

AKÜ FEMÜBİD 21 (2021) 065602 (1424-1433)

AKU J. Sci. Eng. 21 (2021) 065602 (1424-1433)

DOI: 10.35414/akufemubid.947662

Araştırma Makalesi / Research Article

## Su Dağıtım Şebekelerindeki Fiziki Kayıpların Önlenmesinde SCADA'nın Önemi: ASKİ Örneği

**Mehmet SONGUR<sup>1</sup>, Ahmet DABANLI<sup>2</sup>, Burcu YILMAZEL<sup>3\*</sup>, Müzeyyen Anıl ŞENYEL KÜRKCÜOĞLU<sup>4</sup>**<sup>1</sup> Ankara Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara.<sup>2</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD, Eskişehir.<sup>3</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.<sup>4</sup> Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Ankara.

\*Sorumlu yazar e-posta: byurekli@eskisehir.edu.tr

meh\_songur@yahoo.com

ahmetdabanli@eskisehir.edu.tr

senyel@metu.edu.tr

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8917-6499>ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6722-6678>ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6818-3662>ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9423-6932>

Geliş Tarihi: 03.06.2021

Kabul Tarihi: 14.12.2021

### Öz

İçilebilir su miktarının gittikçe azaldığı dünyamızda, su kayıplarını önleme çalışmalarının ne kadar büyük bir öneme sahip olduğunun anlaşıldığı ve bu konudaki farkındalığın her geçen gün arttığı görülmektedir. Su kayıplarının azaltılması noktasında alınması gereken tüm önlemlerin ivedilikle hayata geçirilmesi gerekmektedir. Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) Genel Müdürlüğü üzerine düşen sorumluluğun bilincinde olarak fiziki su kayıpları önleme birimini oluşturmuş ve çalışmalar başlatılmıştır. Bu makalede fiziki su kayıpları önleme çalışmalarının Merkezi Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) sistemi olmaksızın uygulandığı bir Düzenlenmiş Müşteri Alanı (DMA) bölgesinde, bir yıl ara ile yapılan debi ölçümleri sonucunda minimum gece debisinde meydana gelen artış konu edilmiştir. Sonuç olarak kısa vadede fiziki su kayıplarının önlendiği DMA bölgesinde, basınç yönetimi ve uzaktan izleme yapılmaması durumunda şebekede tekrarlanan kayıpların olduğu sonucuna varılmıştır.

#### Anahtar kelimeler

SCADA; DMA;  
Minimum gece debisi;  
Fiziki su kaybı

## Importance of SCADA in the Prevention of Real Losses in Water Distribution Networks: A Case Study ASKİ

### Abstract

In our world, where the amount of potable water is gradually decreasing, it is important to prevent water losses and take relevant measures in this respect. A real water loss prevention unit has been established in Ankara Water and Sewerage Administration (ASKİ). In this article, real water loss prevention studies were performed without Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system, and it was observed that an increase in minimum night flow was observed when working again in the same District Metering Area (DMA) region one year later. As a result, water losses are observed to continue in the DMA region, although the losses were prevented in the short term.

#### Keywords

SCADA; DMA;  
Minimum night flow;  
Real water loss

## 1. Giriş

Su, insan hayatının ve çevresel varoluşun devam edebilmesi için gereken temel kaynakların başında gelir. Hızlı nüfus artışı, küresel iklim değişiklikleri, gelişen sanayi ve teknoloji ile birlikte su ihtiyacı gün geçtikçe artmakta, su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımı tüm dünyada önem kazanmaktadır. 2050 yılında, küresel su ihtiyacının bugüne oranla yüzde 30 artacağı tahmin edilmekle birlikte (WWF-WRAP 2020), dünya nüfusunun %40'ını barındıran 80 ülke şimdiden su sıkıntısı çekmektedir (GRFC 2020). Sanıldığı aksine Türkiye de su zengini bir ülke durumunda değildir (WWF-Türkiye 2014). Devlet Su İşleri'nin istatistiklerine göre, 2030 yılında 100 milyon nüfusa ulaşacak Türkiye'nin kişi başı yıllık  $1.120 m^3$  su tüketim miktarıyla su sıkıntısı çeken bir ülke konumuna geleceği, 2050 ve sonraki yıllarda Türkiye'nin çok ciddi su krizi yaşayacağı tahmin edilmektedir (TİSVA 2019, Aslan 2016). Bu nedenle kısıtlı su kaynaklarının boşa harcanmadan etkin kullanılması ve kullanırılması önem arz etmektedir.

