

Gelir Getirmeyen Su Oranının Azaltılması İçin Optimum Sayaç Değişirme Süresinin Hesaplanması

Salih YILMAZ¹, Özgür ÖZDEMİR², Mahmut FIRAT^{3*}

¹ Malatya Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Malatya, Türkiye

² Kayseri Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Kayseri, Türkiye

³ İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

¹ salihyilmaz@maski.gov.tr, ² ozgurozd@hotmail.com, ³ mahmut.firat@inonu.edu.tr

(Geliş/Received: 06/03/2019;

Kabul/Accepted: 22/08/2019)

Öz: İçme suyu dağıtım sistemlerinde sayaç hataları ve kaçak kullanım gibi bileşenlerden oluşan idari kayıplar kurumlar için doğrudan gelir kaybı olarak ifade edilmektedir. Özellikle yasal konut abonelerinin sayaçlarında meydana gelen arızalar, eksik okuma veya hiç okumama gibi sonuçlar ortaya çıkarmakta bu da gelir getirmeyen su oranını arttırmaktadır. Su ve Kanal İdareleri sayaçlardan kaynaklanan gelir getirmeyen su oranının azaltılması için 10 yaşını doldurmuş sayaçları değiştirme yolunu izlemektedir. Bu sayaçlar değiştirilirken hatalı olanların belirlenip değiştirilmesi yerine aylık ya da yıllık hedeflenen belli sayıda rastgele değiştirme politikası uygulanmaktadır. İzlenen bu yol hatalı sayaç oranının az, tüketimin fazla olduğu bölgelerde ekonomik olmayan sonuçlar doğurabilmektedir. Özellikle ilk yatırım maliyetinin ve su kayıp oranının azaltılması için belli bir sistematığe bağlı olarak sayaç rehabilitasyonunun gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, içme suyu dağıtım sistemlerinde yasal kayıtlı konut türü sayaçlar için optimum değiştirme süresinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için Malatya İli uygulama alanı olarak seçilmiş ve 20 bölgede yer alan sayaçların ilk yatırım maliyetleri, arıza oranı, tüketim özellikleri gibi unsurlar dikkate alınarak ekonomik analiz gerçekleştirilmiş ve bölgeler için optimum değiştirme süreleri hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: İçmesuyu Dağıtım Sistemi, İdari Kayıplar, Sayaç Hataları, Sayaç Değişirme süresi.

Determination of Optimum Water Meter Replacement Period for Reducing the Non-revenue Water

Abstract: Apparent losses occurring from components such as water meter errors and illegal use in water distribution systems are expressed as direct loss of income for the Water Administrations. Especially, faults that occur in the water meters of authorized customers result in incomplete reading or no reading thus increase the non-revenue water ratio. The Water Authorities are following the way to replace the meters to fill 10 years of age in order to reduce the non-revenue water rate caused by the water meters. When these water meters are changed, instead of determining and changing the faulty ones, a certain number of monthly or yearly targeted random replacement policies are applied. This way could lead to uneconomical results in regions where the ratio of faulty meters is low and consumption is high. Especially, in order to reduce the initial investment cost and the water loss rate, it is very important to realize meter replacement depending on a certain system. For this reason, in this study, it is aimed to determine the optimum replacement period for the authorized residential type water meters in water distribution systems. For this, Malatya province is selected as study area. The economic analysis is carried out considering the factors such as the initial investment costs, failure rates of the water meters and consumption characteristics of the customers and the most suitable replacement periods for the regions are calculated.

Key words: Water distribution system, apparent losses, water meter faults, replacement period.

1. Giriş

İçme suyu dağıtım sistemlerinde, suyun kaynaktan aboneye kadar ulaştırılması aşamalarında çeşitli işletme ve üretim maliyetleri meydana gelmektedir. Kullanıcılardan bu maliyetlerin adil bir şekilde tahsis edilebilmesi için sayaçlar kullanılmaktadır. Ancak konutlarda kullanılan ve yasal kayıtlı abonelere ait bu sayaçlarda çeşitli sebeplerden dolayı arızalar meydana gelmektedir. Bu arızalar bazen sayacın olması gerekenden daha fazla okumasına sebep olurken bazen de eksik okuma yapmasına neden olmaktadır. Özellikle sayaç yaşının fazla olduğu bölgelerde genelde sayaçlarda eksik okuma gözlenmekte ve bu da Su ve Kanal İdareleri için "İdari Kayıp" olarak ifade edilen "Gelir Getirmeyen Su" miktarının artmasına sebep olmaktadır [1 ve 2]. 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

