- [90] A comparative study of regression based methods in regional flood frequency analysis By: Pandey, GR; Nguyen, VTV journal of hydrology ISSN: 0022-1694 journal of hydrology Volume: 225 Issue: 1-2 Pages: 92-101 Published: NOV 22 1999.
- [91] Predictive skills of seasonal to annual rainfall variations in the US Affiliated Pacific Islands: Canonical correlation analysis and multivariate principal component regression approaches By: Yu, ZP; Chu, PS; Schroeder, T.
- [92] Comparison of ANN and principal component analysis-multivariate linear regression By: Noori, Roohollah; Khakpour, Amir; Omidvar, Babak; et al. expert systems with applications.
- [93] Application of geographically weighted regression model to analysis of spatiotemporal varying relationships between groundwater quantity and land use changes (case study: Khanmirza Plain, Iran) By: Javi, Shahabeddin Taghipour; Malekmohammadi, Bahram; Mokhtari, Hadi environmental monitoring and assessment.
- [94] Support Vector Regression and Time Series Analysis for the Forecasting of Bayannur's Total Water Requirement By: Ju, Xuchan; Cheng, Manjin; Xia, Yuhong; et al. Edited by: Shi, Y; Lepskiy, A; Aleskerov, F Conference: 2nd International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM) Location: Natl Res Univ, Higher Sch Econ, Moscow, RUSSIA Date: JUN 03-05, 2014.

- [95] Kashefipour, S. M. and Falconer, R. A. (2002). "Longitudinal dispersion coefficients in natural streams." *Water Research*, Vol. 36, No. 6, pp.1596-1608.
- [96] Seo II, W. and Cheong, S. (1998). "Predicting longitudinal dispersion coefficient in natural streams." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 124, No 1, pp. 25-32.
- [97] Toprak, Z.F. (2004), Akarsularda boyuna dispersiyon katsayısının Bulanık Mantık Yöntemi İle Belirlenmesi (DOKTORA TEZİ), İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [98] Lambert, A, (1999) Ten Years Experience in using the UARL Formula to calculate Infrastructure Leakage Index.
- [99] National Water Council "Leakage Control PolicyandPractice." *NWC Standing Technical Report 26*: NWC, 1980, 1985.
- [100] Kunkel, G. "Developments in WaterLoss Control Policyand Regulation in the United States." In *Proc. Of the Leakage 2005 Conference*. Halifax, Canada: The World Bank Institute, 2000.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Songur, 13.07.1967 de Diyarbakır'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Diyarbakır'da tamamladı. İTÜ İnşaat Mühendisliği bölümünü 1992 yılında bitirdi. 1997 yılında Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik ABD'den yüksek mühendis olarak mezun oldu. 1992 – 2000 yılları arasında özel şirketlerde mühendis olarak çalıştı. 24.08.2000 yılından bu yana Diyarbakır Su ve Kanalizasyon Genel Müdürlüğü'nde (DISKI) içme suyu daire başkanlığında mühendis olarak çalışmaktadır. Bu süre içerisinde SCADA ve CBS birimlerini kurmuş ve yöneticisi olarak çalışmıştır.