

DOI: [10.38027/ICCAUA2022TR0009](https://doi.org/10.38027/ICCAUA2022TR0009)

Analysis of Cost and Benefit of Leakage Management in Isolated Metering Areas: Field Practices for Pilot Areas

Dr. Salih YILMAZ¹, Prof. Dr. Mahmut FIRAT²

Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Çankırı, Turkey¹

İnönü University, Faculty of Engineering, Malatya, Turkey²

E-mail¹: salihyilmaz@karatekin.edu.tr, E-mail²: mahmut.firat@inonu.edu.trmailto:umitsirel@yahoo.com

Abstract

Operating cost in urban water management is the most important component that should be reduced for administrations. The most basic way to reduce this is to minimize faults (reported failures) and leaks (unreported failures). The increase in the number of failures increases the volume of leakage, the frequency of maintenance and repair, and therefore the operating cost. For this reason, leaks that do not come to the surface especially need to be managed with the right methods. This study, it is aimed to analyze the cost of the methods applied in the management of non-surface leaks in distribution systems according to field data and to calculate the benefit resulting from the application of these methods. For this purpose, the Malatya water distribution system was chosen as the application area. In the application area, the costs of the inspections (crew, working hours and equipment) made by acoustic methods in the pilot isolated areas and the benefits of the detected leaks were analyzed in detail. Thus, the economic efficiency of the applied method and process is determined and monitored. It is understood that the studies will be inefficient if the costs of detecting faults that do not come to the surface are higher than the benefits to be obtained, especially in regions where the loss rate is low. In such areas, it is necessary to monitor flow and pressure changes, maintain the current situation and implement site inspections depending on the increase in leakage rate. It is thought that the outputs obtained from this study will contribute to technical personnel and decision-makers.

Keywords: Water management, leakage, cost, benefit analysis.

İzole Ölçüm Bölgelerinde Sızıntı Yönetiminin Ekonomik Maliyetinin ve Faydasının Analizi: Pilot Bölgeler İçin Saha Uygulamaları

Özet

Kentsel su yönetiminde işletme maliyeti idareler için azaltılması gereken en önemli bileşendir. Bunu azaltmanın en temel yolu ise arızaların (yüzeye çıkan) ve sızıntıların (yüzeye çıkmayan) en aza indirilmesidir. Arıza sayısının artması, sızıntı hacmini, bakım onarım sıklığını ve dolayısıyla da işletme maliyetini arttırmaktadır. Bu nedenle özellikle yüzeye çıkmayan sızıntıların doğru yöntemlerle yönetilmesi gerekir. Bu çalışmada dağıtım sistemlerinde yüzeye çıkmayan sızıntıların yönetilmesinde uygulanan yöntemlerin maliyetinin saha verilerine göre analizi ve bu yöntemlerin uygulanması ile ortaya çıkan faydanın hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaçla Malatya içmesuyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında pilot izole bölgelerde akustik yöntemlerle yapılan denetimlerin (ekip, çalışma saati ve ekipman) maliyetleri ve tespit edilen sızıntıların faydaları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Böylece uygulana yöntemin ve sürecin ekonomik verimliliği belirlenmekte ve izlenmektedir. Özellikle kayıp oranının düşük olduğu bölgelerde yüzeye çıkmayan arızaların tespit maliyetlerinin elde edilecek faydalardan fazla olması durumunda yapılan çalışmaların verimsiz olacağı anlaşılmaktadır. Bu tür bölgelerde debi ve basınç değişimlerinin izlenmesi, mevcut durumun korunması ve sızıntı oranındaki artışa bağlı olarak saha denetimlerinin uygulanması gerekir. Bu çalışmadan elde edilen çıktıların teknik personeller ve karar vericiler için katkı sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel su .yönetimi, sızıntı, maliyet, fayda analizi.