^{3*}Sorumlu yazar: mahmut.firat@inonu.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹0000-0002-3206-1225, ²0000-0002-0573-9221, ³0000-0002-8010-9289

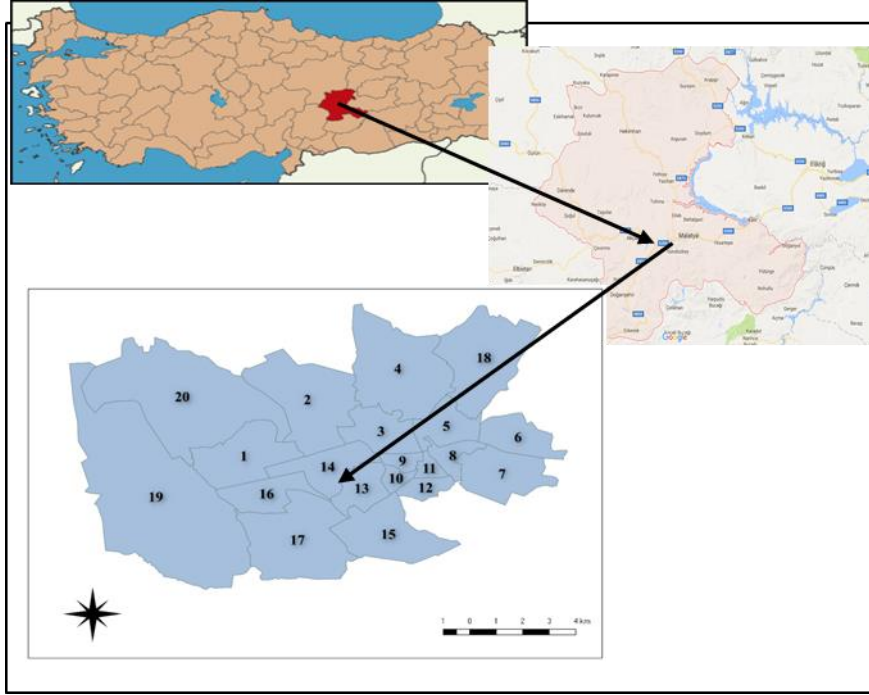
sahada denetim yaparak hatalı olduğu düşünülen sayaçların tespit edilmesi, kalibrasyon sorunu olan sayaçların kalibrasyonunun yapılması ve gerekli durumda bu sayaçların değiştirilmesi gerekmektedir [3]. Literatürde sayaç hataları ve değiştirilme sürelerinin hesaplanması üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Davis [4], IWA su denetim metodolojisinin önemli bileşenlerinden biri olan müşteri sayaçlarının yanlış ölçüm yapmasından 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. Arregui vd. [5] müşteriye iletilen, tüketilen ve faturalandırılmayan her su hacminin su dağıtım kurum veya şirketlerinde çok önemli bir etkiye neden olduğunu belirtmiştir. Uluslararası Su Birliği (IWA) tarafından önerilen standart su dengesi tablolarında İdari kayıplar, Kaçak kullanım ve Ölçüm hataları olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir. İlk bileşen doğrudan müşteri hizmetleri yönetimi ile ilgiliyken, ölçüm hataları bileşenin sayaçların doğru tipte ve boyutta seçilmesine doğrudan bağlı olduğu belirtmiştir. Su dağıtım şirketlerinin bu bileşenin büyüklüğünü azaltmak için sürekli performans analizleri yapmak zorunda olduklarını savunmuşlardır. Arregui vd. [6] su sayaç tiplerinin kendine özgü sorunlarını ortaya koymuşlardır. Hız Esaslı sayaçlarda düşük debili kullanım hassasiyeti olmadığından hata oluşabileceği, hacim esaslı sayaçlarda ise askıdaki katı maddelerin tıkanmasına bağlı yanlış ölçümler yapabileceği açıklanmıştır. Criminisi vd. [7] 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. Stoker vd. [8] 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.

