

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜŞTERİ SAYAÇLARININ SU KAYIPLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

SALİH YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2017

Tezin Başlığı: Müşteri Sayaçlarının Su Kayıplarına Etkisinin Araştırılması

Tezi Hazırlayan: Salih YILMAZ

Sınav Tarihi: 30.06.2017

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mahmut FIRAT
İnönü Üniversitesi

Doç. Dr. M. Cihan AYDIN
Bitlis Eren Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Apdulmutalip ŞAHİNASLAN
İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, “Müşteri Sayaçlarının Su Kayıplarına Etkisinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Salih YILMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MÜŞTERİ SAYAÇLARININ SU KAYIPLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Salih YILMAZ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

105 + x sayfa

2017

Danışman: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

İçme suyu dağıtım sistemlerinde abone sayaçlarından kaynaklanan su kayıp hacminin azaltılması için sayaçların analiz edilmesi, arızaya sebep olan faktörlerin belirlenmesi ve en uygun sayaç değiştirme politikasının uygulanması önemlidir. Bu çalışmanın amacı; (i) sayaç arızalarının analiz edilmesi, (ii) sayaç arızalarına sebep olan faktörlerin değerlendirilmesi, (iii) sayaç arızalarının su kayıplarına etkisinin araştırılması, (iv) sayaç değiştirmede öncelikli bölgelerin AHP ve ELECTRE ve AHP ve TOPSIS yöntemleriyle belirlenmesi, (v) sayaç değiştirmede fayda-maliyet analizinin gerçekleştirilmesi şeklindedir. Bu amaçların gerçekleştirilmesinde Malatya ili merkez ilçelerinde yer alan bölgeler uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanından elde edilen veriler kullanılarak, sayaç hata türlerine, sayaç markalarına ve sayaç yaşlarına göre değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca, hatalı sayaçların değiştirilmeden önceki ve sonraki dönemlere ait su tüketimleri analiz edilerek gelir getirmeyen su oranına etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında sayaçların değiştirilmesinde öncelikli bölgelerin belirlenmesinde 7 değişken belirlenmiş ve bölgelerde bu değişkenlere ait gerçek veriler kullanılarak en kötü ve en iyi duruma doğru bölgeler belirlenmiştir. Bu şekilde belirlenen en kötü ve en iyi duruma sahip bölgeler için en uygun sayaç değiştirme periyodu ve buna bağlı olarak fayda-maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen çıktıların özellikle su temini sağlayan kurumlarda sayaç ve su kayıp yönetimi için referans oluşturacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: abone sayaçları, sayaç analizi, gelir getirmeyen su, AHP, ELECTRE, TOPSIS, çok ölçütlü karar verme

ABSTRACT

Msc Thesis

INVESTIGATION OF EFFECT OF CUSTOMER WATER METERS ON NON-REVENUE WATER

Salih YILMAZ

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

105 + x pages

2017

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut FIRAT

Analysis of the customer water meters, determination of the factors causing the failures in water meters and definition of the best-fit water meter rehabilitation program is quite important to reduce the non-revenue water ration caused by customer water meters in water distribution systems. The aim of this study is; (i) to analyze the failures in water meters, (ii) to evaluate the factors causing the failures in water meters, (iii) to investigate the effect of water meters failures on non-revenue water ratio, (iv) to define the priority regions for rehabilitation of water meters by integrating the methods of AHP and ELECTRE and AHP and TOPSIS, (v) to realize the cost-benefit analysis. For these aims, the regions located in Malatya city center were selected as study area. The water meter failures were analyzed based on the types of failures, water meter brand and age by using the data obtained from study area. Moreover, the effect of water meter failures on non-revenue water were evaluated by analyzing the water consumptions recorded at the previous and next periods of the water meter changing. In study, 7 factors were defined for determination of priority regions for rehabilitation of water meters and the best and worst regions were determined by using the data belonging to regions. The optimum replacement period and cost-benefit analysis for water meters were carried out for the regions determined for rehabilitation. It is considered that the results of this study can be a reference for water and water meter management in water supply utilities.

KEYWORDS: customer water meter, water meter analysis, non-revenue water, AHP, ELECTRE, TOPSIS, multi-criteria decision making

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde değerli bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mahmut FIRAT' a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı arz ederim.

Yüksek Lisans süreci boyunca ihtiyacım olan bilgi ve veri birikimini paylaşan, yol gösteren ve yardımını esirgemeyen başta Genel Müdür Dr. Özgür ÖZDEMİR olmak üzere Malatya Belediyesi Su ve Kanal İşleri (MASKİ) Genel Müdürlüğüne ve personeline;

Tezin analiz kısmında desteklerinden dolayı Harita Müh. Yusuf KOCAMAN, İnşaat Mühendisleri Cansu ORHAN ve Şeymanur GÜL'e;

Ayrıca eğitim-öğretim hayatım boyunca bana her konuda destek veren çok kıymetli Ailem'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP 2016/135 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1 GİRİŞ	1
2 KAYNAK ÖZETLERİ	3
3 MATERYAL VE YÖNTEM	7
3.1 Su Sayaçlarında Hata Türleri	7
3.2 Analitik Hiyerarşi Proses (AHP).....	10
3.3 ELECTRE Yöntemi	17
3.4 TOPSIS Yöntemi	23
4 ÇALIŞMA ALANI ve VERİ	27
5 ANALİZ VE DEĞERLENDİRME	33
5.1 Uygulama Alanında Verilerin Elde Edilmesi ve Düzenlenmesi.....	35
5.1.1 Uygulama alanında Abone Bilgileri	35
5.1.2 Uygulama alanında Basınç Dağılımı	36
5.1.3 Uygulama alanında Sayaç Bilgileri.....	38
5.1.4 Uygulama alanında Su Tüketim Özellikleri.....	40
5.2 Uygulama Alanında Sayaçların Analizi.....	44
5.2.1 Sayaçlarda Hata Oranının Tespit Edilmesi	45
5.2.2 Sayaçlarda Meydana Gelen Hatalar	51
5.2.3 Uygulama Alanında Sayaç Markasına Göre Daha Dağılımı	52
5.3 Uzman Görüşleri Temel Alınarak Sayaç Hatalarına Sebep olan Faktörlerin Araştırılması.....	57
5.4 Sayaç Hatalarına Sebep Olan Faktörlerin Etki Derecesinin AHP Yöntemi ile Belirlenmesi	66
6 SAYAÇ DEĞİŞİMİNDE ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ.....	73
6.1 AHP + ELECTRE Yöntemleri İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi	74
6.1.1 AHP İle Değişken Katsayılarının Belirlenmesi	74
6.1.2 ELECTRE İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi.....	77
6.2 AHP + TOPSIS Yöntemleri İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi.....	87
6.3 Sayaçlar İçin Optimum Değiştirme Süresinin Hesaplanması	92
6.3.1 Optimum Değiştirme Süresinin Bulunmasında Kullanılan Faktörler	92
7 SONUÇLAR	98
8 KAYNAKLAR	101

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.a Sayaçlar İçin Doğru Bağlanma Şematiği (İZSU,2008)	8
Şekil 3.2.b Arızalı Sayaç Örneği (MASKİ,2016)	9
Şekil 4.1 Çalışma Alanı	27
Şekil 4.2 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerin Dağılımı	28
Şekil 4.3 Uygulama Alanında Abonelerin Dağılımı (MASKİ, 2016)	31
Şekil 4.4 Uygulama Alanında Abone Bilgi Sisteminden Örnek Gösterim.....	32
Şekil 4.5 Uygulama Alanında Oluşturulan Abone Bilgi Sistemi Ve Katman Yapısı (MASKİ, 2016)	32
Şekil 5.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerde Nüfus Dağılımı.....	35
Şekil 5.2 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerde Abone Sayısı Dağılımı	36
Şekil 5.3 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerde Ölçülen Ortalama Basınçlar	37
Şekil 5.4 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerde Ortalama Basınç Dağılımı.....	37
Şekil 5.5 Sayaç Yaşlarına Göre Dağılım Çizelgesi.....	38
Şekil 5.6 Sayaç Yaşlarına Göre Dağılım Haritası.....	39
Şekil 5.7 Ortalama Kişi Başı Su Tüketim Miktarları.....	43
Şekil 5.8 Ortalama Tüketim Haritası	44
Şekil 5.9 Sayaçlarda Hata Oranları	45
Şekil 5.10 Sayaç Hata Oranları	46
Şekil 5.11 Doğru Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları.....	47
Şekil 5.12 %0 ile %5 Arasında Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları.....	48
Şekil 5.13 %5 ile %10 Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları	48
Şekil 5.14 %-5 ile %0 Arası Hatalı Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları	49
Şekil 5.15 %-10 ile %-5 Arası Hatalı Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları	50
Şekil 5.16 %-10'dan Fazla Hatalı Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları ...	50
Şekil 5.17 Sayaçlarda Meydana Gelen Hataların Nedenleri.....	51
Şekil 5.18 Sayaçlarda Meydana Gelen Hataya Sebep Olan Faktörlerin Nedenleri ...	51
Şekil 5.19 Sayaçların Markalarına Göre Dağılımları.....	52
Şekil 5.20 Markalara Göre Hatalı Sayaç Yüzdeleri	53
Şekil 5.21 A Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları.....	53
Şekil 5.22 B Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları	54

Şekil 5.23 C Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları	55
Şekil 5.24 D Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları	55
Şekil 5.25 E Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları	56
Şekil 5.26 Çalışma Kapsamında Uzmanlara Sorulan Sorular.....	58
Şekil 5.27 Değişkenlere 10 Puan Verenlerin % Si.....	59
Şekil 5.28 1-4 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı.....	61
Şekil 5.29 5-11 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı.....	64
Şekil 5.30 Uzman Görüşlerine Göre Ağırlıklı Ortalama Puanların Dağılımı.....	65
Şekil 6.1 Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi Anketi	74
Şekil 6.2 Bölgelerin Öncelik Sıralamaları	86
Şekil 6.3 Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi (TOPSIS)	91
Şekil 6.4 Bölgesel Bazda Sayaçların Optimum Değişim Süreleri	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 IWA/AWWA Yöntemine Göre Su Bütçesi Tablosu	7
Çizelge 3.2 İkili Karşılaştırma Matrisi Oluşturulurken Kullanılan Puanlandırma Esasları (Saaty, 1980).....	11
Çizelge 3.3 Örnek İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması	11
Çizelge 3.4 Örnek İkili Karşılaştırma Matrisi.....	14
Çizelge 3.5 Tercih Matrisinin Kurulması	14
Çizelge 3.6 Ortalama Matris	14
Çizelge 3.7 Faktörlerin Ağırlık Katsayıları.....	15
Çizelge 3.8 RI Değerleri (Alonso, 2006)	16
Çizelge 4.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler.....	29
Çizelge 5.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler.....	40
Çizelge 5.2 İkili Karşılaştırma Matrisinde Değişkenlerin Puanları	67
Çizelge 5.3 Değişkenler İçin Oluşturulan Standart Tercih Matrisi.....	68
Çizelge 5.4 Değişkenler İçin Ortalama Matris (W Sütun Vektörü).....	69
Çizelge 5.5 Değişkenler İçin Geometrik Ortalama Matrisi	70
Çizelge 5.6 Sonuç Matrisi İçin Oluşturulan Tercih Matrisi.....	70
Çizelge 5.7 Sonuç Matrisi İçin Oluşturulan Ortalama Matris.....	71
Çizelge 6.1 Örnek Ortalama Matris	75
Çizelge 6.2 Sonuç Matrisi.....	75
Çizelge 6.3 Sonuç Matrisi İçin Tercih Matrisi.....	76
Çizelge 6.4 Sonuç Matrisi İçin Ortalama Matris	76
Çizelge 6.5 AHP İle Belirlenen Değişken Ağırlık Katsayıları	76
Çizelge 6.6 Karar Matrisi.....	77
Çizelge 6.7 Normalleştirilmiş Karar Matrisi.....	78
Çizelge 6.8 Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisi.....	79
Çizelge 6.9 Uyum Matrisi.....	80
Çizelge 6.10 Uyumsuzluk Matrisi	81
Çizelge 6.11 Uyum-Üstünlük Matrisi.....	82
Çizelge 6.12 Uyumsuzluk-Üstünlük Matrisi	83
Çizelge 6.13 Toplam Üstünlük Matrisi.....	84

Çizelge 6.14 Nihai Sıralama Tablosu.....	85
Çizelge 6.15 Ymax Ve Ymin Değerlerinin Hesaplanması	87
Çizelge 6.16 Pozitif Ayrım Tablosu.....	88
Çizelge 6.17 Negatif Ayrım Tablosu	89
Çizelge 6.18 TOPSIS Yöntemi İle Belirlenen Bölge Sıralamaları	90
Çizelge 6.19 ELECTRE Ve TOPSİS Sonuçlarının Karşılaştırılması	91
Çizelge 6.20 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler.....	94
Çizelge 6.21Değişimde Öncelikli Bölgelerin Optimum Değiştirme Süresi	96
Çizelge 6.22 Değişimde Öncelikli Olmayan Bölgelerin Optimum Değiştirme Süresi	96



1 GİRİŞ

Su temini sağlayan kurumlar, ürettiği suyu iletim ve dağıtım sistemi aracılığıyla abonelere iletmekte ve bu hizmetin karşılığında işletme giderlerinin karşılanması için ücret almaktadır. Su temini sistemleri ile abonelere iletilen ve aboneler tarafından kullanılan suyun parası ödenmeyen kısmı “*gelir getirmeyen su ya da su kaybı*” olarak ifade edilmektedir (IWA/AWWA, 2008). Bu gelir getirmeyen su hacminin artması ya da azalması, su temini sisteminin fiziksel ve işletme koşullarına, abone profillerine, düzenli fatura sisteminin bulunup bulunmaması gibi birçok faktöre göre değişmektedir. Kurumlar açısından, aboneler tarafından tüketilen ancak parası ödenmeyen su “*İdari kayıp*” olarak ifade edilmekte ve Kurum için doğrudan parasal kayıp olmaktadır (Varer, 2008). Bu kayıp oranı hacimsel anlamda sızıntı ile meydana gelen kayıplara göre daha az olmakla birlikte kurum için doğrudan gelir kaybı olduğu için parasal karşılığı sızıntı kayıplarına göre daha fazla olmaktadır.

İdari kayıpların en önemli bileşeni, kaçak kullanım görünse de esasında yasal kayıtlı abonelerin sayaçlarından meydana gelen arızalar, eksik okumalar ve/veya hiç okuma yapmaması gibi faktörler önemli kayba sebep olmaktadır. Bu kaybın azaltılmasında soruna sebep olan faktörlerin analiz edilmesi ve en uygun stratejinin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Sayaç hatalarından kaynaklanan gelir getirmeyen su oranının azaltılması için, ekiplerin belli bir program çerçevesinde denetim yapması, hatalı olduğu düşünülen sayaçların tespit edilmesi, kalibrasyon sorunu olan sayaçların kalibrasyonunun yapılması vb. süreçlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Ancak uygulamada genelde Su ve Kanal İdareleri, yıl boyunca hedefledikleri sayıda sayaçları rasgele değiştirme yoluna gitmektedir. Bu durum özellikle sayaç yoğunluğunun fazla olduğu ve hatalı sayaç oranının düşük olduğu bölgelerde Kurum açısından ekonomik olmayan ve yatırım maliyetini arttıran bir durum ortaya koymaktadır. Özellikle ilk yatırım maliyetinin azaltılması ve su kayıp oranının azaltılması için belli bir sistematığe bağlı olarak sayaç rehabilitasyonunun gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Önerilen bu tez çalışması kapsamında, yasal abonelere ait sayaçların analiz edilerek rehabilitasyon açısından öncelikli bölgelerin belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu hedefin gerçekleştirilmesinde temel olarak aşağıdaki hususlar amaçlanmıştır.

- İçme suyu dağıtım sistemlerinde yasal abonelere (konut) ait sayaçların analiz edilmesi
- Sayaçlarda meydana gelen arıza/hata türlerinin analiz edilmesi
- Sayaçlarda arızaya sebep olan faktörlerin uzman görüşlerine göre değerlendirilmesi ve analiz edilmesi
- Sayaçlarda arızaya sebep olan faktörlerin saha verilerine göre değerlendirilmesi ve analiz edilmesi
- Sayaç arızalarına sebep olan faktörlerin önem derecelerinin AHP yöntemi ile belirlenmesi
- Sayaç arızalarının su tüketimine ve su kaybına etkisinin değerlendirilmesi
- Sahada toplanan verileri esas alınarak AHP ve ELECTRE yöntemlerinin birlikte kullanılması ile sayaç rehabilitasyonunda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- Sahada toplanan verileri esas alınarak AHP ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılması ile sayaç rehabilitasyonunda öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- Optimum sayaç değiştirme süresinin belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında yukarıda maddeler halinde verilen amaçların gerçekleştirilmesinde MASKİ Genel Müdürlüğü hizmet alanı içerisinde yer alan ve Malatya il merkezinde yer alan 78 mahalledeki abonelere ait veriler ve bilgiler kullanılmıştır. Uygulama alanı olarak seçilen bölgelerde gerekli veriler MASKİ'den temin edilmiş, coğrafi bilgi sistemler yazılımı aracılığıyla veri tabanı oluşturulmuştur.

Tez çalışması temel olarak şu bölümlerden oluşmaktadır; (i) çalışma konusu ile ilgili literatürde yer alan çalışmaları içeren Literatür Özeti bölümü, (ii) Uygulama alanı ve özelliklerinin anlatıldığı Çalışma Alanı bölümü, (iii) Çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerin açıklandığı Materyal ve Yöntem bölümü, (iv) Uygulama alanında yer alan sayaçlara ait verilerin analizinin gerçekleştirildiği Analiz ve Değerlendirme bölümü, (v) Sayaç rehabilitasyonu için öncelikli bölgelerin Belirlenmesi bölümü, (vi) Sonuçlar bölümü şeklindedir.

2 KAYNAK ÖZETLERİ

Davis (2005) yaptığı çalışma ile IWA (International Water Association) su denetim metodolojisinin önemli bileşenlerinden biri olan müşteri sayaçlarının yanlış ölçüm yapması kaynaklı kayıpları incelemiştir. Sayaç değişimlerinde belli standartların olmadığını ve genellikle 10 ila 20 yıl arasında değişim yapıldığını belirtmiştir. Bu konuda üç farklı akımda (düşük, orta ve yüksek) deneyler yaparak her türde akım rejimleri için ekonomik sayaç değişim yaşları tespit etmiştir.

Cabrera vd. (2006) müşteriye iletilen, tüketilen ve faturalandırılmayan her su hacminin su dağıtım kurum veya şirketlerinde çok önemli bir etkiye neden olduğunu belirtmiştir. IWA/AWWA su dengesi tablolarında bu kayıpları Kaçak kullanım, Ölçüm hataları gibi iki ana başlık altında incelemiştir. İlk bileşen doğrudan müşteri hizmetleri yönetimi ile ilgiliyken ölçüm hataları bileşeninin sayaçların doğru tipte ve boyutta seçilmesine doğrudan bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Arregui vd. (2007) yaptıkları çalışmada su sayaç tiplerinin kendine has sorunlarını ortaya koymuşlardır. Hız esaslı ölçüm yapan sayaçlarda düşük debili kullanım hassasiyeti olmadığından hata oluşabileceğini, hacim esaslı ölçüm yapan sayaçlarda ise askıdaki katı maddelerin tıkanmasına bağlı yanlış ölçümler yapabileceği açıklanmıştır. Bu sayaç türleri arasında uzun vadeli bir strateji hazırlanmadıkça sayaçların gerçek performanslarında çalıştırılamayacağı savunulmuştur.

Al-Barqawi ve Zayed (2008) tarafından yapılan çalışmada içme suyu dağıtım sistemlerinde ana boruların performansının tahmin edilmesinde ve durumunun değerlendirilmesinde Yapay Sinir Ağları ve AHP (Analitik Hiyerarşi Proses) yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, geliştirilen modelin uygulayıcılar, karar vericiler ve danışmanlık yapan kurumlar tarafından içme suyu borularının planlanması ve rehabilitasyonu çalışmalarında önemli kazanımlar sağlayacağı belirtilmiştir.

Criminisi vd. (2009) su dağıtım sistemlerinde idari kayıplara etki eden iki temel faktör, su sayacı yaşı ve binalardaki bireysel su depoları, analiz edilmiştir. Bunun için sisteme kayıtlı ve 0-45 yaş aralığına sahip 180 sayaç göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma sonucunda sayaç yaşına bağlı olarak idari kayıpların arttığı vurgulanmıştır.

Tanyimboh ve Kalungi (2009) yaptıkları çalışmada, içme suyu dağıtım sistemlerinin en uygun tasarımı, rehabilitasyonu ve iyileştirilmesinde en uygun çözüm seçeneğine karar vermek için AHP yöntemini uygulamıştır.

Mutikanga vd. (2011a) yaptıkları çalışmada idari kayıplara sebep olan faktörlerin analiz edilmesi amacıyla sahada yapılan ölçümler ve işletme verileri dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda, sayaç doğruluğunun su tüketimi üzerine önemli rol oynadığı vurgulanmıştır.

Mutikanga vd. (2011b) tarafından yapılan çalışmada idari kayıpların analizinde 3 farklı sayaç modeli değerlendirilmiştir. Arızaların önemli bir kısmının görüldüğü hacim tabanlı sayaçlarda, hataya sebep olan en önemli faktörün su içerisinde bulunan partiküller olduğu vurgulanmıştır.

Shields (2011) sayaç türüne, toplam tüketime veya hizmet süresine dayalı olarak farklı sayaç türleri, suyun hacimlerini ölçmek için farklı yöntemler kullandığını ve sonuç olarak performanslarının çeşitli akış hızlarında ve verim seviyelerinde değişiklik gösterebildiğini tespit etmiştir.

Carriço vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, drenaj sistemlerinde rehabilitasyonda öncelikli bölgelerin belirlenmesinde risk, performans ve maliyet gibi değişkenleri temel alarak ELECTRE TR1 VE ELECTRE III yöntemlerini uygulamıştır. Çalışma sonucunda ELECTRE III modelinin ELECTRE TR1 modeline göre daha kolay ve anlaşılır olduğu vurgulanmıştır.

Stoker vd. (2012) konutlarda kullanılan sayaçların doğruluğuna ve bozulmasına etki eden faktörlerin araştırılması amacıyla yaptıkları çalışmada, sayaçlarda bozulmanın, su kalitesi, su hızı, hacim, monte edilme şekli gibi etkenlerin bir fonksiyonu olduğu belirtilmiştir.

Arregui vd. (2014) yapılan çalışmada su sayaçlarında modellere göre ağırlıklı hata oranını kullanıcı su tüketim profiline göre belirlemişlerdir. Aynı zamanda bu belirlenen hata oranlarının zamana göre değişimini laboratuvar ortamında test ederek, sayaçlar için en uygun değişim zamanlarını belirlemişlerdir.

Jin Joo vd. (2014) akıllı sayaç uygulamalarının su tüketimine etkileri üzerinde çalışma yapmışlardır. Evsel günlük su tüketim oranlarının hava koşullarına bağlı olarak değişimini incelemişlerdir. Ayrıca yaptıkları çalışmada bir hanede yaşayan kişi sayısı arttıkça günlük kişi başı su tüketiminin azaldığı görülmüştür. Akıllı sayaç kullanmaya başlayan 80 hanede günlük kişi başı su tüketim oranının %5.3 oranında azaldığı görülmüştür. Sonuç olarak suyu ve enerjiyi koruma için akıllı şehirler oluşturulması gerektiği ve buna bağlı akıllı sayaç kullanımının artırılması tavsiye edilmiştir.

Rimeika ve Albrektiené (2014) tarafından yapılan çalışmada, abonelere verilen ancak ücreti alınamayan ve idari kayıplar olarak ifade edilen kayıplara sebep olan faktörlerin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, sayaç tipinin su kayıplarına etkisi araştırılmış ve yeni C tipi sayaç takılarak su tüketimleri analiz edilmiştir.

Arregui vd. (2015) yaptıkları çalışmada konutlardaki su sayaçlarında ölçüm hatalarının değerlendirilmesi amaçlanmış ve evsel su tüketim karakteristiklerinin idari kayıpları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, ölçüm hatasının, konut sayaç modeli ve kullanıcı karakteristiğinin bir fonksiyonu olduğu vurgulanmıştır.

Mbabazi vd. (2015) yaptıkları çalışma kapsamında, sistem ve su tüketim karakteristikleri aynı olan iki farklı sayaç türünün (hacim ve hız esaslı) bozulma oranları analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, bozulma oranlarının su sayacı değiştirmede kullanılabileceği önerilmiştir.

Tanverakul ve Lee (2015) tarafından yapılan çalışmada su ölçümlerinin konutlarda su tüketimine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, 6 ay boyunca su tüketimi izlenen ve ölçülen konutlarda su tüketiminin azaldığı ve su tasarrufu açısından önemli katkılar sağladığı belirtilmiştir.

Fontanazza vd. (2015) konutlarda kullanılan sayaçların bozulmalarına sebep olan faktörlerin araştırılmasında, sayaç yaşı ve konutlardaki su depoları dikkate alınmış ve deneysel ve teorik analiz gerçekleştirilmiştir.

Mutikanga vd. (2015) farklı sayaç türleri üzerinde ağırlıklı hata oranının değişimini incelemiştir. Uganda'nın Kampala Bölgesinde yapılan deneysel çalışma sonucunda sayaçlardaki hata oranlarının sırasıyla %6.67 %4.68 ve %1.45 olduğu tespit edilmiştir. Sayısal ölçüm hataları nedeniyle bu bölgede yılda 1.5 milyon Amerikan doları zarar olduğu belirlenmiştir.

Couvelis ve Zyl (2015) yaptıkları çalışma ile Güney Afrika'da su sayacına bağlı oluşan kayıpların kapsamını araştırmıştır. Bu kapsamda Cape Town, Mangaung ve Johannesburg kentlerinde mevcut su sayaçlarına ilave olarak kontrol sayaçları takarak sayaçların doğruluk oranlarını tespit etmiştir. Çalışma sonucunda bölgedeki sayaçlarda yaklaşık -%5 ölçüm tespit edilmiştir.

Szilvezster vd. (2015) Ekvator ülkesinin Ibarra kentinde yapılan çalışmalarda su sayaçları nedeniyle oluşan su kayıplarını araştırmıştır. Çalışma kapsamında 7 farklı akış oranı için hata eğrileri oluşturulmuş ve bu değerlerin su tüketim analizlerine ve performans göstergelerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda bölgede bulunan sayaçların sadece % 56'lık bir kesiminin doğru ölçüm yaptığı görülmüştür.

Candelieri vd. (2015) yeni teknoloji çözümlerinin varlığı ile ortaya çıkan yenilenen ilgi doğrultusunda, kısa sürede ve saatlik periyotlarla su talebi tahmini için tamamen veri tabanlı ve uyarlanabilir kendi kendine öğrenme algoritması olan bir yazılım geliştirmişlerdir. Yazılım temeli akıllı sayaçlara dayanmaktadır. İlk aşamada günlük su talep eğrileri (saatlik bazda) oluşturulmuştur. Ardından oluşturulan regresyon ile her veri tabanı için özel tahmin modeli elde edilmiştir. Bu yaklaşım İtalya'da seçilen pilot bölgedeki veriler üzerinde doğrulanmış ve sayaçlar için ortalama hata oranı tespit edilmiştir.

Ncube ve Taigbenu (2016) 15 yıllık bir süreçte değiştirilen 58.000 sayaç üzerinde çalışma yapmışlardır. Buna bağlı yıllık bazda ortalama %8'lik bir bozulma oranı mevcutken, hata oranının sayaçtan geçen her 1.000 kilo litre için %0.64 arttığı görülmüştür.

Kessili ve Benmamar (2016) yaptıkları çalışmada, atıksu drenaj rehabilitasyonunda öncelikli projelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için 47 proje 12 değişken veya faktör göz önünde bulundurulmuş ve çoklu-ölçütlü karar verme yöntemleri olarak bilinen AHP-PROMETHEE II yöntemleri birlikte kullanılmıştır.

3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Su Sayaçlarında Hata Türleri

İçme suyu sistemlerinde suyun tüketiciye ulaşana dek geçirdiği birçok aşama mevcuttur. Kaynaktan çıkan su kullanıcıya ulaşana kadar, fiziksel ve idari kayıplara uğramaktadır. Fiziksel kayıplar; depo vb. sanat yapılarında meydana gelen kaçaklar ile boru ve ek parçalarında meydana gelen hasarlar nedeniyle oluşan kayıpların bütünü olarak tanımlanabilirler. İdari kayıplar ise sayaç hataları, okuma hataları ve kaçak kullanımı kapsamaktadır.

Verilerin standartlaştırılması amacıyla Uluslararası Su Birliği (IWA) ile Amerikan Su İşleri Birliği (AWWA) performans göstergelerini tanımlamış ve “*Su Bütçesi*” tablosunu oluşturmuşlardır. IWA/AWWA tarafından önerilen su bütçesi ya da dengesi Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 IWA/AWWA Yöntemine Göre Su Bütçesi Tablosu (IWA/AWWA, 2008)

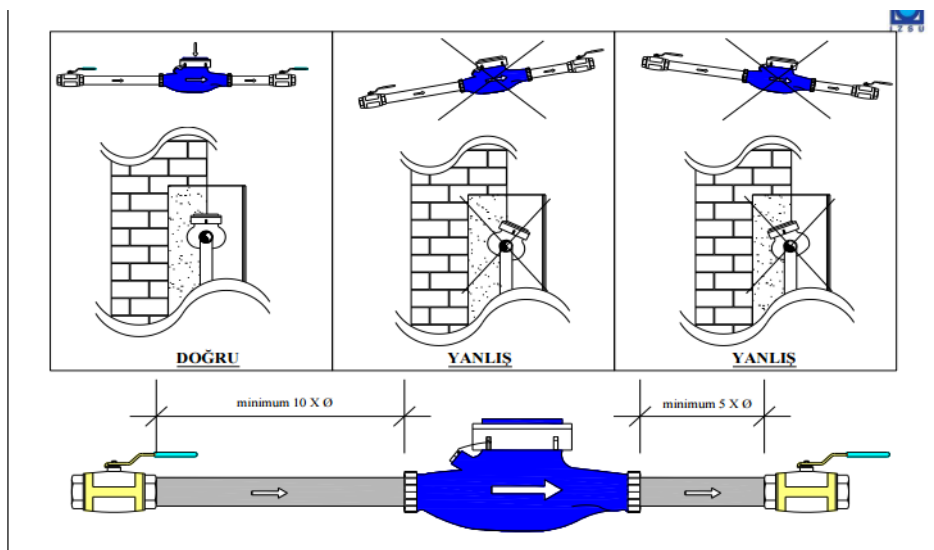
Sisteme Giren Hacim	Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Yasal Tüketim	Faturalandırılmış Ölçülmüş Tüketim	Gelir Getiren Su
			Faturalandırılmış Ölçülmemiş Tüketim	
		Faturalandırılmamış Yasal Tüketim	Faturalandırılmamış Ölçülmüş Tüketim	Gelir Getirmeyen Su
			Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Tüketim	
	Su Kayıpları	İdari Kayıplar	Yasadışı Tüketim	
			Sayaç Hatası	
			Okuma Hatası	
		Fiziksel Kayıplar	İletim ve Dağıtım Hatlarındaki Kaçaklar	
			Depolardaki Kaçaklar	
			Sayaç ile Dağıtım Borusu Arasında Bağlantı Hatlarındaki Kaçaklar	

Su bütçesi tablosuna göre “Sayaçlardaki Ölçüm Hataları” idari kayıplar alt başlığıyla su kayıpları bölümünde değerlendirilmekte ve gelir getirmeyen su olarak tanımlanmaktadır. Bu bileşenin oluşturduğu su kaybı kurumlar için doğrudan gelir kaybına sebep olmaktadır.

