



Alpha Journal of Engineering and Applied Sciences
(2024) 2/2: 33 –51
Alfa Mühendislik ve Uygulamalı Bilimler Dergisi
(2024) 2/2: 33 –51



Araştırma Makalesi (Research Article)

Gönderi (Received) 19/05/2024
Kabul (Accepted) 30/07/2024
Yayın (Published) 31/08/2024

Su ve Kanalizasyon İdarelerinde Veri Tabanlı İzleme ve Kontrol Sistemleri (SCADA) Uygulaması: Büyükşehir Belediyeleri

Ahmet Emre GÖKÇEK ^{a,*}, Mehmet YILMAZ ^a, Ufuk SEKMEN ^b, Murat TOPTAŞ ^a

^a Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, TÜRKİYE

^b KASKİ Genel Müdürlüğü, Kayseri, TÜRKİYE

* Sorumlu yazar e-mail adresi: a.emregokcek@outlook.com

Özet

Veri Tabanlı İzleme ve Kontrol Sistemi (SCADA), denetim, kontrol ve veri toplamayı kapsayan bir teknolojidir. Tüm sistemin veya bir kısmının uzaktan izlenmesine ve kontrol edilmesine olanak tanır; işletme ve bakım için gerekli olan alarmları, raporları, grafikleri veya diğer çıktıları oluşturmak için bilgileri işler. İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde SCADA, su kaynağından müşterinin musluğuna kadar, iletim boruları, arıtma tesisleri, depolar ve dağıtım şebekeleri de dahil olmak üzere çok çeşitli ekipman ve süreçleri izleyebilir, kontrol edebilir. Kentsel su döngüsünde, atık su ve yağmur suyu sistemlerinin izlenmesi ve kontrol edilmesi amacıyla da SCADA sistemleri kullanılabilir. Bu çalışmanın temel amacı ülkemiz büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sistemlerinin kullanılma durumlarını belirlemek, etkinliklerini incelemek ve kapsamı genişletecek öneriler sunmaktır. Çalışma yapılırken büyükşehir belediyelerinin faaliyet raporları, performans programları ve stratejik planları incelenmiş, bazı büyükşehir belediyelerinin yetkili birimleri ile iletişim kurulmuştur. SCADA sistemi kullanan su ve kanalizasyon idareleri belirlenerek SCADA sistemlerinin karakteristikleri açıklanmıştır. Su ve kanalizasyon idarelerindeki SCADA faaliyetleri irdelenmiş ve SCADA kullanılması ile elde edilen kazanımlar belirlenmiştir. Su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA kullanılmasının etkinliklerini artıracak ve kapsamı genişletecek öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Su ve kanalizasyon idaresi, Su temin ve dağıtım sistemi, İçme suyu yönetimi, SCADA, Enerji

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Application In Water and Sewerage Administrations: Metropolitan Municipalities

Abstract

Supervisory Control and Data Acquisition System (SCADA) is a technology that covers supervision, control and data collection. It allows remote monitoring and control of the entire system or part of it and processes information to generate alarms, reports, graphs or other outputs necessary for operation and maintenance. In drinking water supply and distribution systems, SCADA can monitor and control a wide range of equipment and processes, from the water source to the customer's tap, including transmission pipes, treatment plants, tanks, and distribution networks. SCADA systems can also be used to monitor and control wastewater and rainwater systems in the urban water cycle. The main purpose of this study is to determine the use of SCADA systems in the water and sewerage administrations of our country's municipalities, to examine their effectiveness and to offer suggestions to expand the scope. While carrying out the study, the activity reports, performance programs and strategic plans of the metropolitan municipalities were examined and communication was established with the authorized units of some metropolitan municipalities. Water and sewerage administrations using SCADA systems were identified and the characteristics of these SCADA systems were explained. SCADA activities in water and sewerage administrations were examined and the gains obtained by using SCADA systems were determined. Suggestions have been presented to increase the effectiveness and expand the scope of using SCADA in water and sewerage administrations.

Keywords: Water and Sewerage Administration, Water supply and distribution system, Drinking water management, SCADA, Energy

1. Giriş (Introduction)

Günümüzde, su temin ve dağıtım sistemlerinin işleyişini iyileştirmek için birçok su idaresi, şebekenin mevcut durumunu tanımlayan ve bu verileri düzenli ve kısa zaman aralıklarında bir kontrol merkezine ileten SCADA sistemlerini benimsemiştir. Bu tür sistemler, operatörlerin dağıtım şebekesi boyunca basınçları ve akış debilerini izlemesine ve çeşitli kontrol elemanlarını (yani pompalar ve vanalar) merkezi bir konumdan çalıştırmasına imkân verir [1-31].

İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde kullanılan en yaygın kontrol otomasyonu türü SCADA sistemidir. İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde su temin kaynaklarından, suyun tüketicilere ulaştırılmasına kadarki süreç SCADA sistemi ile izlenerek kontrol edilebilmektedir. Aynı zamanda suyun kanalizasyon sisteminden akışı ve deşarja kadar olan süreci SCADA ile takip edilebilmektedir. Ayrıca içme suyunun fiziksel ve kimyasal parametreleri de (depo seviyeleri, basınç, bulanıklık, klor, pH vb.) izlenebilmektedir. SCADA, su depolarının mevcut hacimleri, su seviyeleri, su depolarından dağıtım şebekesine verilen su miktarları, motor ve vanaların durum pozisyonları, terfi istasyonlarındaki hat basınç değerlerini merkezden izleme ve anında müdahale edebilme imkânı sağlamaktadır [32].

Su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sisteminin kullanılmasının pek çok faydaları bulunmaktadır. Bu faydalar şöyle kategorize edilebilir [33]: (a) İşletmede daha fazla etkinlik ve verimlilik; (b) Bakımda daha fazla etkinlik ve verimlilik; (c) Su kayıplarının azaltılması; (d) Satışların ve müşteri ilişkileri yönetiminin iyileştirilmesi; (e) Altyapılarda ilk yatırım maliyetinin ertelenmesi, küçültülmesi veya ortadan kaldırılması; (f) Sistemin güvenilirliğinin ve dayanıklılığının iyileştirilmesi.

Belediyelerin su kayıplarına yönelik teknolojik altyapılarını geliştirmelerini hedefleyen “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği” Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından 2014 yılında yayımlanarak yürürlüğe girmiştir [34]. Bu yönetmeliğin içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerinin yönetimine ilişkin esas ve ilkelerin belirlendiği 5. maddesinde “idarelerce uygun izleme sistemlerinin (SCADA vb.) kurulması” önerilmiştir. Öte yandan “Onuncu Kalkınma Planı Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu” nda da su kayıp ve kaçaklarının önemine değinilmiş, yönetmelikte belirtildiği gibi su kayıplarının azaltılması için gerekli veri setlerinin elde edilmesini sağlayan bir sistem olan SCADA'nın kullanılması önerilmiştir [35]. Yasal yükümlülükleri karşılamak amacıyla ülkemizde büyükşehir belediyeleri, akıllı su yönetimi araçları ve etkin su dağılımı yöntemleri arasından çoğunlukla SCADA sistemlerini tercih etmektedir [1].

İçme suyu tesislerinde SCADA sistemi şu özelliklerde olmalıdır [36]: (a) SCADA sistemi, sistemde alarm durumu oluştuğunda, merkezdeki operatörü uyarmalı ve operatörün gerekli önlemleri almasına imkân tanınmalıdır. (b) SCADA sistemi, mevcut pompa istasyonlarını, mevcut ve yeni yapılan depoları, hidrolik model ile optimum sistem tanımlamasında çıkabilecek yeni depolar ile bölgesel ölçüm alanı ekipmanlarını kapsayacak şekilde inşa edilmelidir. (c) Yeni yapılan su depolarına ve mevcut depolara su seviyesi ölçümü için gerekli alet ve ekipmanlar tasarlanarak yerleştirilmelidir. Pompalar bu seviye sensörlerinden aldıkları bilgilere göre çalışmalıdır. (d) Depo çıkışlarındaki debiler ölçülmelidir. (e) Yeni ve mevcut depolarda, giriş/çıkış hatları üzerinde aktüatörlü vanalar yerleştirilmeli ve kontrol SCADA merkezinden yapılmalıdır. (f) Yeni yapılan pompa istasyonlarında, pompa ve motorlara ait veriler (voltaj, akım, güç, sıcaklık vb.) SCADA merkezine aktarılmalı ve bu pompaların çıkışlarında bulunan aktüatörlü vanalar SCADA sistemi tarafından kontrol edilmelidir. (g) Pompa istasyonları ile depolar arasında haberleşme sistemi sağlanmalı ve SCADA sistemine entegre edilmelidir. (h) SCADA sistemi tüm ekipmanları ile (kontrol merkezi donanım ve yazılımı, istasyonlardaki RTU'lar ve haberleşme sistemi) kurulmalıdır. (i) Şebekenin kritik noktalarında (rögar ve ölçüm odalarının

yapılması, bakiye klor ölçümü, debimetre ve basınç transdüserlerinin temini ve montajı, elektrik beslemesinin yapılması, RTU ve haberleşme donanımın kurulması) ölçüm noktaları tesis edilmelidir. Tüm bu gereksinimler önemli teknik zorluklar içermektedir ve sistemin maliyetini artırmaktadır. SCADA sisteminin ilk yatırım maliyetleri küçük bir sistem için yüksektir [37]. Bununla birlikte, büyük su temin ve dağıtım sistemlerinde tam bir SCADA sisteminin uygulanması için gerekli olan sensörlerin ve veri iletişim ekipmanlarının maliyeti, geçmişte çok yüksek bedellere ulaşırken; bugün bu bedeller sürdürülebilir ve kendi kendinin maliyetini orta vadelerde karşılayabilen sistemlerin kurulmasına destek verecek düzeylere gelmiştir [38].