Joo vd. [9] akıllı sayaç uygulamalarının su tüketimine etkileri üzerine çalışma yapmışlardır. 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. Arregui vd. [10] 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. Tanverakul ve Lee [11] su ölçümlerinin konutlarda su tüketimine etkisi araştırmıştır. Çalışma sonucunda, 6 ay boyunca su tüketimi izlenen ve ölçülen konutlarda su tüketiminin azaldığı ve su tasarrufu açısından önemli katkılar sağladığı belirtilmiştir. Mbabazi vd. [12], sistem ve su tüketim karakteristikleri aynı olan iki farklı sayaç türünün (hacim ve hız esaslı) bozulma oranlarını analiz etmiştir. Çalışma sonucunda, bozulma oranlarının su sayacı değiştirmede kullanılabilirliği önermiştir. Ncube ve Taigbenu [13] 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 kl için %0.64 arttığı görülmüştür. Su ve Kanalizasyon İdareleri, sayaç değişim çalışmalarında belli bir yaşın üstündeki sayaçları yılbaşında belirlenen hedef sayıda değiştirme yoluna gitmektedirler. Bu durum hatalı sayaç oranının az, tüketimin fazla olduğu bölgelerde ekonomik olmayan sonuçlar doğurabilmektedir. Özellikle ilk yatırım maliyetinin azaltılması ve su kayıp oranının azaltılması için belli bir sistematığe bağlı olarak sayaç rehabilitasyonunun gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, içme suyu dağıtım sistemlerinde yasal kayıtlı konut türü sayaçlar için optimum değiştirme süresinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için Malatya ilinde seçilen 20 bölgede yer alan sayaçların ilk yatırım maliyetleri, arıza oranı, tüketim özellikler dikkate alınarak optimum değiştirme süreleri hesaplanmıştır.

2. Uygulama Alanı

Sayaçların optimum değiştirme sürelerinin hesaplanabilmesi için Malatya ili uygulama alanı olarak seçilmiştir. Malatya ili yüz ölçümü 12.313 km² ve 2014 yılı nüfus kayıt sistemine göre toplam nüfusu 769.554 kişidir. Çalışma alanı, merkez ilçeler olan Battalgazi ve Yeşilyurt'a bağlı 78 mahalleden oluşmaktadır. Merkez ilçelere bağlı 78 mahalle benzer özelliklerine göre gruplandırılmış ve toplamda 20 bölge elde edilmiştir [3]. 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 [3]. Oluşturulan bölgeler Şekil 1'de gösterilmektedir.

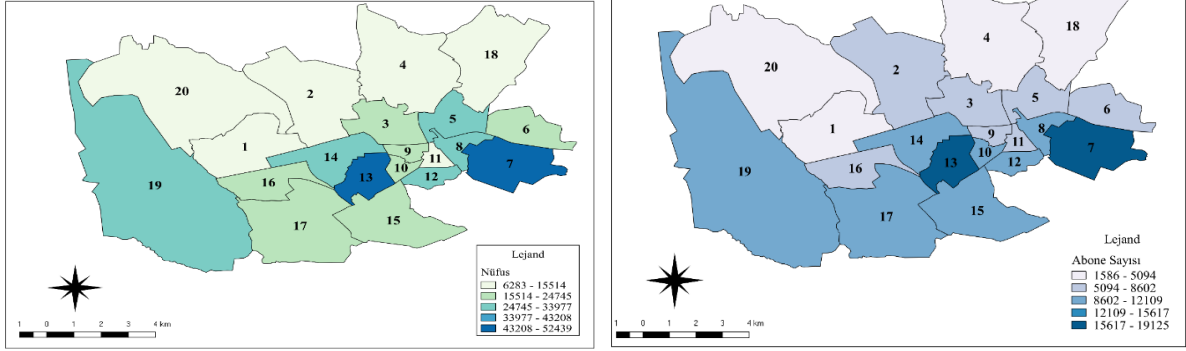


Şekil 1. Çalışma kapsamında oluşturulan bölgeler [3]

Ayrıca çalışma alanı içerisindeki 20 bölgede abone sayıları, tüketim verileri, ortalama sayaç yaşları ve ağırlıklı hata oranları hesaplanmış ve Tablo 1’de gösterilmiştir [3]. Ayrıca, uygulama alanı içerisinde bölgelere ait verilerin temin edilmesinde MASKİ bilgi işlem alt yapısı kullanılmıştır. Uygulama alanı sınırları içerisine düşen bölgelerin nüfus ve abone sayılarının dağılım haritaları sırasıyla Şekil 2a ve 2b’de gösterilmiştir [3].