Ayrıca sayaç hataları gelir getirmeyen suyun yanı sıra aşırı su tüketimi gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu nedenle bu bileşene ait hacmin azaltılması oldukça önem taşımaktadır.

Su kaynaktan aboneye ulaşana kadar çeşitli işletme ve üretim maliyetleri doğuracaktır. Su sayaçları bu ücretlerin kullanıcılardan adil bir şekilde yapılabilmesi için kullanılan aletlere denmektedir. Su sayaçlarının ölçüm doğrulukları sürdürülebilir su yönetimi için çok önem arz etmektedir. İçmesuyu dağıtım şebekelerinde bulunan su sayaçları istenilen koşullarda kullanılmadığında hata oluşabilir. Hata nedenleri genel olarak;

- Montaj Pozisyonu,
- Yanlış Tip Seçimi,
- Borudaki Hava,
- İmalat Hataları,
- Tahribat,
- Sudaki Katı Maddeler,
- Servis Ömrü,
- Dışarıdan Sayaca Müdahale Edilmesi
- Basınç şeklinde verilebilir.



Şekil 3.1.a Sayaçlar İçin Doğru Bağlanma Şematiği (İZSU,2008)



Şekil 3.2.b Arızalı Sayaç Örneği (MASKİ,2016)

Doğru bir ölçüm için doğru sayaç tipi seçilmeli ve kullanım yeri ve türüne göre doğru sayaç çapı belirlenmelidir. Sayaçların su kalitesine göre en az B sınıfı sayaçlar olması sayaç montajlarının kolon sistemine dik 90 derece olacak şekilde yere paralel montajının yapılması gerekmektedir (Varer, 2008).

Boru içinde kalan hava ya da suda çözünen gazların sayaçlardan geçmeleri hatalı ölçümlere neden olacaktır. Sayacın imal edilme aşamasında yapılacak bir hata yanlış ölçüm yapmaya neden olacaktır. Ayrıca, sayacın dış etkenler nedeniyle zarar görmesi ölçümün doğruluğunu etkileyecektir. İçme suyu hatlarında çok azda olsa bulunan katı maddelerin sayacın önü ya da içinde çökmesi nedeniyle sayaçlar doğru ölçüm yapamayacaktır.

Sayaçlar imal edildikten sonra 2-4 yıl arasında kalibre edilmek şartıyla 10-14 yıl arasında kullanılabilirler. Servis ömrünü tamamlayan veya kalibre edilmemiş sayaçlar yanlış ölçüme neden olacaktır. Sayaca yapılan bilinçli/bilinçsiz müdahaleler sayaçların yanlış ölçmesine neden olabilir. (Yılmaz vd., 2016)

3.2 Analitik Hiyerarşi Proses (AHP)

Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanmış ve Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirildikten sonra yaygın olarak kullanım alanları kazanmış çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir (Wind ve Saaty, 1980). Bu yöntemde incelenen problem üzerinde etkili olan tüm faktörler göz önünde bulundurulmakta ve her bir faktörün birbirine göre üstünlükleri esas alınmaktadır. Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHP yönteminin işlem adımları temel olarak şu şekilde verilebilir:

Adım 1: Hiyerarşik Yapının Bileşenlerinin Tanımlanması

Öncelikle oluşturulacak hiyerarşik yapının bileşenleri belirlenir ve tanımlanır. Öncelik sıralamasına etki edecek faktör veya ölçütler seçilir ve hedef yerler veya alternatiflerin özellikleri incelenir. Kurulacak modelin sistemi ya da problemi tam olarak temsil etmesi açısından problem detaylı bir şekilde analiz edilmeli ve en uygun faktörler seçilmelidir.

Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Kurulması

Belirlenen faktörler ve varsa alt faktörler arasında çözümlemesi yapılacak ikili karşılaştırma matrisleri kurulur ve karar vericiler ve uygulayıcılardan bu matrisleri verecekleri puanlarla kurallarına uygun şekilde doldurması istenilir. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken Saaty (1980) tarafından geliştirilen ve Çizelge 3.2'de verilen puanlandırma ölçeği kullanılır.

Çizelge 3.2 İkili Karşılaştırma Matrisi Oluşturulurken Kullanılan Puanlandırma Esasları (Saaty, 1980)

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemli	İki faktörün de önem derecesi eşittir.
3	Orta Derece Önemli	Bir faktörün önem derecesi diğerine oranla biraz daha önemlidir.
5	Yüksek Derece Önemli	Bir faktör diğer faktöre göre oldukça önemlidir.
7	Çok Yüksek Derece Önemli	Bir faktörün diğer faktöre nazaran önem derecesi çok yüksektir.
9	Son Derece Önemli	Bir faktörün önem derecesi diğer faktöre göre son derece önemli bir biçimdedir.
2,4,6,8	Ara Değerler	Ara değerler ise iki faktör arasında orta bir puanlama yapılmak istendiğinde kullanılan değerlerdir.

İkili karşılaştırma matrisin oluşturulmasında temel yol, göz önüne alınan iki faktörün uzmanların görüşleri doğrultusunda birbirleriyle karşılaştırılmasıdır. Çalışma kapsamında incelenen problemde n adet faktör olsun ve bu n adet faktör birbiri ile karşılaştırıldığında oluşan matris köşegenleri 1 olan matris Çizelge 3.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 3.3 Örnek İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	...	Faktör n
Faktör 1	1	P			
Faktör 2	1/P	1			
...				1	
Faktör n					1

İkili karşılaştırma matrisleri kurulurken, önce köşegenleri bir olan bir matris yazılır bunun sebebi her bir faktörün kendisi ile olan üstünlüğünün oranının 1 olmasıdır. Örneğin Faktör 1 in puanı P1 olursa Faktör1 ‘in Faktör 1 ile kıyasında (P1/P1) karşılaştırması yapılacağından oran 1 olur.

Bu yöntemin uygulanmasında daha sonra uzman kişiler veya karar vericilerden faktörlerin diğer faktörlere olan üstünlüklerinin Saaty (1980) tarafından verilen karşılaştırma ölçeği tablosundan önem derecelerine göre seçilerek doldurulması istenir. Burada karar verici matrisi oluştururken “P” puanını verebilmek için Faktör 1’in Faktör 2’ye göre ne kadar üstün olabileceğinin belirlenmesi istenir. Faktör 1’in puanı P_1 , Faktör 2’nin puanı da P_2 ise matriste “P” olarak gösterilen puan P_1/P_2 puanlarının oranıdır. Aynı şekilde Faktör 2’nin Faktör 1 ile kıyasında ise P_2/P_1 oranı alınacağından matrisin o hücreğine de $1/P$ yazılır. Böylece bir puanın matristeki tersi olan yere devrik hali yazılarak puanlama hızlı bir şekilde tamamlanabilir.

Adım 3: Ağırlık Katsayılarının Hesabı

AHP yönteminde uzmanlar tarafından verilen puanlar sonucunda oluşan ikili karşılaştırma matrisleri temel alınarak her bir faktörün ağırlık katsayısı hesaplanmaktadır. Saaty (1980) tarafından önerilen yöntemle göre ağırlık katsayılarının hesaplanmasında temel olarak aşağıdaki bağıntılar kullanılmaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3,1)$$

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (3,2)$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3,3)$$

Her sütunda her bir hücrenin, o sütunun toplamına bölünmesiyle Tercih Matrisleri oluşturulmaktadır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3,4)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3,5)$$

Yukarıda verilen denklemlerde, A esas matrisi, B birim matrisi, W tercih matrisini, b_{ij} birim matris elemanlarını, w_n tercih matrisi elemanlarını ifade etmektedir. Tercih Matrisinde sayılar ondalıklı sayı formatına dönüştürülerek *Ortalama Matrisi* elde edilmekte ve Ortalama Matriste ise her bir satırın ortalama değeri bulunarak ağırlık katsayıları bulunmaktadır.

Yukarıda verilen denklemler yardımıyla ağırlık katsayılarının hesaplanmasını Örnek üzerinden açıklamak, yöntemin daha iyi anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Burada öncelikle bir önceki adımda anlatıldığı gibi İkili Karşılaştırma Matrisinin uzmanlar tarafından verilen puanlara göre oluşturulduğunu düşünelim (Çizelge 3.4). Çizelge 3.4'te verilen ve oluşturulan İkili Karşılaştırma Matrislerinde her bir sütunun toplamı alınır. Daha sonra Tablo 3.5'te verildiği gibi her hücre kendi sütun toplamlarına bölünerek kendi içinde normalize edilir ve bu işlemler sonunda Tercih Matrisleri elde edilir. Ağırlık katsayılarının belirlenmesinde daha sonra Tercih Matrislerinde bulunan kesirler ondalık sayılara dönüştürülür ve Ortalama Matris oluşturulur (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.4 Örnek İkili Karşılaştırma Matrisi

İkili Karşılaştırma Matrisi	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
Faktör 1	P1	P3	P7
Faktör 2	1/P3	1	P5
Faktör 3	1/P7	1/P5	1
Toplam	T1	T2	T3

Çizelge 3.5 Tercih Matrisinin Kurulması

Tercih Matrisi	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
Faktör 1	1/T1	P3/ T2	P7/T3
Faktör 2	(1/P3)/T1	1/ T2	P5/T3
Faktör 3	(1/P7)/T1	(1/P5)/T2	1/T3

Çizelge 3.6 Ortalama Matris

Ortalama Matris	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
Faktör 1	M11	M21	M31
Faktör 2	M21	M22	M32
Faktör 3	M31	M23	M33

Ortalama matriste her bir satırın ortalaması alınarak her bir faktörün diğer faktörlere olan üstünlüklerinin gösteren bir sütun matrisi ile ağırlık katsayıları elde edilir. Normalize işlemi yapıldığı için doğru matematiksel işlemler sonucunda ağırlık katsayılarının toplamı 1 olacak şekilde faktörlerin sıralanması gerekir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 Faktörlerin Ağırlık Katsayıları

Faktör Ağırlıkları	W
Faktör1	w1
Faktör2	w2
Faktör3	w3

Adım 4: Tutarlılığın Ölçülmesi

AHP yönteminde tutarlılık kontrolü, her bir faktör için hesaplanan ağırlık katsayılarının uygunluğunun denetlenmesi için uygulanan bir yöntemdir. Bunun için Tutarlılık Oranı olarak ifade edilen ölçütün hesabı ile karar verici veya uzmanların görüşlerine göre oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin uygunluğu denetlenir ve puanlamada bir hata yapılmamışsa AHP yönteminin işlem adımlarına devam edilmekte ve bir sonraki aşamaya geçilmektedir. Eğer çıkan oran uygun aralıkta kalmıyorsa tekrar puanlandırma basamağına dönülmesi gerekmektedir. Tutarlılık analizinde izlenen yol temel olarak aşağıdaki gibi verilebilir.

Adım 5: Sütun Vektörlerinin Hesabı (D ve E Vektörleri)

Karar vericiler tarafından oluşturulması istenen *ikili karşılaştırma matrisleri* ile bu matrislerin çözümü sonunda elde edilen her bir faktörün ağırlığı olan W faktör ağırlıklarının matris çarpımı yapılarak D sütun matrisi bulunmaktadır. D sütun matrisi belirlendikten sonra bu matrise ait elemanlar sırası ile ağırlık katsayılarına bölünerek her faktöre ait temel değer olan E sütun matrisi elde edilmektedir.

Adım 6: λ Temel Değer ve Tutarlılık Göstergesi (CI) hesabı

Her bir faktör için bulunan E sütun matrisine ait toplam değer aritmetik ortalaması hesaplanarak λ , temel değer bulunmaktadır. Tutarlılık göstergesi bir önceki işlem adımında bulunan λ , temel değerinin n , faktör sayısına göre olan işlemi sonunda hesaplanmaktadır (Lamata, 2006).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1}, (i= 1,2,3,...n) \quad (3,6)$$

Adım 7: Tutarlılık Oranı (CR)

Tutarlılık oranının bulunması için Tutarlılık Göstergesi (CI) sayısı Saaty (1980) tarafından faktör sayılarına göre hesaplanmış düzeltme katsayıları olan RI, Rassal Göstergeler tablosundan seçilen değere oranı hesaplanmalıdır. RI Değerlerini gösteren tablo aşağıda verilmiştir (Lamata, 2006).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3,7)$$

Çizelge 3.8 RI Değerleri (Alonso, 2006)

N (Faktör Sayısı)	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1,56

Bu işlemler sonunda bulunan tutarlılık oranına göre yorum yapılır ve çıkan sonuç uygun aralıkta ise sonraki işlem adımlarına devam edilir ve karar vericinin yaptığı puanlamaların doğru olduğunu göstermektedir. Sonuç uygun aralık olan $0 < CR \leq 0.10$ aralığında çıkmazsa $CR > 0.10$ yada $CR < 0$ çıkarsa ya AHP yönteminin işlem adımlarında bir matematiksel hata yapıldığını gösterir ya da karar vericilerin puanlamasının yanlış olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda öncelikle işlem adımları kontrol edilmelidir eğer işlemlerde hata bulunmuyorsa karar verici veya uzmanlara tekrar danışılmalı ve gerekirse puanlamalar gözden geçirilerek tekrar İkili Karşılaştırma Matrisi kurulmalıdır.

3.3 ELECTRE Yöntemi

Bu çalışmada, su sayaçlarının değiştirilmesinde öncelikli bölgelerin belirlenmesinde AHP yöntemi ile birlikte ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemi kullanılmıştır. ELECTRE yöntemi ilk olarak Benyouen (1966) tarafından ortaya atılmış daha sonra Roy (1968) tarafından geliştirilerek kullanılmaya başlanmış çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir (Govindan vd., 2016). ELECTRE yöntemi, bir eylem setinden en uygun eylemi seçmektedir. Ayrıca karar problemlerinin alternatiflerini seçmek, derecelendirmek ve sıralamak için uygulanmaktadır (Mousavi vd., 2017). ELECTRE uygulamalarında, her bir alternatifi birbirleriyle kapsamlı bir şekilde karşılaştırarak üstünlük ilişkilerini ortaya çıkarma ve elde edilen üstünlük ilişkileri göz önüne alınarak seçme, derecelendirme ve sıralamadan oluşan işlem adımları kullanılmaktadır (Farhadinia vd., 2013).

ELECTRE Yöntemi aşağıda verilen işlem adımlarından oluşmaktadır.

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisi, karar noktası ve değişken sayılarına göre boyut alan ve farklı tüm değişkenlere göre karar noktalarını değerlendirmekte ve diğer işlem adımları için ise bir temel matris niteliği taşımakta olan bir matristir.

Karar verme matrisi, satırlarda karar noktaları, sütunlarda ise karar vermede etkili olan değişkenler yer alacak şekilde oluşturulmaktadır. Karar verme matrisi (A_{ij}) aşağıdaki gibi gösterilir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (3,8)$$

m karar verme noktaları sayısını, n ise değişkenlerin sayısını ifade etmektedir.

Adım 2: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması

Karar matrisinin aşağıda verilen formülle normalize edileceği işlem adımıdır. Bu işlem adımı her bir sütundaki değer kendi bulunduğu sütun toplamalarının karesinin kareköküne bölünmektedir (Tille, 2003).

$$x_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n r_{ij}^2}} \quad (3,9)$$

r_{ij} = Karar verme matrisi elemanlarını ifade etmektedir.

Bu işlemler sonucunda normalleştirilmiş karar matrisi olan X matrisi oluşturulmaktadır.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3,10)$$

X_{ij} , Normalleştirilmiş karar matrisi ve $m=1,2,\dots,m$ ve $n= 1,2,\dots, n$ 'dir.

Adım 3: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması

AHP yöntemi ile belirlenen değişkenlerin ağırlıkları normalleştirilmiş karar matrisi olan X matrisi ile çarpılarak ve ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulmaktadır. Bu matris Y matrisi olarak ta adlandırılmaktadır.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} \cdot w_1 & x_{12} \cdot w_2 & \dots & x_{1n} \cdot w_n \\ x_{21} \cdot w_1 & x_{22} \cdot w_2 & \dots & x_{2n} \cdot w_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} \cdot w_1 & x_{m2} \cdot w_2 & \dots & x_{mn} \cdot w_n \end{bmatrix} \quad (3,12)$$

Y_{ij} , Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi, w_i , AHP yönteminde hesaplanmış olan değişken ağırlıkları ve X_{ij} , Normalleştirilmiş karar matrisini ifade etmektedir.

Adım 4: Uyum ve Uyumsuzluk Kümelerinin Belirlenmesi

Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi verileri herhangi iki karar noktası arasında çiftler oluşturularak her bir çift için karşılaştırılır ve sonuçlar aşağıdaki gibi değerlendirilmektedir. Karar noktası, kıyaslandığı diğer karar noktasından daha iyi bir değerde veya ona eşitse C, Uyum kümesi tarafından tanımlanır. Eğer eşitlik sağlanıyorsa 1, sağlanmıyorsa 0 değeri kümeye yazılmaktadır.

$$C(p,q)= \{j, Y_{pj} \geq Y_{qj} \} \quad (3,13)$$

Eğer karar noktası, ilgili değişkenler için kıyaslama yapıldığı çiftin diğer unsurundan daha kötüyse D, Uyumsuzluk kümesi tarafından tanımlanır. C(p,q), uyum kümesi elde edildikten sonra aşağıda verilen formül ile uyumsuzluk kümesi elde edilmektedir.

$$D(p,q)= \{j, Y_{pj} < Y_{qj} \} = j- C(p,q) \quad (3,14)$$

Bu durumda D(p,q) C(p,q)' ye karşıttır ve 0 değeri kümeye yazılmaktadır. Verilen formüllerde C(p,q), Uyum kümesi, D(p,q) Uyumsuzluk kümesi, Y_{pi} ve Y_{pj} ise Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin satır ve sütunlarını ifade etmektedir.

Adım 5: Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Hesaplanması

Uyum indeksi, iki karar noktasını kıyaslarken hangisinin daha üstün olduğunu göstermektedir. Uyum matrisi, Uyum kümesi üyelerinin ağırlıklarının birbirine eklenerek oluşturulan mxm boyutlu kare bir matristir. C matrisi elemanları aşağıda verilen formül ile belirlenmektedir.

$$C_{pq} = \sum_j W_j \quad (3,15)$$

j, C_{pq} 'nin elemanıdır. p' nin q ya eşit olduğu durumda değer almaz.

Örneğin $C_{21} = \{1,3\}$ ise C matrisinde C_{21} değeri, $C_{21} = w_1 + w_3$ şeklinde hesaplanacaktır. C matrisi aşağıda gösterildiği gibidir.

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2m} \\ \cdot & & - & & \cdot \\ \cdot & & & - & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \quad (3,16)$$

Uyumsuzluk matrisi, iki karar noktası arasından birisinin tercih edilmesi durumunda uyumsuzluk değerini göstermektedir. Uyumsuzluk kümesi üyelerinin değerlerini tüm kümenin toplam değerine bölümü oluşturulmaktadır. Matristeki her eleman verilen formül yardımıyla hesaplanmaktadır (Roy, 1991).

$$D_{pq} = \frac{(\sum_j |y_{pj^0} - y_{qj^0}|)}{(\sum_j |y_{pj} - y_{qj}|)} \quad (3,17)$$

Tüm kıyaslanan karar noktası çiftleri için uyumsuzluk ölçütlerini hesaplanarak, mxm boyutlu matris olan D uyumsuzluk matrisi şu şekilde tanımlanır:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \dots & d_{2m} \\ \cdot & & - & & \cdot \\ \cdot & & & - & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \quad (3,18)$$

Uyum ve uyumsuzluk matrislerinde karar noktasının kendisi ile karşılaştırıldığı köşe noktalar boş bırakılacak şekilde matris oluşturulmaktadır.

Adım 6: Uyum ve Uyumsuzluk Üstünlük Matrislerinin Oluşturulması

Uyum Üstünlük Matrisinin Oluşturulması (F)

F matrisi, uyum eşik değeri olan $\bar{c}$, değerinin C uyum matrisinin elemanlarıyla kıyaslamalarıyla oluşur. Uyum kritik değeri aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmaktadır (Roy, 1991).

$$\bar{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^m C_{pq} \quad (3,19)$$

Burada $\sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^m C_{pq}$ denklemi C uyum matrisini oluşturan elemanların toplamalarının çarpımını ifade etmektedir.

$$f_{pq} = \begin{cases} 0, & c_{pq} \geq \bar{c} \\ 1, & c_{pq} < \bar{c} \end{cases} \quad (3,20)$$

f_{pq} değeri, $c_{pq} \geq \bar{c}$ eşitliğini sağlarsa 0, $c_{pq} < \bar{c}$ eşitsizliğini sağlarsa 1 değerini alacaktır. Tüm bu kıyaslamalar sonucunda oluşan F matrisi mxm boyutunda ve sadece 0 ve 1 değerlerinden oluşan bir matris olacaktır. (Vami, 1992)

Uyumsuzluk Üstünlük Matrisinin Oluşturulması (G)

G matrisi de F matrisine benzer biçimde elde edilir. Uyumsuzluk kritik değeri $\bar{d}$ aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmaktadır (Roy, 1991).

$$\bar{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^m D_{pq} \quad (3,21)$$

$$g_{pq} = \begin{cases} 0, & d_{pq} \geq \bar{d} \\ 1, & d_{pq} < \bar{d} \end{cases} \quad (3,22)$$

$d_{pq} \geq \bar{d}$ eşitliğinde 0 değeri, $d_{pq} < \bar{d}$ eşitsizliğinde G matrisine 1 değeri yazılmaktadır.

Adım 7: Net Uyum ve Uyumsuzluk Matrislerinin Hesaplanması

Karar noktaları arasında sıralamayı yapabilmek için net uyum ve uyumsuzluk değerleri hesaplanmaktadır. Burada C_p tüm karar noktaları arasında en büyük veya en riskli olarak ifade ettiğimiz değeri, D_p ise karar noktaları arasındaki en düşük veya risk olasılığı en az olan değeri göstermektedir (Afshari vd., 2010).

$$C_{net} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^m C_{pq} - \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^m C_{qp} \quad (3,23)$$

$$D_{net} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^m D_{pq} - \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^m D_{qp} \quad (3,24)$$

C_{pq} uyum matrisi, D_{pq} uyumsuzluk matrisini ifade etmektedir. Her zaman olmasa da birden fazla alternatifin aynı sıralamada çıkabileceği durumlarda bu veriler incelenerek nihai sıralamaya ulaşılmaktadır.

Adım 8: Toplam Üstünlük Matrisinin Hesaplanması (E)

Uyum üstünlük matrisi olan F ile Uyumsuzluk üstünlük matrisi olan G matrislerinin her bir hücrelerinin çarpılmasıyla E matrisi elde edilir. Oluşturulan E matrisi de F ve G matrisleri gibi mxm boyutunda 0 ve 1 elemanlarından oluşan köşegenleri boş bir matristir (Roy, 1991).

$$e_{pq} = f_{pq} * g_{pq} \quad (3,25)$$

f_{pq} ve g_{pq} 6.ışlem adımında hesaplanan sırasıyla uyum ve uyumsuzluk üstünlük değerleridir. e_{pq} ise Toplam üstünlük matrisi elemanlarını ifade etmektedir. $p=1,2,...,m$ ve $q=1,2,...,n$ 'dir. E matrisinde bulunan 1 değeri üstünlüğü, 0 değeri ise iki karar noktasının nötr olduğunu ifade etmektedir. E matrisine bakılarak karar noktalarının birbirlerine olan üstünlükleri incelenerek sıralama yapılmaktadır. Örneğin ; 4 karar noktası içeren bir toplam üstünlük matrisinde;

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 & 0 \\ 1 & 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

$e_{21}=1$, $e_{31}=1$, $e_{32}=1$, $e_{41}=1$, $e_{42}=1$, $e_{43}=1$ değerlerini almaktadır. Bu durumda 2. karar noktasının 1'den, 3. karar noktasının 2 ve 1'den ve 4. karar noktasının da 1,2 ve 3'ten daha üstün olduğu görülmektedir.

3.4 TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity to Ideal Solution), çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan çoklu nesne içeren durumlarda ideal çözümlere en yakın olan nesnelerin sıralanması ile karar vermeyi sağlayan bir yöntemdir. İlk kez Yoon ve Hwang tarafından önerilmiş ve 1980' li yıllarda geliştirililerek birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır (Cheng, 2001). TOPSIS yöntemine göre işlem adımları aşağıdaki sıralamaya göre yapılmaktadır (Keshtkar, 2017).

İlk 3 işlem adımı için Bölüm 3.3 ELECTRE Metodunda oluşturulan matrisler sırası ile alınmakta ve üçüncü işlem adımında Bölüm 3.2 AHP Yönteminde bulunan değişkenlerin ağırlık katsayıları kullanılmaktadır.

Adım 1: Karar Verme Matrisinin Oluşturulması

Bölüm 4.3 ELECTRE Metodunda oluşturulan A karar matrisidir. Bu aşamada sıralaması yapılacak olan alternatifler ve sıralamada etkili olacak değişkenler tanımlanmaktadır.

Adım 2: Karar Matrisinin Normalleştirilmesi

Oluşturulan karar matrisi elemanlarının aşağıdaki formülle normalleştirilmesi aşamasıdır. ELECTRE Metodunda oluşturulan X matrisidir.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}}, \quad (3,26)$$

A matrisindeki elemanların normalleştirilmesi işlemi ile X matrisinin oluşturulması aşamasıdır (Zhang, 2016).

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3,27)$$

Adım 3: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

ELECTRE Metodunda oluşturulan Y matrisidir. X matrisinin her bir sütununu oluşturan değerlerin değişkenlerin ağırlıkları (w_i) ile çarpılmasıyla Y matrisinin oluşturulması aşamasıdır.

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3,28)$$

Adım 4: Pozitif / Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi

TOPSIS model algoritması, pozitif ideal çözüm A^* ve negatif ideal çözüm A^- derecelendirmesini her bir alternatif için ayrı olarak hesaplamaktadır. Alternatifler ideal çözüm benzerliği temel alınarak derecelendirilir. Eğer bir alternatif ideal bir çözüm ile benziyorsa, daha yüksek bir dereceye sahiptir. İdeal çözüm, pratikte var olmayan her yönüyle en iyi olan bir çözümdür ve yaklaşık olarak denenmektedir. Bir alternatifin ideal çözüme benzerliğini ölçmek için, o alternatifin ideal ve ideal olmayan çözümlerden uzaklığı göz önüne alınmaktadır (Mohamed, 2015).

$$A^* = \left\{ (\max_i Y_{ij} | j \in J), (\min_i Y_{ij} | j \in J') \right\}, 1 \leq i \leq m^n \quad (3,29)$$

3. işlem adımında ağırlıklandırılmış Y matrisi elamanlarının sütun değerlerinin en büyüklerinin seçilmesidir (Mohamed, 2015).

$$A^- = \left\{ (\min_i Y_{ij} | j \in J), (\max_i Y_{ij} | j \in J') \right\}, 1 \leq i \leq m^n \quad (3,30)$$

3. işlem adımında ağırlıklandırılmış Y matrisi elamanlarının sütun değerlerinin en küçüklerinin seçilmesidir. Burada; A^* Pozitif ideal çözümleri, A^- Negatif ideal çözümleri ve J maksimizasyon ve J' minimizasyon işlemini ifade etmektedir. Bu işlem adımının sonunda $A^* = \{Y_1^*, Y_2^*, Y_3^*, \dots, Y_n^*\}$ ve $A^- = \{Y_1^-, Y_2^-, Y_3^-, \dots, Y_n^-\}$ elde edilmektedir (Zhang, 2016).

Adım 5: Ayırma Ölçütünün Hesaplanması ve Her alternatifin Negatif İdeallerden Ayırılması

Her bir alternatifin ideal çözüme olan uzaklıklarının hesaplanmasıdır.

Pozitif ideal çözüm (Mohamed, 2015):

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - Y_j^*)^2} \quad (3,31)$$

Negatif ideal çözüm (Mohamed, 2015) :

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - Y_j^-)^2} \quad (3,32)$$

$i=1,2,\dots,m$

Adım 6: İdeal Çözümlere Göre Yakınlık Derecelerinin Hesaplanması

Aşağıdaki denklem kullanılarak i ideal alternatif çözümünün bağlı optimal yakınlık C_i^* hesaplanmaktadır (Zhang, 2016).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (3,33)$$

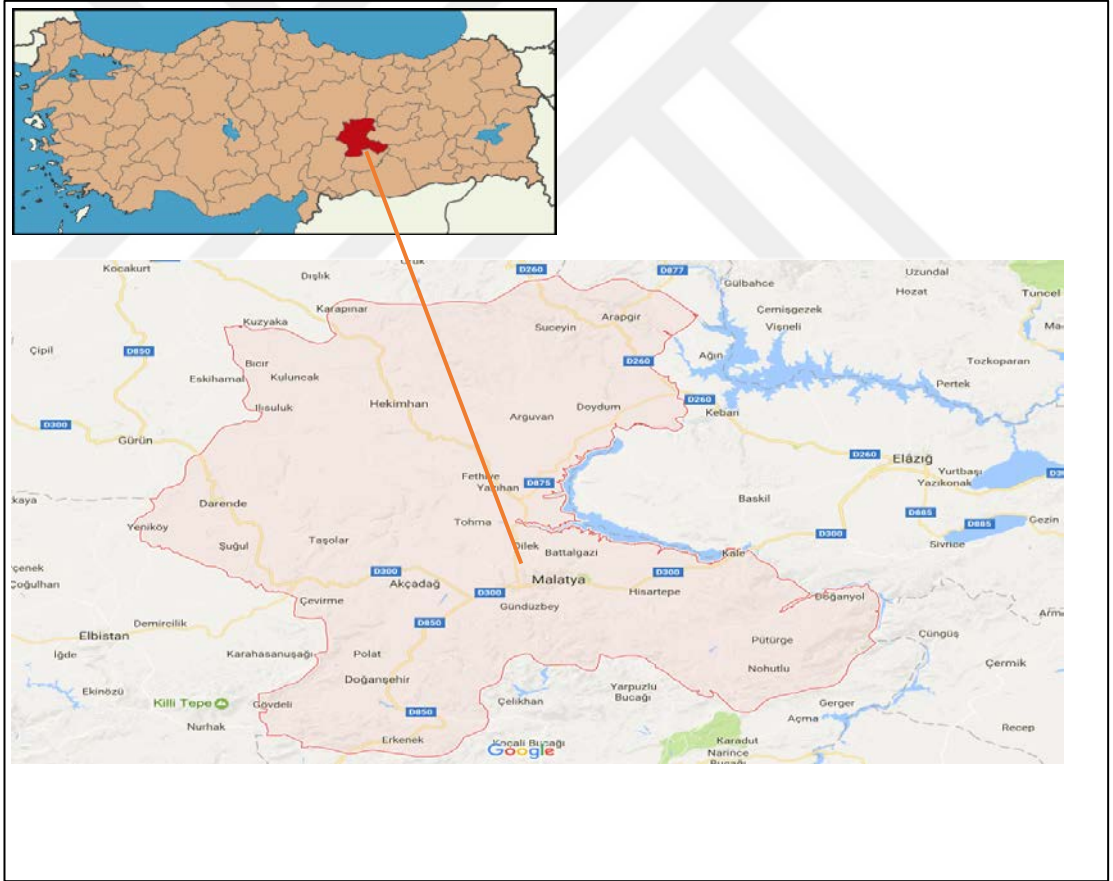
C_i^* , 0 ile 1 kapalı aralığında değer almaktadır. C_i^* 'nin 1 değerini alması ilgili karar noktasının ideal çözüme mutlak yakınlığını, C_i^* 'nin 0 değerinin alması ise ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme olan mutlak yakınlığını ifade etmektedir (Yaralıoğlu, 2004).