1. Giriş

Kentsel su yönetiminde, arıza oranının artması, şebeke ile elemanlarının yaşlanması ve faydalı ömürlerinin azalması, nüfus artışına bağlı olarak su talebinin fazla olması, mevcut sistemin kapasitesinin ihtiyacı karşılayamaması ve yeni yatırımların zorunlu hale gelmesi, sızıntı miktarının fazla olması ve önlenememesine bağlı olarak yeni kaynak arayışı ve enerji tüketiminin artması maliyetleri arttırmakta ve idareler için önemli ölçüde yükler getirmektedir. Ayrıca, birçok idarede gelir getirmeyen suyun önemli bir kısmını oluşturan fiziki kayıpların önlenmesi, azaltılması, kontrol edilmesi ve izlenmesi için uygulanan yöntemlerin ilk kurulum ve işletme-bakım maliyetleri de önemli seviyelere ulaşmaktadır. Bu nedenle, sistemin işletme bileşenlerini dikkate alınması, su kayıp bileşenleri için ekonomik analizlerin yapılması ve fayda-maliyet analiz

modelinin tanımlanması, etkin ve sürdürülebilir su kayıp yönetimi açısından oldukça önemlidir (Mutikanga vd., 2013; Ezbakhe ve Foguet 2019; Jensen ve Nair 2019; Lopez vd., 2019). Di Nardo vd. (2017), dağıtım sisteminin izole bölge oluşturmak için planlanması ve tasarlanmasının oldukça karmaşık yapıya sahip olduğu, hidrolik, ekonomik ve topolojik açıdan sistemin detaylı bir şekilde analiz edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Berardi vd. (2016), şebeke yönteminin ve su kayıplarının azaltılmasında aktif kaçak kontrolü çalışmalarının uygulanması ile sızıntı ve arızalardan dolayı çevreye verilebilecek olası zararların ve sızıntıdan kaynaklı su kaybının azaltılması, işletme maliyetinin düşürülmesi ile önemli faydaların elde edileceğini belirtmiştir.

Haider vd. (2019), yaptıkları çalışmada Suudi Arabistan'da yapılan çalışmaları incelemiş ve genel olarak su kayıplarının azaltılması amacıyla uygulanan temel yöntemlerin (aktif kaçak kontrolü, basınç yönetimi ve boru-malzeme yönetimi) ekonomik analizlerini yapmışlardır. Yapılan analizler sonucunda aktif kaçak yöntemi ile altyapı kaçak indeksi (ILI) seviyesinin 20'den 7.28'e kadar düşürülebileceği ve diğer yöntemlerinde uygulanması ile ekonomik olarak %43'lük bir kaybın sisteme kazandırılabilirliğini tespit etmişlerdir. Ayrıca yapılan çalışmada su satış fiyatlarının artırılması ile aktif kaçak kontrolü ile elde edilebilecek faydanın artırılabilirliği de önerilmiştir. Al-Washali vd. (2020), su kaybının sifıra indirilmesinin teknik ve ekonomik olarak mümkün olmadığını, su kayıp bileşenlerinin doğru bir şekilde analiz edilerek kayıp azaltma politikası oluşturulması gerektiğini savunmuşlardır. Literatürde kabul görmüş yöntemler için yapılan analizlerde farklı yöntemler için aynı bölgelerde birbirinden farklı sonuçlar alındığını ve bu nedenle yapılacak çalışmalarda en az 2 yöntemin kullanılarak birbiriyle kıyaslamasının yapılması gerektiğini savunmuşlardır.