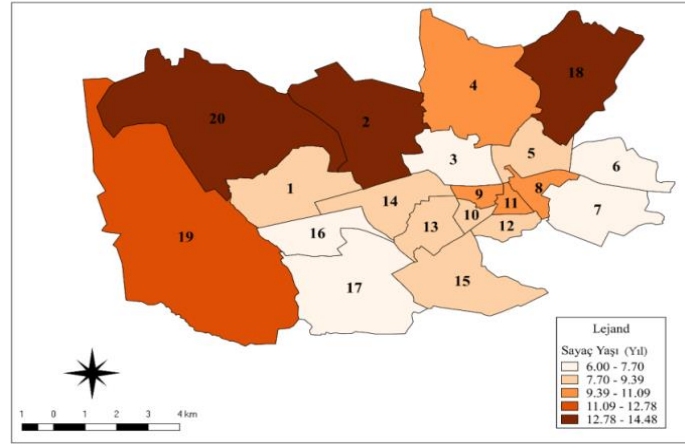
Tablo 1. Uygulama alanında seçilen bölgelere ait açıklayıcı bilgiler [3]

Bölge	Toplam Abone Sayısı	Toplam tüketim (m ³ /yıl)	Ortalama tüketim (m ³ /yıl/ abone)	Ağırlıklı hata (%)	Ortalama Sayaç Yaşı (yıl)
1	2067	303186	168.68	-2.07	8.36
2	7801	920101	117.95	-4.29	14.43
3	8164	1074133	131.57	-2.90	7.00
4	3220	272720	84.70	-7.08	9.70
5	8429	974976	115.67	-4.85	7.70
6	6309	910222	144.27	-3.82	7.34
7	18529	2776023	149.84	-1.83	6.86
8	11278	1887261	167.34	-3.01	9.41
9	7998	960175	120.05	-3.54	10.05
10	9493	1349945	142.20	-2.73	8.24
11	8362	1122244	134.21	-3.43	9.70
12	10358	1481370	143.02	-3.54	8.90
13	19125	4207086	219.98	-3.88	7.95
14	10114	1456951	144.05	-4.37	8.23
15	9083	912772	100.49	-4.84	9.26
16	6585	654191	99.35	-2.89	6.76
17	8658	1013857	117.10	-2.12	6.00
18	3893	305057	78.36	-6.55	14.48
19	9311	596588	64.07	-3.87	11.14
20	1586	105391	66.45	-6.90	13.54



Şekil 2. Uygulama Alanında a) Nüfus Dağılımı b) Abone Sayısı Dağılımı [3]

Sayaçlarda hatalara neden olan önemli faktörlerden biri olarak 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 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Sayaç yaşlarına göre dağılım haritası [3]

Şekil 2 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. Diğer taraftan, çalışma bölgesi incelendiğinde ortalama sayaç yaşı 9.25 olduğu tespit edilmiştir. Sayaç yaşı bakımından en kötü durumdaki bölge 18. Bölge olurken (14.48), en düşük yaş ortalamasına sahip bölge (6.00) ile 17. Bölge olmuştur. Söz konusu 17. Bölge nispeten yeni yerleşim bölgelerine sahip olmaları nedeniyle sayaç yaşı bakımından diğer bölgelerden daha iyi durumdadır. Ayrıca sayaçların ağırlıklı hata oranlarının tespit edilebilmesi için, 2016-2017 yıllarında 20 bölgeden seçilen 5394 sayaç için, su sayaçları için test laboratuvarında standart ve yönetmeliklerde öngörülen debilerde belli miktarlarda su akımı sağlanmasının ardından, gerçek suyun miktarı ile ölçüm arasındaki fark tespit edilerek hata oranları hesaplanmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda sayaç ortalama yaşlarının en yüksek olduğu 2, 18 ve 20. Bölgelerin, ağırlıklı hata oranının da en yüksek olduğu bölgeler olduğu tespit edilmiştir.

3. Sayaçlar İçin Optimum Değişirme 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, yaşlanan sayaçların yenileriyle değiştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Diğer taraftan birçok 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.