Su kaynaklarının boşa harcanmasına neden olan faktörlerin başında yer alan şebekelerdeki su kayıp ve kaçakları, dünya genelindeki tüm gelişmiş ülkeler gibi ülkemizde de üzerinde önemle durulan araştırma alanlarından biridir (Akıllı ve Özasan 2017). Üretilen ve şebekeye sunulan su miktarı ile abonelerin izlenilen su miktarı arasındaki fark "su kaybı" olarak tanımlanır. Su kayıpları birçok faktöre bağlı olmakla birlikte temelde fiziksel kayıplar ve idari kayıplar olarak ikiye ayrılır (Mastaller and Klingel 2017). İzinsiz su tüketimi, sayaçlardaki ölçüm hataları ve hatalı veri girişleri idari kayıplar arasında yer alırken; temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp ve kaçaklar ile depolarda meydana gelen kaçak ve taşmalar fiziki kayıplar arasında yer alır (Muhammetoğlu ve Muhammetoğlu 2017). Fiziki ve idari su kayıplarının, toplam su kayıpları içindeki payları, ülkeden ülkeye farklılık gösterse de genel olarak, toplam su kayıplarının yaklaşık %60'lık kısmı fiziki su kayıpları ve yaklaşık %40'lık kısmı da idari su kayıplarından oluşmaktadır (Dilcan vd. 2018). Türkiye'de de fiziki su kayıpları, idari su kayıplarından daha fazladır (Karakuş vd. 2010).

Günümüzde su kayıplarını azaltmak için aktif ve pasif olmak üzere iki temel yöntem altında değerlendirilebilecek çeşitli yaklaşımlar uygulanmaktadır. Genel olarak; şebekenin sızıntı oranının yüksek olabileceği düşünülen kısımlarının yenilenmesi çalışmaları, şebeke üzerinde modern teknoloji ürünü kaçak tespiti yapabilen cihazlar yardımı ile saha çalışması yapılması ve sayaçların belli periyotlarla hata payı düşük olan elektronik sayaçlarla değiştirilmesi gibi çalışmalar uygulanan aktif yöntemler arasında sıralanabilir (Gerger ve Aslan 2019). Sivas ilinde yapılan bir çalışmada, seçilen iki pilot mahallede kaçak tespit cihazları ile kaçak araması yapılmış ve 7 adet kaçak noktası tespit edilmiştir. Tespit edilen kaçak noktalarının onarımıyla su kaybının çalışma sonucunda yaklaşık %13 civarında azaldığı tespit edilmiştir (Karakuş vd. 2010). Ankara ilinde bir bölgede yapılan benzer bir çalışmada, tespit edilen arızaların giderilmesi ve hatalı okuma yapan sayaçların değiştirilmesi sonucu, kaçak su miktarı  $56.5 m^3/saat$ 'den  $8.5 m^3/saat$ 'e kadar düşürülmüştür (Merzi vd. 1999). İstanbul ilinde yapılan bir çalışmada ise, bazı ticari işletmelerde, sayaçların hatalı okuma yaptığı veya hiç çalışmadığı tespit edilmiş, ilgili sayaçların değiştirilmesiyle su kayıp miktarında %9,2-%10,2 arasında azalma tespit edilmiştir (Karaca 2009). Her ne kadar aktif kaçak kontrolü ile kaçak miktarı oldukça düşük seviyelere getirilebilse de maliyet açısından düşünüldüğünde aktif yöntemlerin şebekenin tamamına uygulanması neredeyse imkansızdır.

Diğer taraftan şebeke basıncının optimum değerde çalıştırılması, şebekenin izole alt bölgelere ayrılması, şebekenin hidrolik modelinin kurulması, şebekenin sürekli izlenmesi gibi genel olarak şebekenin işletilmesi ile ilgili çalışmalar pasif yöntemler arasında sıralanabilir. Genel olarak, su kayıp kaçaklarının incelenmesi, ölçülebilmesi, tespit edilmesi, sınıflandırılması ve tespit edilen arızaların tamiri sonucunda değişimlerin görülebilmesi için kısaca DMA olarak isimlendirilen izole edilmiş müşteri alanları oluşturulur (Kılıç 2021b). Alanı yaklaşık 500 ile 3000 abone bağlantısı şeklinde boyutlandırılan DMA bölgelerine giren su miktarı, kapsamlı ve entegre bir veri tabanı kontrol ve izleme