Samir vd. (2017), basınç yönetiminin su kayıp azaltma yöntemleri içerisindeki en iyi uygulamalardan biri olduğunu ortaya koymuştur. Yaptıkları çalışmada basınç kırıcı vanalar kullanılarak oluşturulan izole bölgelerde kayıp oranlarının %37'e kadar azaltılabildiği görülmüştür. Bu nedenle su yönetiminde ilk olarak basınç yönetimi uygulamasının ekonomik faydalarının ve maliyetlerinin analiz edilmesi tavsiye edilmiştir. Fontana vd. (2018), sızıntıların önlenmesi ve azaltılması amacıyla gerçek zamanlı basınç kontrol sistemini önermiş ve saha deneyleri sonucunda gerçek zamanlı basınç kontrolünün minimum gece debisinin azaltılmasında, basınç dalgalanmalarının en aza indirilmesinde ve basıncın düzenlenmesinde önemli kazanımların elde edildiğini vurgulamıştır. Yılmaz vd. (2021) dağıtım sistemlerinde meydana gelen sızıntıların yönetilmesinde aktif sızıntı kontrolü ve basınç yönetimi gibi temel yöntemler önemli fayda sağladığını ifade etmiştir. Bununla birlikte bu yöntemlerin uygulanması sırasında ekipman, personel, saha çalışması ve veri transferi ve izlenmesi kapsamında önemli maliyetlerin oluştuğu da vurgulanmıştır. Bu nedenle bu yöntemler uygulanmadan önce ortaya çıkacak maliyetler ve potansiyel faydalar analiz edilmelidir.

Bu çalışmada dağıtım sistemlerinde yüzeye çıkmayan sızıntıların yönetilmesinde uygulanan yöntemlerin maliyetinin saha verilerine göre analizi ve bu yöntemlerin uygulanması ile ortaya çıkan faydanın hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaçla Malatya içmesuyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında pilot izole bölgelerde akustik yöntemlerle yapılan denetimlerin (ekip, çalışma saati ve ekipman) maliyetleri ve tespit edilen sızıntıların faydaları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Dağıtım sistemlerinde, sızıntıların önemli bir kısmını oluşturan rapor edilmeyen sızıntıların farkına varılması, yerinin tespit edilmesi ve onarılması faaliyetlerini içeren aktif kaçak kontrolü stratejisi, fiziki kayıp hacminin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Lambert ve Lalonde, 2005). Ancak aktif kaçak kontrolü yaklaşımında beklenen faydaların elde edilmesinde, izole bölgelerin oluşturulması ve sınırların tanımlanması oldukça önemlidir. Rapor edilmeyen sızıntıların farkına varılması ve yerinin tespit edilmesi sürelerinin uzamasına bağlı olarak önlenemez sızıntı hacmi artmaktadır. İzole bir bölgede, minimum gece debisinin izlenmesi ile farkına varılan önlenemez sızıntı hacminin azaltılması için, yer mikrofoni, bölgesel kaydedici, bölgesel korelatör gibi cihaz ve ekipmanlarla sızıntı yerinin tespit edilmesi çalışmaları yürütülmektedir.

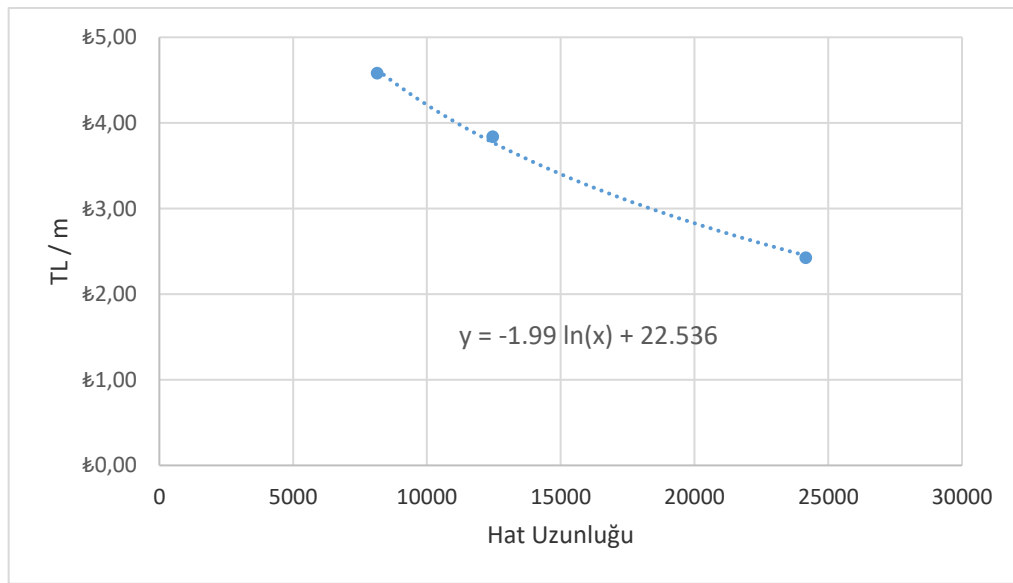
Aktif kaçak kontrolü yönteminde, yöntemin fayda-maliyet analizinin ortaya konulması çok güçtür. Şebekelerin farklı fiziksel ve çevresel özelliklere sahip olmasına, akustik ekipmanları kullanan ve sızıntı yeri tespiti yapan ekiplerin saha tecrübesine ve cihazların ve malzemelerin kalitesine bağlı olarak yöntemin etkin faydaları bölgeden bölgeye değişim göstermektedir. Bu kapsamda literatür çalışmaları ve saha tecrübeleri referans alınarak birim su kaybının azaltılması için bileşenler ve maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 1) (Yılmaz, 2021).