3.1. Optimum Değişirme Süresinin Bulunmasında Kullanılan Faktörler

Sayaçların optimum değiştirme süresinin belirlenmesinde önemli adımlardan biri göz önüne alınacak değişkenler gösterilebilir. Seçilecek değişkenlerin, problemi temsil etmesi, ölçülebilir olması, uygulanabilir olması ve en önemlisi de problem ile ilgili olması gibi ölçütleri sağlaması gerekmektedir. Sayaç değiştirmede önemli maliyet kalemi “İlk Yatırım Maliyeti” gösterilebilir. 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. Diğer taraftan sayacın hatalı ölçümünden kaynaklanan satılmayan su maliyeti, İdari kayıp olarak ifade edilen gelir getirmeyen su oluşmakta ve “Satılmayan Su Maliyeti” olarak hesaplamalara katılmaktadır. Oluşan bu kayıp, ölçülemeyen su hacmi ve suyun birim satış fiyatı ile doğru orantılı olup kurum için doğrudan gelir kaybı anlamı taşımaktadır. Ölçüm hataları sayacın kurulumundan itibaren kullanım süresi boyunca etkili bir parametredir. Bu nedenle bu değer sürekli olarak dikkate alınmalıdır. Sayaçların ölçüm yapmamasından kaynaklanan gelir kaybının hesaplanmasında Kurumun metre-küp başına abonelerden tahsilat yaptığı “Su Tarifesi” verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu parametre, tüketilen fakat faturalandırılmayan su miktarlarının maliyetini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bölgedeki sayaçların eksik ölçümünden kaynaklanan su kayıp hacmi ve buna bağlı olarak kurum için oluşan doğrudan gelir kaybı sayaçların ağırlıklı hata oranlarına bağlı olarak değişmektedir. Sayacın ağırlıklı hata oranı, sayaç değişimi sırasında değerlendirilmesi yapılan bölgelerdeki sayaçların durumunun ortaya konulmasında önemli bir değişkendir. Satılmayan su maliyetinin hesaplanmasında esas faktörlerden biri olan sayaç hata oranları, aynı zamanda söz konusu bölgedeki sayaçların yasalarca öngörülen hata oranları (%5) arasında bulunup bulunmadığını da tespit etmeye yardımcı olacaktır. Bu çalışma kapsamında son olarak, “Enflasyon Oranı” olarak ifade edilen ve gelecekteki satılmayan su maliyetinin doğru şekilde hesaplanabilmesi için nominal iskonto oranı yerine gerçek iskonto oranı dikkate alınmalıdır [14].

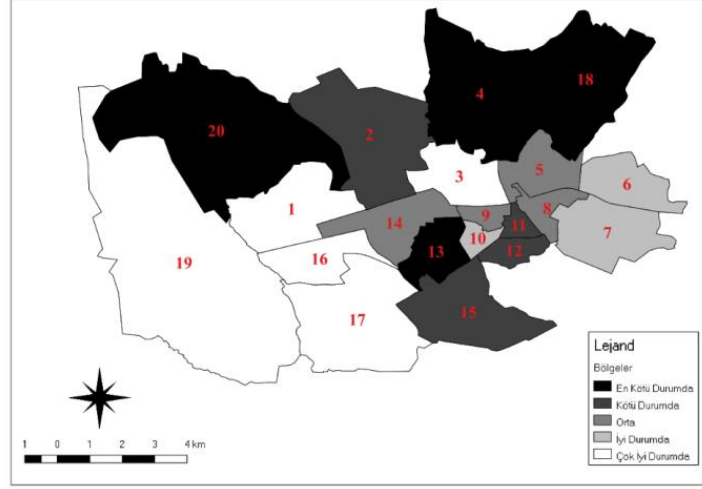
3.2. Sayaçların Değiştirilmesi ve Ekonomik Analizi

Çalışma alanı içerisinde 20 bölgenin abone başına tüketimi ve ağırlıklı hata oranları tespit edildikten sonra, bölgeler için optimum sayaç değişim süresi (Cf) eşitlik (1) kullanılarak hesaplanmıştır [15].

$$Cf = \left[C_{acq} + C_{inst} + C_{adm} + \sum_{i=1}^n V_i * \varepsilon_i * \frac{C_w}{(1+r')^{(i-1)}} \right] * \frac{(1+r')^n}{(1+r')^n - 1} \quad (1)$$

