

-
**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**AKILLI ŞEHİRLER ÜZERİNE SİSTEMİK BİR LİTERATÜR
TARAMASI VE AKILLI ŞEHİRLERDE ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
UYGULAMA ALANLARI**

HAZIRLAYAN

BURCU BARUTÇU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA - 2021

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**AKILLI ŞEHİRLER ÜZERİNE SİSTEMİK BİR LİTERATÜR
TARAMASI VE AKILLI ŞEHİRLERDE ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
UYGULAMA ALANLARI**

HAZIRLAYAN

BURCU BARUTÇU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET GÜLŞEN

ANKARA - 2021

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Burcu BARUTÇU tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 30/ 08 / 2021

Tez Adı: Akıllı Şehirler Üzerine Sistemik Bir Literatür Taraması ve Akıllı Şehirlerde Endüstri Mühendisliği Uygulama Alanları

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

Dr. Öğr Üyesi Fatma Pınar GÖKSAL, Aksaray Üniversitesi

.....

Dr. Öğr Üyesi Barış KEÇECİ, Başkent Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜLŞEN, Başkent Üniversitesi

.....

ONAY

Prof. Dr. Faruk Elaldı
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü
Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 29 /08 / 2021

Öğrencinin Adı, Soyadı : Burcu BARUTÇU

Öğrencinin Numarası : 21820171

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜLŞEN

Tez Başlığı : Akıllı Şehirler Üzerine Sistemik Bir Literatür Taraması ve Akıllı Şehirlerde Endüstri Mühendisliği Uygulama Alanları

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 58 sayfalık kısmına ilişkin, 24 / 08 / 2021 tarihinde tez danışmanım tarafından “turnitin” adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %15’dir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Tarih: ... / ... / 20...
Prof. Dr. Yusuf Tansel İÇ

TEŞEKKÜRLER

Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı, aşağıda adı geçen kişilere tüm içtenliklerimle teşekkür ederim.

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet GÜLŞEN'e (tez danışmanı), bilgilerini bizden esirgemeyerek çalışmanın sonuca ulaşmasında her zaman yardımcı ve yol gösterici olduğu için...

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Barış Keçeci'ye (jüri başkanı), bilgileri ile yol gösterdiği ve çalışmaya katkılarından dolayı...

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Pınar Göksal'a (jüri üyesi), çalışmada kullanılan birimlerin düzeltilmesi için yol gösterdiği...

Sevgili eşime, aileme ve arkadaşlarıma her daim bana desteklerini gösterdikleri için...

ÖZET

Burcu BARUTÇU

**AKILLI ŞEHİRLER ÜZERİNE SİSTEMİK BİR LİTERATÜR TARAMASI VE
AKILLI ŞEHİRLERDE ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMA ALANLARI**

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

2021

21. yüzyılda teknolojinin hızla gelişmesi ve yeni iş olanaklarının ortaya çıkması nedeniyle kırsal alanlardan şehirlere hızlı bir göç dalgası başlamış ve bu durum mega kentlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak plansız nüfus artışı, kentlerin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğini tehlikeye atan çeşitli teknik, sosyal, ekonomik ve organizasyonel sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunları çözmek ve yeni teknolojilerin yardımıyla şehir fonksiyonlarını optimize etmek için akıllı şehir konsepti ortaya atılmıştır. Bu çalışma, akıllı şehir kavramının farklı tanımlarını, boyutlarını ve performans kriterlerini inceleyen sistematik bir literatür taraması kısmını içermektedir. Ayrıca başarılı akıllı şehir uygulamalarına genel bir bakış sunulmaktadır. Diğer taraftan, önemli uygulama alanlarından biri olan akıllı su ölçüm sistemleri detaylı olarak incelenmiş ve Ankara şehri için uygulama olanakları tartışılmıştır. Akıllı su sisteminin potansiyel faydaları kategoriler halinde sunulmuştur. Ayrıca akıllı su sistemlerinin kurulumu ve işletilmesi ile ilgili matematiksel modelleme problemleri anlatılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: Akıllı Şehirler, Akıllı Şehir Uygulamaları, Akıllı Su Ölçüm Sistemleri, Matematiksel Modelleme Problemleri, Sistemik Literatür Taraması.