Adım 7: Tercih Sırasına Göre Alternatif Sıralaması

C_i^* değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanmasına göre alternatifler sıralanmaktadır.

4 ÇALIŞMA ALANI ve VERİ

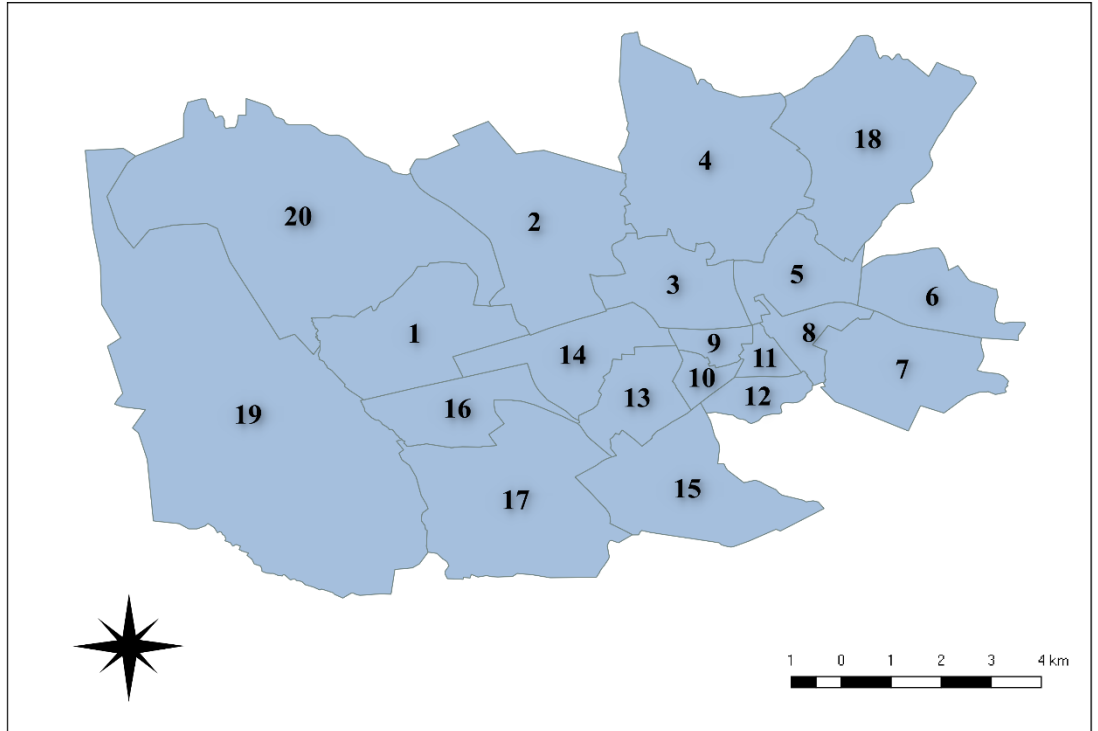
Sayaçların su kayıplarına etkisinin araştırılması için Malatya ili uygulama alanı olarak seçilmiştir. Doğu Anadolu Bölgesinin batısında bulunan Malatya ili doğuda Elazığ ve Diyarbakır, güneyde Adıyaman, batıda Kahramanmaraş, kuzeyde Sivas ve Erzincan illeri ile çevrilidir. İl topraklarının yüz ölçümü 12.313km^2 'dir. 2016 yılı nüfus kayıt sistemine göre toplam nüfusu 781.305 kişidir. Malatya ili 2014 yılında Büyükşehir statüsüne kavuşmadan önce su ve abone yönetimi farklı ilçe ve belde belediyeleri tarafından yürütülmüştür. Bunun sonucu olarak sahadaki gerçek durumu yansıtacak bir abone veri tabanı tutulmamıştır. Bu nedenle bu tez kapsamında çalışma alanı merkez ilçeler olan Battalgazi ve Yeşilyurt'a bağlı 78 mahalleden oluşturulmuştur. Uygulama alanı Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Çalışma Alanı

Merkez ilçelere bağı 78 mahalle benzer özelliklerine göre gruplandırılmış ve toplamda 20 bölge elde edilmiştir. Bu 78 mahallenin seçiminde merkez ilçelere bağı, abone ve sayaç bilgilerine kayıpsız ulaşılabilen bölgeler seçilmiştir.

Gruplandırma yapılırken mahallelerin nüfus yoğunluk bilgileri, ortalama içme suyu şebeke basınçları, ortalama yıllık su tüketim miktarları, ortalama sayaç yaşları ve sayaç ağırlıklı hata oranları gibi veriler dikkate alınmıştır. Oluşturulan bölgeler Şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerin Dağılımı

Uygulama alanı olarak sınırlandırılan 20 bölge, toplamda 170.363 abone ve 452.759 kişiyi kapsamaktadır. Bölgeler ile nüfus-abone verileri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler (MASKİ, 2016)

Mahalle Adı	Bölgesi	Toplam Nüfus (kişi)	Abone Sayısı (adet)	Toplam Abone Sayısı (adet)
CEVATPASA	1	8108	2067	2067
ATATÜRK	2	14815	802	7801
GAZİ			2138	
HOCA AHMET YESEVİ			1877	
SEYRAN			1145	
KOSU			544	
BENTBASİ	3	20679	872	8164
ÇAVUSOĞLU			2885	
İLYAS			841	
KİLTEPE			1643	
SALKÖPRÜ			1468	
YESİLKAYNAK			455	
ÇARMUZU	4	11960	707	3220
KAYNARCA			696	
MELEKBABA			1817	
BEYLERBASİ	5	30429	534	8429
CIRIKPINAR			743	
HİDAYET			1660	
İSKENDER			1291	
SARICIOĞLU			1274	
SEHİTFEVZİ			733	
TASTEPE			1417	
SELÇUKLU			777	
GÖZTEPE	6	20018	2695	6309
TANDOĞAN			2897	
YILDIZTEPE			717	
ÇÖSNÜK	7	48319	7046	18529
FIRAT			6156	
ZAFER			5327	
AKPINAR	8	25291	1193	11278
B.HÜSEYİNBEY			703	
HALFETTİN			762	
KERNEK			3035	
KIRÇUVAL			644	
SANCAKTAR			490	
SARAY			1216	
ÜÇBAĞLAR			2062	
YENİHAMAM			855	
K.HÜSEYİNBEY	9	16492	318	7998
ASLANBEY			2016	
KAVAKLIBAG			712	
NIYAZI			910	
NURİYE			1393	
SIKSIK			265	
SİFA			1560	
İSMETİYE			1142	

Çizelge 4.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler (devam)

Mahalle Adı	Bölgesi	Toplam Nüfus (kişi)	Abone Sayısı (adet)	Toplam Abone Sayısı (adet)
ATAKÖY	10	23427	1029	9493
B.MUSTAFA PASA			1909	
HACI ABDİ			5374	
K.MUSTAFA PASA			1181	
CEVHERİZADE	11	15352	1487	8362
DABAKHANE			997	
FERHADIYE			1148	
İSTİKLAL			2544	
İZZETİYE			733	
HAMIDIYE	12	28849	1453	10358
BASHARIK			5545	
HASAN VAROL			1648	
PASAKÖSKÜ	13	52439	3165	19125
ABDULGAFFAR			1100	
ÇUKURDERE			2355	
KOYUNOĞLU			2277	
SAMANLI			1077	
SEYH BAYRAM			3986	
ZAVIYE	14	27234	8330	10114
İNÖNÜ			3354	
ÖZALPER	15	20178	6760	9083
ASAGI BAGLAR			1413	
CEMALGÜRSEL			3457	
YAVUZ SELİM	16	18722	4213	6585
KARAKAVAK			3187	
TURGUT ÖZAL	17	22231	3398	8658
ÇİLESİZ			5127	
TECDE	18	13481	3531	3893
HANIMINÇİFTLİĞİ			3893	
BOSTANBASI	19	28452	4075	9311
YAKINCA			5236	
TOPSÖĞÜT	20	6283	1586	1586

Malatya ili 6230 sayılı yasa kapsamında 2014 yerel seçimleriyle beraber Büyükşehir olmuş ve buna bağlı olarak Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi kurulmuştur. Büyükşehir bünyesinde kurulan Su ve Kanal İdaresi, tüm şehir sınırları içerisinde içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçlarının sağlanması ve dağıtılması, kullanılmış suların yerleşim yerlerinden uzaklaştırılması ve zararsız bir biçimde boşaltma yerine ulaştırılması görevlerini üstlenmiştir (MASKİ, 2016).

İçme suyu dağıtım sistemlerinde arızalardan kaynaklanan sızıntılar dışında, her türlü sayaç hatalarından kaynaklanan ve İdari kayıplar olarak ifade edilen kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıplar, sayaçlardaki hatalardan kaynaklanan aşırı su tüketimi, kaçak kullanım, eksik sayaç okuması vb. şeklinde oluşmakta ve kurumun doğrudan gelir kaybına sebep olmaktadır.

Diğer taraftan, hızla artan insan nüfusu, büyümekte olan tarım alanları ve gelişmeye devam eden sanayi, vazgeçilemez olan su ihtiyacını artırmaya devam ederken küresel ısınma ve yanlış kullanım sebebiyle kullanılabilir su kaynakları giderek yok olmaktadır. Bu nedenle su sorununun çözümü için evsel, tarımsal ve sanayi amaçlı su kullanımlarında kayıp/kaçak oranının azaltılması, etkin bir su kullanım planının çıkarılarak su kaynaklarının geliştirmesi gerekmektedir. Etkin bir su yönetim planının çıkarılması için mevcut şebekenin ve abonelerinin sayısallaştırılması ve ölçümlerin anlık olarak izlenmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda Malatya ili sınırları içerisinde yapılan abonelerin noktasal sayısallaştırılması yapılmış ve abone kullanım bilgileri coğrafi bilgi sistemi üzerine işlenmiş ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Sayısal ortama aktarılan verileri koordinatlı olarak kaydedilen aboneler oluşturulan bilgi ekranının örnek yapısı Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3 Uygulama Alanında Abonelerin Dağılımı (MASKİ, 2016)

5 ANALİZ VE DEĞERLENDİRME

Tez çalışması kapsamında içme suyu dağıtım sistemlerinde abone sayaçlarında meydana gelen arızaların analizi ve bunların su kayıplarına etkileri çalışmalarının yapılmasında uygulama alanına ait veriler MASKİ Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Tez kapsamında temel olarak aşağıda verilen çalışmalar, analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır.

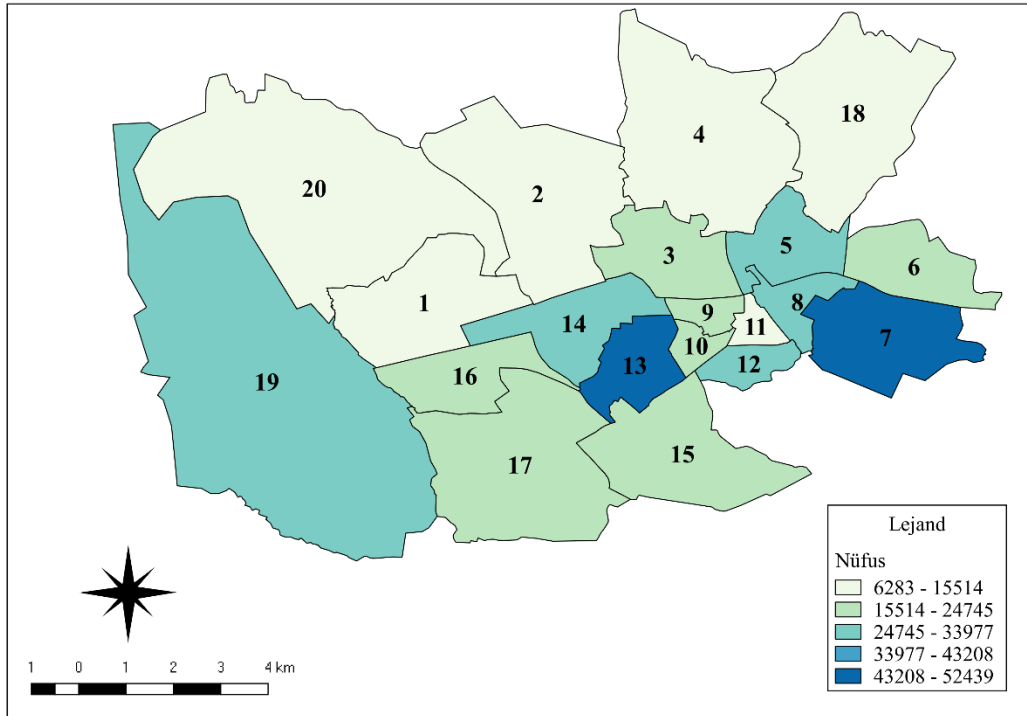
- Verilerin toplanması
 - o Uygulama alanına ait sayısal hali hazır haritası
 - o Uygulama alanında bölge ve mahalleleri içeren sayısal altlık
 - o Uygulama alanında seçilen bölgelerde yer alan binaların yerleşimi
 - o Uygulama alanında seçilen bölgelerde yer alan abone bilgileri ve bu abonelere ait sayaç detayları
 - o MASKİ Genel Müdürlüğünce yapılan denetimler sonucunda değişimi yapılan sayaçlara ait bilgiler,
 - o Denetim yapılan sayaçlar için yapılan test sonuçları, arıza türleri, arıza şekli,
 - o Uygulama alanında seçilen bölgelerde yer alan abonelerin yıllık su tüketimleri (toplam ve ortalama)
 - o Uygulama alanında seçilen bölgelerde sayaç değişimi yapılan abonelerin sayaç değiştirilmeden önceki ve sonraki dönemlere ait su tüketim bilgileri
- Verilerin Coğrafi Bilgi Sistemler yazılımı yardımıyla sayısal ortama girilmesi ve veri tabanının oluşturulması
 - o Seçilen bölgelere göre abone nüfus yoğunluğunun belirlenmesi
 - o Seçilen bölgelere göre abone sayılarının değişiminin belirlenmesi
 - o Seçilen bölgelere göre abone kişi başı ortalama su tüketim değişiminin belirlenmesi
 - o Seçilen bölgelere göre abone hatalı sayaç oranlarının değişiminin belirlenmesi

- Sayaçlara ait verilerin ön analizi
 - o Değişimi yapılan sayaçlara ait verilen hata türlerine göre değerlendirilmesi
 - o Değişimi yapılan sayaçların hata yüzdelerine göre analiz edilmesi
 - o Değişimi yapılan sayaçların markalarına göre analiz edilmesi
- Sayaç değişimi yapılan aboneler için gelir getirmeyen su analizinin yapılması
 - o Sayaç değişiminden önce ve sonra su tüketimlerinin analiz edilmesi ve tüketim oranına etkisinin araştırılması
 - o Sayaç hatalarının gelir getirmeyen su oranına etkisinin değerlendirilmesi
- Uzman görüşleri temel alınarak sayaç hatalarına sebep olan faktörlerin analizi ve sonuçların değerlendirilmesi
- Gerçek saha verileri temel alınarak sayaç hatalarına sebep olan faktörlerin analizi ve sonuçların değerlendirilmesi
- AHP ve ELECTRE yöntemleri kullanılarak sayaç değiştirmede öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak sayaç değiştirmede öncelikli bölgelerin belirlenmesi
- Optimum sayaç değiştirme süresinin belirlenmesi

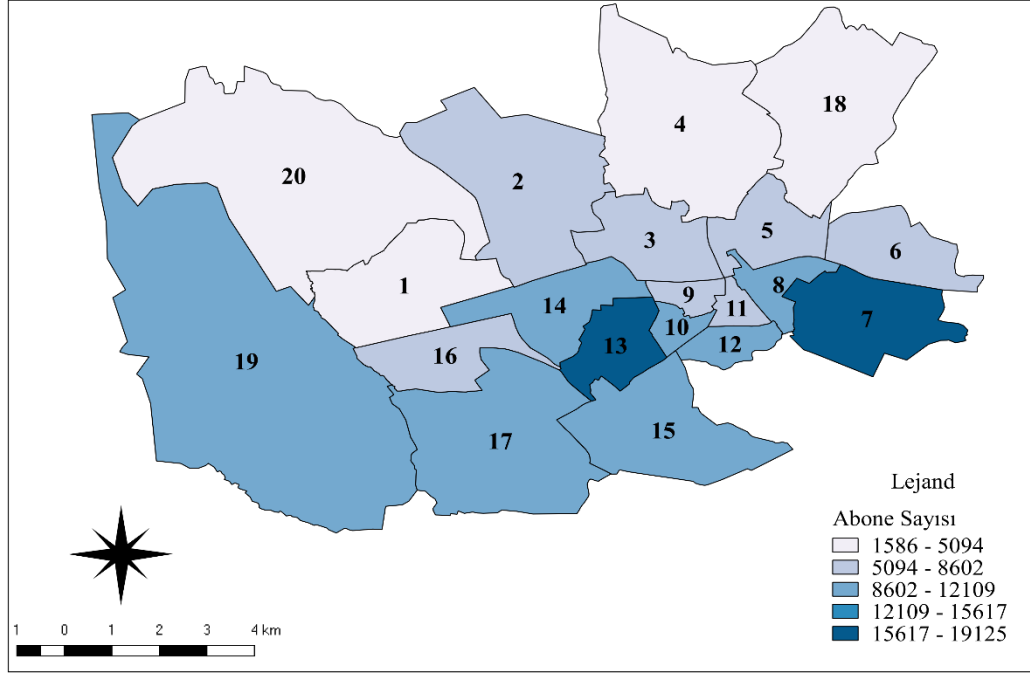
5.1 Uygulama Alanında Verilerin Elde Edilmesi ve Düzenlenmesi

5.1.1 Uygulama Alanında Abone Bilgileri

Uygulama alanı içerisinde ayrılan 20 bölgenin genel yapısı ve özellikleri hakkında değerlendirme yapabilmek için bölgelerin nüfus ve abone verileri incelenmiştir. Bu bölgelere ait verilerin temin edilmesi yine MASKİ bilgi işlem alt yapısı kullanılmıştır. Uygulama alanı sınırları içerisinde düşen bölgelerin nüfus ve abone sayılarının dağılım haritaları sırasıyla Şekil 5.1 ve 5.2 de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerde Nüfus Dağılımı

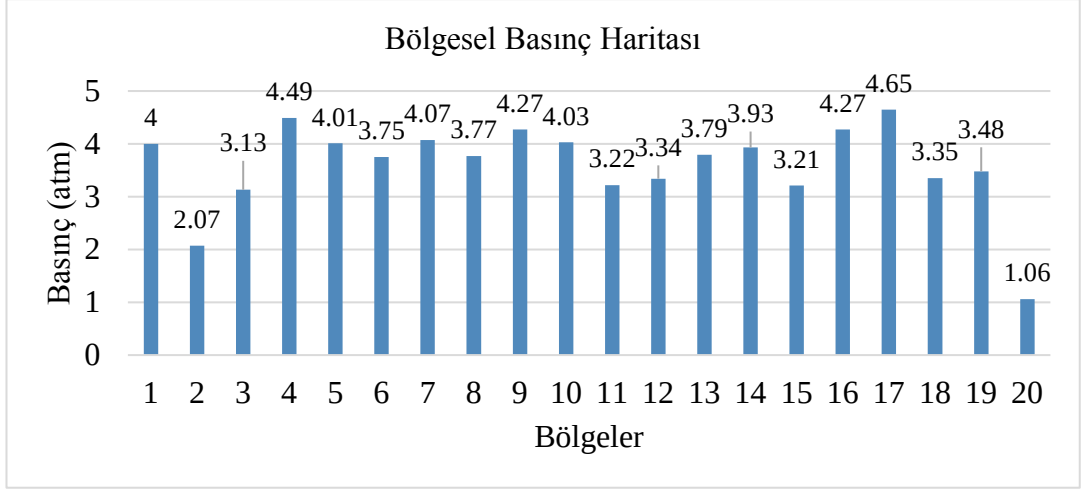


Şekil 5.2 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerde Abone Sayısı Dağılımı

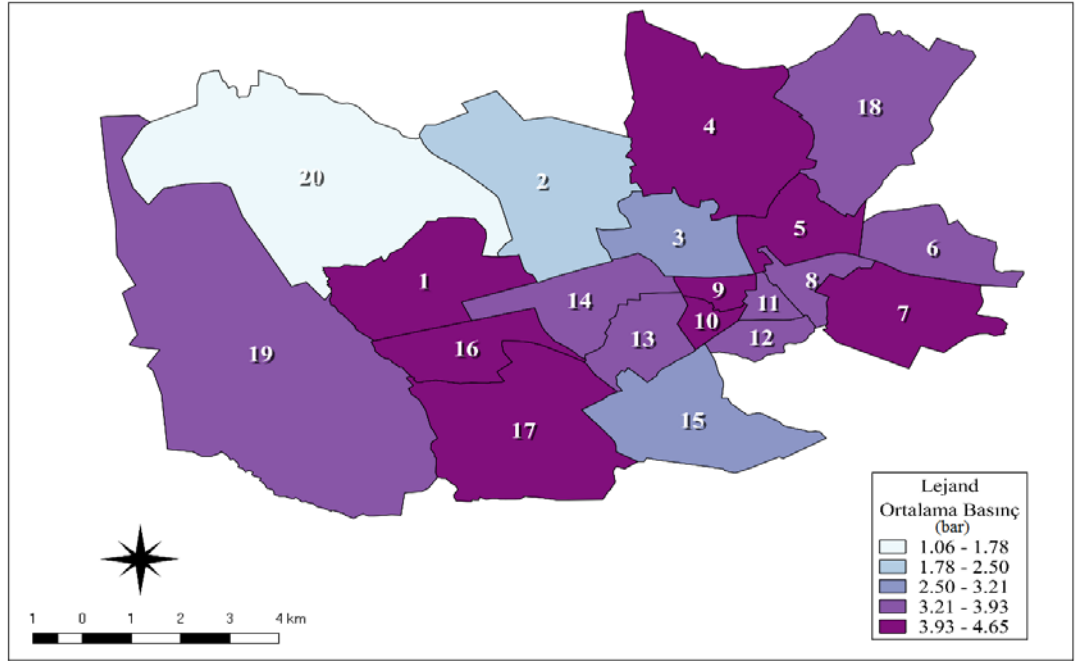
Şekil 5.1 incelendiğinde uygulama alanı içinde yer alan bölgelerde nüfus ağırlıklı olarak 7 ve 13. bölgelerde fazla iken, 1, 2 ve 4. bölgelerde nüfus diğer bölgelere göre daha düşük kalmıştır. Bu bölgelerde yer alan mahalleler şehir merkezinde olup eski yerleşim alanlarını içermektedir. Diğer taraftan abone sayısı için değerlendirme yapılacak olursa en yüksek abone sayısının 7 ve 13. bölgelerde olduğu tespit edilmiştir.

5.1.2 Uygulama Alanında Basınç Dağılımı

Sayaç hatalarına etki eden önemli faktörlerden biri basınç olarak gösterilebilir. Gerek sürekli yüksek basınç gerekse basınçta ki dalgalanmalar sayaçların mekanik yapısını bozmakta ve yanlış ölçüme sebep olmaktadır. Bu çalışma kapsamında basıncın sayaç hataları üzerindeki etkisini değerlendirmek için çalışma alanı içerisinde yer alan 20 bölgede basınç verileri ölçülmüş ve bölgelere göre değişimi Şekil 5.3’de gösterilmiştir. Ayrıca ölçülen basıncın konumsal olarak değişiminin daha iyi anlamak için bölgelere göre basınç haritaları oluşturulmuş ve Şekil 5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.3 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerde Ölçülen Ortalama Basınçlar



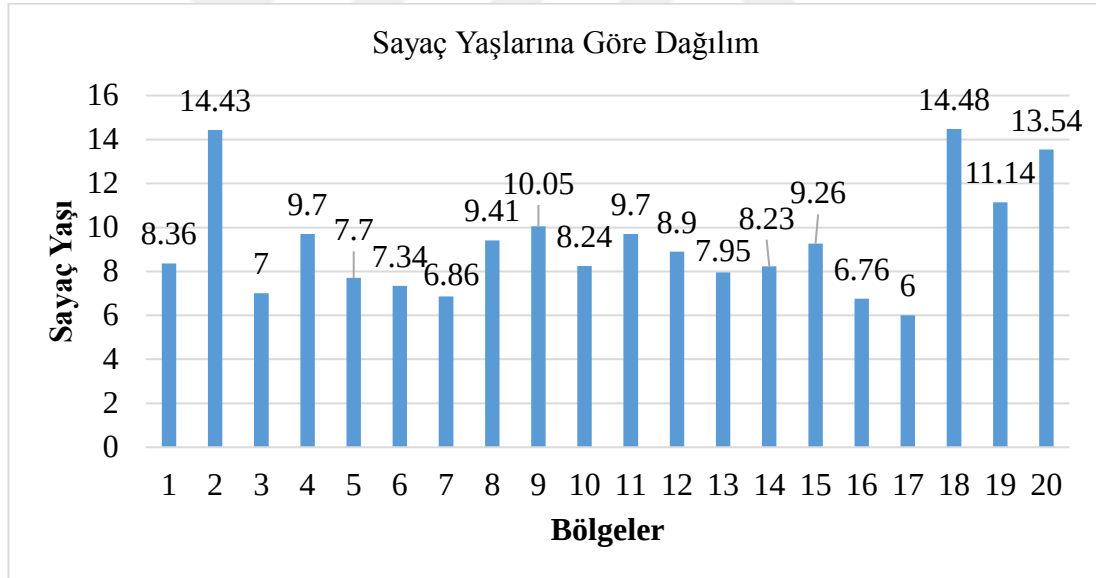
Şekil 5.4 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelerde Ortalama Basınç Dağılımı

Şekil 5.3 ve 5.4 incelendiğinde, 4, 16 ve 17. bölgelerde basıncın diğer bölgelere göre fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca 2. ve 20. Bölgeler ise en düşük basınca sahip bölgeler olarak tespit edilmiştir. Bu düşük basıncın sebepleri söz konusu bölgenin jeolojik özellikleri olabileceği gibi bölgede ki mevcut şebekede ki kayıpların fazla olmasından da kaynaklanabilmektedir.

5.1.3 Uygulama Alanında Sayaç Bilgileri

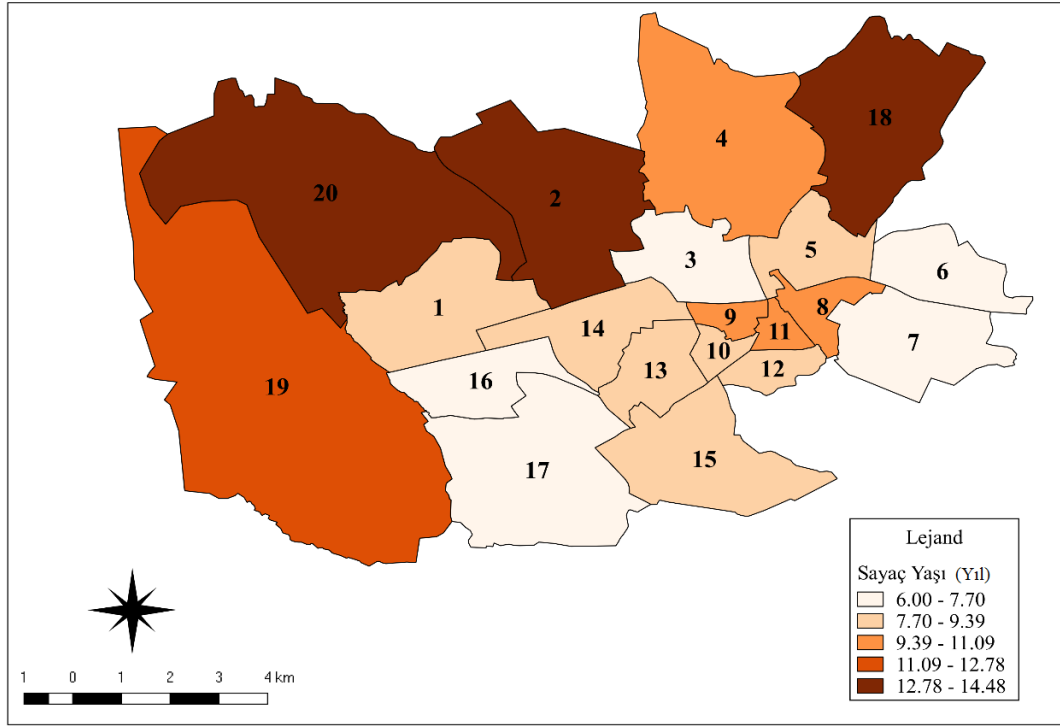
Bu tez çalışması kapsamında uygulama alanı içerisinde yer alan abonelere ait toplam 181.370 sayaç bilgileri toplanmıştır. Bu sayaçlar hakkında genel değerlendirme yapmak ve uygulama bölgelerinde genel yapıyı ortaya koymak için sayaçlar çeşitli özelliklerine göre analiz edilmiştir. Bölgelerde yer alan abone sayıları dolayısıyla sayaç sayıları çalışma alanı bölümünde Çizelge 4.1’de detaylı olarak verilmiştir.

Sayaçlarda hatalara neden olan bir diğer önemli faktör ise sayaç yaşı gösterilebilir. İdeal koşullarda 2 yılda bir kalibre edilmek şartıyla sayaç ömürleri 10 ile 15 yıl arasında değişmektedir. İlerleyen sayaç yaşları ölçümlerde hata oranını artırmaktadır. Çalışma alanında 20 bölgede yer alan sayaçların ortalama yaş dağılımı Şekil 5.5’te, sayaç yaşının sayısal haritada konumsal olarak değişimi de Şekil 5.6’te gösterilmiştir.



Şekil 5.5 Sayaç Yaşlarına Göre Dağılım Çizelgesi

Çalışma bölgesi incelendiğinde ortalama sayaç yaşı 9.25 olduğu tespit edilmiştir. Sayaç yaşı bakımından en kötü durumda ki bölge 18. bölge olurken (14,48), en düşük yaş ortalamasına sahip bölge (6.00) ile 17. bölge olmuştur. Söz konusu 17. bölge (Çilesiz ve Tecde Mahalleleri) nispeten yeni yerleşim bölgelerine sahip olmaları nedeniyle sayaç yaşı bakımından diğer bölgelerden daha iyi durumdadır.