Burada, C_{acq} ; sayacın ilk yatırım bedelini, C_{inst} ; sayacın kurulum bedelini, C_{adm} ; idari masrafları, C_w ; suyun satış fiyatını (hesaplama dönemi boyunca sabit kabul edilir), V_i ; bir abone tarafından tüketilen ortalama hacmi, ε_i ; sayacın ağırlıklı hata oranını, n; değiştirilme süresini (yıl), r' ; ifadesi ise gerçek iskonto oranını temsil etmektedir. Yılmaz [3] tarafından yapılan Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında AHP ve ELECTRE ve TOPSIS yöntemlerinin birlikte kullanılması ile sayaç değişimi için öncelikli bölgeler belirlenmiştir. 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 TOPSIS yöntemi uygulanarak sayaç değiştirilmesinde öncelikli bölgeler belirlenmiştir [3].

Tez çalışmasının sonucunda uygulama alanı içerisinde seçilen 20 bölgeden 4, 13, 18 ve 20. bölgelerin değiştirilmesi gereken öncelikli bölgeler olduğunu, 1, 3, 16 ve 17. bölgelerin ise en iyi durumda olan bölgeler olduğunu ortaya koymuştur. Bu kapsamda Yılmaz [3] tarafından yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen ve sayaç değiştirmede öncelikli olarak ifade edilen bölgeler için optimum değiştirme süreleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 4. Sayaç değiştirmede öncelikli bölgeler [3]

Tablo 2. Değişimde öncelikli olması Beklenen bölgelerin optimum değiştirme süresi [3]

Parametre	4. Bölge	13. Bölge	18. Bölge	20. Bölge
r'	0.12	0.12	0.12	0.12
$C_{acq} (TL)$	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
$C_{inst} (TL)$	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00
$C_{adm} (TL)$	-23.39	-33.29	-20.02	-17.88
V_{su}	84.7	219.98	78.36	66.45
W	0.0708	0.0388	0.0655	0.069
TI	3.90	3.90	3.90	3.90
Değiştirme Süresi	6 YIL	4 YIL	7 YIL	8 YIL

Benzer şekilde yine Yılmaz [3] tarafından sayaç verileri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda sayaçlar bakımından en iyi durumda olduğu belirtilen bölgeler için de optimum sayaç değiştirme süreleri (sayaçın mevcut koşullarda kalan ömrü) hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır (Tablo 3). Ayrıca uygulama alanında bu bölgeler için yapılan hesaplamalar diğer tüm bölgeler için yapılmış ve Şekil 5 ve Tablo 4 ve 5'te gösterilmiştir. Tablo 2 ve 3'de; bir adet sayaç bedeli 65.00 TL, sayaç bağlantı ve işçilik değeri 15.00 TL olarak kabul edilmiştir. Ayrıca her bölge için abone başına düşen yıllık tüketim değerleri (V_{su}) ve sayaç ağırlıklı hata oranları (W) Tablo 1'de sunulmuştur. İdari masraflar (C_{adm}) sayaç hatalarından kaynaklı satılmayan su bedelinin ($V_{su} * W$) maddi karşılığıdır. Söz konusu veriler eşitlik (1)'de her bir n değeri (Yıl) için hesaplanmıştır. Eşitliğin sonucunun negatif değerden pozitif değere döndüğü yıl, sayaçların kalan faydalı ömrünü yani mevcut şartlara göre bölgedeki sayaçların değiştirilme süresini ifade etmektedir.

Tablo 3. Değişimde öncelikli olması beklenmeyen bölgelerin optimum değiştirme süresi

Parametre	1. Bölge	3. Bölge	16. Bölge	17. Bölge
r'	0.12	0.12	0.12	0.12
$C_{acq} (TL)$	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00
$C_{inst} (TL)$	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00
$C_{adm} (TL)$	-11.84	-14.88	-11.20	-9.68
V_{su}	146.68	131.57	99.35	117.1
W	0.0207	0.029	0.0289	0.0212
TI	3.90	3.90	3.90	3.90
Değiştirme Süresi	16 YIL	10 YIL	18 YIL	30+ YIL