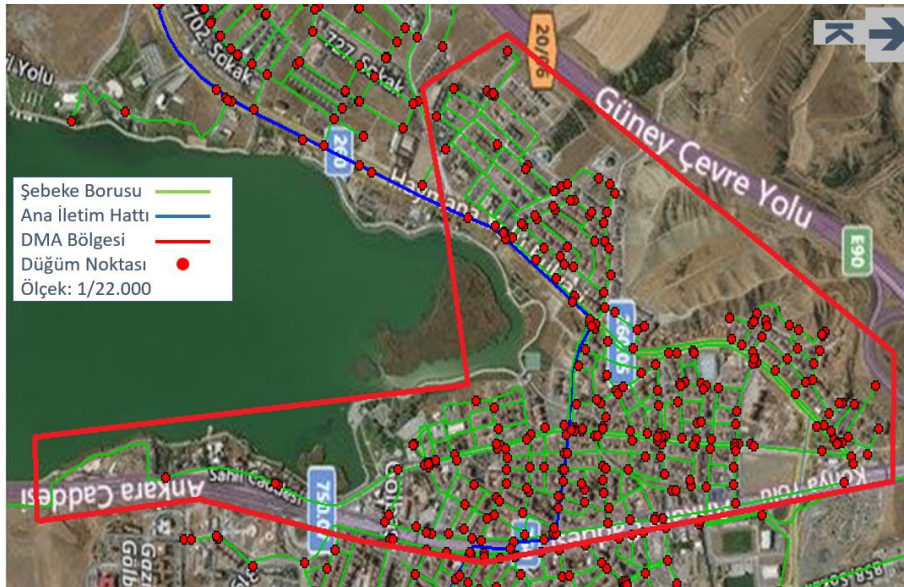
sistemi olan SCADA ya da benzeri bir kayıt sistemi ile ölçülür (Gomes *et al.* 2015). Bölge içindeki tüketim değerleri de abone sayaçlarından okunur. Sisteme belli bir zaman aralığında verilen su ile aynı aralıkta tahakkuk eden su tüketimi arasındaki miktar toplam su kaybını verir. Antalya ili, Konyaaltı ilçesi için yapılan hidrolik model oluşturulması çalışmasında, minimum gece debisinin yüksek olduğu, 8 adet izole alt bölgenin girişine, sabit çıkışlı basınç kırıcı vana yerleştirilmiştir. Sistemlerin optimum basınca ayarlanması sonucu, yaklaşık  $45 \text{ m}^3/\text{saat}$  su kazanımı sağlanmıştır (Kara 2011). İzmir ilinde bazı bölgelerde de benzer basınç ayarlaması çalışmaları yürütülmüş, çalışma sınırları içerisinde yer alan Hatay bölgesinde 144 litre/saniye, Karşıyaka bölgesinde ise 33 litre/saniye su kazancı sağlanmıştır (Kabakçı ve Karadoğan 2003). Su kayıplarının tespiti için Şanlıurfa ilinde, su dengesi analizi yapılmış, şebekede meydana gelen kayıpların, istenen seviyelerin çok üzerinde olduğu ve kayıpların büyük bir bölümünün fiziksel kaçaklardan meydana geldiği sonucuna varılmıştır (Gerger ve Aslan 2019). Şanlıurfa ilindeki su kayıplarının azaltılması için basınç yönetimi, izole alt bölge oluşturma, şebeke üzerinde SCADA sisteminin kurulması gibi çalışmaların koordineli bir şekilde yapılmasının gerekliliği ortaya koyulmuştur. Sakarya ili içme suyu şebekesindeki su kayıplarının basınç kontrolü ile azaltılmasının hedeflendiği çalışmada da benzer hususlar vurgulanmıştır (Cinal 2009). Şebekelerdeki

fiziksel su kayıplarını bulmak ve minimum seviyeye indirmek için Coğrafi Bilgi Sistemleri, SCADA ve Abone Bilgi Sistemi teknolojilerinin bütünleşmiş bir şekilde kullanımını içeren bir model geliştirilmesi hedeflenmiş ve geliştirilen model Diyarbakır ilinde uygulanmıştır (Songur 2016).

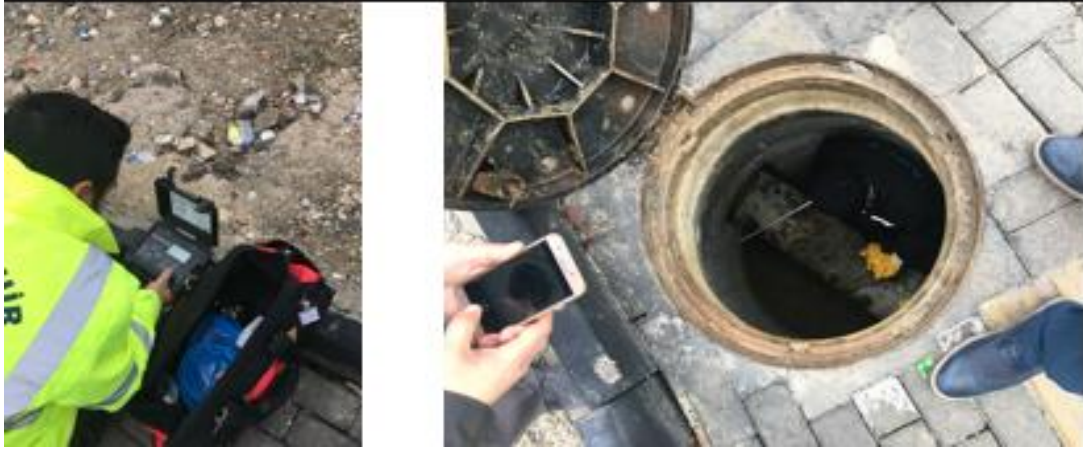
Yapılan çalışmalar su kayıp ve kaçakları ile mücadelede izole alt bölgelerin oluşturulması (MacDonald and Yates 2005), gelişen kaçak bulma ekipmanları ve SCADA kullanımına odaklanmaktadır (Babunski *et al.* 2018, Kiliç 2021a). Bu çalışmada, Ankara ili Gölbaşı ilçe sınırlarında oluşturulan bir DMA bölgesinde iki farklı periyotta su kayıp ve kaçak çalışmalarının ve SCADA olmadan yapılan iyileştirmelerin, izlenememesi sonucunda kısa bir süre içinde artışının incelenmesi hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında pilot bölge olarak seçilen yerlerden birisi olan Ankara ili Gölbaşı ilçe sınırlarında bir DMA oluşturulmuş ve fiziki kayıpların yıllık kaçınılmaz kayıplara düşürülmesi amaçlanmıştır. Şekil 1'de DMA-1 bölgesi sınır vanaları ile kapalı bölge olarak oluşturulmuş ve sıfır basınç testi yapılarak bölgede içerden dışarıya ve dışardan içeriye su girişine izin verilmemiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi DMA-1 ölçüm odası oluşturulmuş ve taşınır ultrasonik debimetre montajı yapılmıştır.