Tablo 1. Aktif Kaçak Kontrolü Fayda-Maliyet İçin Değişken Tanımlanması

Değişken	Birimi	Değeri	Açıklama
Toplam Hat Uzunluğu	m		Hesap yapılan şebekenin gerçek verisi girilmelidir.
Abone Sayısı	adet		Hesap yapılan şebekenin gerçek verisi girilmelidir.
Şebeke Arızası / Toplam Arıza Oranı	%	38%	(Nicolini vd., 2014; Aydoğdu ve Firat, 2015; Boztaş vd., 2018)

Abone Arızası / Toplam Arıza Oranı	%	62%	Otomatik Hesaplanacaktır.
Şebeke Arızası Onarım Maliyeti	TL/ad	₺1,850.00	Gerçek saha verisine göre hesaplandı
Abone Arızası Onarım Maliyeti	TL/ad	₺1,350.00	Gerçek saha verisine göre hesaplandı
Ortalama Şebeke Basıncı	mss		Hesap yapılan şebekenin gerçek verisi girilmelidir.
Çalışma Süresi	Gün	180	Taranan Bölgenin Döngü Süresi (ortalama 6 Ay)
Birim Su Maliyeti	TL/m ³		İlgili kurumdaki birim su maliyeti

Aktif kaçak kontrol yöntemi sonucunda bir birim (litre) su tasarrufu sağlamak (sızıntıyı önlemek) için ortaya çıkan maliyetlerin hesaplanabilmesi için öncelikle Tabloda tanımlanan verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Aktif kaçak kontrolü faaliyetleri için uygulanan fayda-maliyet analizinde bir diğer aşama, sahada şebeke tarama ve dinleme birim maliyetlerinin çıkarılmasıdır. Yöntemin uygulanması aşamasında çeşitli ekipman, işçilik, malzeme ve bakım giderleri ortaya çıkmaktadır. MASKİ bünyesinde daha önce farklı uzunluklardaki şebekelerde yapılan aktif kaçak kontrolü çalışmaları referans alınarak birim maliyet tablosu ve buna bağlı olarak denklem edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Şebeke Sızıntı Dinleme ve İzleme Faaliyetleri için Referans Maliyetler

Şekil incelendiğinde akustik ekipmanlarla denetim yapılan şebeke uzunluğu arttıkça sızıntı denetim ve izleme birim maliyetlerinin azaldığı görülmektedir. Bunun temel nedeni, aktif kaçak kontrolü için gerekli olan ekipmanların ilk yatırım maliyetlerinin artan metrajla daha geniş alanlarda kullanılması olarak gösterilebilir.