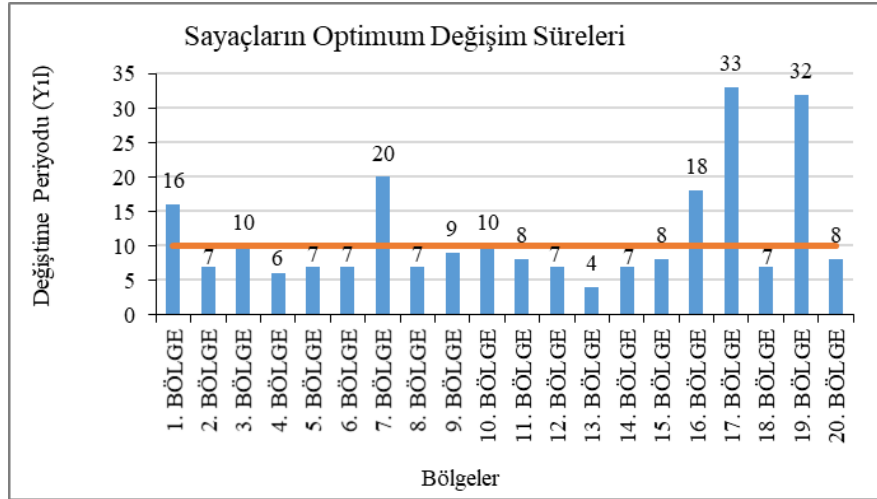
Tablo 4. Diğer bölgeler için optimum değiştirme süresi

Parametre	2. Bölge	5. Bölge	6. Bölge	7. Bölge	8. Bölge	9. Bölge
r'	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
$C_{acq} (TL)$	-65.0	-65.0	-65.0	-65.0	-65.0	-65.0
$C_{inst} (TL)$	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0	-15.0
$C_{adm} (TL)$	-19.7	-21.88	-21.47	-10.72	-19.61	-16.6
V_{su}	118.0	115.7	144.3	149.8	167.3	120.1
W	0.043	0.049	0.038	0.018	0.030	0.035
TI	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
<i>Değiştirme Süresi</i>	7 Yıl	7 Yıl	7 Yıl	20 Yıl	7 Yıl	9 Yıl

Tablo 5. Diğer bölgeler için optimum değiştirme süresi

Parametre	2. Bölge	5. Bölge	6. Bölge	7. Bölge	8. Bölge	9. Bölge
r'	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
$C_{acq} (TL)$	-65.00	-65.00	-65.00	-65.00	-65.0	-65.0
$C_{inst} (TL)$	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.0	-15.0
$C_{adm} (TL)$	-15.11	-17.95	-19.72	-24.53	-18.9	-9.66
V_{su}	142.2	134.2	143.0	144.1	100.5	64.1
W	0.027	0.034	0.035	0.044	0.048	0.039
TI	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
<i>Değiştirme Süresi</i>	10 Yıl	8 Yıl	7 Yıl	7 Yıl	8 Yıl	+30 Yıl

Şekil 5'te sunulan grafik incelendiğinde değiştirme süreleri en düşük olan bölgenin, Şekil 4'te verilen haritaya göre sayaç değiştirmede öncelikli bölge olarak belirlenen 13. Bölge olduğu görülmektedir. Tablo 2 ve Tablo 3 incelendiğinde değişimde öncelikli olması beklenen bölgelerin, yapılan fayda/maliyet analizi sonucunda değiştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Her ne kadar bu bölgelerde sayaç değiştirmeden kaynaklanan ilk yatırım maliyeti artacak olsa da tüketildiği halde sayaç hatalarından dolayı eksik kaydedilen ya da hiç kayıt yapılmayan sudan kaynaklanan gelir kaybı en aza indirilmiş olacaktır. Ayrıca tüm bölgeler dikkate alındığında ideal yaş değiştirme yılı olan 10 yılın altında birçok bölge bulunmaktadır. Bu söz konusu bölgelerde sayaçlardaki hata oranları ve tüketimlerine bağlı olarak 10 yıldan önce değiştirilmesinin fayda sağlayacağını ifade etmektedir.