Yurt dışında içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde SCADA kullanılmasına ilişkin çok sayıda araştırmalar yapılmakta ve çeşitli ülkelerin su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sisteminin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır [33, 39-41]. Gellings'e göre, SCADA sistemlerinin kullanımından elde edilecek potansiyel tasarruf, toplam su temin sistemi enerji tüketiminin %10 ila %20'si arasındadır. Sistemin otomatik hale getirilmesiyle verimlilik artar ve maliyetlerde azalma meydana gelir [42]. Ülkemizde içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde SCADA kullanılmasına ilişkin çeşitli araştırmalar yapılmakta ve su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sisteminin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Yapılan bir çalışmada bir su dağıtım sistemi ele alınmış ve bu sistemin kurulacak SCADA'sı için haberleşme altyapıları tasarlanmaya çalışılmıştır [43]. İller Bankası tarafından yayımlanan "İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname" de SCADA sisteminin, su şebekesinde yer alan ve sisteme dâhil edilen istasyonlarla ilgili olarak hangi ana işlevlerin kontrol merkezinden yerine getirilmesini sağlaması gerektiği ayrıntılı olarak açıklanmıştır [36]. Akıllı ve Özaslan 2017 yılında büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sisteminin kullanılması ile elde edilen kazanımları ve ortaya çıkan sorunları belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerince yayınlanan su kayıpları yıllık raporları, faaliyet raporları ve stratejik planlar incelenmiş, ayrıca yetkili birimlerle iletişim kurulmuştur [1]. Su ve Kanalizasyon İdareleri'nin teknoloji kullanımı ve SCADA uygulaması çerçevesinde elde ettikleri kazanımlar; "veri arşivi", "tek merkezden kontrol", "hızlı müdahale" ve "tasarruf-verimlilik" kategorileri altında sınıflandırılmıştır. Başa ve Kurt [32] su ve kanalizasyon idarelerinde su ve atıksuyla ilgili akıllı yönetim uygulamalarını Tekirdağ ili için incelemiştir. Tekirdağ Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından uygulanmakta olan Bilgi İşlem Altyapı Uygulamaları, EBYS (Elektronik Belge Yönetim Sistemi), CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) Uygulamaları, Abone Yönetim Sistemi ve SCADA Uygulaması örneklerle anlatılmıştır. Şen [44] tarafından içme suyu tesislerinde SCADA sistemlerine sezgisel yaklaşımların uygulanması konusunda bir yüksek lisans tez çalışması yapılmıştır. Kurban ve diğerleri [45] 4 adet derin kuyusu bulunan İç Anadolu Bölgesindeki bir belediyenin içme suyu temin sisteminin SCADA sistemleri ile uzaktan kontrolü ve pompaların hidrolik analizi konusunda bir çalışma yapmıştır. İçme suyu temin sistemlerinin SCADA veya su yönetim sistemleri ile izlenmesi ve yönetilmesi sonucu; personelden, arızalardan ve enerjiden tasarruf edilmiştir. Songur ve diğerleri [46] su kayıplarını sürdürülebilir olarak önlemek için izole edilmiş bir alt bölge (DMA) oluşturmanın ötesinde su temininin mutlaka SCADA tarzı bir sistem ile sürekli izlenmesinin son derece önemli olduğunu vurgulamıştır. Sekmen [47] araştırma sahası olarak Kayseri Germiraltı içme suyu kaptaj alanının seçildiği doktora tezinde SCADA sistemi yapay arı kolonisi algoritması yöntemi ile işletildiğinde enerji verimliliğinde önemli kazanımlar elde edildiğini belirlemiştir. Gökçek tarafından yapılan bir çalışmada içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde enerji tüketiminin azaltılması amacıyla kullanılacak yöntemler incelenmiş ve bu yöntemler Malatya örneğinde incelenerek enerji tasarrufu sağlayacak öneriler sunulmuştur. MASKİ SCADA sistemi ayrıntılı olarak tanıtılmıştır [2].

Bu çalışmanın temel amacı ülkemiz büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sisteminin kullanılma durumlarını belirlemek, etkinliklerini incelemek ve kapsamı genişletecek öneriler sunmaktır. Çalışma yapılırken büyükşehir belediyelerinin faaliyet raporları, performans

programları ve stratejik planları incelenmiş, bazı büyükşehir belediyelerinin yetkili birimleri ile iletişim kurulmuştur. Çalışmalar sonucunda, SCADA sistemi kullanan su ve kanalizasyon idareleri belirlenmiş ve bu SCADA sistemlerinin karakteristikleri açıklanmıştır. Su ve kanalizasyon idarelerindeki SCADA faaliyetleri irdelenmiş ve SCADA kullanılması ile elde edilen kazanımlar belirlenmiştir. Su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA kullanılmasının etkinliklerini artıracak ve kapsamı genişletecek öneriler sunulmuştur.

2. Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdarelerinde SCADA Uygulaması (The Implementation of SCADA Systems in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations)

Ülkemizde 30 büyükşehir bulunmaktadır: Adana, Ankara, Antalya, Aydın, Balıkesir, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Erzurum, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Mersin, İstanbul, İzmir, Kayseri, Kocaeli, Konya, Malatya, Manisa, Kahramanmaraş, Mardin, Muğla, Ordu, Sakarya, Samsun, Tekirdağ, Trabzon, Şanlıurfa, Van. Yapılan araştırma sonucunda 30 büyükşehirin tümünün içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde SCADA sistemi kullanıldığı belirlenmiştir. Tablo 1'de ülkemizdeki büyükşehirler, nüfusları, ilçe sayıları ve ilgili su ve kanalizasyon idaresi verilmiştir.

3. Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdarelerinde Kullanılan SCADA Sistemlerinin Karakteristikleri (Characteristics of SCADA Systems Used in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations)

Su ve Kanalizasyon İdareleri'nde kullanılan SCADA sistemleri farklı karakteristiklere sahip olabilmesine rağmen temel olarak su yönetimine ilişkin aşağıda belirtilenleri sağlayabilirler [47] :

- (a) İçme suyu temin bileşenlerinin yönetimi (derin kuyu, terfi pompa merkezleri, su dağıtım depoları),
- (b) İçme suyu dağıtım bileşenlerinin yönetimi (su şebekeleri, izole alt bölgeler (DMA) ve basınç kontrol vana (BKV) odaları),
- (c) Klor dozajlama ve bakiye klor ölçüm istasyonları yönetimi,
- (d) Katodik koruma redresörleri ve ölçü kutuları yönetimi,
- (e) Atık su arıtma tesisleri yönetimi,
- (f) Kanal atık su terfi sistemleri yönetimi.

İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde SCADA uygulaması sayesinde iletim noktalarına elektronik sensörler yerleştirilerek aşağıda belirtilen ölçümler anlık olarak yapılabilmektedir:

- Su Depoları: Depodaki su seviyeleri, su giriş ve çıkışlarının yönetimi, giriş ve çıkış su debilerinin anlık takibi, güvenlik ve su baskını alarmı, suyun kalite verileri (bulanıklık, klor, pH, iletkenlik).
- Pompa İstasyonları: Derinkuyu giriş-çıkış basınçları, hat basıncı, anlık su debileri, vana pozisyonları, istasyona ve her bir pompaya ait gerilim, akım ve güç değerleri, pompa istasyonu güvenlik ve su baskını alarmı.
- Ölçüm noktaları: Anlık su debisi, hat basıncı, suyun kalite verileri (bulanıklık, klor, pH, iletkenlik).

Büyükşehir belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdareleri'nde Kurulu bulunan SCADA sistemlerinin karakteristikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. İçme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde SCADA kullanan büyükşehir belediyeleri (Metropolitan Municipalities Using SCADA in Drinking Water Supply and Distribution Systems)

No	İl	Nüfus	İlçe Sayısı	SCADA Mevcudiyeti	Kurum
1	Adana	2 270 298	15	Var	ASKİ
2	Ankara	5 803 482	25	Var	ASKİ
3	Antalya	2 696 249	19	Var	ASAT
4	Aydın	1 161 702	17	Var	ASKİ
5	Balıkesir	1 273 519	20	Var	BASKİ
6	Bursa	3 214 571	17	Var	BUSKİ
7	Denizli	1 059 082	19	Var	DESKİ
8	Diyarbakır	1 818 133	17	Var	DİSKİ
9	Erzurum	749 993	20	Var	ESKİ
10	Eskişehir	915 418	14	Var	ESKİ
11	Gaziantep	2 164 134	9	Var	GASKİ
12	Hatay	1 544 640	15	Var	HATSU
13	Mersin	1 938 389	13	Var	MESKİ
14	İstanbul	15 655 924	39	Var	İSKİ
15	İzmir	4 479 525	30	Var	İZSU
16	Kayseri	1 445 683	16	Var	KASKİ
17	Kocaeli	2 102 907	12	Var	İSU
18	Konya	2 320 241	31	Var	KOSKİ
19	Malatya	742 725	13	Var	MASKİ
20	Manisa	1 475 716	17	Var	MASKİ
21	Kahramanmaraş	1 116 618	11	Var	KASKİ
22	Mardin	888 874	10	Var	MARSU
23	Muğla	1 066 736	13	Var	MUSKİ
24	Ordu	775 800	19	Var	OSKİ
25	Sakarya	1 098 115	16	Var	SASKİ
26	Samsun	1 377 546	17	Var	SASKİ
27	Tekirdağ	1 167 059	11	Var	TESKİ
28	Trabzon	824 352	18	Var	TİSKİ
29	Şanlıurfa	2 213 964	13	Var	ŞUSKİ
30	Van	1 127 612	13	Var	VASKİ

Tablo 2. Büyükşehir belediyeleri Su ve Kanalizasyon idarelerinde kurulu bulunan SCADA sistemlerinin karakteristikleri (Characteristics of SCADA Systems Installed in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations)