Aktif kaçak kontrolü yönteminde bir diğer önemli parametre ise arama kalitesi (denetim yapılan şebeke hattında tespit edilen ve onarılan arıza oranı) gösterilebilir. Bu parametre üzerinde genellikle tarama yapan ekiplerin tecrübesi oldukça önemli olup bu parametre için ortaya konulan performans doğrultusunda sistemin verimi değişmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar ve farklı idarelerde yapılan saha çalışmalar/tecrübeleri doğrultusunda hesaplanmış 65 m basınç seviyesinde arama kalitesi parametreleri belirlenmiştir (Yılmaz, 2021). Buna göre sistemin tamamının bir tur olarak taranması/denetlenmesi sonucunda ilk seferde toplam mevcut arızalarının %40'ını, yine şebekenin tamamının ikinci bir kez daha taranmasının ardından başlangıçtaki arıza oranının %25'inin tespit edilebildiği görülmektedir. Sistemde, 5 kez aynı bölgenin taranması ve arızaların giderilmesiyle sistem içinde bulunan arızaların %95'nin onarılabildiği öngörülmektedir. Hesaplanan tüm değişkenlere ait maliyetlerin ardından birim maliyet hesabı yapılması amacıyla öncelikle her bir tarama döngüsü için toplam maliyet (tarama ve arıza onarım dahil) ve toplam fayda (tespit edilip onarılan arızalar karşılığında kazanılan su miktarı) hesaplanmalıdır (Tablo 2) (Yılmaz, 2021).

Tablo 2. Fayda Maliyet Analizleri

	1. Dinleme	2. Dinleme	3. Dinleme	4. Dinleme	5. Dinleme	6. Dinleme
Toplam Harcanan (a)	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Kurtarılan Su Miktarı (b)	B1	B2	B3	B4	B5	B6

Birim Maliyet (m ³ /TL) (c)	C=A1/B1	C=A2/B2	C=A3/B3	C=A4/B4	C=A5/B5	C=A6/B6
---	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Yapılan hesaplamalar birim kaçak kontrolü için harcanan tutarın, birim su üretim maliyetinden yüksek olduğu noktaya kadar devam ettirilir. Böylelikle aktif kaçak kontrolü sonucunda ekonomik olarak kurtarılabilecek su miktarı bulunmuş olacaktır.

3. Bulgular

Su kayıplarıyla mücadelenin temel yöntemlerinden biri olan aktif kaçak kontrolü yönteminin ekonomik sınırlarının belirlenmesi ve ILI göstergesi üstündeki muhtemel değişimlerinin analizinin yapılması için Malatya ili merkez dağıtım sisteminde 4 adet izole ölçüm bölgesi (DMA) pilot bölge olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Çalışma Alanı Verileri

Parametre	Birim	DMA1	DMA2	DMA3	DMA4	
Şebeke Uzunluğu	m	15620	3160	4400	3550	
Abone Sayısı	adet	4208	1208	2550	1250	
Abone Bağlantı Sayısı	adet	526	300	150	610	
Ortalama Abone Uzunluğu	m	7.83	8	5	5	
Tahakkuk Miktarı	l/s	3.82	6.44	9.65	8.10	
Su Üretim Maliyeti	TL/m ³	2.32	2.32	2.45	2.45	
Ortalama Basınç	m	51	52	45	54	
Ortalama Giriş Debisi	l/s	13.52	10.23	12.35	11.28	
Gelir Getirmeyen Su Miktarı	l/s	9.7	3.8	2.70	3.18	
Gelir Getirmeyen Su Oranı	%	71.75	37.10	21.91	28.0	
Fiziksel Kayıp Miktarı (CARL)	l/s	7.76	3.04	1.13	1.17	
İdari Kayıp Miktarı	l/s	1.94	0.76	1.57	2.02	
	UARL	l/s	0.48	0.21	0.11	0.33
	ILI	-	16.33	14.14	10.10	3.53