Şekil 1. Gölbaşı ilçesinde oluşturulan DMA-1 bölgesi



Şekil 2. DMA ölçüm odası oluşturulması ve ultrasonik debimetre montajı.

DMA-1 bölgesi içinde kalan şebeke ve üst yapı bilgileri (boru uzunluğu, boru çapı, vana sayısı, bina sayısı, abone sayısı vb.) ASKİ'nin sahip olduğu ANKABİS ile karşılaştırılarak eksik olan tüm şebeke verileri sahadan tamamlanmış ve dijital ortama aktarılmıştır. Çizelge 1, DMA-1 bölgesinin özelliklerini içermektedir.

DMA-1 bölgesinin izolasyon çalışma testlerinin yapılmasından sonra ultrasonik debimetreden, Şekil 3'te görüldüğü gibi pilot bölge test ölçümü yapılan 01.11.2018 ile 03.11.2018 tarihleri arasında üç günlük debi sonuçları okunmuştur. Minimum gece debisi 20,6 litre/saniye olarak ölçülmüştür. Bu değer Şekil 4'de gösterildiği gibi nüfus, şebeke uzunluğu ve basınca göre hesaplanan minimum gece debisi ile

karşılaştırılmış ve değerin yüksek olduğu bulunmuştur.

Çizelge 1. DMA-1 bölgesi özellikleri.

Değişkenler	Birimi	Değer
Toplam Şebeke Uzunluğu	km	14
Şebeke Ortalama Yaşı	Yıl	25
Toplam Servis Bağlantı Sayısı	Adet	361
Toplam Abone Sayısı	Adet	3.272
Toplam Hizmet Edilen Nüfus	Kişi	13.088
Bölgede Önemli Abonelerin Sayısı	Adet	4
Hizmet Alanı	km <sup>2</sup>	0,50
Bölgede Ortalama Basınç	Bar	4
Maksimum Kot	Metre	1124
Minimum Kot	Metre	1082
Bölgede Raporlanan Şebeke Arıza Sayısı	Adet	64
Bölgede Raporlanan Servis Bağlantı	Adet	64
Arıza Sayısı	Adet	49
Bilinen Vana Sayısı	Adet	3
İzolasyon Vana Sayısı	Adet	6
Servis Bağlantı Toplam Uzunluğu	km	6



Şekil 3. 2018 yılı DMA-1 bölgesi çalışma öncesi debi değerleri ve minimum gece debi miktarı.



Endüstriyel Kullanıcı	$N_{IND}$	4	kull
Sivil Kullanıcı	$N_{CIV}$	3272	kull
Toplam Kullanıcı	$N_{TOTAL}$	3276	kull
Basınç Düzeltme Katsayısı	$PCF$	0,773	
Ağ Uzunluğu	$l$	16,00	km
Ortalama Basınç	$p$	40	$m_{H_2O}$
Boru Hatları Sızıntı Katsayısı	$C_1$	20	$l/km/saat$
Konut Bağlantı Sızıntı Katsayısı	$C_2$	1,50	$l/kull/saat$

ŞEBEKE VERİMLİLİK SEVİYESİ			
KATSAYI	İYİ	ORTA	DÜŞÜK
$C_1$	20	40	60
$C_2$	1,5	3	4,5

<b>Kaçınılmaz Kaçak</b>	$Q_{LEAK}$	4046	$l/saat$
		1,12	$l/saniye$
<b>Antropik Minimum Gece Debisi</b>	$Q_{CONS}$	6094	$l/saat$
		1,69	$l/saniye$
<b>Minimum Gece Debisi</b>	$Q_{MNF}$	10140	$l/saat$
		2,82	$l/saniye$

**Şekil 4.** DMA-1 bölgesinde hesaplanan minimum gece debisi.

Minimum gece debisi ( $Q_{MNF}$ ), Denklem (1)'de gösterildiği gibi antropik minimum gece debisi ( $Q_{CONS}$ ) ile kaçınılmaz sızıntı debisinin ( $Q_{LEAK}$ ) toplamına eşittir.