İl	SCADA Sistemlerinin Karakteristikleri
Adana	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA sisteminde arıtma tesisinde fiber optik yöntemle, arıtma tesisi ve depolar arasında telsizle kontrol ve veri alma sağlanmaktadır. ❖ SCADA ile Yapılan İşlemler: Dağıtım odalarından durultuculara debi girişleri; filtre geri yıkamaları; çamur tahliye üniteleri ve çamur susuzlaştırma ünitelerinde seviye ya da akış kontrolü; kimyasal dozlamalar (klor, demir-klorür ve polielektrolit vb.) [3].
Ankara	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ankara merkez ilçe sınırları içinde kalan ve 905 m kotundan artırılmış bir biçimde alınan içme ve kullanma suyu, 7 adet ana pompa istasyonu olmak üzere toplamda 71 adet pompa istasyonu ve 14 adet depo içi terfi pompası vasıtasıyla 1.433 m kotuna kadar yükseltilerek dağıtımı yapılmaktadır. Su depolarından şebeke besleme hattına verilen suyun fazlası yeni devreye alınan depolarla birlikte toplam 814.525 m³ kapasiteli 142 adet su deposunda biriktirilmektedir. S/3 SCADA yazılımı üzerinden 187 adedi merkezde, 71 adedi ilçelerde olmak üzere toplam 258 noktadan veri akışı sağlanmaktadır [4].
Antalya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Antalya kenti içme suyu şebekesi merkez SCADA sistemi 2006 yılında kurulmuştur [5]. ❖ SCADA Sistemi Bulunan Bölgeler: Antalya Merkez, Elmalı, Kemer – Kiriş, Kumluca – Kuzca, Manavgat – Belenovası, Akseki – Süleymaniye, Korkuteli – Manay [5]. ❖ SCADA Sistemine Bağlı İstasyon Sayıları: 356 adet (Terfi:28, Depo:61, Kuyu:159, Ölçüm:108 [5].
Aydın	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Aydın'da içme suyu ve atık su SCADA Sistemi 2016 yılında kurulmuştur [6].
Balıkesir	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 20 ilçenin 1.134 Mahalle, 1.314 Adet Su Deposu, 1.700 Adet Terfi istasyonunda üretilen suyun izleme, raporlama, müdahale, enerji verimliliği ve çalışma kontrolünün SCADA üzerinden takibi sağlanmaktadır [7].

Tablo 2. Büyükşehir belediyeleri Su ve Kanalizasyon idarelerinde kurulu bulunan SCADA sistemlerinin karakteristikleri (Devamı) (Characteristics of SCADA Systems Installed in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations (Continued))

İl	SCADA Sistemlerinin Karakteristikleri
Bursa	<ul style="list-style-type: none"> ❖ BUSKİ SCADA Sistemi Kuruluş Tarihi: 2008 [8] ❖ SCADA ile Yönetilen Sistemler: İçme Suyu SCADA Sistemi, Enerji Üretim Santralleri, Güvenlik Kamera ve Kayıt Sistemi [8] ❖ SCADA Sistemindeki Toplam Tesis Sayısı: 848 adet (İçme suyu depoları:206, Pompa, istasyonları:64, Kuyular:293, Altbölge debi ölçüm istasyonları:194, Toplu su satışı debi ölçüm istasyonları:10, Kaynak suları debi ölçüm istasyonları:33, Yer altı suyu debi ölçüm istasyonları:6, Baraj seviye ölçüm istasyonları: 2, Şebeke vana kontrol istasyonları:16, İçme suyu arıtma tesisi ölçüm noktaları 3, Diğer ölçüm kontrol istasyonları: 21 [8].
Denizli	<ul style="list-style-type: none"> ❖ DESKİ İçme Suyu SCADA Sistemi 2016 yılında kurulmuştur [9]. ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Tesisler: İçme suyu depoları:97, Sondaj kuyusu:88, İçme suyu terfi merkezi:13, Hidrofor:3, GES:2, Paket atıksu arıtma tesisi:17, Arıtma terfi tesisi:9, Betonarme atıksu arıtma tesisi:1, İçme suyu ölçüm odası:62, Debimetre:145, Motorlu vana:138, Basınç sensörü:102, Toplam: 681 adet [9].
Diyarbakır	<ul style="list-style-type: none"> ❖ DİSKİ SCADA Sistemi 2006 yılında kurulmuştur [10]. ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Merkezler: İçme suyu depoları:11, İçme suyu terfi merkezi:3, Debi ölçüm istasyonları:12, On/Off vana:17, Klor analizör cihazı:3, Bulanıklık analizör cihazı:2, pH analizör cihazı:3) [10]. ❖ Arıtma tesisinin bütün üniteleri ile su arıtma aşamaları SCADA merkezinden izlenmekte ve kontrol edilmektedir. Hata veya arıza durumunda anında müdahale edilmektedir. Su kalitesini denetlemek için proseste klor, PH ve bulanıklık analizör cihazları tarafından 24 saat sürekli ölçüm yapılmakta ve SCADA sisteminde izlenmektedir [10].
Erzurum	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Erzurum'da SCADA Sistemi 2015 yılında kurulmuştur [11]. ❖ Arıtma Tesisi Sistemi de SCADA ile işletilmektedir [11].
Eskişehir	<ul style="list-style-type: none"> ❖ ESKİ SCADA Sistemi 2008 yılında kurulmuştur [12] ❖ SCADA sistemi güncellenmiştir. 2022 yılında haberleşme sistemleri yenilenerek güncel işletim sistemleri ile uyumlu hale getirilmiştir [12]. ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Noktalar: 13 depo, terfi merkezinin deposu, hatların debi ölçümleri, vanalar ve pompalar, nehir seviyesi ve nehir bulanıklıkları, klor seviyesi ve suyun kalitesi, içme suyu depolarına giren ve çıkan su miktarları [12].
Gaziantep	<ul style="list-style-type: none"> ❖ GASKİ SCADA sistemi 2009 yılında tamamlanıp devreye alınmıştır [13]. ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Noktalar: Şehir içi içme suyu şebekesi depo ve pompa istasyonları ile şebeke vana ve debi kontrollü ölçüm noktaları; Oğuzeli, Araban, Karkamış, Yavuzeli ve İslahiye İlçeleri içme suyu depo ve terfi istasyonları [13]. ❖ SCADA sistemi ile kontrol edilen nokta sayısı: 2014:144; 2015:157; 2016:160; 2017:170; 2018:174; 2019:175; 2020:176; 2021:177; 2022:191 [13].
Mersin	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Merkezler: Toplam 1.009 tesis (87 depo-terfi ve terfi istasyonu, 166 adet içme suyu deposu, 43 kuyu, 238 ölçüm noktası (debi, basınç), 25 DMA, 4 yağmur suyu pompa istasyonu, 9 arıtma tesisi ve 7 atık su pompa istasyonu, 430 tesisin enerji yönetimi) [14]. ❖ Mersin'deki tüm atık su arıtma tesisleri ve katlı kavşaklardaki yağmur suyu pompaları Atıksu SCADA'sı MESKİ'nin kullandığı enerji de Enerji SCADA'sı ile takip edilmektedir [14].
İstanbul	<ul style="list-style-type: none"> ❖ İSKİ SCADA Sistemi, 2008 yılında kurulmuştur. İçme suyu SCADA sistemi artan nüfusun taleplerini daha hızlı karşılamak amacıyla gelişmiş teknolojilere sahip SCADA sistemiyle yenilenmiştir [15]. ❖ SCADA sistemleri: Su İsale SCADA Sistemleri, Temiz Su Arıtma SCADA Sistemleri, Atık Su Arıtma SCADA Sistemleri, Yer Altı Suları SCADA Sistemleri [15]. ❖ SCADA Sistemi ile İzlenen Tesisler: İSKİ'ye ait barajlar, ana isale hatları, terfi merkezleri ve depolardaki seviye, basınç, debi, meteorolojik bilgiler, su kalitesi vb. [29]. ❖ SCADA Sistemlerinde VSAT Uydu Haberleşme Sistemi de kullanılmaktadır. 90 adet istasyondan uydu haberleşmesi ile debimetre, basınç sensörü, su kalite sensörlerinden alınan bilgiler Akıllı Şebekeler katmanına aktarılmaktadır [15].
İzmir	<ul style="list-style-type: none"> ❖ İzmir il sınırları içerisindeki 30 ilçe ve büyük yerleşim yerlerinin su dağıtım sistemleri, Halkapınar'da kurulu SCADA Merkezinden denetlenip yönetilmektedir [16]. ❖ 30 ilçe üzerinde belirlenen 641 noktaya montajı yapılan ölçüm/kontrol cihazları ve bu bilgileri işleyip karar veren cihazlar ile su dağıtımı, kontrol altına alınmaktadır [16].
Kayseri	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Noktalar: Toplam: 1483 adet (Sondaj kuyusu:460, Depo:469, Terfi pompası:365, DMA:76, Diğer (Arıtma, Kanal terfi, Basınç kontrol, Branşsan):113 [17]. ❖ Kaptaj alanında bulunan sondaj kuyularından 30 yılı aşkın bir süredir su üretilmektedir. 2015 yılından itibaren SCADA personeli tarafından izle ve müdahale et yöntemi uygulanarak işletilmiştir. 2019 yılında havzada enerji verimliliği sağlamak amacıyla Yapay Arı Algoritması (ABC) kullanılmasına karar verilmiş ve 2020 yılı mart ayı itibarıyla bölge yapay zeka algoritması ile optimizasyon esasına dayanan işletme yöntemi ile işletilmeye başlanmıştır [17].