Şekil 5.6 Sayaç Yaşlarına Göre Dağılım Haritası

5.1.4 Uygulama alanında Su Tüketim Özellikleri

Çalışma alanı içerisinde bulunan aboneleri yıllık su tüketimi ve kişi başı yıllık su tüketimleri incelenmiştir. Tüketim ve nüfus verileri Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler (MASKİ, 2016)

Mahalle Adı	Bölgesi	Toplam Nüfus (kişi)	Toplam Tüketim (m^3)	Ortalama Tüketim (m^3 /kişi/yıl)
CEVATPASA	1	8 108	303 186.67	37.39
ATATÜRK	2	14 815	920 101.30	62.11
GAZI				
HOCA AHMET YESEVI				
SEYRAN				
KOSU				
BENTBASİ	3	20 679	1 074 133.33	51.94
ÇAVUSOĞLU				
ILYAS				
KİLTEPE				
SALKÖPRÜ				
YESİLKAYNAK				
ÇARMUZU	4	11 960	272 720.55	22.80
KAYNARCA				
MELEKBABA				
BEYLERBASİ	5	30 429	974 976.96	32.04
CIRIKPINAR				
HIDAYET				
ISKENDER				
SARICIOĞLU				
SEHİTFEVZİ				
TASTEPE				
SELÇUKLU				

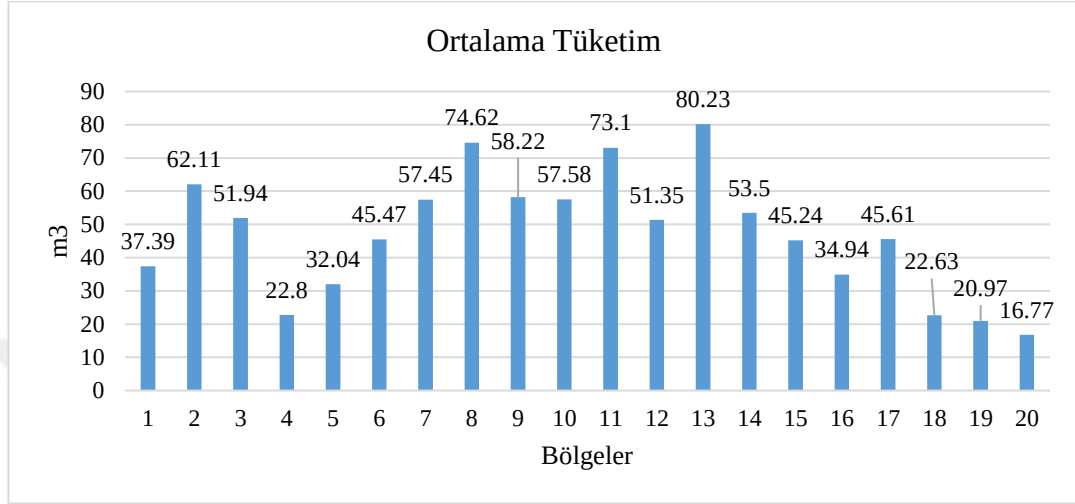
Çizelge 5.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler (devamı)

GÖZTEPE	6	20 018	910 222.47	45.47
TANDOĞAN				
YILDIZTEPE				
ÇÖSNÜK	7	48 319	2 776 023.65	57.45
FIRAT				
ZAFER				
AKPINAR	8	25 291	1 887 261.66	74.62
B.HÜSEYİNBEY				
HALFETTİN				
KERNEK				
KIRÇUVAL				
SANCAKTAR				
SARAY				
ÜÇBAĞLAR				
YENİHAMAM				
K.HÜSEYİNBEY				
ASLANBEY	9	16 492	960 175.17	58.22
KAVAKLIBAG				
NIYAZI				
NURIYE				
SIKSIK				
SİFA				
İSMETİYE				
ATAKÖY	10	23 427	1 349 945.96	57.58
B.MUSTAFA PASA				
HACI ABDİ				
K.MUSTAFA PASA				

Çizelge 5.1 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler (devamı)

CEVHERIZADE	11	15 352	1 122 244.8	73.10
DABAKHANE				
FERHADIYE				
ISTIKLAL				
IZZETIYE				
HAMIDIYE				
BASHARIK	12	28 849	1 481 370.5	51.35
HASAN VAROL				
PASAKÖSKÜ				
ABDULGAFFAR	13	52 439	4 207 086.36	80.23
ÇUKURDERE				
KOYUNOGLU				
SAMANLI				
SEYH BAYRAM				
ZAVIYE				
İNÖNÜ	14	27 234	1 456 951.56	53.50
ÖZALPER				
ASAGI BAGLAR	15	20 178	912 772.00	45.24
CEMALGÜRSEL				
YAVUZ SELİM				
KARAKAVAK	16	18 722	654 191.71	34.94
TURGUT ÖZAL				
ÇİLESİZ	17	22 231	1 013 857.13	45.61
TECDE				
HANIMINÇİFTLİĞİ	18	13 481	305 057.00	22.63
BOSTANBASİ	19	28 452	596 588.96	20.97
YAKINCA				
TOPSÖĞÜT	20	6 283	105 391.56	16.77

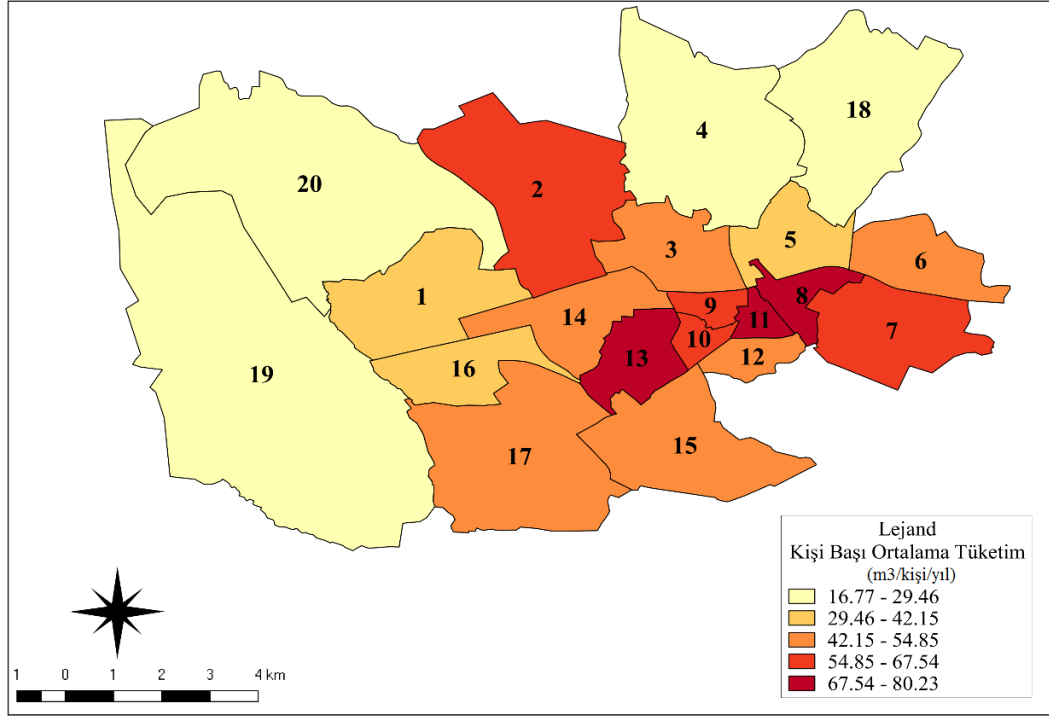
Çizelge 5.1 incelendiğinde kişi bazlı ortalama tüketim miktarı en yüksek bölge 80.23 m³/kişi/yıllık tüketim ile 13. bölge olmuştur. Kişi başı su tüketim oranları Şekil 5.7 gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Ortalama Kişi Başı Su Tüketim Miktarları

Kişi bazlı su tüketim oranlarının grafik Şekil 5.7’de verildiği gibi geniş bir skalada değişmesinin birçok nedeni olabilir. Bunlar incelenecek olursa söz konusu bölgelerdeki ticari hanelerin fazla olması su sarfiyatını artıracak gibi, kayıp kaçak oranının fazla olması ve hatalı sayaç ölçümleri gibi nedenler de su tüketim miktarını doğrudan etkileyecektir.

Sayaç yaşının yüksek olduğu 18, 19 ve 20. bölgeler de kişi başı su tüketim oranları diğer bölgelere oranla daha düşük çıkmaktadır. Bölgenin sosyokültürel yapısının farklı olması ve kayıp kaçak oranlarındaki farklılıklar buna neden olabileceği gibi ilerleyen sayaç yaşlarının özellikle negatif yönde hata yapmaya meyilli olmaları nedeniyle söz konusu bu bölgelerde kişi başı tüketimlerin düşük çıkmasının önemli nedenlerinden birinin mevcut sayaçların yaşlı olması düşünülebilir. Kişi başı tüketim oranları Şekil 5.8’de gösterilmektedir.



Şekil 5.8 Ortalama Tüketim Haritası

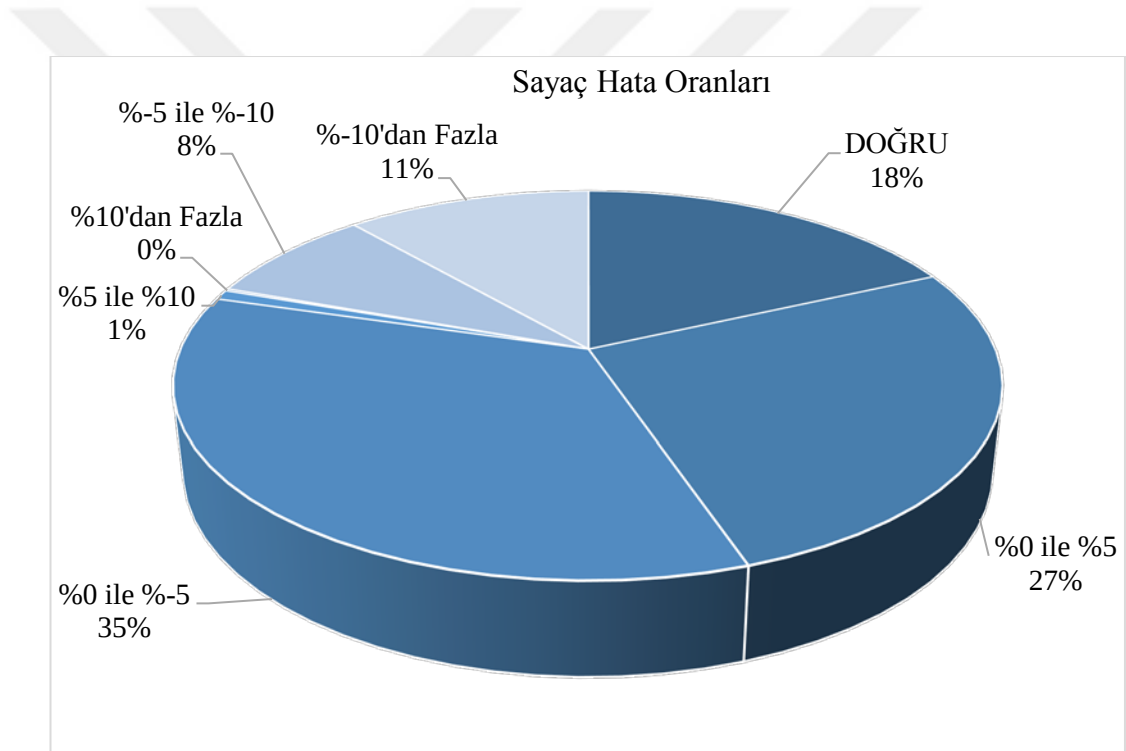
5.2 Uygulama Alanında Sayaçların Analizi

Tez kapsamında uygulama olarak seçilen alt bölgelerde yapılan incelemelerde sayaçların bölgesel bazlı ortalama yaşları, kalibre edilen sayaçların hata oranları, sayaçlarda meydana gelen arızaların nerelerde meydana geldiği ve sayaçta ne tür arızalar olduğu ortaya konmuştur. Bu analizlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan veriler yine MASKİ Genel Müdürlüğü Abone Daire Başkanlığından temin edilmiştir. Abone işleri daha başkanlığı, vatandaşlar tarafından yapılan başvurular ya da ekiplerin sahada yaptıkları incelemeler sonucunda belirlenen sayaçlar test edilmekte ve hatalı olduğu tespit edilen sayaçlar yenileri ile değiştirilmektedir.

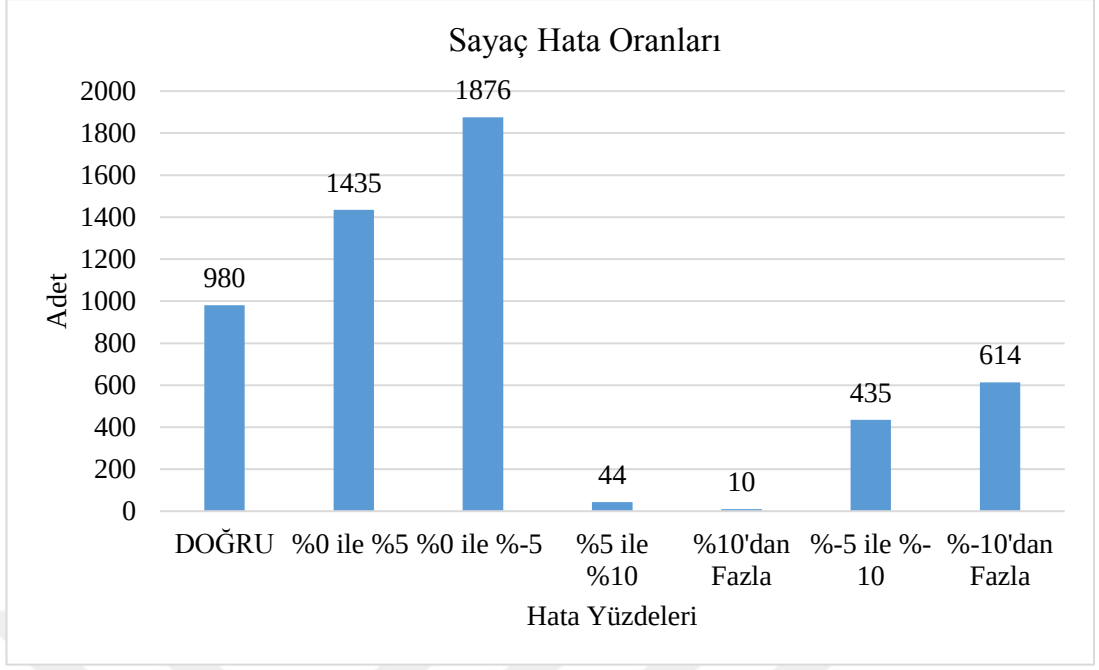
5.2.1 Sayaçlarda Hata Oranının Tespit Edilmesi

“Sayaçlardaki Ölçüm Hataları” Uluslararası Su Birliği (IWA) ile Amerikan Su İşleri Birliği (AWWA) performans göstergelerini tablosunda idari kayıpların bir alt başlığı olarak tanımlanmaktadır. Sayaçların imal edilmesi sırasında yapılacak olan bir hata, doğru sayaç tipinin seçilmemesi, montaj bozukluğu, şebeke basıncı gibi birçok faktör sayaçların hatalı ölçüm yapmasına sebep olabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında uygulama alanında sayaçlarda hata oranının tespit edilmesi amacıyla 5394 sayaçta inceleme yapılmış ve sonuçları Şekil 5.9 ve 5.10’da gösterilmiştir.



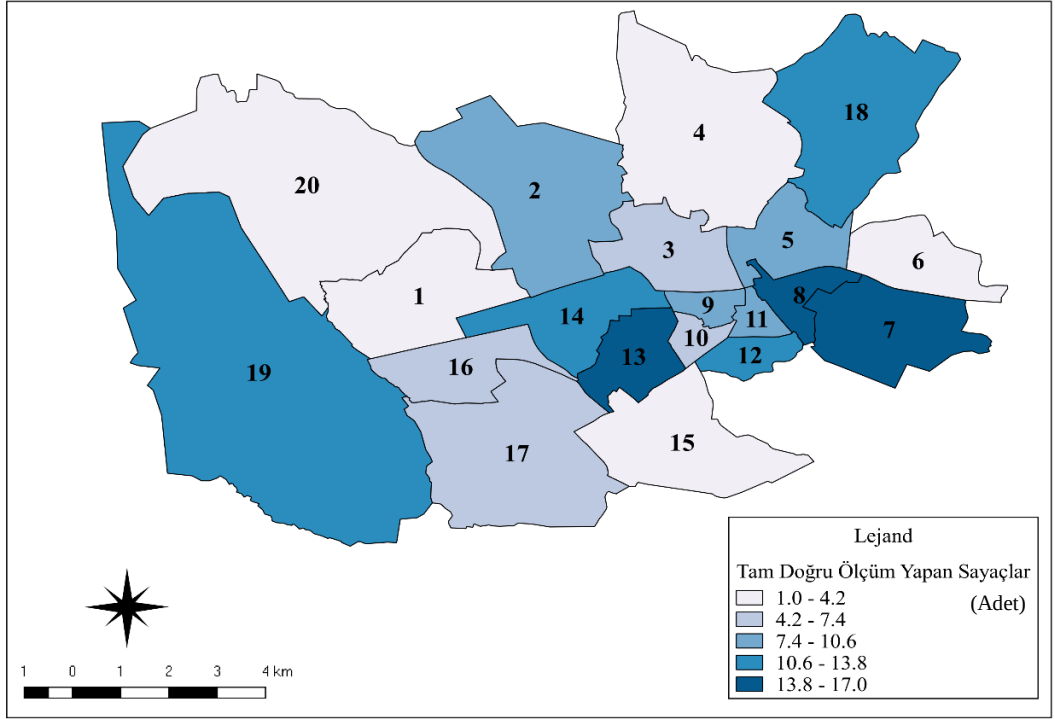
Şekil 5.9 Sayaçlarda Hata Oranları



Şekil 5.10 Sayaç Hata Oranları

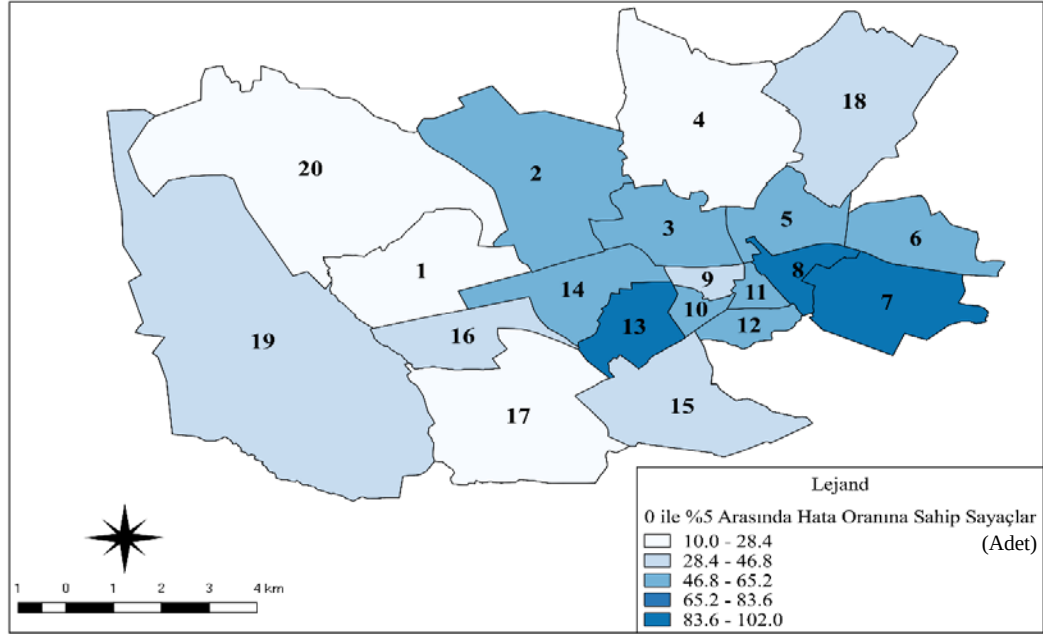
Ölçüler ve ayar kanunu ile Soğuk Su Sayacı Yönetmeliği (75/33/AT) hükümleri kapsamında su sayaçları % 2 ile % 5 arasında hata oranına sahip olabilir ve bu ölçümler doğru kabul edilmektedir. Şekil 5.9 ve 5.10 incelendiğinde; İncelemesi yapılan 5394 sayaç içerisinde 4291 sayacın (% 79) yönetmeliklere göre doğru kabul edilen hata oranlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Geriye kalan 1103 sayaç (% 21) ise yanlış ölçüm yapmaktadır.

İnceleme yapılan sayaçlarda %0 hata oranı ile ölçüm yapan (tam doğru) sayaçların ağırlıklı olarak 7, 8 ve 13. bölgelerde oldukları tespit edilmiştir. Bu bölgelerde sayaç yaşlarının il geneli ortalamasına göre düşük olması bu durumun temel nedenidir. Bölgelere göre tam doğru ölçüm yapan sayaçların haritası Şekil 5.11'de gösterilmektedir.

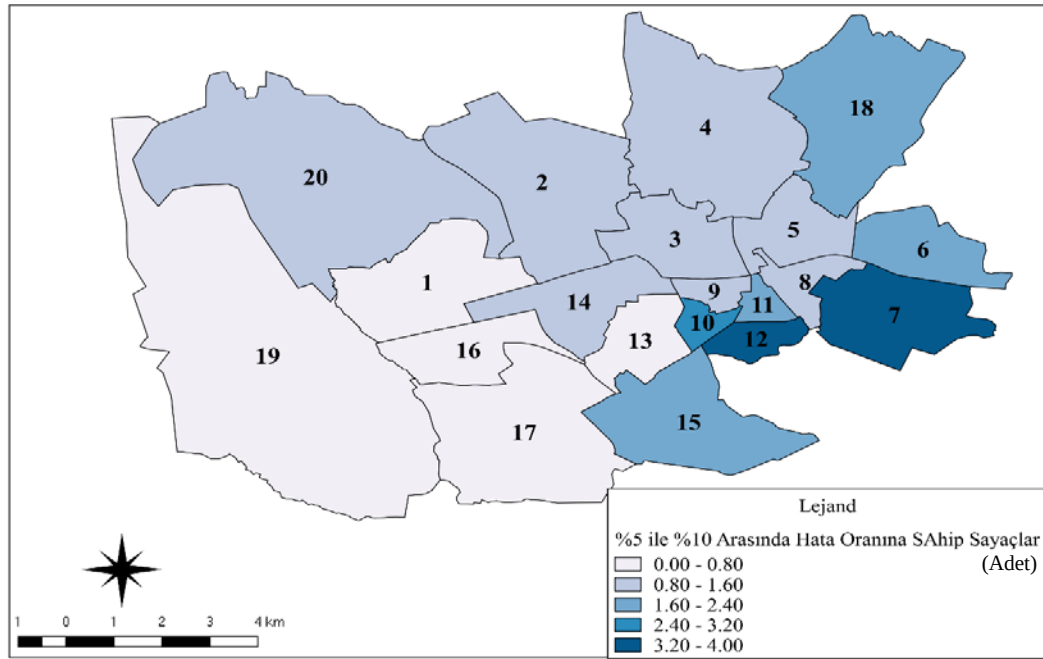


Şekil 5.11 Doğru Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları

Sayaçlarda yapılan incelemeler sonucunda %0 ile %5 ve %5 ile %10 arası hata oranına sahip sayaçların ağırlıklı olarak 7. ve 8. bölgelerde oldukları görülmektedir. %0 ile %5 ve %5 ile %10 arası hata oranına sahip sayaçların bölgelere göre dağılımları Şekil 5.12 ve 5.13 'de gösterilmektedir.

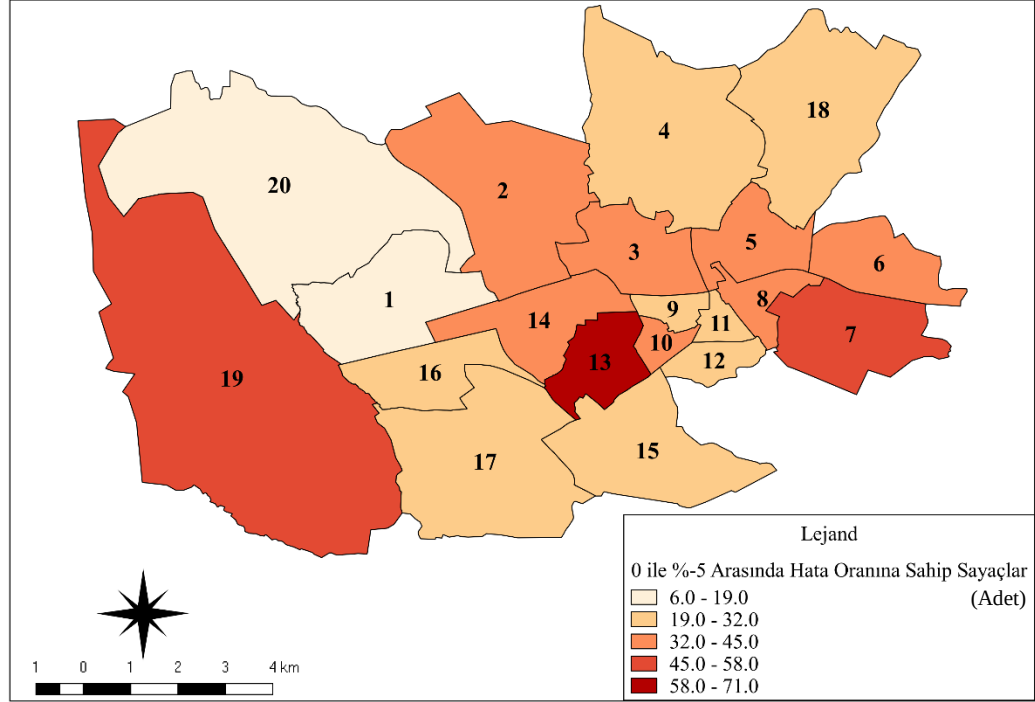


Şekil 5.12 %0 ile %5 Arasında Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları



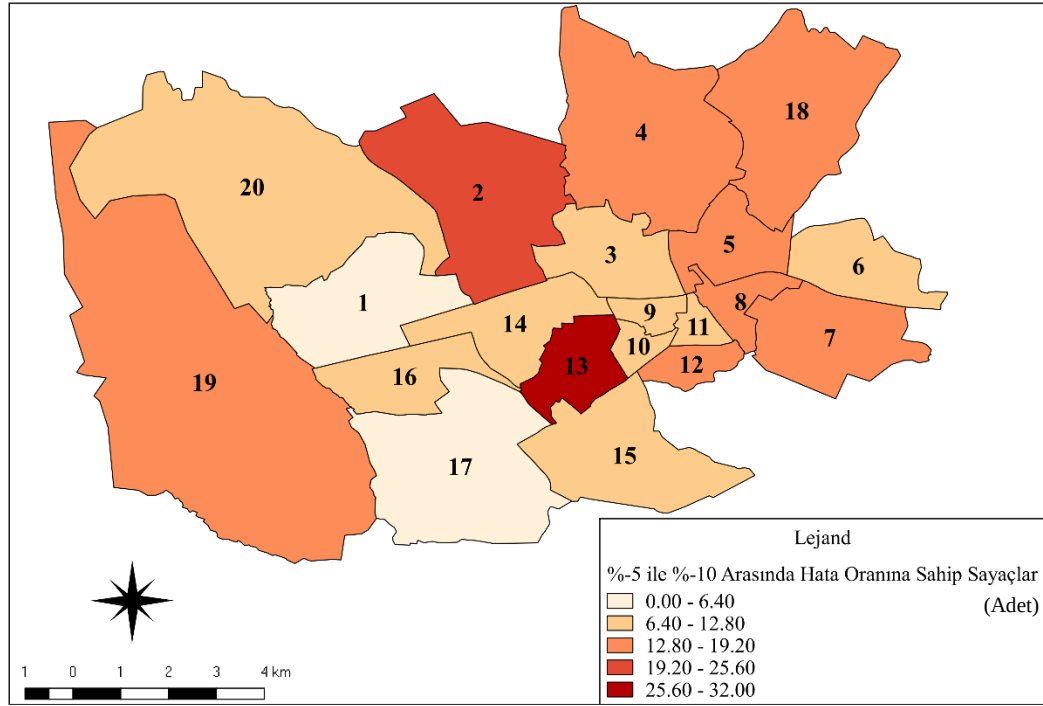
Şekil 5.13 %5 ile %10 Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları

Doğru ölçüm sınıfına dahil olan 0 ile %-5 arasında hata oranına sahip sayaçların bölgesel dağılımları incelenmiştir. %-5 'e hatalı okuma yapan sayaçların ağırlıklı olarak 7, 19 ve 13. bölgelerde olduğu görülmektedir. Söz konusu bu sayaçların bölgelere göre dağılımları Şekil 5.14'de gösterilmektedir.

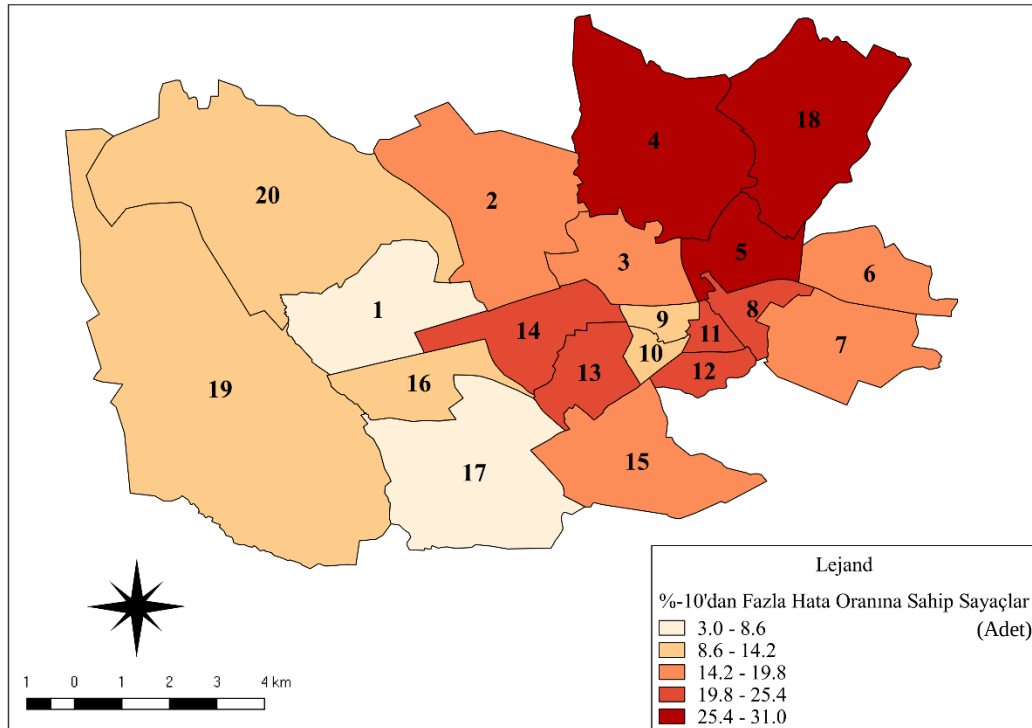


Şekil 5.14 %-5 ile %0 Arası Hatalı Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları

%-5'den daha fazla hata oranına sahip sayaçlar da bölgesel bazda incelenmiştir. Yapılan bu incelemeler sonucunda hatalı ölçüm yapan bu sayaçların ağırlıklı olarak 4, 5 ve 18. bölgelerde oldukları görülmektedir. Bu bölgelerde ortalama sayaç yaşları fazla iken, kişi başı su tüketim oranları diğer bölgelere göre daha düşük çıkmaktadır. %-5 ile %-10 ve %-10'dan fazla hata ona sahip sayaçlar sırasıyla Şekil 5.15 ve 5.16'da gösterilmiştir.