$$Q_{MNF} [lt/sa] = Q_{CONS} [lt/sa] + Q_{LEAK} [lt/sa] \quad (1)$$

Antropik minimum gece debisi ( $Q_{CONS}$ ), sivil ve endüstriyel tüketicilerin kullanım sebebiyle oluşan tüketim miktarıdır. Kişi başına saatlik 1.86 lt olarak hesaplanan veri kullanılmıştır. Kaçınılmaz sızıntı debisi ( $Q_{LEAK}$ ) ise Denklem (2)'de gösterildiği gibi boru hatları sızıntı düzeltme katsayısının ( $C_1$ ) şebeke/ağ uzunluğu ( $l$ ) ile çarpımının, konut bağlantı sızıntı düzeltme katsayısının ( $C_2$ ) bağlantı sayısı ( $N$ ) ile çarpımının toplamlarının basınç düzeltme katsayısı ( $PCF$ ) ile çarpılmasıyla hesaplanır.

$$Q_{LEAK} = [C_1 \cdot l + C_2 \cdot N] \cdot PCF [lt/sa] \quad (2)$$

Sabit zaman adımlarında kaçak gürültüyü kaydeden şebeke üzerinde akustik kaydedicilerin kullanılması, su dağıtım şebekesinde önemli bir etkiye sahiptir. Su temininin karşı karşıya olduğu en büyük zorluklardan olan yüksek seviyelerde su kaybıyla nasıl başa çıkılmasında akustik araştırma yöntemlerinin artık giderek daha geniş bir fayda yelpazesine sahip olduğu görülmektedir (Angelidis and Stavrotheodorou 2020). Bu yöntem ile şebeke üstünde birden fazla cihaz ile kaydedilen gürültü yoğunluğuna göre şebeke üzerinde enterpolasyon ile yaklaşık kaçak yeri tespit edilir.



**Şekil 5.** Gürültü kaydedicilerden sonra yer mikrofonu ile şebeke boru üzerinde fiziki kayıp noktası arama.



Şekil 6. Gürültü yoğunluğuna göre muhtemel fiziki kayıpların noktasal yerlerinin haritada gösterimi.

Minimum gece debisinin yüksek olmasından dolayı fiziki kayıplar olduğu tahmin edilmiş ve bölgede çalışma yapılması için fiziki kayıpları önleme birimine iş emri verilmiştir. Fiziki kayıpları önleme birimi ilk olarak, vanalara gürültü kaydediciler (Noise Logger) yerleştirmiş, muhtemel kayıpların olabileceği yüksek gürültüler kaydetmiştir. Bu çalışmaların sonucunda Şekil 5 ve Şekil 6'da görüldüğü gibi 5 adet yüzeye çıkmayan muhtemel fiziki su kayıp yeri tespit edilmiştir.

Fiziki kayıpları önleme birimi tarafından yapılan çalışmalar sonucunda bulunan 5 adet fiziki su kayıp noktası Şekil 7'de görüldüğü gibi ASKİ ekipleri tarafından açılmış ve tamamında yüzeye çıkmayan fiziki su kayıp olduğu görülmüş ve onarımı yapılmıştır.



Şekil 7. Tarama sonucu bulunan fiziki su kayıp noktası kazı çalışması sonucu.

5 adet arıza onarımından sonra DMA-1 ölçüm odasına tekrar taşınır debimetre montajı 28.11.2018 tarihinde yapılmış ve Şekil 8'de görüldüğü gibi minimum gece debisinin yaklaşık %50'lik azalma ile 10,2 litre/saniye seviyelerine düştüğü görülmüştür.

Minimum gece debisi 20,6 litre/saniye iken çalışma sonucunda 10,2 litre/saniye düşürülmüş ve 10,4 litre/saniye su kaybı önlenmiştir. Denklem (3)'e göre kazanımlar aşağıdaki gibidir:

*Yıllık Su Kazanım (m<sup>3</sup>/yıl)*

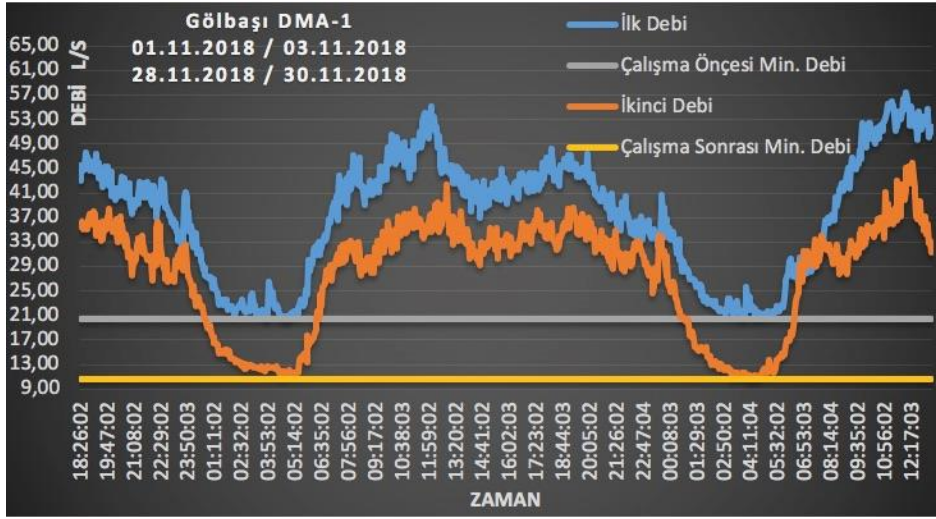
$$\begin{aligned} &= (\text{Son Debi} - \text{İlk Debi}) \text{ lt/s} \\ &\times 86.400 \text{ sn/gün} \times 365 \text{ gün/yıl} \\ &\times (1 \text{ m}^3/1.000 \text{ lt}) \end{aligned} \quad (3)$$

$$10,4 \text{ lt/s} \times 86.400 = 898.560 \text{ lt/gün}$$

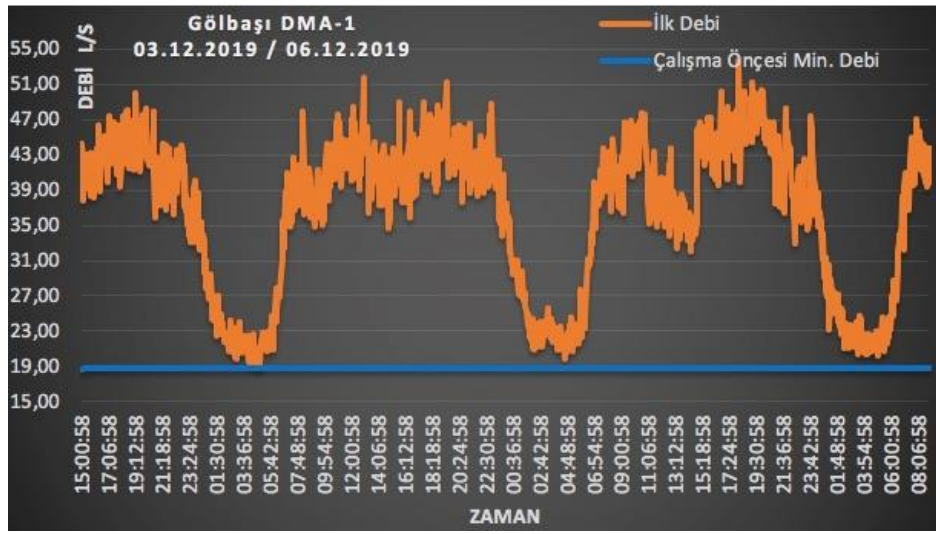
$$\begin{aligned} &898,560 \text{ lt/gün} \times 365 \text{ gün/yıl} \\ &\times (1 \text{ m}^3/1,000 \text{ lt}) \\ &= 327.974,400 \text{ m}^3/\text{yıl} \end{aligned}$$

Dolayısıyla 327.974 m<sup>3</sup>/yıl su kaybı engellenmiştir. Ankara'daki nüfus başına ortalama su tüketimi yaklaşık 110 lt/kişi olarak alındığında 898.560/110 = 8.168 kişinin günlük su tüketiminin engellenen su kaybı ile karşılanabileceği görülmüştür.