Tablo 2. Büyükşehir belediyeleri Su ve Kanalizasyon idarelerinde kurulu bulunan SCADA sistemlerinin karakteristikleri (Devamı) (Characteristics of SCADA Systems Installed in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations (Continued))

İl	SCADA Sistemlerinin Karakteristikleri
Kocaeli	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen İçme Suyu İstasyonları: Toplam: 349 tesis (İçme suyu deposu:223, İçme suyu terfi merkezi:114, İçme suyu arıtma tesisi:12 [18]. ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Atık Su İstasyonları: Toplam: 150 adet (Atık su terfi merkezi:59,Yağmur suyu terfi merkezi:14, Atık su arıtma tesisi:22, Kanalizasyon kolektör hattı:26, Yağmur suyu kolektör hattı:4, Sanayi tesisi çıkışı:25 [18]. ❖ SCADA Sistemi ile Yağmur ve Dere Seviye Ölçümü: Yağmur ölçümü: 21, Dere seviye ölçümü: 5 [18]. ❖ SCADA Sistemi ile Güvenlik Kontrolü: İçme suyu istasyonu: 119 kamera güvenlik sistemi, Tesis ve binalar: 682 kamera güvenlik sistemi, Atıksu istasyonu: 77 güvenlik sistemi [18].
Konya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Konya'da tesislerin uzaktan ve tek merkezden kontrol ve kumandası amacıyla 2003 yılında SCADA Sistemi yapım çalışmalarına başlanmıştır. 2022 yılı Haziran ayı itibarıyla 2938 tesisin 1983'üne SCADA Sistemi kurularak merkez ve bölgelerden izlenebilir hâle getirilmiştir. Kalan 955 tesisin SCADA Sistemi temin ve tesisi için çalışmalar devam etmektedir [19]. ❖ Mavi Tünelden sağlanarak 5.400 km uzunluğunda bir şebeke ile tüketicilere dağıtılmakta olan içme suyunun yönetimi merkezi SCADA sistemi ile yapılmaktadır [19].
Malatya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Malatya merkez ilçeler ve diğer ilçelerde toplam 2290 içme suyu tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerden 353 adedi (içme suyu depoları, içme suyu terfi merkezleri ve DMA'lar) çevrimiçi olarak SCADA sistemi ile takip edilmekte ve kontrolü yapılmaktadır [20]. ❖ İçme suyu tesislerinden 604 tanesinin depoları ve terfilerinin kontrolü RTU (Remote Terminal Unit) ve GSM teknolojisi kullanılarak yapılmaktadır [20].
Manisa	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2019 yılı itibarıyla pilot bölge olarak seçilen Manisa Merkez ilçelerinde içme suyu SCADA sistemi kurulum ve işletme çalışmalarına başlanmış, 2020 yılında sistem kurulup devreye alınmıştır. Manisa merkezdeki içme suyu depoları, sondajlar ve Gürle İçme Suyu Ana İsale Hattındaki değişimler SCADA sistemi üzerinden takip edilmektedir. Sistemin il geneline yayılması için çalışmalar devam etmektedir [21]. ❖ SCADA sistemi ile kontrol edilen noktalar: Toplam: 155 (Sondaj: 41, Depo: 79, Terfi:8, Arıtma, çökeltme depo ve pompaları: 27) [21].
Kahramanmaraş	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Kahramanmaraş'ta SCADA sistemi 2018 yılında kurulmuştur [22]. ❖ SCADA sisteminde Göksun, Ekinözü, Pazarcık ilçe merkezleri izlenmekte ve kumanda edilmektedir. Bu 3 ilçe dışında Dulkadiroğlu ilçesinde bulunan Yedikuyular, Yenikent ve Pazarcık Evri terfi sistemleri de sistemde aktif durumdadır. Su Kayıp Kaçak (DMA) olarak Onikişubat Haydarbey DMA odası aktif izlenmektedir. İçmesuyu kaynaklarından Karasu (DM23 branşmanı öncesinde) ve Pınarbaşı (DM13 deposu girişinde) izlenmektedir [22].
Mardin	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Mardin ve ilçelerine suyun dağıtımını ve kontrolünü MARSU yapmaktadır. İsale ve şebeke hatlarıyla şehre ulaştırılan su, SCADA sistemiyle MARSU tarafından tek merkezde kumanda edilmektedir [23].
Muğla	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Noktalar: Toplam: 644 adet (Sondaj kuyusu:460, Depo:469, Terfi pompası:365, DMA:76, Diğer (Arıtma, Kanal terfi, Basınç kontrol, Branşsan):113 [24].
Ordu	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen İstasyonlar: Toplam: 436 adet (İçme suyu arıtma:21, İçme suyu kuyu:67, İçme suyu depo:189, İçme suyu terfi:119, Atık su arıtma:4, Atık su terfi:25, DMA:11 [25].
Sakarya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen İstasyonlar: Toplam: 514 adet (İçme suyu depoları:186, İçme suyu terfi merkezi:108, İçme suyu sondaj (Kuyu):115, Atık su terfi merkezi:57, Debimetre:21, Diğer (Su fabrikası, Arıtma, Fabrika deşarj...):27 [26]. ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Uç Noktalar: Toplam: 1278 adet (Depo seviye:320, Pompa kontrol:499, Oransal vana:27, On/Off vana:50, Debimetre:185, Klor ölçümü:84, Klorlama cihazı:57, Bulanıklık, pH, İletkenlik, Klorofil, Basınç:56. [26]. ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Atıksu Arıtma Tesisleri: Akyazı, Hendek, Kocaeli, Karaman, Karasu ve Geyve [26].
Samsun	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA Sistemi İle Kontrol Edilen Merkezler: Toplam: 250 adet (İçme suyu depoları ve terfi merkezleri:180, İçme suyu terfi merkezi:13, İçme suyu sondajı:37, İçme suyu kesonu:20) [27].
Tekirdağ	<ul style="list-style-type: none"> ❖ TESKİ bünyesinde toplam 11 ilçe merkezi ve muhtelif mahalleler SCADA kapsamına alınmış, 309 otomasyon panosu kurulmuş olup; içme suyu SCADA sistemi nüfusun %92'sine hizmet etmektedir [28].
Trabzon	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Trabzon genelinde 200'den fazla kuyu, depo ve pompa istasyonunda kurulu RTU ve PLC ürünleri, TİSKİ SCADA sistemi üzerinden yönetilmektedir. Klor, pH metre, bulanıklık gibi parametreleri izleyerek su kalitesi kontrolü yapılmaktadır [29]. ❖ 2 adet atık su arıtma tesisi SCADA üzerinden izlenebilmektedir [29].
Van	<ul style="list-style-type: none"> ❖ VASKİ Genel Müdürlüğü, 4 yerde kurulan atık su terfi merkezini uzaktan takip sistemi olan "Merkezi Kontrol ve Veri Toplama Sistemi (SCADA)" ile kontrol altına aldı [30]. ❖ Türkiye Belediyeler Birliği, ASELSAN, VASKİ üçlü protokol ile 2022 yılında SCADA sistemi kurulmuştur. 1 terfi merkezi 2 sondaj 4 depoda pilot uygulama olarak devreye alınmış, izleme ve kontrol istasyonunda gerekli uzaktan bağlantı işlemleri yapılmıştır [30].

4. Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdarelerinde SCADA Kapsamında Yürütülen Faaliyetler (Activities Conducted under SCADA Systems in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations)

Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdareleri'nde genel olarak içme suyu temin sistemi, içme suyu dağıtım sistemi ve atık su arıtma tesisleri SCADA sistemi ile yönetilmekte, SCADA sisteminin yazılım ve donanım olarak kurulumu ve işletilmesi faaliyetleri sürdürülmektedir. SCADA kapsamında genel olarak şu faaliyetler yürütülmektedir:

- (a) Şehrin su kaynakları, su depoları, terfi istasyonları, arıtım sistemi ve dağıtım sistemi SCADA sistemi ile yönetilmektedir. Bu tesisler çevrim içi 7/24 takip edilmekte, veri toplanmakta ve toplanan veriler değerlendirilmekte ve denetlenmektedir.
- (b) Tesisler ve şebeke ölçüm noktalarında ölçülen debi, basınç, pompa verileri, su kalitesi vb. parametreler uzaktan izlenmekte ve kontrol edilmektedir.
- (c) Depolardaki su seviyeleri takip edilmekte, gerçek zamanlı kimyasal su analizleri (bulanıklık, klor, pH, iletkenlik vb.) yapılmakta ve otomatik olarak merkezi bilgisayarlara aktarılmaktadır.
- (d) Su depolarında bulunan vana ve motorların (aç/kapa) kontrolü uzaktan kumanda ile yapılmaktadır.
- (e) Depo girişlerinde debiye bağlı klorlama desteği verilmektedir.
- (f) Pompa istasyonlarının elektriksel (aktif, kapasitif, reaktif enerji, akım, gerilim vb.) değerleri ölçülmektedir.
- (g) Terfi/kuyularda çalışan tüm motorlar enerji tasarrufu gözetilerek ve ilgili birimle koordineli olarak SCADA sistemi ile yönetilmektedir.
- (h) Kuyular ve terfi pompaları depo seviyelerine göre çalıştırılarak yaşanabilecek taşma ve seviye düşüklüklerinin önüne geçilmektedir.
- (i) Su depolarına giren/çıkan su miktarları ölçülmekte ve şebekelerdeki kaçaklar ve arızalar SCADA kontrol merkezinden takip edilmektedir. Böylece kapsamlı fiziki kaçak arama ve su kayıpları çalışmaları yapılmaktadır.
- (j) Hidrolik modelleme ve su kalitesi modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Hidrolik modelleme ve basınç bölgelerinin oluşturulması konusunda gelen talepler karşılanmaktadır.
- (k) SCADA sistemine entegreli kameralı elektronik güvenlik sistemi ile su depoları takip edilmektedir.
- (l) Su açma/kesme operasyonları SCADA sisteminden uzaktan kumanda ile sağlanmaktadır.
- (m) 7/24 su, elektrik ve mekanik arıza bildirimleri yapılmaktadır.
- (n) SCADA ekipmanı üzerinde bakım ve onarım çalışmaları yapılmaktadır.
- (o) İlgili birimlere SCADA veri akışı sağlanmaktadır.
- (p) Günlük, aylık, yıllık su faaliyet raporları hazırlanmaktadır.
- (q) Kayıp kaçak takibi yapılarak önlemler alınmakta, enerji, iş gücü tasarrufu sağlanmakta, talep tahmini ve yatırım planlama için veri analizi yapılmaktadır.

Yukarıda açıklanan genel faaliyetlere ilaveten büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA kapsamında yürütülen faaliyetler Tablo 3'te özetlenmiştir. Çizelgedeki bilgiler çoğunlukla idarelerin son yıllardaki faaliyet raporlarından alınmıştır.