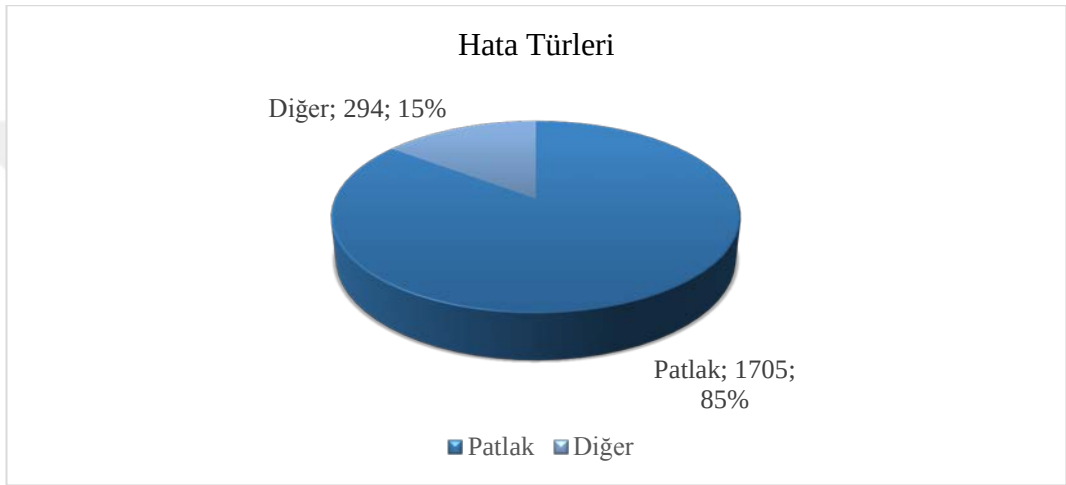
Şekil 5.15 %-10 ile %-5 Arası Hatalı Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları



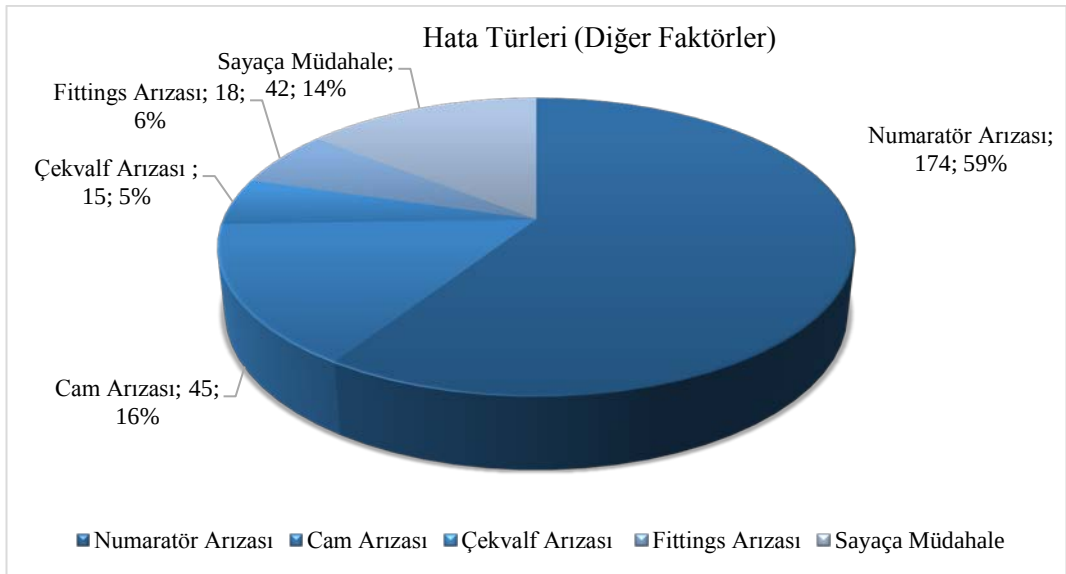
Şekil 5.16 %-10'dan Fazla Hatalı Ölçüm Yapan Sayaçların Bölgesel Dağılımları

5.2.2 Sayaçlarda Meydana Gelen Hatalar

Çalışma alanı içerisindeki sayaçlarda meydana gelen hataların nedenleri incelendiğinde hataların büyük bir bölümünün sayacın patlaması sonucunda oluştuğu ortaya konmuştur. Geri kalan arıza bölgeleri ise numaratör arızası, camda meydana gelen hasarlar, çek valf arızaları, fittings arızaları ve sayaçlara dışardan yapılan müdahaleler olmuştur. Sayacın patlamasından sonra en çok karşılaşılan hata türü sayaç numaratörünün bozulması olarak tespit edilmiştir. Karşılaşılan hata oranları Şekil 5.17 ve 5.18’de gösterilmiştir.



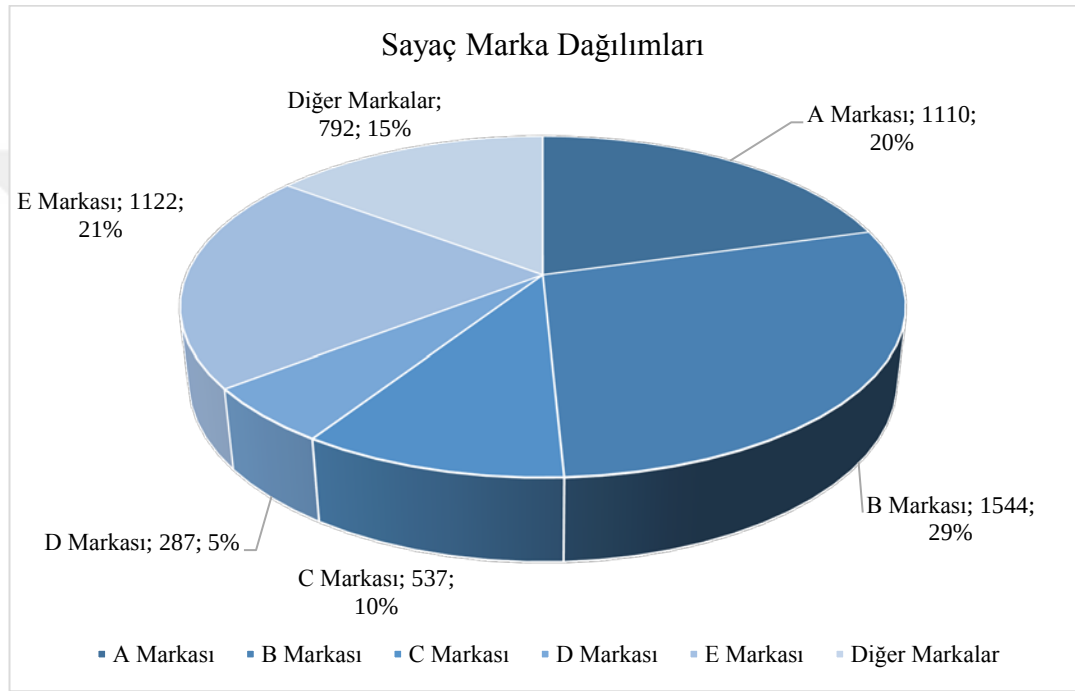
Şekil 5.17 Sayaçlarda Meydana Gelen Hataların Nedenleri



Şekil 5.18 Sayaçlarda Meydana Gelen Hataya Sebep Olan Faktörlerin Nedenleri

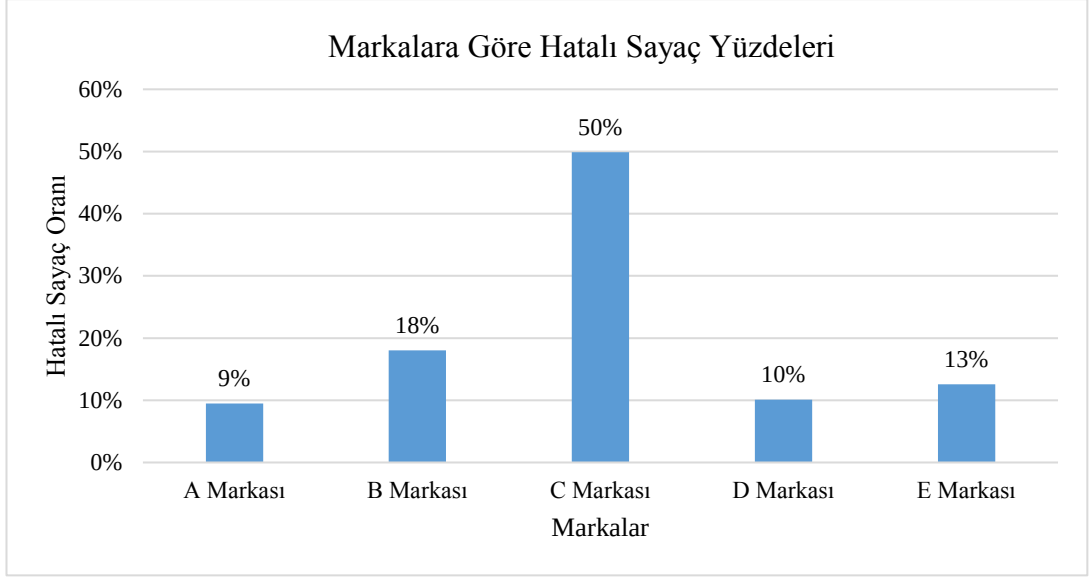
5.2.3 Uygulama Alanında Sayaç Markasına Göre Daha Dağılımı

Hata oranları incelenen 5394 sayacın markalarına göre dağılımları Şekil 5.19’da sunulmuştur. 5394 sayacın %85’ini 5 adet firma oluştururken kalan %15’lik dilimde ise 12 adet firma bulunmaktadır. İncelemesi yapılan sayaç firmaları A, B, C, D ve E harfleriyle adlandırılmıştır. Kullanılan sayaçların markalarına göre dağılımları Şekil 5.19’da gösterilmektedir.



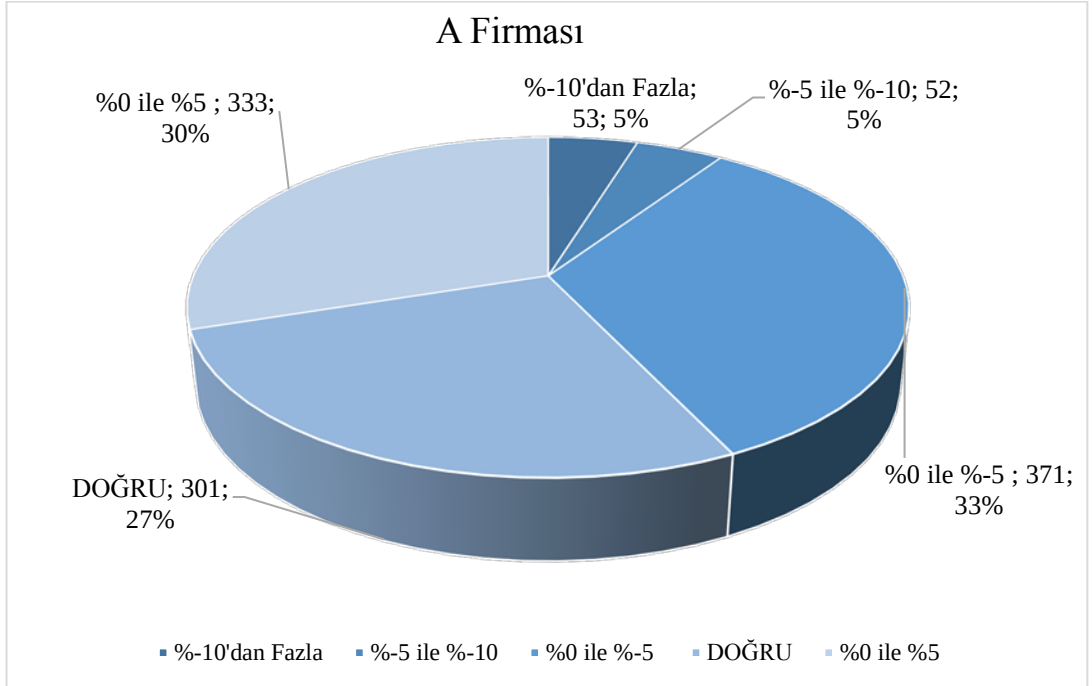
Şekil 5.19 Sayaçların Markalarına Göre Dağılımları

Firma bazlı yapılan araştırmalara göre hatalı ölçüm yapan sayaçların aynı firmadaki toplam kullanılan sayaca oranı en düşük firma A markası olurken (%9), C markasında imal edilen her iki sayaçtan birinin hatalı ölçüm yaptığı tespit edilmiştir. B firması %18’lik bir hata oranına sahip iken D ve E firmaları sırasıyla %10 ve %13 hatalı ölçüm yapan sayaca sahip oldukları tespit edilmiştir. Söz konusu bu değerler Şekil 5.20’de gösterilmiştir.



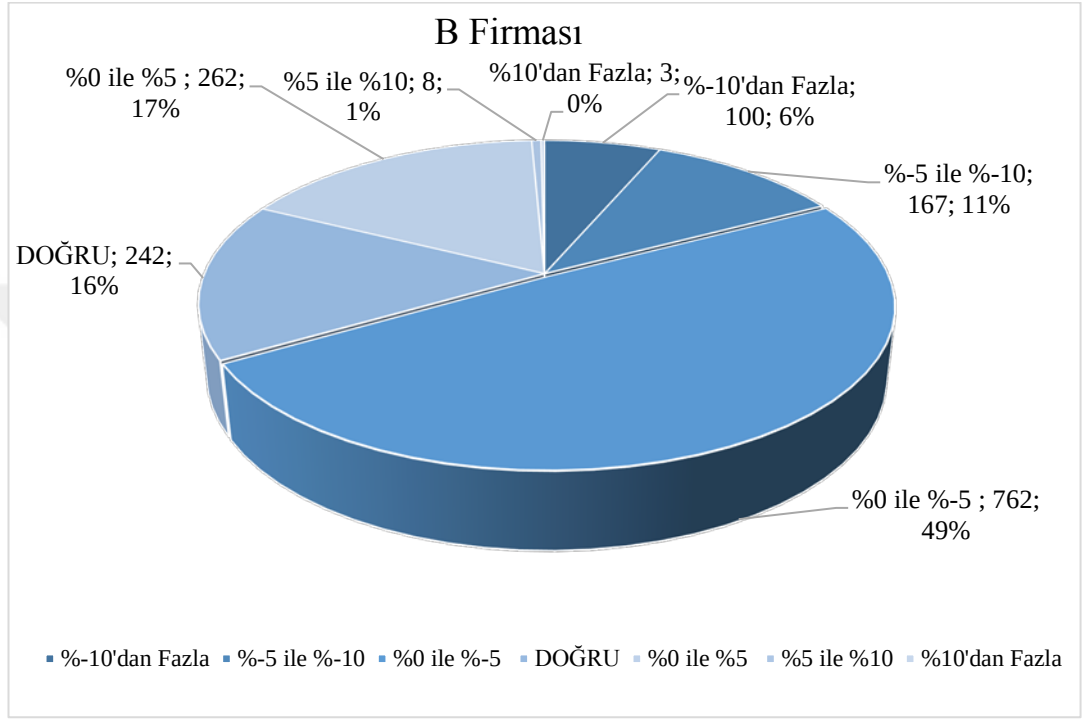
Şekil 5.20 Markalara Göre Hatalı Sayaç Yüzdeleri

Şekil 5.21’de A firması sayaçlarda yapılan incelemeler gösterilmiştir. Test edilen sayaçlarda yapılan testlerde A firmasına ait sayaçların %27’sinin tamamen doğru ölçtüğü gözlemlenirken, %63’lük bir kısmının ise %-5 ile %+5 arasında hata oranına sahip olduğu görülmüştür. İncelemesi yapılan diğer 4 ana firmaya kıyaslandığında en düşük hatalı sayaç oranına (%9) sahip olduğu görülmektedir.



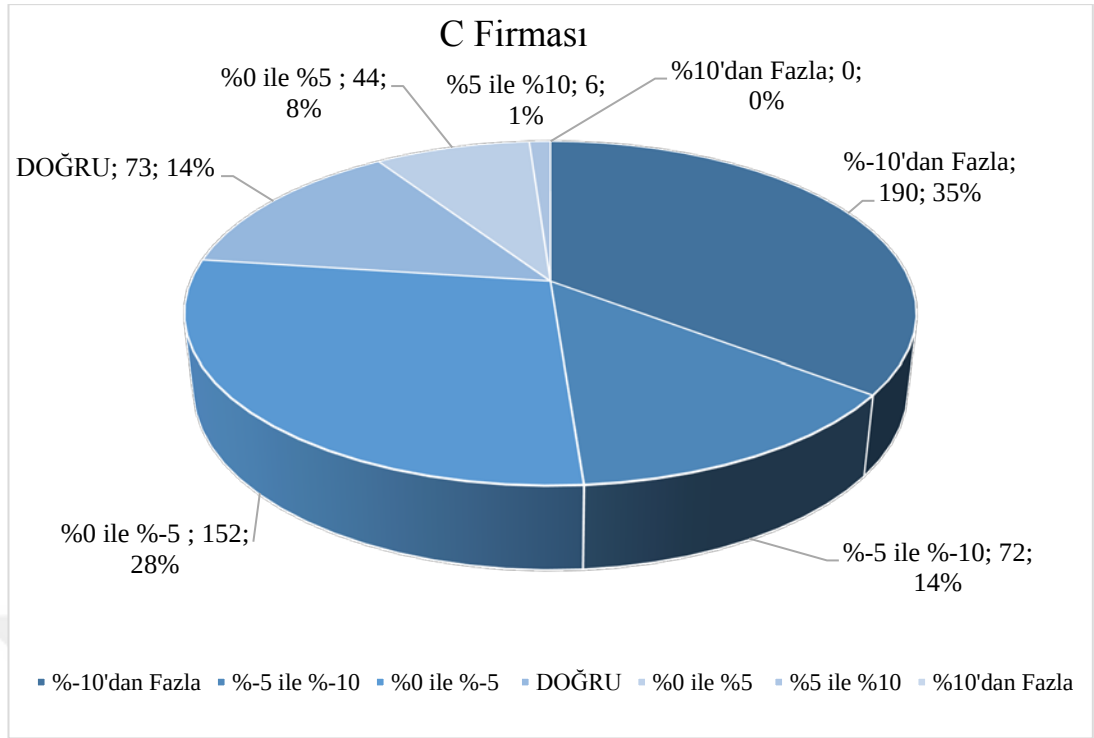
Şekil 5.21 A Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları

Şekil 5.22’de B firması sayaçları incelenmiştir. Yapılan bu incelemeler sonucunda bu firmaya ait sayaçların büyük bir çoğunluğunun %-5 ile tam doğru değer arasında ölçüm yaptığı gözlemlenmiştir. Sayaçların tümü değerlendirildiğinde B firmasına ait sayaçların %18’inin yanlış ölçüm yaptığı görülmektedir.



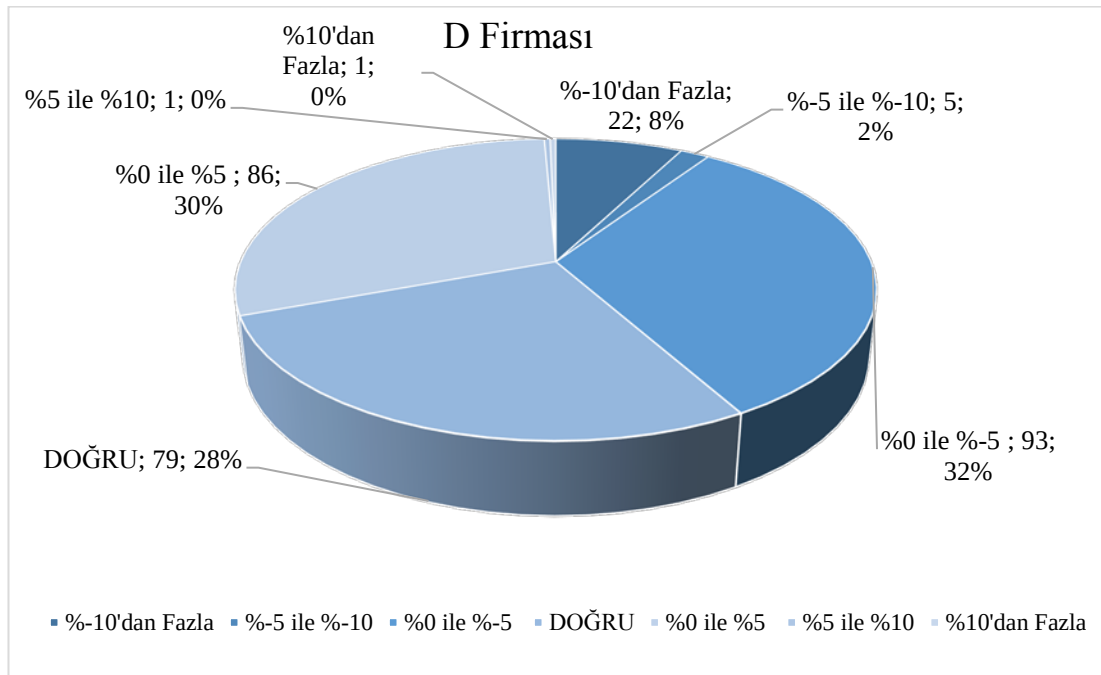
Şekil 5.22 B Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları

Şekil 5.23’de ise C firmasına ait sayaçların hata yüzdeleri gösterilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda C firmasına ait sayaçların ağırlıklı olarak %-10’dan fazla hata oranıyla okuma yaptığı görülmektedir. Bu firmaya ait kullanılan her iki sayaçtan birinin hatalı ölçüm yaptığı görülmektedir. Tam doğru ölçüm yapan sayaçların yüzdesi sadece %16’da kalmıştır.



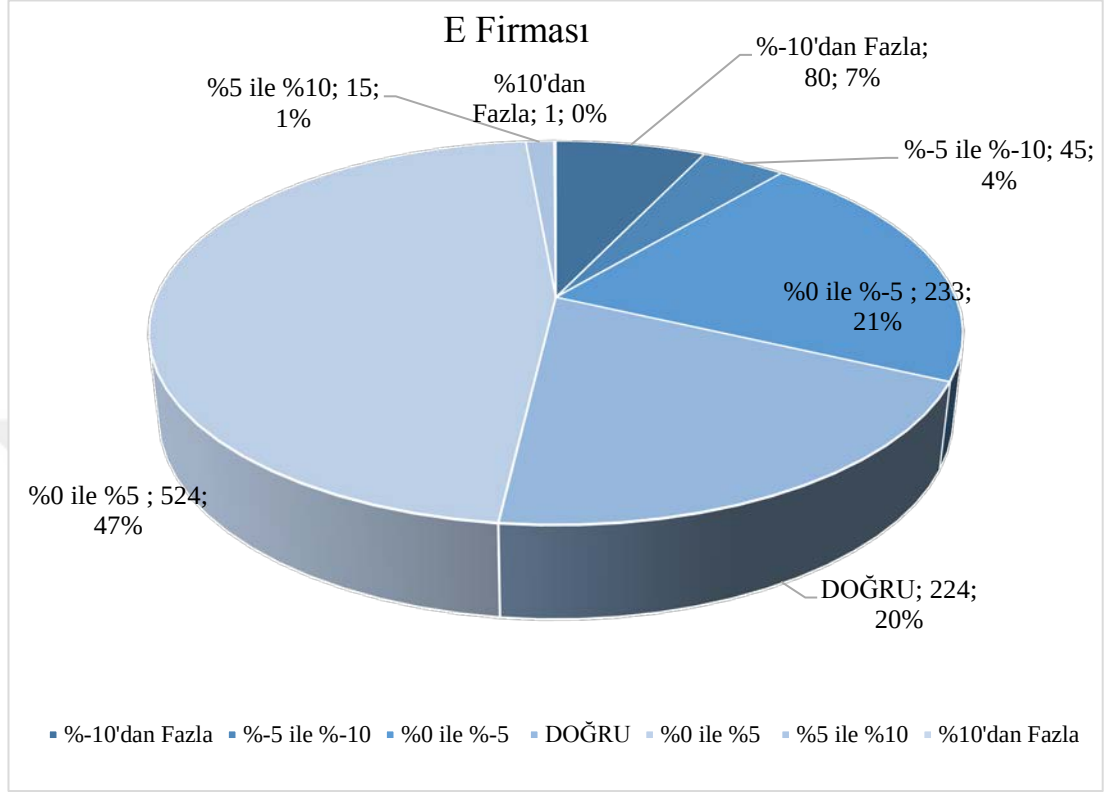
Şekil 5.23 C Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları

Şekil 5.24'de D firması sayaçların hata yüzdeleri gösterilmektedir. Testi yapılan sayaçların %28'i tam doğru ölçüm yaparken, toplamda test edilen D markası sayaçların %90'ının doğru kabul edilebilecek hata sınırları içerisinde ölçüm yaptığı görülmektedir.



Şekil 5.24 D Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları

Şekil 5.25’de E firması sayaçlar üzerinde yapılan testler sonucunda çıkan hata yüzdeleri gösterilmiştir. %20 tam doğru ölçüm yapan bu sayaç markasında toplamda %87’lik bir doğru ölçüm söz konusudur.



Şekil 5.25 E Firması Sayaçlarda Hata Dağılımları

Yapılan testler sonucunda diğer sayaç markalarına göre daha iyi sonuçlar veren A ve D firmalarının diğer sayaçlara göre daha az kullanılması il geneli oluşan ortalama sayaç hata oranının artmasına sebebiyet vermektedir. En çok kullanılan B firmasının yaklaşık her beş sayacından birinin (%18) hatalı olduğu tespit edilmiştir. Sayaç rehabilitasyon çalışmalarında değişim bölgelerinin belirlenmesi ve yeni kullanılacak sayaç markası tercihinde bu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

5.3 Uzman Görüşleri Temel Alınarak Sayaç Hatalarına Sebep olan Faktörlerin Araştırılması

Tez çalışmasının bu bölümünde sayaç hatalarına sebep olan faktörlerin araştırılmasında uzman görüşleri temel alınmış ve değerlendirme yapılmıştır. Bunun için, 26-28 Ekim 2016 tarihleri arasında Malatya’da düzenlenen Uluslararası Kentsel Su ve Atıksu Yönetimi Sempozyumu (UKSAY) kapsamında, Akademisyen ve Su ve Kanal İdaresi ve Belediye Yöneticisi/Çalışanı olmak üzere toplam 88 kişinin görüşleri alınmış ve 1’den 10’a kadar puan verilmesi istenmiştir.

Tez çalışmanın bu bölümünde elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler tezin çıktısı olarak, Antalya’da 13 - 17 Şubat 2017 tarihleri arasında düzenlenen “2. ULUSLARARASI SU VE SAĞLIK KONGRESİ” kapsamında Sözlü Sunulmuş ve tam metin bildiri olarak bildiriler kitabında yayınlanmıştır. Bu nedenle bu bölüm kapsamında verilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler tam metin bildiri düzenlenerek oluşturulmuştur (Yılmaz vd., 2017).

İçmesuyu dağıtım sistemlerinde sayaç hataları, kaçak kullanım ve okuma hataları gibi sebeplerden dolayı İdari Kayıp olarak tanımlanan kayıplar meydana gelmektedir. Bu tür kayıplar Su ve Kanal İdareleri için doğrudan gelir kaybı anlamı taşımaktadır. İdari kayıpların en önemli sebeplerinden biri olan sayaç hatalarına çeşitli faktörler sebep olabilmektedir. Bunlar genel olarak, malzeme, işçilik, yanlış sayaç tipi seçimi, insan eliyle yapılan müdahaleler ve kalibrasyon yapılmaması gösterilebilir. Yapılan bu çalışmada, Uzman görüşleri dikkate alınarak konutlarda sayaç hatalarına sebep olan faktörlerin araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında uzman görüşlerine göre değişkenler analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelere göre, sayaçlarda en çok hataya neden olan faktörlerin sırasıyla, “Sayaç bağlantılarında yapılan hatalar”, “Şebeke basıncı” ve “Sayaç malzemesi” olduğu tespit edilmiştir. Sayaç hatalarından kaynaklanan idari kayıpların Su ve Kanal İdareleri için doğrudan bir gelir kaybı oluşturmaktadır. Sayaç hatalarının ortaya konulması ve buna bağlı olarak yapılacak çalışmalar gelir getirmeyen su oranını azaltacağından önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, uzman görüşleri temel alınarak sayaç hataları üzerinde etkili faktörlerin araştırılması için uzmanlara sorulan sorular Şekil 5.26’da gösterilmektedir.



Sayaç Hatalarına Neden Olan Etmenlere İlişkin Görüşlerin Değerlendirilmesi

A. Bu bölümde, sizden çalıştığınız kurum ve kendiniz hakkında genel bilgiler vermeniz istenmektedir. Lütfen aşağıdaki soruları okuyarak cevaplayınız.

Adınız – Soyadınız :
 Mesleğiniz :
 Çalıştığınız Kurum ve Birim :
 Göreviniz :

Eğitim Durumunuz ☐ Lisans ☐ Lisansüstü

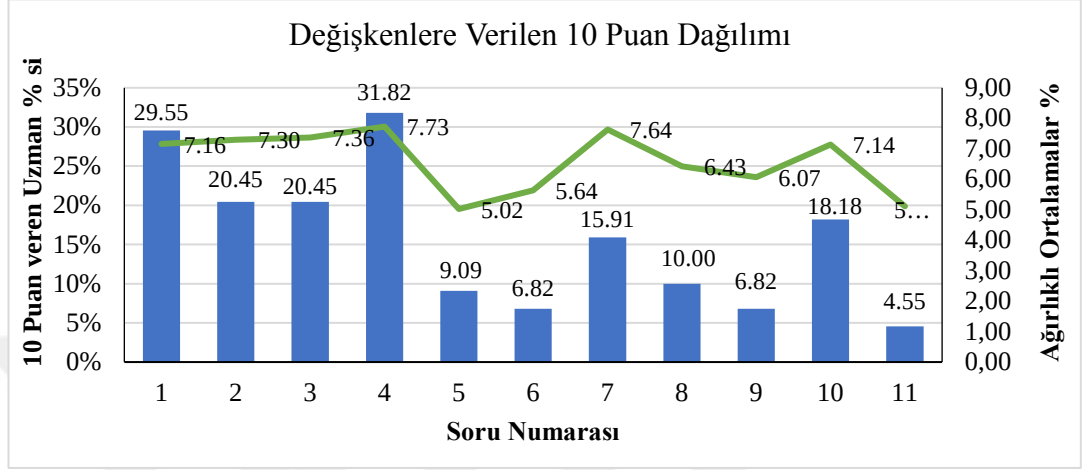
B. Bu bölümde sayaçlarda ki hatalara neden olan değişkenler hakkındaki düşünceleriniz sorulmaktadır. İlgili parametrenin sayaçlarda meydana gelen hatalara etkisini 1’den 10’a kadar puanlandırırsınız.

(1) Etkisiz (10) Çok Etkili

No	Sorular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Sayaç Sınıfının Yanlış Seçilmesinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
2	Sayacın Yaşının , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
3	Sayaç Malzeme Kalitesinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
4	Sayaç bağlantılarında yapılan hataların , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
5	Kullanıcı Su Tüketim Profilinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
6	İklimin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
7	Şebeke Basıncının , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
8	Kat Yüksekliğinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
9	Şebekedeki Arıza veya Diğer Nedenlerden Dolayı Meydana Gelen Kesintilerin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
10	Sayaçların Kalibre Edilmemesinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
11	Su Kalitesinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										

Şekil 5.26 Çalışma Kapsamında Uzmanlara Sorulan Sorular

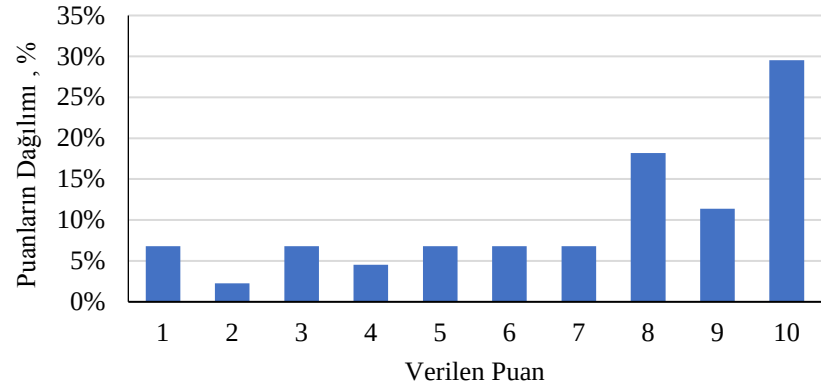
Çalışma kapsamında, 11 değişken için uzman görüşleri alınmış ve verilen cevaplara göre her bir değişken için 10 puan (Çok etkili) veren uzman sayıları Şekil 5.27’de gösterilmektedir.