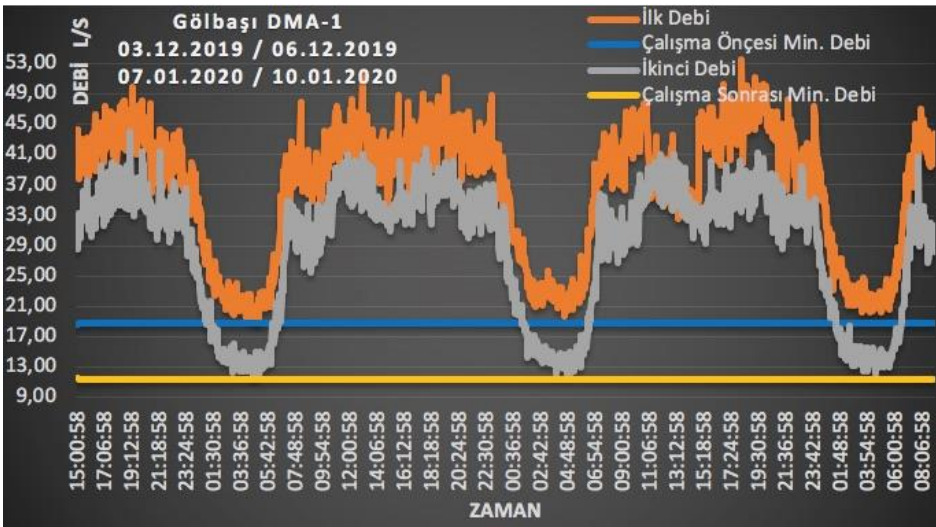




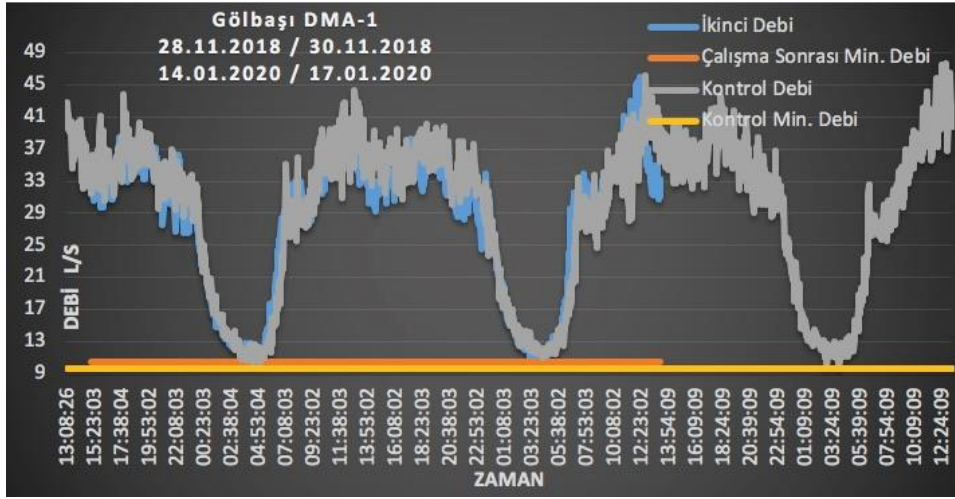
Şekil 8. DMA-1 bölgesinin arıza onarımlarından önceki ve sonraki debi ölçümleri ile minimum debi grafiği.



Şekil 9. DMA-1 bölgesinin 03.12.2019 tarihindeki debi ölçüm sonuçları.



Şekil 10. Arıza onarımlarından sonra DMA-1 bölgesi minimum gece debisi.



Şekil 11. Bir yıl ara ile minimum gece debilerinin karşılaştırılması.

Bu çalışmalar tamamlandıktan sonra DMA-1 bölgesindeki taşınır debimetre sökülüş ve başka DMA bölgelerinde çalışma yapılmaya başlanmıştır, bu nedenle DMA bölgesinden düzenli ölçüm alınmamıştır.

Kontrol amaçlı DMA-1 izole bölgesinde 03.12.2019 tarihinde tekrar ultrasonik taşınır debimetre montajı yapılmış ve debi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi minimum gece debisinin 10,2 litre/saniyeden 18,85 litre/saniye seviyelerine çıktığı görülmüştür. Tekrar fiziki kayıpları önleme birimi çalışmalara başlamış ve bulmuş olduğu 5 adet su kayıp noktasını onardıktan sonra Şekil 10'da görüldüğü gibi minimum gece debisi 11,62 litre/saniyeye indirilmiştir. Kazanım 7,23 litre/saniyedir.

2018 ve 2019 yıllarındaki çalışmalar sonrası yapılan ölçüm neticesinde, gece debisinin bir yıl önceki değerler ile örtüştüğü görülmüştür. Minimum gece debilerinin bir yıl ara ile karşılaştırılması Şekil 11'de verilmiştir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Su kaynaklarının etkin ve verimli kullanımı tüm dünyada önemi gittikçe artan konulardan biridir. Su kaynaklarının boşa harcanmasına neden olan faktörlerin başında yer alan şebekelerdeki su kayıp ve kaçaklarının azaltılmasına yönelik çalışmalar artsa da henüz yeterli seviyelere ulaşamamıştır.

Bu çalışmada, Ankara ili Gölbaşı ilçe sınırlarında oluşturulan bir DMA bölgesinde su kayıp ve kaçak

çalışmalarında SCADA olmadan yapılan iyileştirmelerin, sürekli ölçüm yapılmadığı durumlarda tekrar ettiği, bir yıl ara ile iki farklı periyotta yapılan ölçümlerle fiziki su kayıplarının tekrar aynı seviyelere yükseldiği gözlemlenmiştir.

Çalışma konusu DMA-1 alanında fiziki su kayıplarının geçmişi bilinmediğinden yeni kaçakların hangi tarihte başladığı da bilinmemektedir. Bu yüzden ilk çalışma ile sonraki çalışma arasında kazanılan suyun toplam miktarı hesaplanamamaktadır.

Bu çalışma göstermiştir ki, DMA-1 bölgesinin anlık ölçümlerini gösteren bir SCADA sistemi olmadığında, tamir edilen kaçaklar ile azaltılan minimum gece debisinin ne zaman arttığı ve yeni kaçaklar oluştuğu bilinmemektedir. SCADA veya benzeri anlık izleme sistemleri kullanılsa, gece debileri sürekli izlenebilecek, yeni oluşan kaçakların fark edilebilmesi ve su kayıplarına anında müdahale edilebilmesi mümkün olacaktır.