Tablo 3. Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdareleri'nde SCADA kapsamında yürütülen faaliyetler (Activities Carried Out under SCADA in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations)

İl	SCADA Faaliyetleri
Adana	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Basınçla ilgili kontrolü yapay zekânın gerçekleştireceği sistemin kurulması ve böylece hata yapma riskinin minimuma indirilmesi planlanmıştır [3]. ❖ Pilot bölgede, alt bölgede hidrolik modelleme çalışmaları başlamıştır. ❖ Seyhan ve Yüreğir ilçelerinde oluşturulan 40 Adet DMA bölgesinde yılda 7 milyon metreküp, Adana'nın tamamı sisteme alındığında ise yılda 40 milyon metreküp su tasarrufu elde edilmesi planlanmıştır [3].
Ankara	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2023 yılı içinde 1.516 adet SCADA sistemi bakım, onarım ve revizyon faaliyeti gerçekleştirilmiştir [4]. ❖ SCADA sisteminin yenileme çalışmalarına başlanmıştır [4].
Antalya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2022 yılı içerisinde SCADA Sistemi ile 4.694 müdahale ve manevra yapılmış olup 79 adet toplam 7.402 m³/saat'lik arıza tespit edilmiş olup su kaybı önlenmiştir [5]. ❖ SCADA sistemi işletme ve bakım çalışmaları, 2008 yılından itibaren ASAT mühendis, tekniker ve teknisyenleri tarafından yapılmakta olup SCADA sistemi ekipmanları üzerinde 2022 yılı içinde toplam 791 adet bakım ve onarım çalışması gerçekleştirilmiştir [5] ❖ 2022 yılında SCADA sisteminden alınan verilere göre 1.411 m³/saat'lik su kaybı şebekeye geri kazandırılmıştır. Böylece bir yılda 12.360.360 m³/yıl suyun kaybedilmesi önlenmiştir [5]. ❖ Birçok merkezi arıtma tesisinde bulunan SCADA ve otomasyon sistemi sayesinde birim elektrik tüketimleri kontrol altında tutulmaktadır. Yeni yapılan tesislerde ve mevcut tesislerin ekipman revizyonlarında yeni nesil blowerler tercih edilmekte ve otomasyon sisteminde yapılan revizyonlar ile birlikte birim tüketimler azaltılmaktadır [5].
Aydın	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA sistemi ile su dağıtımını izleme, işletme, modernleştirme ve geliştirme hizmetleri yapılmaktadır. Periyodik olarak sistemin bakımı yapılarak, izleme, kontrol ve kumanda işlevine sahip olan içme suyu ve atık suyu SCADA sisteminin daha verimli kullanılması sağlanmaktadır [6].
Balıkesir	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Kepsut, Susurluk, Gönen, Balya, Bigadiç, Altıeylül D2 hattı otomasyona alınarak SCADA sisteminden izlenmesi sağlanmıştır [7]. ❖ İvrindi, Bandırma ilçeleri otomasyon sistemi kurularak SCADA'ya aktarıma hazır hale gelmiş 2023 yılı içerisinde entegrasyonu sağlanacaktır [7]. ❖ Mevcut Planlamanın ilk yarısında merkezi SCADA'ya entegrasyonu sağlanması planlanan Manyas Atıksu Arıtma Tesisi ve Salur Atıksu Arıtma Tesisi için öncelikli olarak tesisler ile bağlantılı 10 adet terfi istasyonu arasında izleme bağlantı oluşturması işi tamamlanmıştır [7].
Bursa	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2022 yılında SCADA kapsamında 117 istasyon işletmeye alınmıştır [8].
Denizli	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2022 yılı içerisinde fiziki ve idari kayıpların azaltılması projesi kapsamında Denizli ili genelinde içme suyu depolarının SCADA Sistemine eklenmesi için yapılan AR-GE çalışmaları sonucunda 29 adet içme suyu deposu ve 1 adet terfi istasyonu SCADA sistemine eklenmiştir [9].
Diyarbakır	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sistem verimliliğini artırmak amacıyla Kayapınar ilçesi Talaytepe mahallesinde yeni bir SCADA sistemi kontrol merkezi oluşturulmaktadır [10].
Erzurum	<ul style="list-style-type: none"> ❖ İçme suyu şebeke sistemini sürekli kontrol altında tutmak için SCADA sistemi ekipmanlarının bakım ve onarımları yapılmakta ve kurulu sistemin geliştirilmesi için teknolojik yeniliklerden faydalanmak üzere gerekli çalışmalar yapılmaktadır [11]. ❖ Atıksu Arıtma Tesisi SCADA Sistemi ile kontrol edilmekte olup, bu sistemle birlikte çalışabilen Bakım Programı (ACRON) mevcuttur [11]. ❖ Arıtma Tesisi Sistemi SCADA yazılımına destek verilmektedir [11].
Gaziantep	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Mizmilli pompa-1 istasyonuna yeni otomasyon ve SCADA sistemi kurum bünyesindeki personeller tarafından kuruldu [13]. ❖ Q=6700 m³/h proje kapasiteli 3. Etap tesisin 2800 m³/h debi artırımı ile Q=9500 m³/h arıtma kapasitesine ulaştırılması çalışmaları yapılmıştır [13].
Hatay	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Antakya ilçesine bağlı Saraycık Mahallesi'nde yeni terfi merkezi inşası gerçekleştirilmiş ve yapay zekâ otomasyon sistemi devreye alınmıştır [31].
Mersin	<ul style="list-style-type: none"> ❖ İçme ve kullanma sularının dezenfeksiyonu ve sahada ölçüm işleri personeller ile beden gücü ile yapılmakta idi. Klor dozlamasının otomatik olarak yapılması ve ölçümlerinin SCADA sisteminde anlık olarak izlenebilmesi için 2022 yılında 24 adet istasyonun SCADA sistemine entegrasyonu tamamlanmıştır [14].
İstanbul	<ul style="list-style-type: none"> ❖ İçme suyu arıtma tesisleri çıkışı ve ana isale hattı üzerindeki 15 adet elektromanyetik debimetre ile 17 adet ultrasonik debimetrenin değişimi ile mevcut odaların elektromekanik ölçüm ve kontrol sistemi altyapısı iyileştirilerek mevcut SCADA sistemine aktarılmış ve yeni altyapı tesislerinin yapımı ile revizyon çalışmaları yapılmıştır [15]. ❖ İçme suyu arıtma tesisleri çıkışında ve ana isale hatları üzerinde bulunan mevcut ancak arızalı durumda olan ya da ölçme hassasiyetini kaybetmiş olan büyük çaplı debimetreler yeni debimetreler ile değiştirilerek SCADA sistemine entegre edilmiş ve böylece etkin ve verimli bir işletme sağlanmıştır [15].
İzmir	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Yıl içinde SCADA sistemine entegre edilen istasyon sayısı 11 adettir [16].
Kayseri	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2022 Yılında SCADA Sistemine Dâhil Edilen İstasyonlar: 17 adet sondaj kuyusu; 21 adet depo, 10 adet yatay pompa, 17 adet DMA odası, 12 adet atıksu terfi [17].

Tablo 3. Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdareleri'nde SCADA kapsamında yürütülen faaliyetler (Devamı)
(Activities Carried Out under SCADA in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations (Continued))

İl	SCADA Faaliyetleri
Kocaeli	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 311 adet motor, 224 adet enerji analizörü, 601 adet su seviye sensörü, 56 adet giriş debimetresi, 292 adet çıkış debimetresi, 212 adet uzaktan kumandalı vana, 90 adet su kalite ölçüm analizörü, 54 adet manometrenin bakım onarımları ve işletmesi yapılmaktadır [18]. ❖ 2022 yılında 7 adet Su Kalite Cihazı revize edilerek toplam 93 Su Kalite Cihazı ile içme suyundaki pH, bulanıklık ve klor değerleri kontrol edilmekte ve olağan dışı durumlar için zamanında müdahalede bulunmaktadır [18]. ❖ 2022 yılı içerisinde mevcut cihazlara 741 adet bakım ve kalibrasyon işlemi yapılmıştır. ❖ Yıl içerisinde SCADA dâhilindeki haberleşme sistemi ve kamera hizmetleri için; 897 SCADA haberleşme, 431 kamera olmak üzere toplam 1.328 adet bakım ve onarım çalışması yapılmıştır [18].
Konya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA sistemi ilaveleri kapsamında 14 adet tesis için SCADA panosu malzemeleri temin ve tesisi, ihtiyaç olan tesislere 18 adet debimetre temin ve tesisi sağlandı. Konya genelinde 9 adet yeni kuyu, 2 adet yeni terfi, 3 adet yeni depo SCADA sisteminde devreye alındı. ❖ Konya İl merkezinde 1239 adet, diğer bölgelerde 2311 adet SCADA Sistemi, sensör ve otomasyon sistemi elektronik donanım arızası giderildi [19].
Malatya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2022 yılı içerisinde 13 ilçede toplam 65 tesis SCADA sistemine dâhil edilmiş ve 506 tesiste yazılım güncellemesi yapılmıştır [20]. ❖ Codesys destekli PLC'ler ile MASKİ ekipleri tarafından yapılan yazılımlar tesislerin ihtiyaç ve durumlarına göre değişmekte olup yazılım geliştirmeleri de yine ekipler tarafından yapılmaktadır [20].
Kahramanmaraş	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Pazarcık ilçesine kaynaktan terfi yapan merkez yenilenerek devreye alınmıştır. Sistem biriktirme deposu üzerinden ilçenin su talebini ve kesonların su seviyesini izleyerek motopompları uygun çalışma rejiminde çalıştırarak şebekeyi beslemektedir [22].
Muğla	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 90 adet yeni istasyon kurulumu yapıldı. 901 adet istasyon arızası giderilmiştir. 5 adet istasyon revize edilerek çalışır hale getirildi. Database üzerinde düzenleme çalışmalarına başlandı [24].
Sakarya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2023 yılında SCADA Sistemine Dâhil Edilen İstasyonlar: 5 adet sondaj kuyusu; 3 adet içme suyu depo, 3 adet içme suyu terfi merkezi, 1 adet debimetre istasyonu, 2 adet diğer (Su fabrikası, Fabrika deşarj...) [26]. ❖ 2023 yılı içinde 434 adet SCADA sistemi bakım, onarım ve revizyon faaliyeti gerçekleştirilmiştir [26]. ❖ 2023 yılı içerisinde Baraj hattı ve Hidroelektrik Santraller (HES) için SCADA projesinde izleme, üretim ve tüketim sayfası tasarlanmıştır [26].
Samsun	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 3.905 alarm oluşmuş olup uzaktan müdahale ile çözülen arızalar dâhil 635 tesiste otomasyon arızası giderilmiştir [27]. ❖ 2022 yılı içerisinde istasyonlarda arızalı durumda olan 68 PLC'ye müdahale edilip arızaları giderilmiştir [27].
Tekirdağ	<ul style="list-style-type: none"> ❖ TESKİ bünyesinde toplam 11 ilçe merkezi ve muhtelif mahalleler SCADA kapsamına alınmış, 309 otomasyon panosu kurulmuş olup; içme suyu SCADA sistemi nüfusun %92'sine hizmet etmektedir [28].
Trabzon	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Trabzon genelinde 200'den fazla kuyu, depo ve pompa istasyonunda kurulu RTU ve PLC ürünleri, TİSKİ SCADA sistemi üzerinden yönetilmektedir. Klor, pH metre, bulanıklık gibi parametreler izlenerek su kalitesi kontrolü yapılmaktadır [29]. ❖ 2 adet atık su arıtma tesisi SCADA sistemine dâhil edilmiştir [29].
Van	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Birimler arası (su depoları, terfi istasyonları, arıtma tesisleri vb.) anten sistemi ile kamera güvenlik sistemleri, İnternet, SCADA ve VOİB telefon santrallerinin haberleşme ağı kurularak gerekli sistemler devreye alınmıştır [30].