**Şekil 5.** Bölgesel Bazda Sayaçların Optimum Değişim Süreleri [3]

4. Sonuçlar

Bu çalışmada konut sayaç hatalarından kaynaklanan su kayıplarının azaltılması için optimum sayaç değiştirme süreleri hesaplanmıştır. Bunun için çalışma alanı 20 bölgeye ayrılmış ve bu bölgelere ait toplam tüketim, abone

sayısı ve sayaç ağırlıklı hata oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler doğrultusunda her bölge için fayda-maliyet hesapları yapılmış ve özellikle 4.Bölge, 13.Bölge, 18.Bölge ve 20. Bölgelerin optimum değişirme sürelerinin diğer bölgelere oranla daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. Bu bölgelerin sayaç ağırlıklı hata oranlarının yüksek olması (4, 18 ve 20. Bölgeler) önemli bir etken iken abone başı su tüketiminin diğer bölgelere oranla daha yüksek olması da (13. Bölge) değişirme sürelerini kısalmada önemli etkenlerden biri olmuştur. Hesaplanan değerler doğrultusunda optimum değişim süreleri +10 yıl çıkan bölgelerde herhangi bir rehabilitasyon çalışmasına ihtiyaç duyulmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre sayaç rehabilitasyonunda öncelikli bölgelerin belirlenmesi ve bu bölgeler için sistematik bir değişim programının hazırlanması için, bölgelerin su tüketim verileri ve mevcut sayaçların durumları çok iyi bir şekilde analiz edilmelidir. Sonuç olarak bu çalışmadan elde edilen çıktıların özellikle sayaç yönetiminde Su ve Kanal İdareleri için referans teşkil edeceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, 2017 yılında Salih YILMAZ tarafından tamamlanan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiş, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP 2016/135 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Yazarlar, Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve veri ve teknik desteklerinden dolayı MASKİ Genel Müdürlüğüne teşekkür etmektedir.

Kaynaklar

- [1] Farley M. Non Revenue Water - International Best Practice for Assessment, Monitoring and Control. 12th Annual CWWA Water, Wastewater and Solid Waste Conference, Atlantis, Paradise Island, Bahamas, 28 September - 3 October October 2003.
- [2] Farley M, Trow, S. 2003. Losses in water distribution networks : a practitioner's guide to assessment, monitoring and control. IWA Publishing Books, England.
- [3] Yılmaz S. Müşteri Sayaçlarının Su Kayıplarına Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye, 2017.
- [4] Davis S.E. Residential water meter economics. Leakage 2005. Halifax, Canada.
- [5] Arregui FJ, Pardo MA, Parra JC, Soriano J. Quantification of Meter Errors of Domestic Users: A Case Study. IWA Water Loss Conference. Bucharest September 23-26, 2007.
- [6] Arregui, F.J., Gavara, F.J., Soriano, J., Cobacho, R. 2014. Analysis of Domestic Water Meters Field Performance. Water Loss 2014, March 31-April 2, Vienna.
- [7] Criminisi A, Fontanazza CM, Freni G, Loggia GL. Evaluation of the Apparent Losses Caused by Water Meter under-Registration in Intermittent Water Supply. Water Sci and Technol 2009; 60: 2373–2383.
- [8] Stoker DM, Barfuss SL, Johnson MC. Flow measurement accuracies of in-service residential water meters. J Am Water Works Assoc 2012; 104: 637–642.
- [9] Joo HC, Je Oh H, Ahn H, Ko KR. Field Application of Waterworks Automated Meter Reading Systems and Analysis of Household Water Consumption. Desalin and Water Treat 2014; 54: 1-9.
- [10] Arregui F, Balaguer M, Soriano J. Quantifying measuring errors of new residential water meters considering different customer consumption patterns. Urban Water J 2015; 12: 1–13.
- [11] Tanverakul SA, Lee J. Impacts of metering on residential water use in California. J Am Water Works Assoc 2015; 107: 69–75.
- [12] Mbabazi D, Banadda N, Kiggundu N, Mutikanga H, Babu M. Determination of domestic water meter accuracy degradation rates in Uganda. Journal of Water Supply: Res and Technol—AQUA. 2015;64: 486.
- [13] Ncube M, Taigbenu AE. Meter Accuracy Degradation and Failure Probability based on Meter Tests and Meter Change Data. 4th YWP-ZA Biennial Conference and 1st African YWP Conference, at Pretoria, South Africa, 2015.
- [14] Bierman H, Smidt S. The Capital Budgeting Decision. Prentice-Hall. Upper Saddle River, NJ, US, 1993.
- [15] Arregui FJ, Cobacho R, Cabrera E, Espert V. Graphical method to calculate the optimum replacement period for water meters. J Water Resour Plan Manage 2011; 137: 143-146.