Çalışma sonucunda, su kayıplarını sürdürülebilir olarak önlemek için izole edilmiş bir DMA oluşturmanın ötesinde su temininin mutlaka SCADA tarzı bir sistem ile sürekli izlenmesinin ne kadar önemli olduğu görülmüştür.

#### Teşekkür

Bu çalışma Prof. Dr. Alper Çabuk yürütücülüğünde yürütülen 119C200 numaralı TÜBİTAK 2244 projesiyle, Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş. ile Eskişehir Teknik Üniversitesi arasında sağlanan iş birliği ortamı yardımıyla üretilmiştir. Destek için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.



## 5. Kaynaklar

- Akıllı, H. ve Özasan R.K., 2017. Su Kayıplarının Önlenmesinde Teknoloji Kullanımı: Büyükşehir Belediyelerinde SCADA Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22, Kayfor15 Özel Sayısı, 1599-1618.
- Angelidis, K. and Stavrotheodorou, E., 2020. Application of Acoustic Survey Method for Leakage Detection and Reduction in Water Distribution Network of Thessaloniki City, Greece. *Environmental Sciences Proceedings*, 2(1), 69-75.
- Aslan, B., 2016. İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıp ve Kaçaklarının Tespiti, Uzmanlık Tezi, İller Bankası A.Ş., Ankara, 88.
- Babunski, D., Zaevev, E., Tuneski, A., and Bozovic, D., 2018. Optimization methods for water supply SCADA system. In 2018 7th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), 1-4, IEEE.
- Cinal, H., 2009. Basınç yönetimi ile içmesuyu şebeke kayıplarının azaltılması: Sakarya örneği, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 88.
- Dilcan Coşkun, Ç., Çapar, G., Korkmaz, A., İritaş, Ö., Karaaslan, Y. ve Selek, B., 2018. İçme Suyu Şebekelerinde Görülen Su Kayıplarının Dünyada ve Ülkemizdeki Durumu. *Anahtar Dergisi*, 354, 10-18.
- Gerger R. ve Aslan A., 2019. "Şanlıurfa İli İçin İçme Suyu Kayıp ve Kaçaklarının Tespiti", *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(2), 26-35.
- Gomes, R., Sousa, J., Muranho, J. and Marques, A.S., 2015. Different design criteria for district metered areas in water distribution networks. *Procedia Engineering*, 119, 1221-1230.
- GRFC, 2020. Global Report on Food Crises. 1-240.
- Kabakçı, A. ve Karadoğan, H., 2003. İzmir İçme Suyu Sistemi Kaçak Azaltma Pilot Çalışması. VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 8 Eylül.
- Kara, S., 2011. İçme Suyu Dağıtım Şebekelerinde Basınç Yönetimi ve Hidrolik Modellemenin Entegre Edilerek Su Kayıplarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 150.
- Karaca, Z., 2009. İçme Suyu Şebeke Sistemlerinde Su Kayıp ve Kaçaklarının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 115.
- Karakuş, C.B., Yıldız, S. ve Cerit, O., 2010. Sivas Kent İçme Suyu Şebekesindeki Su Kayıpları ve Kayıp Oranını Azaltma Çalışmaları, *Sivas Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2(2), 1-10.
- Kiliç, R., 2021a. The strategic development for water loss prevention. *Applied Water Science*, 11(2), 1-11.
- Kılıç, R., 2021b. Fiziki Kayıpların Azaltılması İçin İzole Alt Bölgelerin Etkin Yönetimi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 22, 306-315.
- MacDonald, G., and Yates, C.D., 2005. DMA design and implementation, a North American context. In Conference Proceedings, IWA Specialised Conference Leakage 2005", Halifax, Nova Scotia, Canada, 175-182.
- Mastaller, M. and Klingel, P., 2017. Adapting the IWA water balance to intermittent water supply and flat-rate tariffs without customer metering. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 7(3), 396-406.
- Merzi, N., Şendil, U., Yağız, E., Poyraz, S. ve Eker, İ., 1999. Ankara N8 İçme Suyu Şebekesinin Hidrolik Modelinin Kurulması, II. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu, Adana, 259-270, 18 Kasım.
- Muhammetoğlu, H. ve Muhammetoğlu, A., 2017. İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü El Kitabı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara (Türkiye), 1-164.
- Songur, M., 2016. İçmesuyu şebekelerindeki fiziksel kayıpları önlemeye yönelik Diyarbakır için örnek bir model geliştirilmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 123.
- TİSVA, 2019. Sayılarla İsrar Raporu. Ankara (Türkiye), 1-120.
- WWF-Türkiye, 2014. Türkiye'nin Su Riskleri Raporu. İstanbul (Türkiye), 1-55.

WWF-WRAP, 2020. Halving Food Loss and Waste in the EU by 2030: The major steps needed to accelerate progress. Berlin (Almanya), 1-72.