5. Büyükşehir Belediyeleri Su Ve Kanalizasyon İdarelerinde SCADA Uygulaması Çerçevesinde Elde Edilen Kazanımlar (Gains Achieved through the Implementation of SCADA Systems in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations)

Büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sistemi kullanılmadan önce pompa istasyonları, su depoları, terfi istasyonları, arıtım sistemi ve dağıtım sistemi manuel olarak işletilmekte idi. Örneğin derin kuyu pompalarının işletim ve kontrolü, debi ölçümleri, depolar arası su transferleri, su terfi istasyonlarının işletim ve kontrolü, suyun klorlanması, atıksu arıtma tesislerinde arıtılan suyun analizleri gibi birçok işlem ilgili tesise gidilerek manuel olarak yapılmaktaydı. Bu durum özellikle işgücünden ve zamandan büyük kayıplara neden olmaktaydı. Ülkemizdeki büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sistemlerinin kullanılması ile pek çok kazanım elde edilmiştir. Büyükşehir belediyelerinde SCADA uygulanması sonucunda elde edilen ortak kazanımlar aşağıda verilmiştir:

- (a) SCADA sistemi, çok geniş bir alana yayılmış olan içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinin işletilmesini, bakım/onarım çalışmalarının yapılmasını, su yönetiminin daha etkin kılınmasını ve kayıp/kaçakların azaltılmasını sağlamaktadır.
- (b) SCADA sistemi kapsamında, derin su kuyuları, su depoları, pompa terfi istasyonları, arıtma istasyonları, dağıtım şebekesi gibi çok sayıda unsur çevrim içi 7/24 saat izlenebilmekte ve bu unsurlara uzaktan müdahale edilebilmektedir.
- (c) SCADA sayesinde su kaynakları, su depoları, iletim pompa istasyonları, terfi pompa istasyonları arıtma tesisleri, su dağıtım şebekesi gibi birçok tesislerde tüm noktalarda (pompalar, motor ve vanalar, iletim hatları, kontrol noktaları vb.) merkezden izleme ve veri takibi yapılabilmektedir. SCADA aracılığıyla toplanan verilerden rapor ve grafikler üretilmekte ve arşivlenmektedir.
- (d) SCADA ile su temin ve dağıtım sistemlerinde iletim hatlarının en uygun basınç, su depolarının en uygun seviyelerde çalışmaları ve çevrimiçi kontrol yapılması sonucunda sistemin en verimli şekilde çalışması sağlanmaktadır.
- (e) SCADA ile yönetilen tüm istasyonlarda merkezi izleme/kontrol ile operasyonel kolaylıklar ve güvenilirlik sağlanmaktadır. Su iletim/dağıtım şebekesi üzerindeki bilgiye anlık erişim doğru karar verme sürecini hızlandırmaktadır.
- (f) SCADA sistemi şebekedeki kayıp/kaçakların önlenmesinde son derece önemli olan “fiziki kaçak arama” çalışmalarına önemli katkı sağlamaktadır. Tespit edilen su kaçaklarına zamanında müdahale edilebilmekte, böylece su ve enerji kayıplarının önüne geçilmektedir.
- (g) SCADA sistemi ile içme suyu şebekesine verilen su miktarı ile fatura edilen su miktarı arasındaki fark daha kolay belirlenebilmekte ve böylece kaçak su kullanımı daha kolay tespit edilebilmektedir.
- (h) SCADA ile hat basınçları, debiler, enerji tüketim bilgileri gibi kritik veriler izlenmekte, bu veriler (saatlik, günlük, haftalık, aylık, yıllık) depolanarak gerektiği zaman kullanılabilir. Bunun sonucunda kontrol maliyetleri azalmakta, arıza sıklıkları gözlemlenerek daha büyük problemlerin ortaya çıkması önlenmektedir.
- (i) Depolar ve pompalarda işgücü kaybı oluşması azalmakta ve işletme zamanından tasarruf edilmektedir. Bakım kolaylığı ve erken uyarı sistemleri ile problemlere interaktif müdahaleler yapılabilmektedir.
- (j) SCADA ile yönetilen istasyonlarda gelecekte ortaya çıkabilecek olası problemler, erken uyarı ve algılama avantajları ile önlenmektedir.
- (k) Su analiz cihazları kullanılarak pH, iletkenlik, bulanıklık ve klor seviyeleri ölçülebilmektedir.
- (l) Seviye sensörlerinin bulunmadığı su depolarında çok fazla su ve enerji kayıpları yaşanmakta idi. SCADA sistemi ile derin kuyu ve depolararası su transferleri otomatik olarak yapılabilmekte, böylece cazibeli suya öncelik verilerek enerji tasarrufu maksimum seviyeye çıkarılmaktadır.
- (m) SCADA kontrol merkezinden vana ve pompalara gerekli komutlar (açma/kapama/çalıştırma/durdurma) gönderilerek sisteme anlık müdahaleler yapılabilmektedir.
- (n) Arızalara anında müdahale yapılabilmekte, böylece vatandaşlar mağdur edilmeden olumsuzlukların önüne geçilmektedir.
- (o) SCADA sistemi işletme ve ekonomi açısından idarelere pek çok katkı sağlamakta, özellikle pompa istasyonlarında ve depolarda oluşan sorunlar hızlı bir şekilde tespit edilmekte ve bu problemler giderilerek üretim kayıpları en aza indirilmektedir.
- (p) SCADA sistemi sayesinde tesisler arası koordinasyon yapılabilmekte ve tüketicilere kesintisiz, sürekli ve yeterli su sağlanabilmektedir. SCADA sistemi sayesinde abonelerin suya olan değişken talebini karşılayacak model ve planlamalar yapılarak uygulamaya geçirilmektedir.
- (q) Uzaktan müdahale ile zaman ve çeşitli giderlerden tasarruf elde edilmektedir.

Yukarıda açıklanan ortak kazanımlara ilaveten büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA uygulaması çerçevesinde elde edilen özel kazanımlar Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA uygulaması çerçevesinde elde edilen özel kazanımlar (Benefits Gained through the Implementation of SCADA Systems in Metropolitan Municipalities' Water and Sewerage Administrations)

İl	SCADA Kazanımları
Adana	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA sistemi ile Adana ilinde ilk etapta 12 DMA bölgesinde bir yılda yaklaşık olarak 1,7 milyon metreküp su tasarrufu gerçekleştirilmiştir [3]. ❖ Adana iline alınan göç ve artan nüfusa oranla, Çatalan’dan gelen suyun artık yetmeyeceği, yeni arıtmalarla içme suyunun artırılması konusu gündemde idi. Yeni SCADA sistemiyle bu şekilde bir projeye en azından bir müddet gerek duyulmayacaktır. SCADA sistemi ile yeni bir arıtma yapma ihtiyacına da gerek kalmamıştır. Bugün arıtmanın maliyetinin 500-600 milyon lira olduğu göz önünde bulundurulursa SCADA kontrol merkezinin önemi daha iyi ortaya çıkmaktadır [3].
Antalya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA sisteminden alınan verilere göre 1.411 m³/h’lik su kaybı şebekeye geri kazandırılmıştır. Böylece bir yılda 12.360.360 m³/yıl suyun kaybedilmesi önlenmiştir [19]. ❖ 900 m³/saat debi değerinde kaçak ve su israfı önlenerek 2019 yılında 27 594 000 TL’lik kazanç elde edilmiştir. Su üretimi için olan elektrik tüketimi de modem ile haberleşme sisteminden takip edilip bu sayede toplam 14 906 TL tasarruf sağlanmıştır. Toplam olarak, SCADA sistemi ve fiziki kaçak arama çalışmaları sonucunda 2019 yılında 281 000 000 TL’nin üzerinde tasarruf elde edilmiştir [5].
Denizli	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA’nın su yönetiminde kullanılmaya başlanması ile son 4 yılda milyonlarca lira değerinde su ve enerji tasarrufu sağlanmıştır [9].
Gaziantep	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Q=6700 m³/h proje kapasiteli 3. Etap tesisin 2800 m³/h debi artırımı ile Q=9500 m³/h arıtma kapasitesine ulaştırılması sağlanmıştır. Kullanılan kimyasallardan mevsimsel olarak % 30-50 oranında tasarruf sağlanmıştır [13].
Hatay	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA sistemi ile veriler analiz edilerek pompaların maksimum verimde çalışması sağlanmakta, sistemlerdeki sensörler yardımıyla tesisler 7/24 izlenerek su taşkınları önlenmekte ve su iletim hatlarındaki kayıp ve kaçaklar tespit edilerek arızalara hızlı bir şekilde müdahale edilmektedir [31].
İstanbul	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Modern SCADA sistemi sayesinde yağış durumlarında barajlardaki yükselme oranı kısa sürede ölçülebilmekte, çıkabilecek bir arıza anında görülüp müdahale edilerek su kaybının önemli ölçüde önüne geçilmektedir [15].
Konya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ 2012 yılı 2007 yılı ile mukayese edildiğinde, 1 m³ su üretilebilmek için tüketilen enerji miktarında %16.48; şebeke arızalarında %19.1; pompa ve motor arızalarında ise %57.5 tasarruf elde edilmiştir [19]. ❖ SCADA sistemi sayesinde tesislerdeki pompalar üç tarifeli sayaç uygulamasına göre ucuz tarife saatleri gözetilerek çalıştırılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır [19]. ❖ KOSKİ SCADA Sistemi İle Elde Edilen Tasarruf Miktarları: Elektrik enerjisi: %15, personel ve ulaşım giderleri: %40, istasyonlarda ortaya çıkan arızalar: %45, şebekede ortaya çıkan arızalar: %25. Kayıp-kaçak su oranı %40’dan %28 seviyesine düşürülmüştür. Toplam işletme maliyetinde %25 kazanç elde edilmiştir [19].
Malatya	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA sistemi sayesinde arızalarda önemli oranda bir düşüş gerçekleşmiştir. Enerji maliyeti giderleri %35 azalmıştır. Bu da yatırım maliyetlerinin %70 oranında azalmasına yol açmaktadır [20].
Manisa	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Sondajlar gerekli durumlarda aktif veya pasif edilerek, enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Sondaj arızalarına anında ve nokta atışı yaparak zaman ve personelden tasarruf sağlanmaktadır. Depo seviyesi ve bölgesel patlaklar anında görülüp müdahale edilerek elektrik ve su tasarrufu sağlanmaktadır [21].
Samsun	<ul style="list-style-type: none"> ❖ SCADA sayesinde SASKİ’nin performansında önemli bir artış yaşanmıştır. Su kayıp kaçakları azalmıştır. Arızalara online bağlantı ile de uzaktan anında müdahale edilerek yaşanan arıza giderilmektedir. İçme suyu dağıtımında süreklilik sağlanmıştır [27].