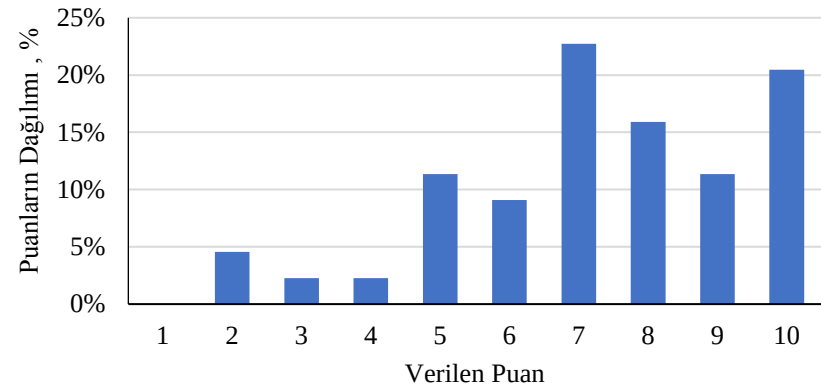
Şekil 5.27 Değişkenlere 10 Puan Verenlerin Oranı (%)

Şekil 5.27 incelendiğinde uzmanların en çok 10 puan verdiği değişken “Sayaç Bağlantılarında Yapılan Hatalar” olduğu görülmüştür. Bu faktör aynı zamanda ağırlıklı ortalaması en yüksek puana (7.73) sahiptir. Bir diğer en çok 10 puan verilen değişken “Sayaç Sınıfının yanlış Seçilmesi” olmuş olup, bu değişken için ağırlıklı ortalama puanı 7.16 olmuştur. Çalışma kapsamında uzmanlara sorulan 1-4 arası değişkenlere (sorulara) verilen cevaplara göre puan dağılımları Şekil 5.28’de gösterilmektedir.

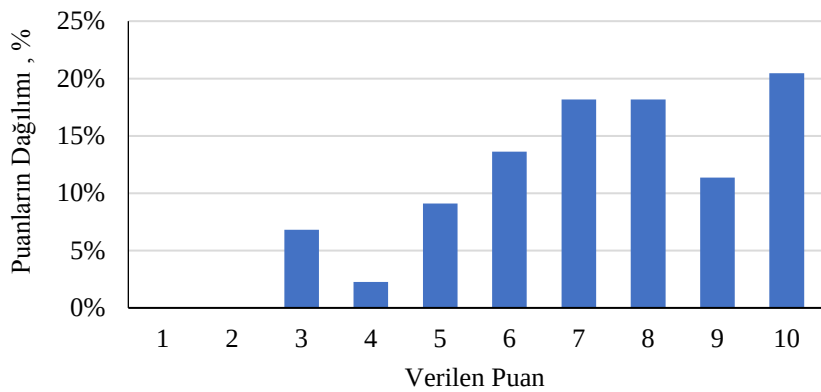
1. Soruya Verilen Cevapların Dağılımı

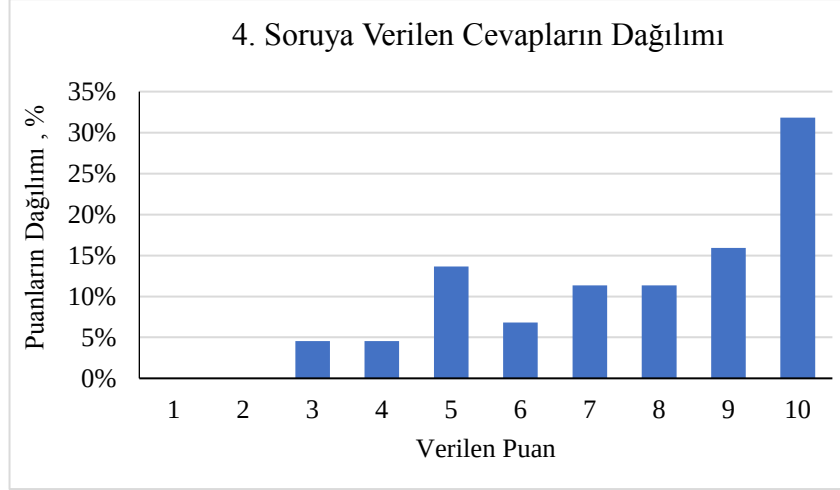


2. Soruya Verilen Cevapların Dağılımı



3. Soruya Verilen Cevapların Dağılımı





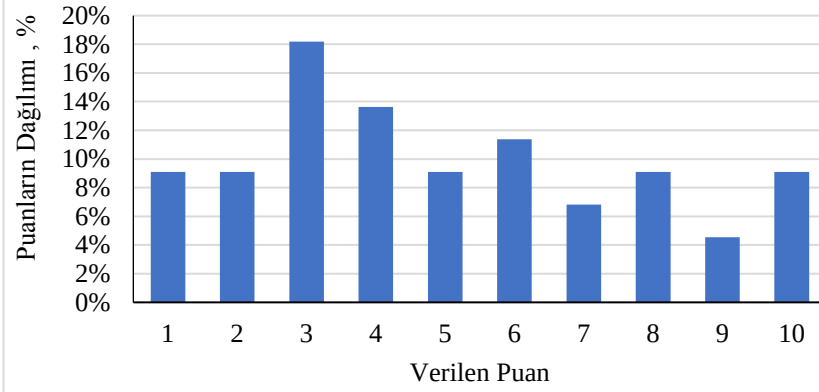
Şekil 5.28 1-4 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı

Şekil 5.28 incelendiğinde, Sayaç Sınıfının Yanlış Seçilmesinin sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 26 kişi, yaklaşık % 29.5, 10 puan (çok etkili) vermiş ve bu sorunun ağırlıklı ortalaması % 7.16 olarak elde edilmiştir. Sayaç Yaşının sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 18 kişi, yaklaşık % 20.45 10 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı ortalaması 7.30 olmuştur.

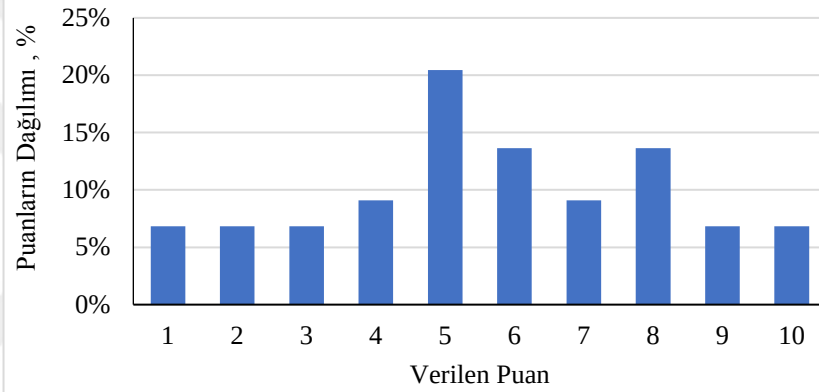
Sayaç Malzeme Kalitesinin sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 18 kişi, yaklaşık % 20.45, 10 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı ortalaması 7.36 olmuştur. Sayaç Bağlantılarında Yapılan Hataların sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 28 kişi 10 puan vermiş, yaklaşık % 31.8 ve bu sorunun ağırlıklı ortalaması 7.73 olmuştur.

Şekil 5.29’da, uzmanlara sorulan 5-11 arası değişkenlere (sorulara) verilen cevaplara göre puan dağılımları gösterilmektedir.

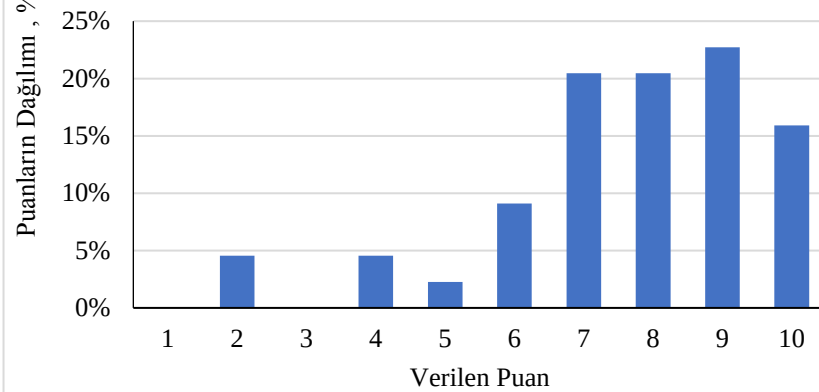
5. Soruya Verilen Cevapların Dağılımı

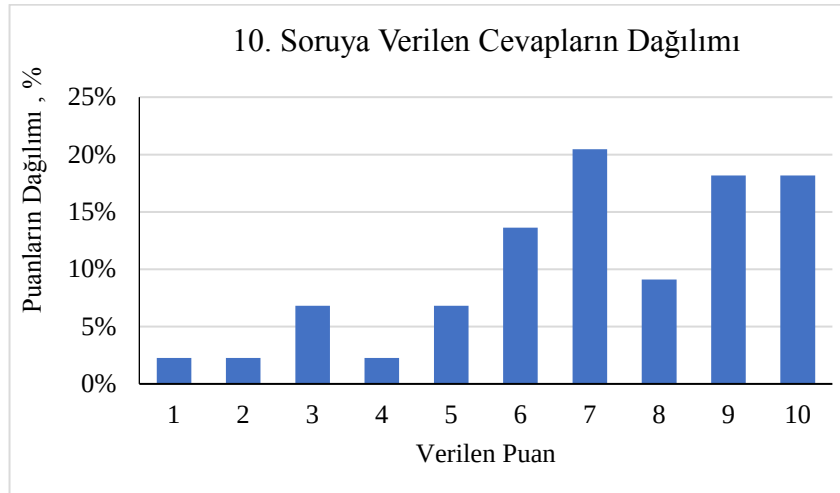
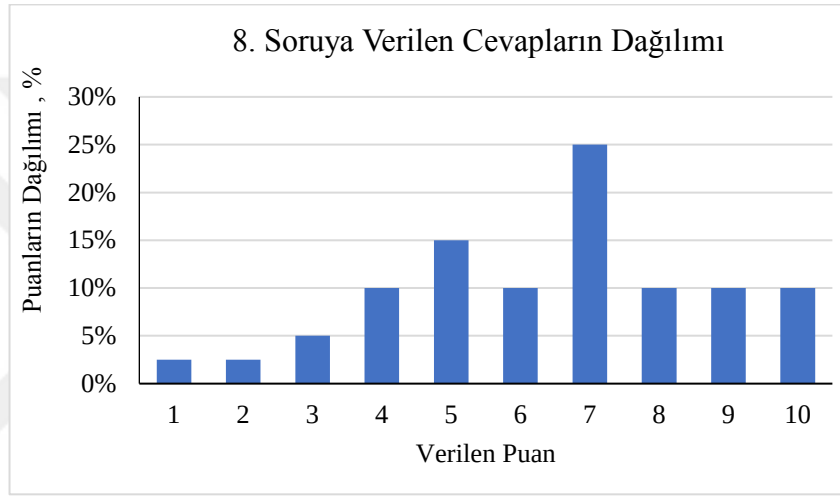
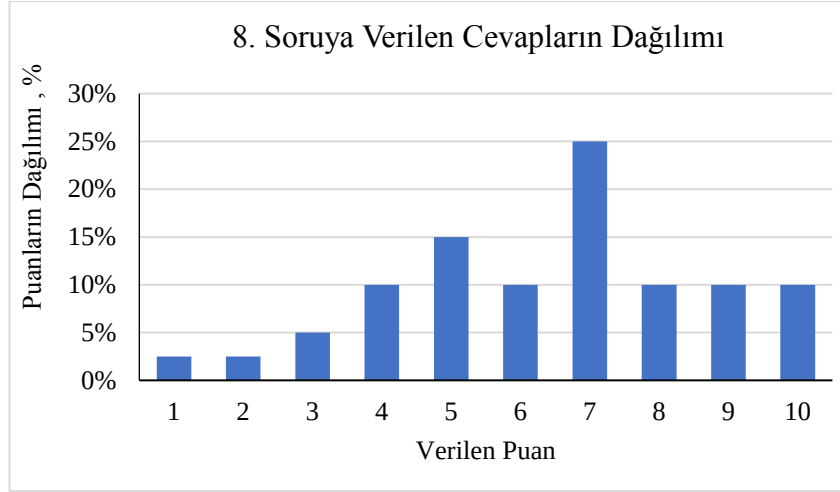


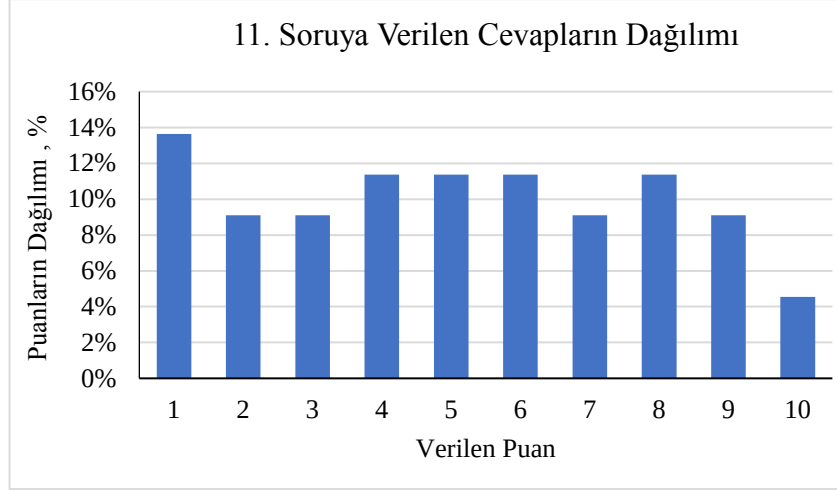
6. Soruya Verilen Cevapların Dağılımı



7. Soruya Verilen Cevapların Dağılımı







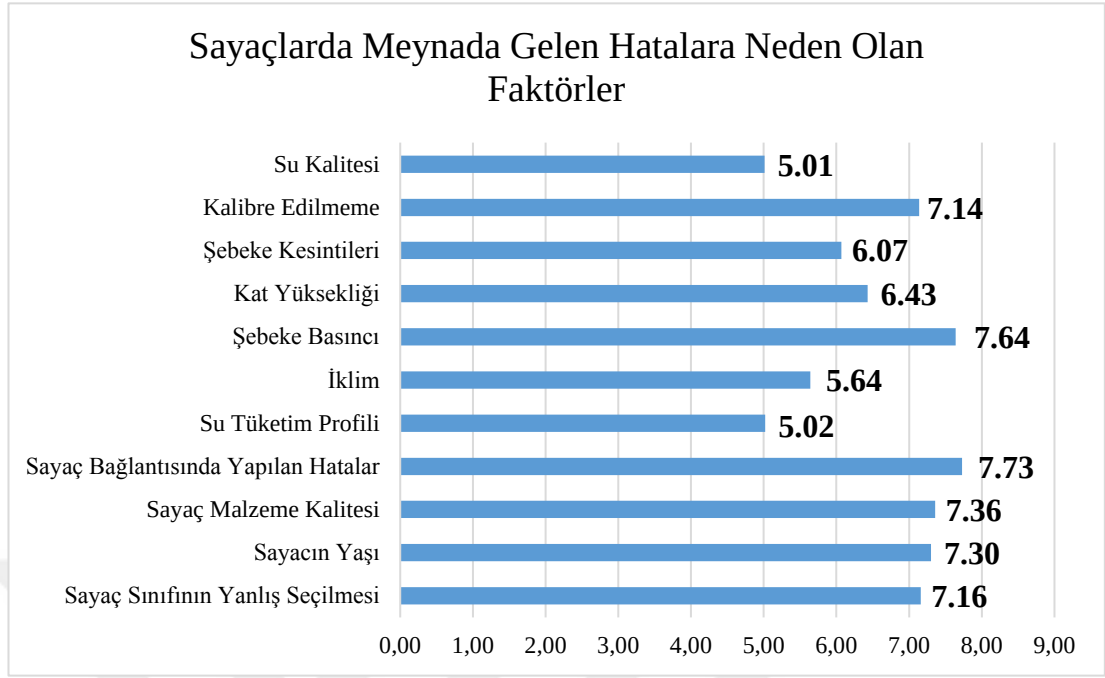
Şekil 5.29 5-11 Arası Sorulara Verilen Cevaplara Göre Puan Dağılımı

Şekil 5.29 incelendiğinde, Kullanıcı Su Tüketim Profilinin sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 8 kişi 10 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı 5.02 olmuştur. İklimin sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 6 kişi 10 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı 5.64 olmuştur.

Şebeke Basıncının sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 14 kişi 10 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı 7.64 olmuştur. Kat Yüksekliğinin sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 8 kişi 8 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı 5.84 olmuştur.

Şebekedeki Arıza veya Diğer Nedenlerden Dolayı Meydana Gelen Kesintilerin sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 6 kişi 10 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı 6.07 olmuştur. Sayaçların Kalibre Edilmemesinin sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 16 kişi 10 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı 7.14 olmuştur. Su Kalitesinin sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkileri hakkında ne düşünüyorsunuz? “ sorusuna 4 kişi 10 puan vermiş ve bu sorunun ağırlıklı 5.11 olmuştur.

Çalışma kapsamında yukarıda detaylı bir şekilde verilen değerlendirmeler sonucunda değişkenlerin sıralanması Şekil 5.30’da gösterilmiştir.



Şekil 5.30 Uzman Görüşlerine Göre Ağırlıklı Ortalama Puanların Dağılımı

Yapılan bu çalışmada, Uzman görüşleri dikkate alınarak konutlarda sayaç hatalarına sebep olan faktörlerin araştırılması amaçlanmıştır. Bunun için toplam 88 kişiye 11 değişken için sorular yönetilmiş ve puanlandırması istenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda katılımcılar sayaçlarda en çok hataya neden olan faktörün “Sayaç bağlantılarında yapılan hatalar” olduğunu (10 üzerinden 7.73 ağırlıklı ortalama puanı ile), en az hataya neden olan faktörün ise “Kullanıcının su tüketim profili” olduğunu (10 üzerinden 5.02 ağırlıklı ortalama puanı ile) belirlemiştir.

Diğer taraftan yapılan değerlendirmelere göre Şebeke basıncı ve Sayaç malzemesi için ortalama ağırlıklı puanlar sırasıyla 7.64 ve 7.36 olarak elde edilmiştir. Su kayıpları birçok Su ve Kanal İdaresinin uğraştığı en önemli konulardan biridir. Sayaç hatalarından kaynaklanan idari kayıpların Su ve Kanal İdareleri için doğrudan bir gelir kaybı oluşturmaktadır. Sayaç hatalarının ortaya konulması ve buna bağlı olarak yapılacak çalışmalar gelir getirmeyen su oranını azaltacağından önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Özellikle gelişen sanayileşme, artan nüfus, mevcut kaynakların giderek azalması ve bu faktörlere bağlı olarak artan su ihtiyacı dikkate alındığında mevcut su kaynaklarının korunması ve verimli bir şekilde kullanılması iyi bir kentsel su yönetimi ile mümkün olabilmektedir.

5.4 Sayaç Hatalarına Sebep Olan Faktörlerin Etki Derecesinin AHP Yöntemi ile Belirlenmesi

Tez çalışmasının bu bölümünde sayaç hataları üzerinde etkili olduğu düşünülen değişkenlerin ya da faktörlerin etki derecesinin AHP yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Bölüm 5.3’de verilen değişkenler ve bu değişkenlere uzmanlar tarafından verilen görüşler esas alınmıştır. Bölüm 5.3’de de açıklandığı gibi, hazırlanan sorular (Şekil 5.31), Su ve Kanal İdarelerinde çalışan yönetici ve mühendisler, Üniversitelerden akademisyenlerden oluşan 88 kişiye 11 soru sorularak 1-10 arasında puan vermesi istenmiştir. AHP yöntemi ile faktörlerin etki derecelerinin belirlenmesi için her bir uzmana ait görüşler aşağıda verilen işlem adımlarına göre analiz edilmiştir.



Sayaç Hatalarına Neden Olan Etmenlere İlişkin Görüşlerin Değerlendirilmesi

A. Bu bölümde, sizden çalıştığınız kurum ve kendiniz hakkında genel bilgiler vermeniz istenmektedir. Lütfen aşağıdaki soruları okuyarak cevaplayınız.

Adınız – Soyadınız
Mesleğiniz
Çalıştığınız Kurum ve Birim
Göreviniz

Eğitim Durumunuz ☐ Lisans ☐ Lisansüstü

B. Bu bölümde sayaçlarda ki hatalara neden olan değişkenler hakkındaki düşünceleriniz sorulmaktadır. İlgili parametrenin sayaçlarda meydana gelen hatalara etkisini 1’den 10’a kadar puanlandırırsınız.

(1) Etkisiz (10) Çok Etkili

No	Sorular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Sayaç Sınıfının Yanlış Seçilmesinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
2	Sayacın Yaşının , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
3	Sayaç Malzeme Kalitesinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
4	Sayaç bağlantılarında yapılan hataların , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
5	Kullanıcı Su Tüketim Profilinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
6	İklimin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
7	Şebeke Basıncının , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
8	Kat Yüksekliğinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
9	Şebekedeki Arıza veya Diğer Nedenlerden Dolayı Meydana Gelen Kesintilerin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
10	Sayaçların Kalibre Edilmemesinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
11	Su Kalitesinin , Sayaçlarda meydana gelen hatalar üzerindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										

Şekil 5.31 AHP Yöntemi İle Sayaç Hataları Üzerinde Etkili Faktörlerin Sıralanmasında Dikkate Alınan Değişkenler

Adım 1: İkili Karşılaştırma Matrislerinin Kurulması

Faktörlerin faktörlerle kıyaslandığı matristir. Bu işlem adımı her bir katılımcı için ayrı ayrı ikili karşılaştırma matrisleri kurulmaktadır. Matrisler kurulurken Saaty tarafından önerilen puanlandırma esasları kullanılmakta ve her bir faktörün kendisiyle kıyaslandığı hücreler bir olacak şekilde ve her bir puanın matristeki karşı hücresine tersi yazılarak puanlandırma işlemi tamamlanmaktadır (Yaralıoğlu, 2001). Aşağıda bir katılımcının yaptığı puanlamalar doğrultusunda ikili karşılaştırma matrisi kurulmuş ve Çizelge 5.2’de verilmiştir.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (5,1)$$

Çizelge 5.2 İkili Karşılaştırma Matrisinde Değişkenlerin Puanları

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D11
D 1	1	1	3	1/6	1/3	3	3	3	1	1/6	3
D 2	1	1	3	1/6	1/3	3	3	3	1	1/6	3
D 3	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
D 4	6	6	9	1	3	9	9	9	6	1	9
D 5	3	3	6	1/3	1	6	6	6	3	1/3	6
D 6	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
D 7	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
D 8	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
D 9	1	1	3	1/6	1/3	3	3	3	1	1/6	3
D 10	6	6	9	1	3	9	9	9	6	1	9
D11	1/3	1/3	1	1/9	1/6	1	1	1	1/3	1/9	1
Toplam	19.67	19.67	38.0	3.39	8.83	38.0	38.0	38.0	19.67	3.39	38.0

Adım 2: Tercih Matrislerinin Oluşturulması

Tercih Matrisleri oluşturulurken ikili karşılaştırma matrisinde her bir sayı kendi sütun toplamına bölünmüş ve matris oluşturulmuştur (Çizelge 5.3).

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (5,2)$$

Çizelge 5.3 Değişkenler İçin Oluşturulan Standart Tercih Matrisi

Değişkenler	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D11
D 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 4	1/3	1/3	1/4	2/7	1/3	1/4	1/4	1/4	1/3	2/7	1/4
D 5	1/7	1/7	1/6	0	1/9	1/6	1/6	1/6	1/7	0	1/6
D 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D10	1/3	1/3	1/4	2/7	1/3	1/4	1/4	1/4	1/3	2/7	1/4
D11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Adım 3: Ortalama Matris (W Sütun Vektörü)

Ortalama matrislerde tercih matrisindeki değerler ondalık sayılara dönüştürülüp her bir faktörün ağırlık katsayısını veren ortalama değerler (her bir satır için) hesaplanmış ve Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 Değişkenler İçin Ortalama Matris (W Sütun vektörü)

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D10	D11	ORT
D 1	0.05	0.05	0.08	0.05	0.04	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.06
D 2	0.05	0.05	0.08	0.05	0.04	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.06
D 3	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
D 4	0.31	0.31	0.24	0.30	0.34	0.24	0.24	0.24	0.31	0.30	0.24	0.28
D 5	0.15	0.15	0.16	0.10	0.11	0.16	0.16	0.16	0.15	0.10	0.16	0.14
D 6	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
D 7	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
D 8	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
D 9	0.05	0.05	0.08	0.05	0.04	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.06
D10	0.31	0.31	0.24	0.30	0.34	0.24	0.24	0.24	0.31	0.30	0.24	0.28
D11	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02

Adım 4: Geometrik Ortalama

Yukarıdaki işlemler doğrultusunda her katılımcı için ikili karşılaştırma matrisleri ayrı ayrı kurulduktan sonra AHP işlem adımları tüm matrisler için uygulanıp ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Tüm bu oluşturulan matrisleri tek bir matrise indirgeyip sonuç matrisini oluşturmak ve tutarlılık hesabı yapabilmek için ise; her bir matriste matrislerin aynı hücrelerinin geometrik ortalamaları alınıp ve tek bir matris oluşturulacaktır.

Çizelge 5.5 Değişkenler İçin Geometrik Ortalama Matrisi

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D11
D 1	1.00	1.02	1.06	0.87	2.55	2.02	1.01	1.66	1.96	1.11	2.93
D 2	0.98	1.00	1.05	0.87	2.56	2.06	1.02	1.65	1.98	1.05	3.06
D 3	0.95	0.96	1.00	0.84	2.66	2.06	0.97	1.70	1.89	1.05	2.95
D 4	1.15	1.15	1.18	1.00	2.93	2.39	1.09	1.83	2.20	1.15	3.30
D 5	0.39	0.39	0.38	0.34	1.00	0.75	0.38	0.61	0.71	0.42	1.09
D 6	0.49	0.49	0.49	0.42	1.34	1.00	0.46	0.79	0.87	0.50	1.38
D 7	0.99	0.98	1.03	0.91	2.60	2.16	1.00	1.66	1.83	1.10	2.92
D 8	0.60	0.60	0.59	0.55	1.65	1.27	0.60	1.00	1.12	0.63	1.93
D 9	0.51	0.50	0.53	0.45	1.40	1.14	0.55	0.89	1.00	0.54	1.58
D 10	0.90	0.95	0.95	0.87	2.40	2.00	0.91	1.58	1.84	1.00	2.89
D11	0.34	0.33	0.34	0.30	0.92	0.72	0.34	0.52	0.63	0.35	1.00
Toplam	8.31	8.37	8.59	7.43	22.00	17.6	8.34	13.9	16.04	12.03	32.37

Bulunan sonuç matrisi için de AHP' nin işlem adımları tekrar uygulanarak tercih ve ortalama matrisleri bulunmuştur (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 Sonuç Matrisi İçin Oluşturulan Tercih Matrisi

	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D 10	D11
D 1	1/8	1/8	1/8	1/9	1/9	1/9	1/8	1/8	1/8	0	0
D 2	1/8	1/8	1/8	1/9	1/9	1/9	1/8	1/8	1/8	0	0
D 3	1/9	1/9	1/9	1/9	1/8	1/9	1/9	1/8	1/8	0	0
D 4	1/7	1/7	1/7	1/7	1/8	1/7	1/8	1/8	1/7	0	1/9
D 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 7	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/9	0	0
D 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D10	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	0	0
D11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 5.7 Sonuç Matrisi İçin Oluşturulan Ortalama Matris

Değişken	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8	D 9	D10	D11	ORT
D 1	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09	0.09	0.11
D 2	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09	0.09	0.11
D 3	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.09	0.09	0.11
D 4	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.10	0.10	0.13
D 5	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
D 6	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05
D 7	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.09	0.09	0.11
D 8	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.07
D 9	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06
D10	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.08	0.09	0.11
D11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04

Adım 5: Tutarlılık Analizi

Oluşturulan sonuç matrisinin tutarlılığının ölçüleceği işlem adıdır. Tutarlılık Analizinde, kurulan ikili karşılaştırma matrisi ile bulunan faktör ağırlıklarını gösteren ağırlık sütununun matris çarpımı yapılarak D Sütun Matrisi elde edilmektedir. *E Sütun değerleri* için ise *D matrisindeki* değerler faktörün kendi ağırlık katsayısına bölümü yapılarak elde edilmektedir. λ Temel Değer'in hesabı için, E sütun matrisinin toplamının aritmetik ortalaması hesaplanmaktadır (Lamata, 2006). AHP yönteminde tutarlılık analizinde kullanılan RI için değişken sayısına göre standart değerler önerilmiş ve Çizelge 5.8'de verilmiştir (Alonso, 2006).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5,3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5,4)$$

Çizelge 5.8 Tutarlılık Analizinde Değişken Sayısına Bağlı RI Değerleri (Alonso, 2006)

N	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56

Çizelge 5.9 Tutarlılık Analizinde Hesaplanan D Ve E Matrisleri

D	1.26	1.26	1.23	1.41	0.47	0.6	1.26	0.76	0.66	1.18	0.42
E	11.01	11.01	11.01	10.99	11.01	10.99	11.01	11.02	11	11.01	11

Çalışma kapsamında tutarlılık analizi sonucunda λ değeri 11.0038, CI değeri 0.004 ve CR değeri ise 0.0003 olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı olan CR'ye ait değerlerin sınır değer olan 0.1'den küçük olması, yapılan işlemlerin ve kurulan ikili karşılaştırma matrislerinin doğru olduğunu göstermektedir. Tutarlılık Analizi kontrolü yapıldıktan sonra faktörlerin ağırlıklarına ulaşılmaktadır. AHP ile sayaçlara etki eden faktörlerin ağırlık katsayıları ve öncelik sıralamaları Çizelge 5.10'daki gibi elde edilmiştir.

Çizelge 5.10 Sayaç Hatalarına Sebep Olan Faktörlerin Önem Sıralaması

Değişkenler		Ağırlık katsayısı (w_i)	Öncelik Sıralaması			
			Sıra No	Değişkenler		(w_i)
D 1	Sayaç Sınıfı	0.114	1	D 4	Sayaç bağlantılarındaki hatalar	0.129
D 2	Sayaç Yaşı	0.114	2	D 7	Şebeke Basıncı	0.114
D 3	Sayaç Malzeme Kalitesi	0.112	3	D 2	Sayaç Yaşı	0.114
D 4	Sayaç bağlantılarındaki hatalar	0.129	4	D 1	Sayaç Sınıfı	0.114
D 5	Kullanıcı Su Tüketim Profili	0.043	5	D 3	Sayaç Malzeme Kalitesi	0.112
D 6	İklim	0.054	6	D 10	Sayacın kalibre edilmemesi	0.108
D 7	Şebeke Basıncı	0.114	7	D 8	Kat Yüksekliği	0.069
D 8	Kat Yüksekliği	0.069	8	D 9	Su Kesintileri	0.06
D 9	Su Kesintileri	0.06	9	D 6	İklim	0.054
D 10	Sayacın kalibre edilmemesi	0.108	10	D 5	Kullanıcı Su Tüketim Profili	0.043
D11	Su Kalitesi	0.038	11	D 11	Su Kalitesi	0.038

6 SAYAÇ DEĞİŞİMİNDE ÖNCELİKLİ BÖLGELERİN BELİRLENMESİ

Önceki bölümlerde detaylı bir şekilde verildiği gibi sayaçlarda çeşitli sebeplerden dolayı arızalar meydana gelmektedir. Sayaçlardaki meydana gelen arızanın büyüklüğüne göre Kurum için gelir getirmeyen su oranını arttırmaktadır. Su ve Kanal İdareleri sayaçlardan kaynaklanan gelir getirmeyen su oranının azaltılması için 10 yaşının doldurmuş sayaçları değiştirme yolunu izlemektedir. Bu sayaçlar değiştirilirken hatalı olanlar belirlenip değiştirme yerine aylık ya da yıllık hedeflenen belli sayıda rasgele değiştirme politikası uygulanmaktadır. İzlenen bu yol özellikle doğru çalışan sayaçların değiştirilmesine sebep olmakta ve Kurum için ilk yatırım maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca sayaç 10 yaşını doldurmuş olsa bile doğru ölçüm yapabileceğinden sadece sayaç yaşına göre izlenen değiştirme politikası yine Kurum açısından ekonomik olmayan sonuçlar ortaya koyabilmektedir.