Bu kapsamda her bölge için, GGS hacmi ve oranı, yıllık kaçınılmaz kayıp hacmi, yıllık fiziki kayıp hacmi ve altyapı sızıntı indeksi hesaplanmıştır. Su üretim maliyetlerinin tespit edilmesinde; genel işletme giderleri ile su kaynak durumu dikkate alınmıştır. DMA 1 ve DMA2 bölgeleri besleyen ana kaptajdan cazibeli şekilde beslenmekte olup söz konusu bölgeler için su üretim maliyetleri eş kabul edilmiştir (Yılmaz, 2021). Benzer şekilde DMA3 ve DMA4 bölgelerini besleyen kaynaklar aynı olduğu için su üretim maliyetleri bu bölgelerde aynı alınmıştır. Seçilen pilot bölgelerin karakteristiklerinin farklı olmasına dikkate edilmiş ve daha doğru değerlendirme ve kıyaslama imkanı sunulmuştur. Tablo 4'te verilen parametreler kullanılarak her bir izole bölgede aktif kaçak kontrolünün uygulanmasına bağlı olarak elde edilecek faydalı debiler hesaplanmıştır (Yılmaz, 2021).

Tablo 4. Aktif Kaçak Kontrolü Faydalı Hacminin Hesabı

Parametre	Birim	DMA1	DMA2	DMA3	DMA4
Aktif Kaçak Kontrolü Faydalı Debisi	l/s	4.64	1.8	0.00	0.00
CARL	l/s	3.12	1.24	1.13	1.17
ILI	-	6.56	5.75	10.10	3.53
ILI	-	B	B	C	B
GGs Oranı	%	37.42	19.50	21.91	28.0

Bu hesapların gerçekleştirilmesi için öncelikli olarak her bir bölge için IWA standart su dengesi tablosu oluşturulmuştur. DMA1 bölgesi karakteristiği incelendiğinde sistem şebeke uzunluğunun ve abone sayısının oldukça fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca şebeke fiziksel ve işletme parametrelerini dikkate alan ILI göstergesi de hesaplanmış ve sınıflandırılmaları yapılmıştır. DMA1 için, GGS oranı % 71.75 iken ILI göstergesi ise 16.33 (D sınıfı) şeklindedir. DMA2 için GGS oranı % 37.10 iken ILI göstergesi ise 14.14 (D sınıfı) şeklindedir. Söz konusu bölgelerde şebeke mevcut durum özelliklerine göre detayları "önceki bölümde verilen esaslara göre aktif kaçak kontrolü faydalı debileri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu faydalı debiler, bölgelerde ekonomik olarak aktif kaçak kontrolü yöntemiyle sisteme kazandırılacak maksimum su miktarını temsil etmektedir.