6. Su ve Kanalizasyon İdarelerinde SCADA Kullanılmasının Etkinliklerini Artıracak ve Kapsamı Genişletecek Öneriler (Recommendations to Enhance Efficiency and Expand the Scope of SCADA Usage in Water and Sewerage Administrations)

Su temin/dağıtım sistemleri ve atık su uzaklaştırma sistemlerinde enerji verimliliği sağlanabilmesi için belediyeler SCADA sistemlerine geçmektedir. Yapılan araştırma sonucunda ülkemizdeki 30 büyükşehirden tümünün içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde SCADA sistemi kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular göz önüne alındığında su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA kullanılmasının etkinliklerini artıracak ve kapsamı genişletecek aşağıdaki önerilerin tavsiye edilmesi uygun bulunmuştur:

- (a) SCADA sisteminin etki alanının genişletilmesi kapsamında planlı biçimde çalışmalar yapılmalıdır. SCADA sistemleri ile yönetilmeyen içme suyu temin ve dağıtım sistemleri istasyonları/bileşenleri için SCADA sistemi kurulmalıdır.
- (b) Kapsam genişletme çalışmalarında İller Bankası tarafından yayımlanan “İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname” göz önüne alınmalı ve SCADA sisteminin su şebekesinde yer alan ve sisteme dâhil edilen istasyonlarla ilgili ana işlevleri kontrol merkezinden yerine getirmesi sağlanmalıdır [36].
- (c) Kırsal bölgelerdeki içme suyu depo ve terfi merkezlerinin uzaktan erişimle SCADA sistemine entegrasyonu yapılmalıdır. Bu istasyonların saha ekipmanlarının testleri, donanımsal ve yazılımsal yapılarının kontrolleri ve istasyon tasarımları yapılmalı ve saha ortamında entegrasyon sağlanmalıdır.
- (d) Atıksu arıtma tesislerinin SCADA sistemi ile kontrol edilmediği idarelerde atıksu arıtma tesisleri için SCADA sistemi kurulmalı ve devreye alınmalıdır.
- (e) SCADA sistemi tarafından takip edilen tüm cihazlar ve yazılımsal arızalara zamanında müdahale edilmesi sağlanmalıdır.
- (f) Ethernet/IP, Modbus, DNP3, Profinet ve diğer SCADA protokolleri geniş coğrafi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Protokoller, geniş alan ağının (WAN) ötesinde, uydular, kablosuz veya elektromanyetik sistemler, kablosuz taşıyıcılar, geleneksel telekomünikasyon ve/veya dış kaynaklı telekomünikasyon ortamları üzerinden iletişim kurmaktadır. Ağ bağlantısının genişlemesi ve SCADA sistemindeki varlıklara çevrimiçi erişim nedeniyle çoklu güvenlik açıkları ve siber saldırı riski bulunmaktadır. SCADA ağlarının güvenliğini artırmak için uygun güvenlik önlemleri alınmalıdır [48].
- (g) SCADA'nın donanımında, süper akıllı/smart sensör alanındaki gelişmeler, sensörlerin boyut ve fiyatında azalma olacağını göstermektedir. Aynı zamanda fonksiyonellik artacaktır. Fieldbus sistemler, kurulum ve kullanma açısından kolaylaşmaktadır. Herkesin kolayca kurabileceği ve tamamen çalıştıracağı bir Fieldbus sistemine doğru bir eğilim vardır. Bu, ayrıca, tamir maliyetini ve atıl zamanı (down time) düşürecektir, çünkü herşey modüler olacaktır. Süper akıllı sensörler, tüm sensör seviyesine kadar, SCADA yoluyla, kullanıcının problemleri görmesini sağlamaktadır [49]. Mevcut SCADA sistemleri bu teknolojik gelişmeler doğrultusunda yenilenmeli, iyileştirilmeli ve kapsamı genişletilmelidir.
- (h) Bilgisayarlar ve RTU'lar genellikle kendi başlarına bırakıldıklarında uzun süre sorunsuz çalışırlar. Bakım görevleri günlük, haftalık, aylık veya yıllık kontrolleri içerebilir. Bakım teknisyeni/mühendisi SCADA sistemi ekipmanlarını düzenli olarak kontrol etmelidir: RTU ve bileşen modülleri, analog giriş modülleri, dijital giriş modülü, RTU'dan PLC'ye arayüz (RS-232/RS-485), anahtarlı telefon hattı, analog veya dijital veri bağlantıları, ana siteler, merkezi site, Operatör istasyonu ve yazılımı [49].
- (i) SCADA sistemini uygun bir şekilde işletilmesi, sistemin bakım ve onarımının yapılması, sistemin geliştirilmesi ve yenilenmesi amacıyla çalışmalar yapılmalıdır.
- (j) SCADA sisteminin yazılım ve donanım olarak kurulumu ve işletilmesi çalışmaları daimi olarak sürdürülmelidir.

7. Sonuç (Conclusion)

Bu çalışma ülkemiz büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sistemlerinin kullanılma durumlarını belirlemek, etkinliklerini incelemek ve kapsamı genişletecek öneriler sunmak amacıyla yapılmıştır. Büyükşehir belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde kullanılan SCADA sistemlerinin karakteristikleri açıklanmış, SCADA kapsamında yürütülen faaliyetler irdelenmiş ve SCADA kullanılması ile elde edilen kazanımlar belirlenmiştir.

Su temin/dağıtım sistemleri ve atık su uzaklaştırma sistemlerinde enerji verimliliği sağlanabilmesi için belediyeler SCADA sistemlerine geçmektedir. Yapılan araştırma sonucunda ülkemizdeki 30 büyükşehirden tümünün içme suyu temin ve dağıtım sistemlerinde SCADA sistemi kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA kullanılmasının etkinliklerini artıracak ve kapsamı genişletecek öneriler sunulmuştur.

2014 yılında Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayımlanan “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği”, “Onuncu Kalkınma Planı Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu” ile Türkiye iklim Değişikliği Stratejisi’nde (2011-2023) içme-kullanma suyu temin ve dağıtım sistemlerinin yönetimine ilişkin “idarelerce uygun izleme sistemlerinin (SCADA vb.) kurulması hedefi belirlenmiştir [35]. Bu çalışmada tavsiye edilen önerilerin gerçekleştirilmesi büyükşehir belediyelerinin bu hedeflere ulaşmasına önemli katkılar yapabilir.

Öte yandan özellikle büyükşehir olmayan illerde ve ilçe merkezlerinde su temin/dağıtım sistemleri arıtma sistemleri ve atık su uzaklaştırma sistemlerinde SCADA sistemlerinin kullanılmasına ilişkin birçok çalışmanın yapılması gerekmektedir. Büyükşehir olmayan diğer il belediyeleri su ve kanalizasyon idarelerinde SCADA sistemlerinin kullanılma durumlarını belirlemek, etkinliklerini incelemek ve kapsamı genişletecek öneriler sunmak amacıyla yapılan çalışmanın sonuçlarının diğer bir makalede sunulması planlanmaktadır.

Semboller (Symbols)

ABC	Artificial Bee Colony Algorithm (Yapay Arı Algoritması)
BKV	Basınç Kırıcı Vana
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DMA	District Metered Area (Alt Ölçüm Bölgesi)
EBYS	Elektronik Belge Yönetim Sistemi
GES	Güneş Enerjisi Santrali
m ³	Metreküp
m ³ /saat	Metreküp/saat
m ³ /yıl	Metreküp/yıl
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
RTU	Remote Terminal Unit (Uzak Terminal Ünitesi)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Veri Tabanlı İzleme ve Kontrol Sistemi)
WAN	Wide Area Network (geniş alan ağı)

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Deklarasyon ve Etik Standartlar (Declaration and Ethical Standards)

Yazarlar bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanmasıyla ilgili olarak herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir. Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

Yazar Katkısı (Author Contribution)

Yazar 1 ve Yazar 2 sunulan fikri tasarlardı. Yazar 1, Yazar 2 ve Yazar 3 makalenin tasarlanmasına ve veri toplanmasına katkıda bulundu. Tüm yazarlar bulguları tartıştı ve makaleyi son haline getirdi.