Yukarıda verilen sebeplerden dolayı sayaçlardan kaynaklanan gelir getirmeyen su oranının azaltılması için sayaçların belli bir sistematik ve program çerçevesinde değiştirilmesi oldukça önemlidir. Oluşturulacak olan sayaç değiştirme politikasında sayaç yaşının yanı sıra, bölge ya da mahalledeki hatalı sayaç oranı, toplam sayaç sayısı, su tüketim oranı gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu nedenle bu çalışma kapsamında gelir getirmeyen su oranının azaltılması ve ekonomik olarak kazanımların artırılması için sayaç değiştirilmesinde öncelikli bölgelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için su tüketim oranı, ortalama sayaç yaşı, arızalı sayaç oranı, tüketici bağlılık yüzdesi, ortalama işletme basıncı ve sayaç kalibrasyon yaşı gibi 7 faktör göz önünde bulundurulmuş ve Çalışma alanı bölümünde oluşturulan 20 bölge için uygulama gerçekleştirilmiştir.

Sayaç değiştirilmesinde öncelikli bölgelerin belirlenmesinde ilk önce göz önüne alınan faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesinde AHP yöntemi uygulanmıştır. Belirlenen ağırlık katsayıları ve 20 bölgede 7 faktöre ait gerçek saha verileri dikkate alınarak ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri ayrı ayrı uygulanarak sayaç değiştirilmesinde öncelikli bölgeler belirlenmiş ve her iki yöntem ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6.1 AHP + ELECTRE Yöntemleri İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

6.1.1 AHP İle Değişken Katsayılarının Belirlenmesi

Tez çalışmasının bu bölümünde sayaç değişimi için öncelikli bölgelerin belirlenmesinde etkili olduğu düşünülen değişkenlerin ya da faktörlerin etki derecesinin AHP yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bölüm 5.3’de de açıklandığı gibi, hazırlanan sorular (Şekil 6.1), Su ve Kanal İdarelerinde çalışan yönetici ve mühendisler, Üniversitelerden akademisyenlerden oluşan 110 kişiye 7 soru sorularak 1-10 arasında puan vermesi istenmiştir. AHP yöntemi ile faktörlerin etki derecelerinin belirlenmesi için her bir uzmana ait görüşler aşağıda verilen işlem adımlarına göre analiz edilmiştir.



Sayaç Değişimi İçin Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi Anketi

Değerli Katılımcı,

Bu Anket, İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü ile MASKİ Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen "Sayaç Değişimi İçin Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi" çalışması kapsamında hazırlanmıştır. Ankette bulunan sorulara vereceğiniz cevaplar tarafımızca saklı tutulacak ve tamamen bilimsel amaçlı olarak kullanılacaktır. İlgi ve yardımlarınız için şimdiden teşekkür ederiz.

Dr. Özgür ÖZDEMİR (MASKİ)
Doç. Dr. Mahmut FIRAT (İnönü Üniversitesi)

A. Bu bölümde, sizden çalıştığınız kurum ve kendiniz hakkında genel bilgiler vermeniz istenmektedir. Lütfen aşağıdaki soruları okuyarak cevaplayınız.

Adınız - Soyadınız :

Mesleğiniz :

Çalıştığınız Kurum ve Birim :

Göreviniz :

Eğitim Durumunuz ☐ Lisans ☐ Lisansüstü

B. Bu bölümde sayaçlarda ki hatalara neden olan değişkenler hakkındaki düşünceleriniz sorulmaktadır. İlgili parametrenin sayaçlarda meydana gelen hatalara etkisini 1’den 10’a kadar puanlandınız.

(1) Etkisiz (10) Çok Etkili

No	Sorular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Su Tüketim Oranının, Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
2	Ortalama Sayaç Yaşının, Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
3	Arızalı Sayaç Oranının, Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
4	Bölge Nüfus Oranının, Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
5	Kullanıcı Bağlılık Yüzdesinin (Tahakkuk/Tahvilat Oranı), Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
6	Ortalama İşletme Basıncının, Sayaçla Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										
7	Ortalama Kalibre Edilme Yaşının, Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesindeki etkisi hakkında ne düşünüyorsunuz?										

Şekil 6.1 Sayaç Değişiminde Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi Anketi

Çalışmada kullanılacak olan faktörlerin kendi içerisinde karşılaştırılarak karşılaştırma matrisi oluşturulabilmesi için Bölüm 3.2’de bulunan “Çizelge 3.2 İkili Karşılaştırma Matrisi Oluşturulurken Kullanılan Puanlandırma Esasları” tablosu kullanılmıştır. Bu işlemin sonucunda karşılaştırma ve tercih matrisleri oluşturulmuştur.

Oluşturulan tercih matrislerinin ardından ortalama matriste tercih matrisindeki değerler ondalıklı sayılara dönüştürülmekte ve her bir satırın ortalaması alınmaktadır. Oluşturulan örnek ortalama matris Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Örnek Ortalama Matris

Değişkenler	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	ORT
D 1	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
D 2	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
D 3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
D 4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
D 5	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
D 6	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
D 7	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

Uygulanan tüm anketlerden bir sonuç matrisi oluşturabilmek için tüm ikili karşılaştırma matrislerinde aynı hücrelerin geometrik ortalamaları alınmaktadır. Oluşturulan sonuç matrisi Çizelge 6.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.2 Sonuç Matrisi

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
D 1	1.00	0.61	0.50	1.22	1.42	0.94	0.79
D 2	1.63	1.00	0.72	1.87	2.15	1.45	1.22
D 3	1.99	1.38	1.00	2.31	2.83	1.97	1.66
D 4	0.82	0.54	0.43	1.00	1.21	0.79	0.68
D 5	0.71	0.46	0.35	0.83	1.00	0.65	0.59
D 6	1.07	0.69	0.51	1.26	1.54	1.00	0.88
D 7	1.27	0.82	0.60	1.48	1.70	1.14	1.00

Daha sonra oluşturulan sonuç matrisine AHP’nin diğer işlemleri uygulanır.

Çizelge 6.3 Sonuç Matrisi İçin Tercih Matrisi

	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7
D 1	1/8	1/9	1/8	1/8	1/8	1/8	1/9
D 2	1/5	1/6	1/6	1/5	1/6	1/5	1/6
D 3	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
D 4	0	0	1/9	1/9	1/9	0	0
D 5	0	0	0	0	0	0	0
D 6	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8
D 7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7

Çizelge 6.4 Sonuç Matrisi İçin Ortalama Matris

	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	ORT
D 1	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
D 2	0.19	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18
D 3	0.23	0.25	0.24	0.23	0.24	0.25	0.24	0.24
D 4	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
D 5	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08
D 6	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
D 7	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.15	0.15

Çizelge 6.4 ‘de oluşturulan sonuç matrisi için Bölüm 3.2’de ki esaslar çerçevesinde temel değer ve tutarlılık analizleri yapılmıştır.

Tutarlılık Analizi		
D	E	λ
0.83	7.00	7.0019
1.28	7.00	
1.69	7.00	CI
0.70	7.00	0.0003
0.59	7.00	
0.89	7.00	CR
1.03	7.00	0.0002
TOPLAM	49.01	

Sonuç uygun aralık olan $0 < CR \leq 0.10$ aralığında çıkmıştır. Bu kapsamda ELECTRE yönteminde kullanılmak üzere değişkenlerin ağırlık katsayıları Çizelge 6.5’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.5 AHP İle Belirlenen Değişken Ağırlık Katsayıları

D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0.118	0.183	0.242	0.1	0.084	0.127	0.147

6.1.2 ELECTRE İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

Adım 1: Karar Verme Matrisinin Oluşturulması

Öncelikli olarak daha önce belirlenen 7 değişken için gerçek saha verileri toplanmış ve karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan karar matrisi Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6 Karar Matrisi

	Ortalama Basınç	Bağlılık Yüzdesi	Toplam Abone Sayısı (Adet)	Sayaç Hata Yoğunluğu	Ortalama Tüketim $m^3/Kişi/Yıl$	Sayaç Ort. Yaş	Kalibre Edilme Yaşı
B1	4.000	0.76	2067	0.15	37.39	8.36	10
B2	2.074	0.88	7801	0.29	62.11	14.43	10
B3	3.136	0.81	8164	0.24	51.94	7	10
B4	4.490	0.9	3220	0.44	22.80	9.7	10
B5	4.010	0.72	8429	0.31	32.04	7.7	10
B6	3.750	0.82	6309	0.25	45.47	7.34	10
B7	4.070	0.86	18529	0.16	57.45	6.86	10
B8	3.770	0.82	11278	0.2	74.62	9.41	10
B9	4.270	0.77	7998	0.24	58.22	10.05	10
B10	4.030	0.78	9493	0.2	57.58	8.24	10
B11	3.220	0.83	8362	0.26	73.10	9.7	10
B12	3.340	0.86	10358	0.28	51.35	8.9	10
B13	3.790	0.78	19125	0.24	80.23	7.95	10
B14	3.930	0.84	10114	0.26	53.50	8.23	10
B15	3.210	0.83	9083	0.31	45.24	9.26	10
B16	4.275	0.94	6585	0.23	34.94	6.76	10
B17	4.065	0.89	8658	0.13	45.61	6	10
B18	3.350	0.78	3893	0.43	22.63	14.48	10
B19	3.480	0.91	9311	0.21	20.97	11.14	10
B20	1.060	0.81	1586	0.47	16.77	13.54	10

Çizelge 6.6'da bulunan kalibre edilme yaşı verisi MASKİ kayıtlarında bulunmaması, ayrıca ankette belirlenen katsayıların doğrudan kullanılabilmesi için tüm bölgeler için sabit bir değer alınmıştır. Her değişkenin kendi içerisinde standartlaştırılması ve birbirleriyle olan kıyaslarda AHP ile belirlenen etki katsayılarının kullanılmasından dolayı bu değişkenin sabit bir değer alınması taktirde bölgelerin sıralaması için etkisiz bir eleman olması sağlanmıştır.

Adım 2: Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması

Karar matrisi Formül (6.1)'de verilen formül ile normalleştirilmiştir. Çıkan sonuçlar Çizelge 6.7'de gösterilmektedir.

$$x_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n r_{ij}^2}} \quad (6,1)$$

Çizelge 6.7 Normalleştirilmiş Karar Matrisi

	Ortalama Basınç	Bağlılık Yüzdesi	Toplam Abone Sayısı (Adet)	Sayaç Hata Yoğunluğu	Ortalama Tüketim m^3 /Kişi/Yıl	Sayaç Ort. Yaş	Kalibre Edilme Yaşı
B1	0.2450	0.2044	0.0483	0.1198	0.1656	0.1956	0.2236
B2	0.1270	0.2367	0.1825	0.2317	0.2750	0.3375	0.2236
B3	0.1921	0.2179	0.1909	0.1917	0.2300	0.1637	0.2236
B4	0.2750	0.2421	0.0753	0.3515	0.1010	0.2269	0.2236
B5	0.2456	0.1937	0.1971	0.2477	0.1419	0.1801	0.2236
B6	0.2297	0.2206	0.1476	0.1997	0.2013	0.1717	0.2236
B7	0.2493	0.2313	0.4334	0.1278	0.2544	0.1605	0.2236
B8	0.2309	0.2206	0.2638	0.1598	0.3304	0.2201	0.2236
B9	0.2615	0.2071	0.1871	0.1917	0.2578	0.2351	0.2236
B10	0.2468	0.2098	0.2220	0.1598	0.2550	0.1927	0.2236
B11	0.1972	0.2233	0.1956	0.2077	0.3237	0.2269	0.2236
B12	0.2046	0.2313	0.2423	0.2237	0.2274	0.2082	0.2236
B13	0.2321	0.2098	0.4473	0.1917	0.3553	0.1860	0.2236
B14	0.2407	0.2259	0.2366	0.2077	0.2369	0.1925	0.2236
B15	0.1966	0.2233	0.2124	0.2477	0.2003	0.2166	0.2236
B16	0.2618	0.2528	0.1540	0.1838	0.1547	0.1581	0.2236
B17	0.2490	0.2394	0.2025	0.1039	0.2019	0.1403	0.2236
B18	0.2052	0.2098	0.0911	0.3435	0.1002	0.3387	0.2236
B19	0.2131	0.2448	0.2178	0.1678	0.0928	0.2606	0.2236
B20	0.0649	0.2179	0.0371	0.3755	0.0743	0.3167	0.2236

Adım 3: Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin Hesaplanması

Bu aşamada oluşturulan normalleştirilmiş karar matrisinin her bir değişkeni Bölüm 6.1.1’de AHP ile hesaplanmış olan katsayılar (Çizelge6.5) ile çarpılmıştır. Çıkan sonuçlar Çizelge 6.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8 Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisi

	Ortalama Basınç	Bağlılık Yüzdesi	Toplam Abone Sayısı (Adet)	Sayaç Hata Yoğunluğu	Ortalama Tüketim m^3 /Kişi/Yıl	Sayaç Ort. Yaş	Kalibre Edilme Yaşı
B1	0.0311	0.0172	0.0048	0.0290	0.0195	0.0358	0.0329
B2	0.0161	0.0199	0.0182	0.0561	0.0325	0.0618	0.0329
B3	0.0244	0.0183	0.0191	0.0464	0.0271	0.0300	0.0329
B4	0.0349	0.0203	0.0075	0.0851	0.0119	0.0415	0.0329
B5	0.0312	0.0163	0.0197	0.0599	0.0167	0.0330	0.0329
B6	0.0292	0.0185	0.0148	0.0483	0.0238	0.0314	0.0329
B7	0.0317	0.0194	0.0433	0.0309	0.0300	0.0294	0.0329
B8	0.0293	0.0185	0.0264	0.0387	0.0390	0.0403	0.0329
B9	0.0332	0.0174	0.0187	0.0464	0.0304	0.0430	0.0329
B10	0.0313	0.0176	0.0222	0.0387	0.0301	0.0353	0.0329
B11	0.0250	0.0188	0.0196	0.0503	0.0382	0.0415	0.0329
B12	0.0260	0.0194	0.0242	0.0541	0.0268	0.0381	0.0329
B13	0.0295	0.0176	0.0447	0.0464	0.0419	0.0340	0.0329
B14	0.0306	0.0190	0.0237	0.0503	0.0280	0.0352	0.0329
B15	0.0250	0.0188	0.0212	0.0599	0.0236	0.0396	0.0329
B16	0.0333	0.0212	0.0154	0.0445	0.0183	0.0289	0.0329
B17	0.0316	0.0201	0.0202	0.0251	0.0238	0.0257	0.0329
B18	0.0261	0.0176	0.0091	0.0831	0.0118	0.0620	0.0329
B19	0.0271	0.0206	0.0218	0.0406	0.0110	0.0477	0.0329
B20	0.0082	0.0183	0.0037	0.0909	0.0088	0.0580	0.0329

Adım 4: Diğer Matrislerin Oluşturulması

Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulmasının ardından Bölüm 3.3’de belirtilen esaslar çerçevesinde sırasıyla C (uyum matrisi), D (uyumsuzluk matrisi), F (uyum-üstünlük matrisi), G (uyumsuzluk üstünlük matrisi) ve E (toplam üstünlük matrisi) matrisleri oluşturulmuştur.

Çizelge 6.9 Uyum Matrisi

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		0.27	0.46	0.27	0.53	0.46	0.33	0.27	0.15	0.33	0.27	0.27	0.46	0.46	0.27	0.45	0.57	0.39	0.39	0.49
2	0.87		0.77	0.55	0.53	0.87	0.77	0.66	0.77	0.77	0.66	0.77	0.66	0.77	0.53	0.79	0.69	0.45	0.69	0.76
3	0.69	0.37		0.37	0.35	0.37	0.57	0.39	0.57	0.47	0.15	0.27	0.47	0.15	0.27	0.79	0.69	0.45	0.51	0.58
4	0.88	0.60	0.78		0.78	0.78	0.78	0.78	0.60	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.70	0.78	0.72	0.63	0.58
5	0.62	0.62	0.80	0.37		0.80	0.57	0.52	0.49	0.39	0.62	0.52	0.52	0.52	0.52	0.67	0.57	0.49	0.63	0.49
6	0.69	0.27	0.78	0.37	0.35		0.57	0.47	0.47	0.47	0.27	0.27	0.47	0.15	0.39	0.69	0.57	0.58	0.63	0.58
7	0.82	0.37	0.58	0.37	0.58	0.58		0.46	0.33	0.46	0.46	0.58	0.36	0.58	0.58	0.55	0.92	0.58	0.49	0.58
8	0.87	0.49	0.76	0.37	0.63	0.76	0.69		0.45	0.87	0.49	0.68	0.41	0.55	0.68	0.55	0.79	0.58	0.49	0.58
9	1.00	0.37	0.82	0.55	0.66	0.68	0.82	0.70		0.82	0.46	0.58	0.70	0.58	0.58	0.79	0.82	0.49	0.63	0.49
10	0.82	0.37	0.68	0.37	0.76	0.68	0.69	0.52	0.33		0.37	0.39	0.54	0.58	0.49	0.55	0.79	0.58	0.49	0.49
11	0.87	0.49	1.00	0.55	0.53	0.87	0.69	0.66	0.69	0.77		0.45	0.66	0.69	0.66	0.79	0.69	0.45	0.51	0.58
12	0.87	0.37	0.88	0.37	0.63	0.87	0.66	0.47	0.57	0.76	0.70		0.66	0.76	0.58	0.79	0.79	0.45	0.61	0.58
13	0.69	0.49	0.92	0.37	0.63	0.68	0.79	0.73	0.69	0.69	0.49	0.49		0.37	0.49	0.79	0.79	0.58	0.73	0.49
14	0.69	0.37	1.00	0.37	0.63	1.00	0.57	0.60	0.57	0.57	0.70	0.39	0.78		0.58	0.79	0.79	0.58	0.73	0.58
15	0.87	0.62	0.88	0.37	0.87	0.76	0.57	0.47	0.57	0.66	0.57	0.57	0.66	0.57		0.79	0.67	0.45	0.51	0.58
16	0.70	0.36	0.36	0.45	0.48	0.46	0.60	0.60	0.36	0.60	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36		0.78	0.58	0.72	0.58
17	0.58	0.46	0.46	0.37	0.58	0.58	0.23	0.36	0.33	0.36	0.46	0.36	0.36	0.36	0.48	0.37		0.58	0.39	0.58
18	0.76	0.70	0.70	0.43	0.66	0.57	0.57	0.57	0.66	0.66	0.70	0.70	0.66	0.57	0.70	0.57	0.57		0.69	0.68
19	0.76	0.46	0.64	0.51	0.51	0.51	0.66	0.66	0.51	0.66	0.64	0.54	0.41	0.41	0.64	0.43	0.76	0.46		0.58
20	0.66	0.39	0.66	0.57	0.66	0.57	0.57	0.57	0.66	0.66	0.57	0.57	0.66	0.57	0.57	0.57	0.57	0.47	0.57	

Çizelge 6.10 Uyumsuzluk Matrisi

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.55		0.26	1.00	0.52	0.43	0.77	0.61	0.91	0.57	0.44	0.42	0.95	0.54	0.40	0.52	0.43	1.00	0.51	1.00
3	0.39	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.34	1.00	1.00	1.00
4	0.14	0.71	0.39		0.48	0.32	0.66	0.58	0.48	0.39	0.76	0.54	0.96	0.46	0.55	0.19	0.21	1.00	0.32	0.62
5	0.09	1.00	0.77	1.00		0.60	0.81	1.00	1.00	0.63	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.32	0.20	1.00	0.76	1.00
6	0.23	1.00	0.91	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	0.77	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.74	0.24	1.00	1.00	1.00
7	0.17	1.00	0.64	1.00	1.00	0.61		0.64	0.63	0.37	0.81	1.00	1.00	0.98	1.00	0.48	0.03	1.00	0.85	1.00
8	0.08	1.00	0.65	1.00	0.96	0.63	1.00		0.90	0.23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.28	0.15	1.00	0.26	1.00
9	0.00	1.00	0.07	1.00	0.99	0.17	1.00	1.00		0.45	0.95	1.00	1.00	0.64	1.00	0.27	0.13	1.00	0.24	1.00
10	0.03	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.49	0.18	1.00	0.65	1.00
11	0.29	1.00	0.00	1.00	0.45	0.29	1.00	0.59	1.00	0.54		0.41	1.00	0.54	0.66	0.41	0.26	1.00	0.23	1.00
12	0.20	1.00	0.04	1.00	0.57	0.34	0.82	0.79	0.94	0.35	1.00		1.00	1.00	1.00	0.75	0.19	1.00	0.60	1.00
13	0.04	1.00	0.03	1.00	0.54	0.06	0.14	0.34	0.35	0.08	0.30	0.38		0.18	0.58	0.13	0.10	1.00	0.44	1.00
14	0.03	1.00	0.00	1.00	0.86	0.00	1.00	0.95	1.00	0.18	1.00	0.84	1.00		1.00	0.28	0.04	1.00	0.73	1.00
15	0.20	1.00	0.26	1.00	0.90	0.36	0.76	0.72	0.61	0.30	1.00	0.55	1.00	0.58		0.54	0.19	1.00	0.42	1.00
16	0.44	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		0.29	1.00	1.00	1.00
17	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00
18	0.14	0.76	0.42	0.43	0.37	0.34	0.66	0.61	0.51	0.41	0.80	0.52	0.97	0.49	0.52	0.19	0.21		0.30	0.43
19	0.51	1.00	0.91	1.00	1.00	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.39	0.59	1.00		1.00
20	0.37	0.68	0.41	1.00	0.74	0.49	0.66	0.58	0.56	0.44	0.72	0.56	0.92	0.55	0.57	0.54	0.36	1.00	0.37	

Çizelge 6.11 Uyum-Üstünlük Matrisi

F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.00		0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
3	0.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
4	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
5	0.00	1.00	1.00	1.00		0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
6	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
7	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00		0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
8	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00		1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
9	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00		0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
10	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
11	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
12	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
13	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
14	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00		1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
15	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
16	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		0.00	1.00	1.00	1.00
17	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00
18	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
19	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00		1.00
20	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	

Çizelge 6.12 Uyumsuzluk-Üstünlük Matrisi

G	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00		1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00
3	1.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
5	1.00	1.00	1.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
6	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
7	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00		0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
10	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00		1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
13	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
14	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00		0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
15	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00		1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	1.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
18	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00		1.00	1.00
19	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		0.00
20	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Çizelge 6.13 Toplam Üstünlük Matrisi

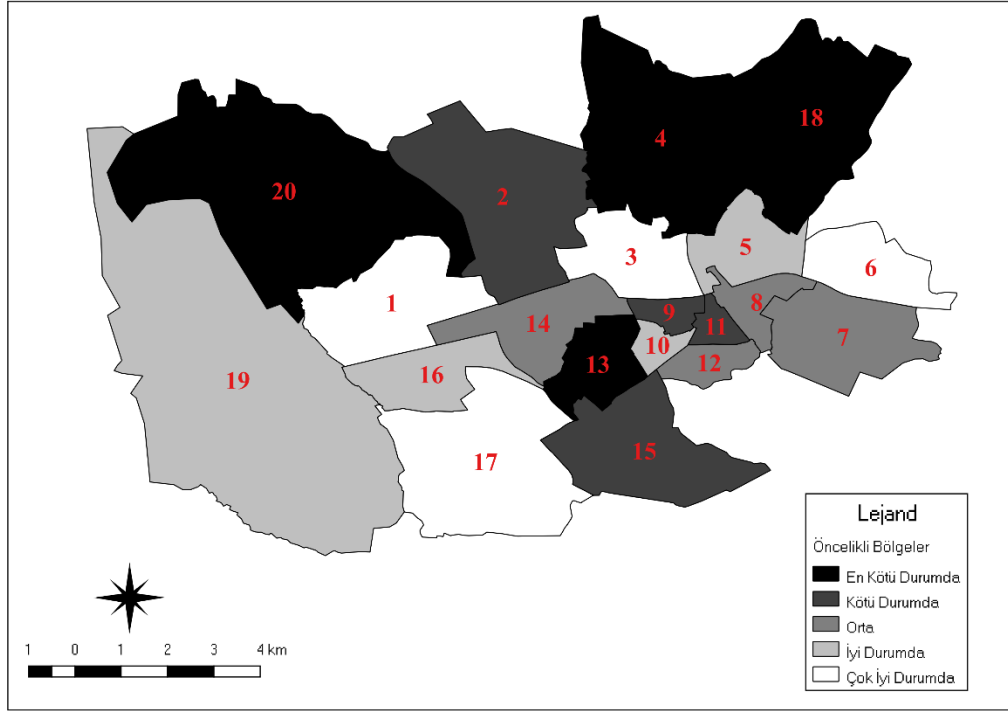
E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
3	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
5	0.00	1.00	1.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
6	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00		0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00		0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00		0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00		1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	1.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
18	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
19	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00		0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Oluşturulan C, D, F, G ve E matrisleri ışığında Bölüm 3.3’de belirtilen esaslara göre C (uyum) matrisine ve D (uyumsuzluk) matrisine göre bölgeler sıralanmış ve Çizelge 6.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.14 Nihai Sıralama Tablosu

Bölgeler	C Matrisine Göre	Nihai Sıralama	D Matrisine Göre
B13	9	1	1
B18	7	2	2
B4	1	3	3
B20	11	4	4
B2	2	5	5
B11	3	6	6
B9	5	8	8
B15	8	8	7
B7	15	9	9
B14	6	10	10
B12	4	11	11
B8	10	12	12
B5	13	13	13
B19	12	14	14
B10	14	15	15
B16	16	16	18
B6	17	17	16
B17	18	18	19
B3	19	19	17
B1	20	20	20

C ve D matrislerine göre yapılan sıralamalarda öncelik sırası aynı çıkan bölgelerde (örneğin 1. Bölge iki kıstasa göre de 20. sıradadır.) nihai sıralama olarak doğrudan bu sıralama kullanılır. Uyum ve uyumsuzluk matrislerine göre farklı sıralamalara sahip bölgelerin sıralamasının yapıla bilinmesi için E toplam üstünlük matrisi kullanılmıştır. ELECTRE metodu ile yapılan analiz sonucunda oluşan bölgelerin haritada gösterimi Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2 Bölgelerin Öncelik Sıralamaları

Şekil 6.2 incelendiğinde 4-13-18 ve 20. Bölgelerin diğer bölgelere nispeten daha kötü durumda oldukları görülmektedir. Ayrıca 1-3-6 ve 17. Bölgelerin diğer bölgelere göre daha iyi durumda olduğu görülmektedir.

6.2 AHP + TOPSIS Yöntemleri İle Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi

Bu bölümde sayaç değişiminde öncelikli bölgelerin belirlenmesi amacıyla TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution) ve AHP yöntemleri birlikte kullanılmıştır.

Bölüm 6.1.1 de AHP metodu ile hesaplanan katsayılar (Çizelge 6.5) TOPSİS yönteminde de aynen kullanılmaktadır. TOPSIS metodunun ilk üç adımında ELECTRE metodunda oluşturulan Karar Matrisi (Çizelge 6.6), Normalleştirilmiş Karar Matrisi (Çizelge 6.7) ve Ağırlıklı Karar Matrisi (Çizelge 6.8) çizelgeleri kullanılmıştır.

3. işlem adımında ağırlıklandırılmış Y matrisi elamanlarının sütun değerlerinin en büyüklerinin ve en küçüklerinin seçilmesidir. Sonuçlar Çizelge 6.15’de gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ \left(\max_i Y_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i Y_{ij} \mid j \in J' \right) \right\}, 1 \leq i \leq m^n \quad (6,4)$$

Daha sonra pozitif ideal çözüm A^* ve negatif ideal çözüm A^- derecelendirmesini her bir alternatif için ayrı olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 6.16 ve Çizelge 6.17 ‘de gösterilmektedir.