Hesaplanan ALC faydalı debileri incelendiğinde; DMA1 bölgesinde akrif kaçak kontrolü yönteminin ideal bir su kayıp önleme yöntemi olduğu görülmektedir. Birim uzunluğa düşen abone sayısının nispeten yüksek, su üretim maliyetinin şebeke ortalamasında olduğu düşünüldüğünde, bu bölgede aktif kaçak kontrolü yöntemiyle ciddi kazanımlar elde edileceği beklenmektedir. Hesaplanan faydalı debilerin sisteme kazandırılmasıyla oluşacak yeni kayıp miktarları ve ILI değerleri hesaplandığında bu iki bölgenin B sınıfına yükseltilebileceği hesaplanmıştır. DMA2 incelendiğinde ise su kayıp oranı (%37.15) ve ILI değerlerine göre (C Sınıfı) iyi sayılabilecek şebekeler olmasına rağmen birim uzunluğa düşen kayıp miktarının fazla olması nedeniyle ALC yöntemi uygulamanın ekonomik faydalı sonuçlar ortaya koyabileceği görülmüştür. Diğer taraftan, DMA3 ve DMA4 bölgelerinde aktif sızıntı kontrolü uygulamasının ekonomik olmayacağı hesaplanmıştır. Bu tarz bölgelerde birim suyun sisteme geri kazandırılması için harcanması gereken maliyet, kazanç ile elde edilen suyun maliyetinden fazla olduğundan bölgede aktif bir kayıp azaltma stratejisi uygun olmayacaktır. DMA3 bölgesindeki GGS oranının (%21.91) ve fiziki kayıp oranının (%9.17) düşük olması bu kayıp stratejisinin hem sebebi hem de sonucu olarak yorumlanabilir. Benzer şekilde DMA4 bölgesindeki GGS oranının (%28) ve fiziki kayıp oranının (%10) düşük olması bu kayıp stratejisinin hem sebebi hem de sonucu olarak yorumlanabilir. Su kayıplarıyla mücadelede aktif kaçak kontrolü önemli bir yer tutmaktadır. Saha ekiplerince ses dinlemeleri sonucunda arızaların tespiti, onarımı ve yapılan işlemlerin izlenmesi ile sisteme ciddi miktarlarda su kazandırılmaktadır. Bir diğer yandan gerek dinleme ekipmanlarının maliyetleri gerekse arızaların tespitinden sonra onarımları İdareler için ciddi maliyetler doğurmaktadır. İçmesuyu sistemlerinin performansında çok önemli bir yeri olan ILI parametresi de tek başına bölgede ALC uygulamasının ekonomik olup olmayacağını belirtmekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ALC çalışmalarında öncelikli olarak yöntemin ekonomik olup olmayacağı hesaplanmalıdır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada dağıtım sistemlerinde yüzeye çıkmayan sızıntıların yönetilmesinde uygulanan yöntemlerin maliyetinin saha verilerine göre analizi ve bu yöntemlerin uygulanması ile ortaya çıkan faydanın hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaçla Malatya içmesuyu dağıtım sistemi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Uygulama alanında pilot izole bölgelerde akustik yöntemlerle yapılan denetimlerin (ekip, çalışma saati ve ekipman) maliyetleri ve tespit edilen sızıntıların faydaları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu kapsamda Yılmaz (2021) tarafından yapılan çalışmadaki maliyet yapısı göz önüne alınmıştır. Pilot DMA bölgelerinde yapılan analizlerde aktif kaçak kontrolünün uygulanmasına bağlı olarak ortaya çıkan maliyetler hesaplanmıştır. Benzer şekilde bu bölgelerde aktif kaçak kontrolünün uygulanması durumunda elde edilecek faydalar da analiz edilmiştir. Hesaplanan ALC faydalı debileri incelendiğinde; DMA1 bölgesinde aktif kaçak kontrolü yönteminin ideal bir su kayıp önleme yöntemi olduğu görülmüştür. Bu bölgede aktif kaçak kontrolü yöntemiyle ciddi kazanımlar elde edileceği beklenmektedir. Hesaplanan faydalı debilerin sisteme kazandırılmasıyla oluşacak yeni kayıp miktarları ve ILI değerleri hesaplandığında bu iki bölgenin B sınıfına yükseltilebileceği hesaplanmıştır. DMA2 incelendiğinde ise su kayıp oranı (%37.15) ve ILI değerlerine göre (C Sınıfı) iyi sayılabilecek şebekeler olmasına rağmen birim uzunluğa düşen kayıp miktarının fazla olması nedeniyle ALC yöntemi uygulamanın ekonomik faydalı sonuçlar ortaya koyabileceği görülmüştür. Diğer taraftan, DMA3 ve DMA4 bölgelerinde aktif sızıntı kontrolü uygulamasının ekonomik olmayacağı hesaplanmıştır. Bu tarz bölgelerde birim suyun sisteme geri kazandırılması için harcanması gereken maliyet, kazanç ile elde edilen suyun maliyetinden fazla olduğundan bölgede aktif bir kayıp azaltma stratejisi uygun olmayacaktır. DMA3 bölgesindeki GGS oranının (%21.91) ve fiziki kayıp oranının (%9.17) düşük olması bu kayıp stratejisinin hem sebebi hem de sonucu olarak yorumlanabilir. Benzer şekilde DMA4 bölgesindeki GGS oranının (%28) ve fiziki kayıp oranının (%10) düşük olması bu kayıp stratejisinin hem sebebi hem de sonucu olarak yorumlanabilir. Sonuç olarak sızıntıların yönetilmesinde önemli faydalar sağlayan aktif kaçak kontrolü yaklaşımının sahada oluşturduğu maliyetlerin de göz önüne alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Buna göre elde edilecek faydalar analiz edilerek yöntemin ekonomik olarak verimli olup olmadığı değerlendirilmelidir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların özellikle sahada uygulayıcı ve karar vericiler için önemli bilgiler sunduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, (İÜ-BAP FDK-2020-2053) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- AL-Washali, T., Sharma, S., Lupoja, R., AL-Nozaily, F., Haidera, M., & Kennedy, M. (2020). Assessment of water losses in distribution networks: Methods, applications, uncertainties, and implications in intermittent supply. *Resources, Conservation and Recycling*, 152(September 2019), 104515. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104515>
- Amen, M. A. (2021). The Assessment of Cities Physical Complexity through Urban Energy Consumption. *Civil Engineering and Architecture*, 9(7), 2517–2527. doi:10.13189/cea.2021.090735
- Berardi, L., Laucelli, D. B., Simone, A., Mazzolani, G., & Giustolisi, O. (2016). Active Leakage Control with WDNXL.