Kaynaklar (References)

- [1] Akıllı H. and Özasan, R. K. "Su Kayıplarının Önlenmesinde Teknoloji Kullanımı: Büyükşehir Belediyelerinde SCADA Uygulaması," Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, vol. 22, Kayfor15 Özel Sayısı, ss. 1599-1618, (2017).
- [2] Gökçek, A. E. Yılmaz, M. Sekmen, U. Toptaş, M. and Sancakoğlu, M. "Su ve Kanalizasyon İdarelerinde Enerji Tüketiminin Azaltılması: Malatya Örneği," 5. ISPEC Uluslararası Modern Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Kayseri, Türkiye, 21-22 Nisan (2024).
- [3] T.C. Adana Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü – ASKİ, "Adana ASKİ Resmi Web Sitesi," Adana. Erişim Adresi: <https://www.adana-aski.gov.tr/web/default.aspx>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [4] T.C. Ankara Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - ASKİ, "Faaliyet Raporları," Ankara. Erişim Adresi: <https://www.aski.gov.tr/TR/Anasayfa>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [5] T.C. Antalya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - ASAT, "Faaliyet Raporları," Antalya. Erişim Adresi: <https://www.asat.gov.tr/tr/1>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [6] T.C. Aydın Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - ASKİ, "Faaliyet Raporları," Aydın. Erişim Adresi: <https://www.aydinaski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [7] T.C. Balıkesir Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - BASKİ, "Faaliyet Raporları," Balıkesir. Erişim Adresi: <https://www.balsu.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [8] T.C. Bursa Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - BUSKİ, "Faaliyet Raporları," Bursa. Erişim Adresi: <https://www.buski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [9] T.C. Denizli Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - DESKİ, "Faaliyet Raporları," Denizli. Erişim Adresi: <https://www.deski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [10] T.C. Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - DİSKİ, "Faaliyet Raporları," Diyarbakır. Erişim Adresi: <https://diski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [11] T.C. Erzurum Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - ESKİ, "Faaliyet Raporları," Erzurum. Erişim Adresi: <https://www.eski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.

- [12] T.C. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - ESKİ, "Faaliyet Raporları," Eskişehir. Erişim Adresi: <https://www.eski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [13] T.C. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - GASKİ, "Faaliyet Raporları," Gaziantep. Erişim Adresi: <https://gaski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [14] T.C. Mersin Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - MESKİ, "Faaliyet Raporları," Mersin. Erişim Adresi: <https://www.meski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [15] T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - İSKİ, "Faaliyet Raporları," İstanbul. Erişim Adresi: <https://iski.istanbul/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [16] T.C. İzmir Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - İZSU, "Faaliyet Raporları," İzmir. Erişim Adresi: <https://www.izsu.gov.tr/tr/Anasayfa>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [17] T.C. Kayseri Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - KASKİ, "Faaliyet Raporları," Kayseri. Erişim Adresi: <https://www.kaski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [18] T.C. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - İSU, "Faaliyet Raporları," Kocaeli. Erişim Adresi: <https://www.isu.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [19] T.C. Konya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - KOSKİ, "Faaliyet Raporları," Konya. Erişim Adresi: <https://www.koski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [20] T.C. Malatya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - MASKİ, "MASKİ Resmi Web Sitesi," Malatya. Erişim Adresi: <https://www.maski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [21] T.C. Manisa Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, "Faaliyet Raporları," Manisa. Erişim Adresi: <https://www.manisasu.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [22] T.C. Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - KASKİ, "Faaliyet Raporları," Kahramanmaraş. Erişim Adresi: <https://www.maraskaski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [23] T.C. Mardin Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - MARSU, "Faaliyet Raporları," Mardin. Erişim Adresi: <https://marsu.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [24] T.C. Muğla Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - MUSKİ, "Faaliyet Raporları," Muğla. Erişim Adresi: <https://www.muski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [25] T.C. Ordu Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü – OSKİ, "Faaliyet Raporları," Ordu. Erişim Adresi: <https://www.oski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.

- [26] T.C. Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - SASKİ, "Faaliyet Raporları," Sakarya. Erişim Adresi: <https://www.sakarya-saski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [27] T.C. Samsun Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - SASKİ, "Faaliyet Raporları," Samsun. Erişim Adresi: <https://www.saski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [28] T.C. Tekirdağ Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - TESKİ, "Faaliyet Raporları," Tekirdağ. Erişim Adresi: <https://www.teski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [29] T.C. Trabzon Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - TİSKİ, "Faaliyet Raporları," Trabzon. Erişim Adresi: <https://www.tiski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [30] T.C. Van Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü – VASKİ, "Faaliyet Raporları," Van. Erişim Adresi: <https://www.vaski.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [31] T.C. Hatay Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü - HATSU, "Faaliyet Raporları," Hatay. Erişim Adresi: <https://www.hatsu.gov.tr/index.php>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [32] Başa Ş. and Kurt, S. "Su ve Kanalizasyon İdarelerinde Akıllı Su Yönetimi Uygulamaları: Tekirdağ Örneği," Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, vol. 22, Kayfor15 Özel Sayısı, ss. 1519-1532, (2017).
- [33] Temido, J. Sousa, J. and Malheiro, R. "SCADA and Smart Metering Systems in Water Companies: A Perspective Based on the Value Creation Analysis," Procedia Engineering, vol. 70, pp. 1629-1638, (2014).
- [34] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, "İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği," Resmi Gazete, Sayı: 28994, 8 Mayıs (2014).
- [35] T.C. Kalkınma Bakanlığı, "10. Kalkınma Planı 2014-2018, Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu," Ankara, (2014).
- [36] İller Bankası, İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname, (2013).
- [37] TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Kontrol Sistemleri SCADA, EMO YAYIN NO: EK/2012/524, ISBN: 978-605-01-0421-9, (2012).
- [38] Teksuas, "SCADA Systems," Erişim Adresi: <https://www.teksuas.com/service/2/scada-systems>. Erişim Tarihi: 27-Ağustos-2024.
- [39] Barry, J. A. "WATERGY: Energy and Water Efficiency in Municipal Water Supply and Wastewater Treatment. Cost-Effective Savings of Water and Energy," The Alliance to Save Energy, (2007).

- [40] Dobriceanu, M. Bitoleanu, A. Popescu, M. Enache, S. and Subtirelu, E. "SCADA System for Monitoring Water Supply Networks," WSEAS Transactions on Systems, vol. 7, issue 10, pp. 1070-1079, (2008).
- [41] Bande C. M. and Bande, G. "SCADA System for Monitoring Water Supply Network: A Case Study," International Journal of Software & Hardware Research in Engineering, vol. 4, issue 1, ISSN-2347-4890, (2016).
- [42] Coelho B. and Andrade-Campos, A. "Efficiency Achievement in Water Supply Systems - A Review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 30, pp. 59-84, (2014).
- [43] Gündođdu S. and Şahin, Ö. "Su Dağıtım Sistemi için SCADA Sistem Haberleşmesi Planlaması," Haberleşme Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu, ss. 121-127, (2007).
- [44] Şen, C. "İçme Suyu Tesislerinde SCADA Sistemlerine Sezgisel Yaklaşımların Uygulanması," Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD, Sakarya, (2018).
- [45] Kurban, R. Güner, M. and Kütük, A. "İçme Suyu Temin Sistemlerinin SCADA Sistemleri ile Uzaktan Kontrolü ve Pompaların Hidrolik Analizi," 10. Pompa, Vana ve Kompresör Kongresi, Ankara, ss. 113-117, (2020).
- [46] Songur, M. Dabanlı, A. Yılmazel, B. and Şenyel Kürkçüođlu, M. A. "Su Dağıtım Şebekelerindeki Fiziki Kayıpların Önlenmesinde SCADA'nın Önemi: ASKİ Örneği," AKÜ FEMÜBİD, vol. 21, pp. 1424-1433, (2021). DOI: 10.35414/akufemubid.947662.
- [47] Sekmen, U. "İçme Suyu Temin Sistemlerinde Enerji Optimizasyonu," Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, (2022).
- [48] Basholli, F. Mema, B. Hyka, D. Basholli, A. and Daberdini, A. "Analysis of Security Challenges in SCADA Systems, A Technical Review on Automated Real-Time Systems," Advanced Engineering Days, vol. 8, pp. 18-22, (2023).
- [49] Bailey D. and Wright, E. Practical SCADA for Industry, Newnes, An imprint of Elsevier, (2003).

Yazar Biyografileri (Author Biographies)

<p>Ahmet Emre Gökçek</p>	<p>Ahmet Emre Gökçek, İnönü Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrencisidir ve Makine Mühendisliği alanında uzmanlaşmaktadır.</p>
 <p>Mehmet Yılmaz</p>	<p>Prof. Dr. Mehmet Yılmaz, İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde akademisyen olarak görev yapmaktadır. Uzmanlık alanları arasında makine mühendisliği, enerji ve mühendislik teknolojileri bulunmaktadır. Akademik çalışmaları, uluslararası bilimsel dergilerde yayımlanmış ve çeşitli atıflar almıştır.</p>
 <p>Ufuk Sekmen</p>	<p>Dr. Ufuk Sekmen, Makina Mühendisliği alanında uzman olup, su ve atık su yönetimi, enerji yönetimi, ve AB proje tasarımı konularında çalışmalar yapmaktadır. KASKİ Genel Müdürlüğü'nde Genel Müdür Yardımcısı olarak görev yapmaktadır ve daha önce çeşitli yönetici pozisyonlarında bulunmuştur. Dr. Sekmen, aynı zamanda İnönü Üniversitesi'nde doktora eğitimini tamamlamış ve mühendislik alanında lisans ve yüksek lisans derecelerini Erciyes Üniversitesi'nden almıştır.</p>
 <p>Murat Topbaş</p>	<p>Arş. Gör. Murat Topbaş, İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde görev yapmaktadır. Araştırma alanları arasında enerji teknolojileri, akışkanlar mekaniği ve yenilenebilir enerji sistemleri bulunmaktadır. Enerji depolama teknolojileri, güneş enerjisi ve hidrojen teknolojileri üzerine çalışmaları vardır.</p>