Çizelge 6.15 Ymax ve Ymin Değerlerinin Hesaplanması

Ymax	0.0349	0.0212	0.0447	0.0909	0.0419	0.0620	0.0329
Ymin	0.0082	0.0163	0.0037	0.0251	0.0088	0.0257	0.0329

Çizelge 6.16 Pozitif Ayrım Tablosu

<i>Pozitifler</i>	Ortalama Basınç	Bağlılık Yüzdesi	Toplam Abone Sayısı	Sayaç Hata Yoğunluğu	Ortalama Tüketim	Sayaç Ort. Yaş	Kalibre Edilme Yaşı	Toplam	Toplam Karekök
B1	0.0000	0.0000	0.0016	0.0038	0.0005	0.0007	0.0000	0.0066	0.0815
B2	0.0004	0.0000	0.0007	0.0012	0.0001	0.0000	0.0000	0.0024	0.0486
B3	0.0001	0.0000	0.0007	0.0020	0.0002	0.0010	0.0000	0.0040	0.0632
B4	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0009	0.0004	0.0000	0.0027	0.0523
B5	0.0000	0.0000	0.0006	0.0010	0.0006	0.0008	0.0000	0.0031	0.0557
B6	0.0000	0.0000	0.0009	0.0018	0.0003	0.0009	0.0000	0.0040	0.0633
B7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0036	0.0001	0.0011	0.0000	0.0048	0.0694
B8	0.0000	0.0000	0.0003	0.0027	0.0000	0.0005	0.0000	0.0036	0.0598
B9	0.0000	0.0000	0.0007	0.0020	0.0001	0.0004	0.0000	0.0032	0.0563
B10	0.0000	0.0000	0.0005	0.0027	0.0001	0.0007	0.0000	0.0041	0.0641
B11	0.0001	0.0000	0.0006	0.0016	0.0000	0.0004	0.0000	0.0028	0.0531
B12	0.0001	0.0000	0.0004	0.0013	0.0002	0.0006	0.0000	0.0027	0.0515
B13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0000	0.0008	0.0000	0.0028	0.0529
B14	0.0000	0.0000	0.0004	0.0016	0.0002	0.0007	0.0000	0.0030	0.0550
B15	0.0001	0.0000	0.0006	0.0010	0.0003	0.0005	0.0000	0.0024	0.0495
B16	0.0000	0.0000	0.0009	0.0022	0.0006	0.0011	0.0000	0.0047	0.0683
B17	0.0000	0.0000	0.0006	0.0043	0.0003	0.0013	0.0000	0.0066	0.0811
B18	0.0001	0.0000	0.0013	0.0001	0.0009	0.0000	0.0000	0.0023	0.0482
B19	0.0001	0.0000	0.0005	0.0025	0.0010	0.0002	0.0000	0.0043	0.0654
B20	0.0007	0.0000	0.0017	0.0000	0.0011	0.0000	0.0000	0.0035	0.0593

Çizelge 6.17 Negatif Ayrım Tablosu

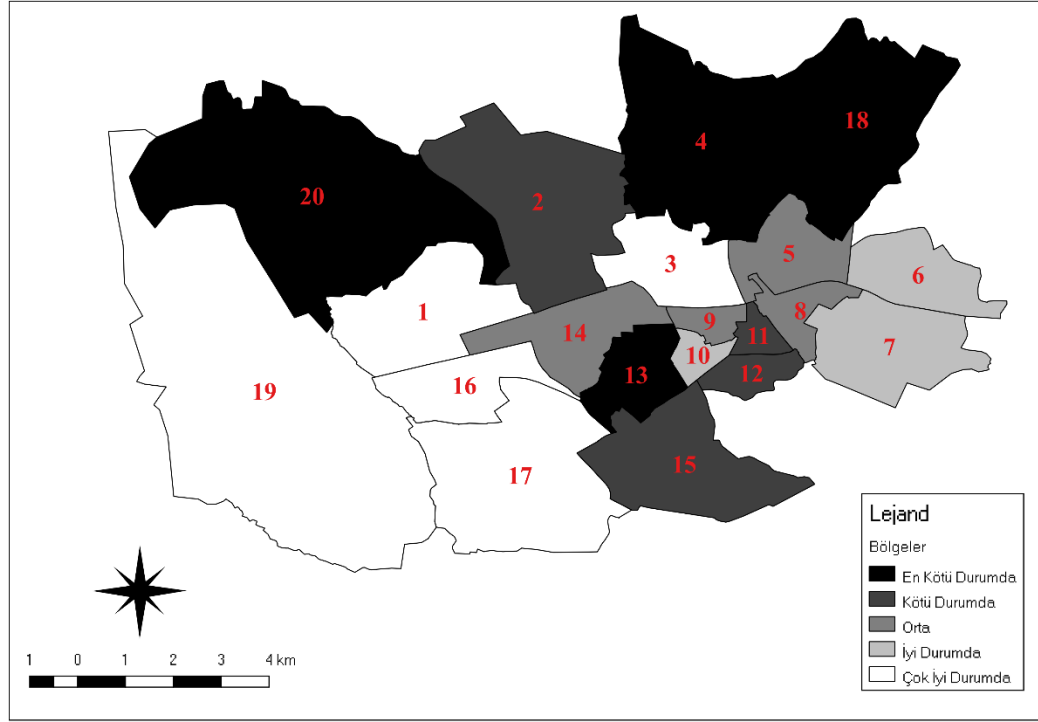
<i>Negatif</i>	Ortalama Basınç	Bağlılık Yüzdesi	Toplam Abone Sayısı	Sayaç Hata Yoğunluğu	Ortalama Tüketim	Sayaç Ort. Yaş	Kalibre Edilme Yaşı	Toplam	Toplam Karekök
B1	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0008	0.0275
B2	0.0001	0.0000	0.0002	0.0010	0.0006	0.0013	0.0000	0.0031	0.0557
B3	0.0003	0.0000	0.0002	0.0005	0.0003	0.0000	0.0000	0.0013	0.0362
B4	0.0007	0.0000	0.0000	0.0036	0.0000	0.0003	0.0000	0.0046	0.0678
B5	0.0005	0.0000	0.0003	0.0012	0.0001	0.0001	0.0000	0.0021	0.0459
B6	0.0004	0.0000	0.0001	0.0005	0.0002	0.0000	0.0000	0.0014	0.0369
B7	0.0005	0.0000	0.0016	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0026	0.0513
B8	0.0004	0.0000	0.0005	0.0002	0.0009	0.0002	0.0000	0.0023	0.0477
B9	0.0006	0.0000	0.0002	0.0005	0.0005	0.0003	0.0000	0.0021	0.0455
B10	0.0005	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0001	0.0000	0.0016	0.0401
B11	0.0003	0.0000	0.0003	0.0006	0.0009	0.0003	0.0000	0.0023	0.0478
B12	0.0003	0.0000	0.0004	0.0008	0.0003	0.0002	0.0000	0.0021	0.0455
B13	0.0005	0.0000	0.0017	0.0005	0.0011	0.0001	0.0000	0.0038	0.0613
B14	0.0005	0.0000	0.0004	0.0006	0.0004	0.0001	0.0000	0.0020	0.0447
B15	0.0003	0.0000	0.0003	0.0012	0.0002	0.0002	0.0000	0.0022	0.0471
B16	0.0006	0.0000	0.0001	0.0004	0.0001	0.0000	0.0000	0.0013	0.0355
B17	0.0005	0.0000	0.0003	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0011	0.0326
B18	0.0003	0.0000	0.0000	0.0034	0.0000	0.0013	0.0000	0.0050	0.0710
B19	0.0004	0.0000	0.0003	0.0002	0.0000	0.0005	0.0000	0.0014	0.0378
B20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000	0.0010	0.0000	0.0054	0.0733

Yapılan çalışma sonucunda pozitif ve negatif olmak üzere hazırlanan toplam karekök değerlerinin her bir bölge için ayrı ayrı oranlaması sonucunda nihai bölge sıralaması elde edilmektedir. Çizelge 6.18’de TOPSIS Yöntemi ile belirlenen 20 bölgenin öncelik sıralaması verilmiştir.

Çizelge 6.18 TOPSIS Yöntemi İle Belirlenen Bölge Sıralamaları

Bölgeler	Katsayı	Nihai Sıralama
B1	0.2526	20
B2	0.5344	5
B3	0.3640	17
B4	0.5644	2
B5	0.4522	9
B6	0.3681	15
B7	0.4249	13
B8	0.4435	12
B9	0.4472	11
B10	0.3847	14
B11	0.4740	7
B12	0.4689	8
B13	0.5366	3
B14	0.4480	10
B15	0.4878	6
B16	0.3420	18
B17	0.2866	19
B18	0.5954	1
B19	0.3661	16
B20	0.5526	4

Çizelge 6.18 incelendiğinde öncelikli rehabilite yapılması gereken bölgelerin sırasıyla 18-2-13-20 bölgeleri olduğu görülmektedir. 1. Bölge ise en iyi durumdaki bölge olmuştur. TOPSIS metodu ile yapılan analiz sonucunda oluşan bölgelerin haritada gösterimi Şekil 6.3’de verilmiştir. Ayrıca ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri ile belirlene öncelikli bölgelerin kıyaslanması Çizelge 6.19’da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde değiştirilmesi öncelikli bölgelerin ve iyi durumdaki bölgelerin benzerlik gösterdiği görülmektedir.



Şekil 6.3 Öncelikli Bölgelerin Belirlenmesi (TOPSIS)

Çizelge 6.19 ELECTRE ve TOPSIS Sonuçlarının Karşılaştırılması

Nihai Sıralama	Bölgeler	
	ELECTRE	TOPSİS
1	B13	B18
2	B18	B4
3	B4	B20
4	B20	B13
5	B2	B2
6	B11	B15
7	B9	B11
8	B15	B12
9	B7	B5
10	B14	B14
11	B12	B9
12	B8	B8
13	B5	B7
14	B19	B10
15	B10	B6
16	B16	B19
17	B6	B3
18	B17	B16
19	B3	B17
20	B1	B1

6.3 Sayaçlar İçin Optimum Değiştirme Süresinin Hesaplanması

Su sayaçları yaşlandıkça, hatalı ölçüm yapma eğilimleri vardır. Bunun bir sonucu olarak su kayıplarında dolayısıyla gelir getirmeyen su miktarlarında artış meydana gelmektedir. Sayaçlar uzun yıllar çalışsalar bile oluşan ekonomik kayıplar, yaşanan sayaçların yenileriyle değiştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Diğer taraftan bir çok Su ve Kanal İdaresi hizmet alanında bulunan ve 10 yılını doldurmuş sayaçları değiştirme yoluna gitmektedir. Bu durum özellikle sayaç oranının fazla olduğu ve/veya hatalı sayaç oranının az olduğu mahalle ya da bölgelerde kurum açısından ekonomik olmayan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Bu nedenle tezin bu bölümünde önceki bölümlerde verilen bölgeler için en uygun sayaç değiştirme periyodu belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde ki 20 bölgede abone sayıları, tüketim verileri ve ağırlıklı hata oranları hesaplanmış ve Çizelge 6.20'de gösterilmiştir.

6.3.1 Optimum Değiştirme Süresinin Bulunmasında Kullanılan Faktörler

- *İlk Yatırım Maliyeti:* Bir sayaç değişimi sırasında sayacın kendi maliyeti dışında kurulum ve idari maliyetlerinin de dâhil edildiği maliyetler bütünüdür. Bir süreklilik arz etmez sadece ilk değişim sırasında dikkate alınmaktadır.
- *Satılamayan Su Maliyeti:* Su sayaçlarının eksik ölçümler yapması sonucunda oluşan satılamayan su maliyeti, su dağıtım idareleri için gerçek bir kayıp oluşturmaktadır. Bu kayıp ölçülemeyen su hacmi ve suyun birim satış fiyatı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Ölçüm hataları sayacın kurulumundan itibaren kullanım süresi boyunca etkili bir parametredir. Bu nedenle bu değer sürekli olarak dikkate alınmalıdır.

- *Sayacın Ağırlıklı Hata Oranı:* Sayaç değişimi sırasında değerlendirmesi yapılan bölgelerdeki sayaçların durumunun ortaya konulmasında önemli bir değişkendir. Satılamayan su maliyetinin hesaplanmasında esas faktörlerden biri olan sayaç hata oranları, aynı zamanda söz konusu bölgede ki sayaçların yasalarca öngörülen hata oranları (%5) arasında bulunup bulunmadığını da tespit etmeye yardımcı olacaktır.
- *Su Tarifesi:* Tüketilen fakat faturalandırılmayan su miktarlarını maliyetini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır.
- *Enflasyon Oranı:* Gelecekteki satılamayan su maliyetinin doğru şekilde hesaplanabilmesi için nominal iskonto oranı dikkate alınmalıdır (Bierman, 1993).

Çizelge 6.20 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler

Mahalle Adı	Bölgesi	Toplam Abone Sayısı (adet)	Toplam Tüketim ($m^3/Yıl$)	Ortalama Tüketim ($m^3/Yıl/Abone$)	Ağırlıklı Hata Oranı (%)
CEVATPASA	1	2067	303186	168,68	-2,07
ATATÜRK	2	7801	920101	117,95	-4,29
GAZI					
HOCA AHMET YESEVİ					
SEYRAN					
KOSU					
BENTBASİ	3	8164	1074133	131,57	-2,90
ÇAVUSOĞLU					
İLYAS					
KILTEPE					
SALKÖPRÜ					
YESILKAYNAK	4	3220	272720	84,70	-7,08
ÇARMUZU					
KAYNARCA					
MELEKBABA					
BEYLERBASİ					
CIRIKPINAR	5	8429	974976	115,67	-4,85
HIDAYET					
ISKENDER					
SARICIOĞLU					
SEHİTFEVZİ					
TASTEPE	6	6309	910222	144,27	-3,82
SELÇUKLU					
GÖZTEPE					
TANDOGAN					
YILDIZTEPE					
ÇÖSNÜK	7	18529	2776023	149,84	-1,83
FIRAT					
ZAFER					
AKPINAR					
B.HÜSEYİNBEY					
HALFETTİN	8	11278	1887261	167,34	-3,01
KERNEK					
KIRÇUVAL					
SANCAKTAR					
SARAY					
ÜÇBAĞLAR	9	7998	960175	120,05	-3,54
YENİHAMAM					
K.HÜSEYİNBEY					
ASLANBEY					
KAVAKLIBAG					
NIYAZI	9	7998	960175	120,05	-3,54
NURIYE					
SIKSIK					
SİFA					
İSMETİYE					

Çizelge 6.20 Uygulama Alanında Seçilen Bölgelere Ait Açıklayıcı Bilgiler (Devamı)

Mahalle Adı	Bölgesi	Toplam Abone Sayısı (adet)	Toplam Tüketim ($m^3/Yıl$)	Ortalama Tüketim ($m^3/Yıl/Abone$)	Ağırlıklı Hata Oranı (%)
ATAKÖY	10	9493	1349945	142,20	-2,73
B.MUSTAFA PASA					
HACI ABDİ					
K.MUSTAFA PASA					
CEVHERİZADE	11	8362	1122244	134,21	-3,43
DABAKHANE					
FERHADIYE					
İSTİKLAL					
İZZETİYE					
HAMIDIYE	12	10358	1481370	143,02	-3,54
BASHARIK					
HASAN VAROL					
PASAKÖSKÜ					
ABDULGAFFAR	13	19125	4207086	219,98	-3,88
ÇUKURDERE					
KOYUNOĞLU					
SAMANLI					
SEYH BAYRAM					
ZAVIYE	14	10114	1456951	144,05	-4,37
İNÖNÜ					
ÖZALPER	15	9083	912772	100,49	-4,84
ASAGI BAGLAR					
CEMALGÜRSEL					
YAVUZ SELİM	16	6585	654191	99,35	-2,89
KARAKAVAK					
TURGUT ÖZAL	17	8658	1013857	117,10	-2,12
ÇİLESİZ					
TECDE	18	3893	305057	78,36	-6,55
HANIMINÇİFTLİĞİ	19	9311	596588	64,07	-3,87
BOSTANBAŞI					
YAKINCA	20	1586	105391	66,45	-6,90
TOPSÖĞÜT					

Çalışma alanı içerisinde bulunan 20 bölgede abone başına düşen ortalama tüketimin ve bölgedeki sayaçların ağırlıklı hata oranlarının hesaplanmasının ardından optimum değiştirilme periyodu (6,23)'deki denklem ile hesaplanmıştır (Seint, 1999).

$$Değişim Periyodu = \left[C_{acq} + C_{inst} + C_{adm} + \sum_{i=1}^n V_i * \varepsilon_i * \frac{C_W}{(1+r')^{(i-1)}} \right] * \frac{(1+r')^n}{(1+r')^{n-1}} \quad (6,23)$$

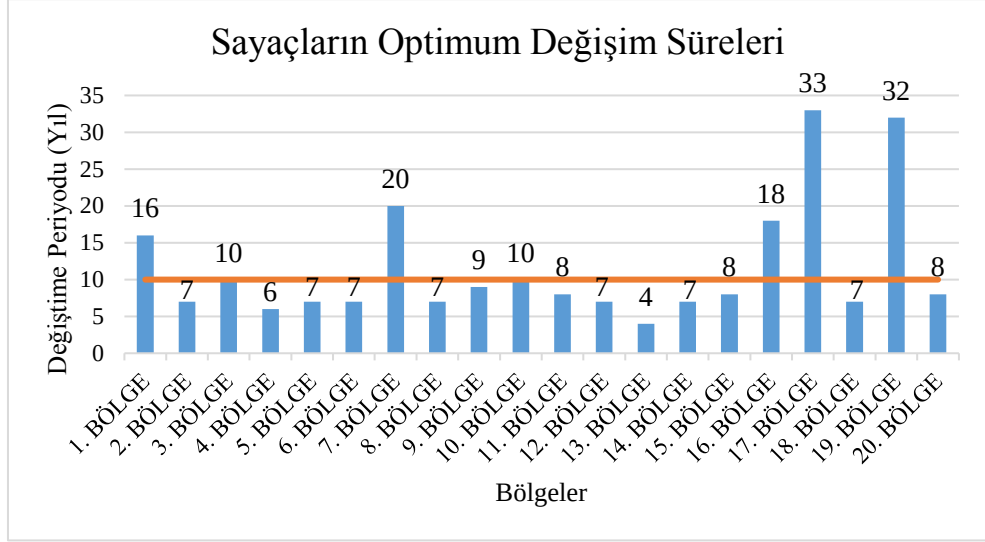
Bahse konu denklemde C_{acq} sayacın bedelini, C_{inst} sayacın kurulum bedelini, C_{adm} satılamayan su bedelini, r' ifadesi ise enflasyon oranının temsil etmektedir. Sayaç değişiminde öncelikli bölgelerin belirlenmesinin ardından değişimine öncelik verilmesi gereken ilk dört bölge ile son dört bölgenin optimum değiştirme süresi hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 6.21 ve Çizelge 6.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.21 Değişimde Öncelikli Bölgelerin Optimum Değiştirme Süresi

Değişkenler	4. Bölge	13. Bölge	18. Bölge	20. Bölge
r	0,12	0,12	0,12	0,12
C_{acq}	-65,00 TL	-65,00 TL	-65,00 TL	-65,00 TL
C_{inst}	-15,00 TL	-15,00 TL	-15,00 TL	-15,00 TL
C_{adm}	-23,39 TL	-33,29 TL	-20,02 TL	-17,88 TL
V_{su}	84,7	219,98	78,36	66,45
W	0,0708	0,0388	0,0655	0,069
Tl	3,90 TL	3,90 TL	3,90 TL	3,90 TL
Değiştirme Periyodu	6 YIL	4 YIL	7 YIL	8 YIL

Çizelge 6.22 Değişimde Öncelikli Olmayan Bölgelerin Optimum Değiştirme Süresi

Değişkenler	1. Bölge	3. Bölge	16. Bölge	17. Bölge
r	0,12	0,12	0,12	0,12
C_{acq}	-65,00 TL	-65,00 TL	-65,00 TL	-65,00 TL
C_{inst}	-15,00 TL	-15,00 TL	-15,00 TL	-15,00 TL
C_{adm}	-11,84 TL	-14,88 TL	-11,20 TL	-9,68 TL
V_{su}	146,68	131,57	99,35	117,1
W	0,0207	0,029	0,0289	0,0212
Tl	3,90 TL	3,90 TL	3,90 TL	3,90 TL
Değiştirme Periyodu	16 YIL	10 YIL	18 YIL	30+ YIL



Şekil 6.4 Bölgesel Bazda Sayaçların Optimum Değişim Süreleri

Çizelge 6.21 ve Çizelge 6.22 incelendiğinde 6.1 ve 6.2. bölümlerinde AHP ve ELECTRE yöntemleri ile belirlenen öncelikli bölgelerin, yapılan fayda/maliyet analizi sonucunda rehabilite edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca tüm bölgeler dikkate alındığında ideal yaş değiştirme yılı olan 10 yılın altında birçok bölge bulunmaktadır. Bu söz konusu bölgelerinde sayaçlardaki hata oranları ve tüketimlerine bağlı olarak bağlı olarak 10 yıldan önce değiştirilmesinin fayda sağlayacağını ifade etmektedir.

7 SONUÇLAR

Çalışması yapılan bu tez ile Malatya İli genelinde bulunan 78 mahalle 20 alt bölgeye bölünerek, bu bölgelerde bulunan sayaçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Sayaçlar üzerinde 2014-2017 yılları arasında meydana gelen arızaların kayıtları tutulmuş, arızaların meydana geldiği noktalar CBS üzerinde işlenmiştir. Sayaçların bölgesel bazlı hata oranları, yaşları, bölgenin ortalama tüketimleri ve basınç gibi değişkenler incelenmiş ve çalışmanın sonunda ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri ile sayaç rehabilitasyonu için öncelikli bölgelerin belirlenmesi sağlanmıştır.

o Hatalı sayaçlarla ilgili yapılan değerlendirmelerde;

- Çalışma yapılan bölgenin ortalama sayaç yaşının 9.25 olduğu tespit edilmiştir.
- Sayaç yaşı bakımından en kötü bölge 14.48 ile 18. Bölge olmuştur.
- Kişi bazlı ortalama tüketim miktarı en yüksek bölge 80.23 m³/kişi/yıllık tüketim ile 13. Bölge olmuştur.
- 4, 16 ve 17. bölgelerde basıncın diğer bölgelere göre fazla olduğu görülmektedir.
- İncelemesi yapılan 5394 sayaç içerisinde 4291 sayacın (%79) yönetmeliklere göre doğru kabul edilen hata oranlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Geriye kalan 1103 sayaç (%21) ise yanlış ölçüm yapmaktadır.
- İnceleme yapılan sayaçlarda %0 hata oranı ile ölçüm yapan (tam doğru) sayaçların ağırlıklı olarak 7, 8 ve 13. bölgelerde oldukları tespit edilmiştir. Bu bölgelerde sayaç yaşlarının il geneli ortalamasına göre düşük olması bu durumun temel nedenidir.
- Çalışma alanı içerisindeki sayaçlarda meydana gelen hataların nedenleri incelendiğinde hataların büyük bir bölümünün (%85) sayacın patlaması sonucunda olduğu ortaya konmuştur. Geri kalan arıza bölgeleri ise numaratör arızası, camda meydana gelen hasarlar, çek valf arızaları, fittings arızaları ve sayaçlara dışardan yapılan müdahaleler olmuştur.

- Hata oranları incelenen 5394 sayacın %85'ini 5 adet firma oluştururken kalan %15'lik dilimde ise 12 adet firma bulunmaktadır.
 - Yapılan inceleme sonucunda C firmasına ait sayaçların ağırlıklı olarak %-10'dan fazla hata oranıyla okuma yaptığı görülmektedir. Bu firmaya ait kullanılan her iki sayaçtan birinin hatalı ölçüm yaptığı görülmektedir.
- o Uzman görüşleri temel alınarak yapılan değerlendirmelerde;
- Sayaçlarda meydana gelen hatalara sebep olan faktörlerin araştırılması için uzman görüşleri alınmıştır. Uzmanların en çok 10 puan verdiği değişken “Sayaç Bağlantılarında Yapılan Hatalar” olduğu görülmüştür. Bu faktör aynı zamanda ağırlıklı ortalaması en yüksek puana (7.73) sahiptir.
 - Sayaç yaşının en fazla olduğu 3 bölge (18,19,20 Bölgeleri) aynı zamanda kişi başı su tüketimi oranının en düşük olduğu 3 bölge olmuştur. Bu durumun birçok nedeni olabileceği gibi en önemli nedenlerinden birinin tüketici lehine yanlış ölçüm yapan sayaçlar olduğu düşünülmektedir.
- o Sayaç değiştirmede öncelikli bölgelerin belirlenmesinde yapılan değerlendirmelerde;
- AHP ve ELECTRE yöntemleri ile rehabilitasyon çalışmasının öncelikli olarak yapılması gerektiği bölgeler belirlenmiştir. Bu bölgeler sırasıyla 13-18-4-20 bölgeleri olmuştur. En iyi durumda olan bölgeler ise sırasıyla 1-3-17-6 bölgeleri olmuştur.
 - AHP ve TOPSIS yöntemleri ile rehabilitasyon çalışmasının öncelikli olarak yapılması gerektiği bölgeler belirlenmiştir. Bu bölgeler sırasıyla 18-2-13-20 bölgeleri olmuştur. En iyi durumda olan bölgeler ise sırasıyla 1-17-16-3 bölgeleri olmuştur.

Yukarda yapılan analizler ve değerlendirmeler sonucunda sayaçlardan kaynaklanan su kayıplarının en aza indirilmesi için aşağıda verilen hususların göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

- Hatalı lm yapan sayaçlarda hata oranına bağlı olarak gelir getirmeyen su oranı arttığı için bu sayaçların 2 yılda bir kalibrasyonunun yapılması ve böylece ekonomik ömrünün uzatılması,
- Sayaç değişiminde yeni kullanılacak sayaç markası belirlenirken mevcutta hizmet veren sayaçların hata oranları göz önünde bulundurularak en iyi performansla sahip sayaç markasının seçilmesi,
- Kurumlar genelde 10 yılını dolduran sayaçları değiştirme yoluna gitmekte olup özellikle abone sayısının fazla, hatalı ölçüm yapan sayaçların az olduğu bölgelerde sayaç değişiminde kaynaklı ilk yatırım maliyeti artmakta ve kurum için ekonomik olmayan sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Oluşturulacak olan sayaç değiştirme politikasında sayaç yaşının yanı sıra, bölge ya da mahalledeki hatalı sayaç oranı, toplam sayaç sayısı, su tüketim oranı gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır.

8 KAYNAKLAR

- Al-Barqawi, H. and Zayed, T. (2008). Infrastructure Management: Integrated AHP/ANN Model to Evaluate Municipal Water Mains' Performance. *Journal of Infrastructure Systems*. **14**, 305-318.
- Arregui, F.J., Pardo, M.A., Parra, J.C. and Soriano, J. (2007). Quantification of Meter Errors of Domestic Users : A Case Study (1-12). *IWA Water Loss Conference*. September 23-26, Bucharest.
- Arregui, F.J., Gavara, F.J., Soriano, J. and Cobacho, R. (2014). Analysis of Domestic Water Meters Field Performance (1-9). *Water Loss 2014*, March 31,- April 2, Vienna.
- Arregui, F., Balaguer, M. and Soriano, J. (2015). Quantifying measuring errors of new residential water meters considering different customer consumption patterns. *Urban Water Journal*. **12**, 1-13.
- Benzerra, A., Cherrared, M., Chocat, B., Cherqui, F. and Zekiouk, T. (2012). Decision Support for Sustainable Urban Drainage System Management : A Case Study of Jijel , Algeria. *Journal of Environmental Management*. **101**, 46-53.
- Carriço, N., Covas, I.C., Ceu Almeida, M., Leitao, J.P. and Alegre, H. (2012). Prioritization of rehabilitation interventions for urban water assets using multiple criteria decision-aid methods. *Water Science and Technology*. **66.5**, 1007-1014.
- Chen, Y-R., Yeh, C-H. and Yu, B. (2011). Integrated Application of the Analytic Hierarchy Process and the Geographic Information System for Flood Risk Assessment and Flood Plain Management in Taiwan. *Natural Hazards*. **100**, 1261-1276.
- Chen, Y-R., Yeh, C-H. and Yu, B. (2016). Flood Damage Assessment of an Urban Area in Taiwan. *Natural Hazards*. **83**, 1045-1055.
- Couvelis, F.A. and van Zyl J.E (2015), Apparent losses due to domestic water meter under-registration in South Africa. *Water SA*. **41**, 698-704.

- Couvelis, F.A. and Van Zyl, J.E. (2012). Apparent Water Loss due to Consumer Meter Inaccuracies in Selected Areas of South Africa (928-932). *WDSA 2012: 14th Water Distribution Systems Analysis Conference*, September 24-27, Adelaide, South Australia.
- Criminisi, A., Fontanazza, C.M., Freni, G. and Loggia, G.L. (2009). Evaluation of the Apparent Losses Caused by Water Meter under-Registration in Intermittent Water Supply. *Water Science and Technology*. **60**, 2373–83.
- Deanroy, M., Noble, B., Nicholas, K., Mutikanga, H. and Babu, M. (2015). Determination of Domestic Water Meter Accuracy Degradation Rates in Uganda. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*. **64**, 486–493.
- De Brito, M.M. and Evers, M. (2016). Multi-Criteria Decision-Making for Flood Risk Management : A Survey of the Current State of the Art. *Natural Hazards Earth System Sciences*. **16**, 1019–1033.
- El Chanati, H., El-Abbasy, M.S., Mosleh, F. Senouci, A. (2016). Multi-Criteria Decision Making Models for Water Pipelines. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. **30**, 1–12.
- Fontanazza, C.M., Notaro, V., Puleo, V. and Freni, G. (2015). The apparent losses due to metering errors: a proactive approach to predict losses and schedule maintenance. *Urban Water Journal*. **12**, 229–239.
- Hussien, W.A., Fayyaz, A.M., Savic, D.A. (2016). Assessing and Modelling the Influence of Household Characteristics on Per Capita Water Consumption. *Water Resources Management*. **30**, 2931–55.
- Jacobs, H.E. and Haarhoff, J. (2007). Prioritisation of Parameters Influencing Residential Water Use and Wastewater Flow. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*. **56**, 495-514.
- Joo, H.C., Je Oh, H., Ahn, H. and Ko, K-R. (2014). Field Application of Waterworks Automated Meter Reading Systems and Analysis of Household Water Consumption. *Desalination and Water Treatment*. **54**, 1-9.

- Kessili, A. and Benmamar, S. (2016). Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. *Water Science and Technology*. **73.2**, 283-291.
- Liu, A., Giurco, D. and Mukheibir, P. (2015). Resources , Conservation and Recycling Motivating Metrics for Household Water-Use Feedback. *Resources, Conservation & Recycling*. **103**, 29–46.
- Monedero, I., Biscari, F., Guerrero, J.I., Roldan, M. and Leon, C. (2015). An Approach to Detection of Tampering in Water Meters. *Procedia - Procedia Computer Science*. **60**, 413–21.
- Mutikanga, H.E., Sharma, S.K. and Vairavamoorthy, K. (2011). Investigating Water Meter Performance in Developing Countries : A Case Study of Kampala, Uganda. *Water Sa*. **37**, 567–74.
- Mutikanga, H.E., Sharma, S.K. and Vairavamoorthy, K. (2011). Multi-Criteria Decision Analysis : A Strategic Planning Tool for Water Loss Management. *Water Resources Management*. **101**, 3947–3969.
- Mutikanga, H.E., Sharma, S.K. and Vairavamoorthy, K. (2011a), Assessment of apparent losses in urban water systems. *Water Environmental Journal*. **25**, 327–335.
- Mutikanga, H.E., Sharma, S.K. and Vairavamoorthy, K. (2011b), Investigating water meter performance in developing countries: A case study of Kampala, Uganda. *Water SA*. **37**, 567–574.
- Palchaudhuri, M. and Biswas, S. (2016). Application of AHP with GIS in Drought Risk Assessment. *Natural Hazards*. **84**, 1905–1920.
- Rimeika, M. and Albrektienė, R. (2014), Analysis of Apparent Water Losses , Case Study (1-6). *The 9th International Conference Environmental Engineering* May 22–23, Vilnius, Lithuania.

- Roozbahani, A. and Zahraie, B. and Tabesh, M. (2012). PROMETHEE with Precedence Order in the Criteria (PPOC) as a New Group Decision Making Aid : An Application in Urban Water Supply Management. *Water Resources Management*. **26**, 3581–3599.
- Szilveszter, S., Beltran, R. and Fuentes, A. (2016). Performance Analysis of the Domestic Water Meter Park in Water Supply Network of Ibarra , Ecuador. *Urban Water Journal*. **14**, 85-96.
- Stoker, D.M., Barfuss, S.L., Johnson, M.C. (2012), Flow measurement accuracies of in-service residential water meters. *Journal of American Water Works Association*. **104**, 637–642.
- Tanverakul, S.A., Lee, J. (2015), Impacts of metering on residential water use in California. *Journal of American Water Works Association*. **107**, 69–75.
- Tanyimboh, T. and Kalungi, P. (2009). Multicriteria assessment of optimal design, rehabilitation and upgrading schemes for water distribution networks. *Civil Engineering and Environmental Systems*. **26**, 117-140.
- Trojan, F. and Morais, D.C. (2012). Prioritising Alternatives for Maintenance of Water Distribution Networks : A Group Decision Approach. *Water Sa*. **38**, 555–65.
- Walker, D., Creaco, E., Vamvakeridou-Lyroudia, L., Farmani, R., Kapelan, Z. and Savic, D. (2015). Forecasting Domestic Water Consumption from Smart Meter Readings Using Statistical Methods and Artificial Neural Networks. *Procedia Engineering*. **119**, 1419–28.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Salih YILMAZ

Doğum Yeri ve Tarihi: MALATYA - 16.12.1992

Adres: İnönü Mahallesi Salkımsöğüt Sokak No: 6/8 Yeşilyurt / MALATYA

E-Posta: salihymz@gmail.com

Lisans: İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller: 2015 yılında Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (MASKİ)'de kontrol mühendisi olarak göreve başlanmıştır. 2017 yılı itibariyle yine MASKİ'de İhale Şube Müdürlüğü görevine başlanmış ve halen devam etmektedir.

Yayın Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Salih Yılmaz, Mahmut Fırat, Özgür Özdemir, (2016), “Uzman Görüşleri Temel Alınarak Suya Hatalarına Sebep Olan Faktörlerin Araştırılması”, 2. Uluslararası Su Ve Sağlık Kongresi, 578-561.