- Procedia Engineering*, 154, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.420>
- di Nardo, A., di Natale, M., Giudicianni, C., Santonastaso, G. F., Tzatchkov, V., & Varela, J. M. R. (2017). Economic and energy criteria for district meter areas design of water distribution networks. *Water (Switzerland)*, 9(7), 1–13. <https://doi.org/10.3390/w9070463>
- Ezbakhe, F., & Foguet, A. (2019). Embracing data uncertainty in water decision-making: an application to evaluate water supply and sewerage in Spain. *Water Supply*, 19(3), 778–788.
- Firat, M., Yilmaz, S., Ateş, A., & Özdemir, Ö. (2021). Determination of Economic Leakage Level with Optimization Algorithm in Water Distribution Systems. *Water Economics and Policy*, 7(3), 2150014. <https://doi.org/10.1142/s2382624x21500144>
- Fontana, N., Giugni, M., Glielmo, L., Marini, G., & Zollo, R. (2018). Real-time control of pressure for leakage reduction in water distribution network: Field experiments. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(3), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000887](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000887)
- Haider, H., Al-Salamah, I. S., Ghazaw, Y. M., Abdel-Maguid, R. H., Shafiquzzaman, M., & Ghumman, A. R. (2019). Framework to establish economic level of leakage for intermittent water supplies in arid environments. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 145(2), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001027](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001027)
- Jensen, O., & Nair, S. (2019). Integrated Urban Water Management and Water Security: A Comparison of Singapore and Hong Kong. *Water*, 11(4), 785.
- Lambert, a O., & Lalonde, a. (2005). Using practical predictions of Economic Intervention Frequency to calculate Short-run Economic Leakage Level , with or without Pressure Management. *Leakage Conference Proceeding, Ili*, 1–12.
- Lopez, S. T., Barrionuevo, M., & Labajos, B. (2019). Water accounts in decision-making processes of urban water management: Benefits, limitations and implications in a real implementation. *Sustainable Cities and Society*, 50.
- Mutikanga, H. M., Sharma, S. K., & Vairavamoorthy, K. (2013). Methods and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139(2), 166–174.
- Samir, N., Kansoh, R., Elbarki, W., & Fleifle, A. (2017). Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. *Alexandria Engineering Journal*, 56(4), 601–612. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.07.008>
- Yilmaz, S., Firat, M., Ateş, A., & Özdemir, Ö. (2021). Analysis of Economic Leakage Level and Infrastructure Leakage Index Indicator by Applying Active Leakage Control. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 12(4), 04021046. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ps.1949-1204.0000583](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ps.1949-1204.0000583)