ABSTRACT

Burcu BARUTÇU

A SYSTEMIC LITERATURE REVIEW ON SMART CITIES AND INDUSTRIAL ENGINEERING APPLICATIONS IN SMART CITIES

Başkent University Institute of Science

Industrial Engineering Department

In the 21st century, due to the rapid development of technology and the creation of new job opportunities, rapid migration has begun from rural areas to cities, leading to the emergence of megacities. However, the unplanned population growth causes various technical, social, economic, and organizational problems that endanger the economic and environmental sustainability of cities. The smart city concept has been introduced to solve these problems and optimize city functions with the help of new technologies. This study includes a systematic literature review of the smart city concept, emphasizing definitions, dimensions, and performance criteria. A general overview of successful smart city applications is presented. One of the critical application areas, smart water measurement systems, is analyzed in detail, and implementation opportunities for the city of Ankara are discussed. The potential benefits of the smart water system are presented in categories. In addition, mathematical modeling problems related to the installation and operation of smart water systems are explained.

KEYWORDS: Smart Cities, Smart City Applications, Smart Water Measurement Systems, Mathematical Modeling Problems, Systemic Literature Review.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER.....	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
TABLolar LİSTESİ	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Akıllı Şehir Kavramı ve Tanımı.....	3
2.2. Akıllı Şehirlerin Temel Bileşenleri.....	4
2.3. Teknolojiler	5
2.4. Akıllı Şehirlerin Özellikleri.....	6
2.5. Akıllı Şehirlerin Tarihi.....	9
2.6. Akıllı Şehir Çerçevesi	9
2.7. Akıllı Şehirler İçin Yol Haritası	11
2.8. Akıllı Şehirler ile İlgili Karşılaşılan Zorluklar	12
2.9. Literatür Taraması Sonuçları	12
3. AKILLI ŞEHİR UYGULAMALARI	14
3.1. Akıllı Sağlık Uygulaması.....	14
3.2. Akıllı Mobilite	15
3.3. Akıllı Ulaşım Sistemleri	16
3.4. Akıllı Tıbbi Tedavi	16
3.5. Yeşil Şehirlerin İnşa Edilmesi	17
4. AKILLI SU ÖLÇÜM (ASÖ) SİSTEMLERİ	18
4.1. ASÖ Kapsamında Yapılan Çalışmalar.....	19
4.2. Akıllı Ölçüm Sistemlerini Kullanmanın Zorlukları.....	20
4.3. Akıllı Su Sayaçlarının Çalışma Prensibi	21
5. AKILLI SU ÖLÇÜM SİSTEMİNİN ANKARA İLİNE UYGULANMASI.....	23

5.1. ASÖ Sistemlerinin Etkin Kurulumu için Yapılması Gerekenler.....	27
5.1.1. Abonelik ve su dağıtım altyapı planlarının hazırlanması.....	28
5.1.2. Gelişmiş bir sayaç altyapısı sisteminin kurulması ve sayaç okuma işleminin otomatikleştirilmesi.....	29
5.1.3. Bölge ölçüm alanlarının belirlenmesi ve kurulması	29
5.1.4. Sızıntı uyarı sisteminin kurulması	29
5.1.5. Farklı abonelik tipleri için ayrıntılı bir müşteri veri portalı oluşturulması.....	30
5.1.6. Talep ve gelir tahminlerinin gelişmiş veri analitiği yöntemleri kullanarak iyileştirilmesi	30
5.1.7. Alınan ölçümlerin veri madenciliği ve analizi yöntemleri kullanılarak analiz edilmesine imkân sağlayacak yeteneklerin kazanılması.....	30
5.1.8. Abonelere önceden belirlenmiş periyotlarda faturalandırma sistemine geçilmesi	31
5.2. Sistemin Sağlayacağı Faydalar.....	31
5.3. Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinde Matematiksel Modelleme Yaklaşımının Kullanılması	34
5.3.1. Baraj, su arıtma tesisi ve abone bölgelerinin planlanması problemi....	34
5.3.2. Müşteri segmentlerinin belirlenmesi ve özel fiyat tarifelerinin oluşturulması.....	35
5.3.3. Bölge su ölçüm noktalarının belirlenmesi ve bölgelere atanması	36
6. SONUÇ VE TEKLİFLER	37
7. KAYNAKLAR.....	39

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Teknoloji Uygulama Alanları ve Örnekleri [12].....	6
Tablo 2. Akıllı Şehirlerin Ortak Özellikleri.....	7
Tablo 3. Literatür Taraması Özeti	12
Tablo 4. Akıllı Su Sayaçları ve Su Tasarrufuna Etkisi.....	22
Tablo 5. Ankara İline Su Veren Barajlar [51]	24
Tablo 6. Ankara İline Hizmet Veren Su Arıtma Tesisleri [51]	24
Tablo 7. Ankara İli İlçelere ve Beldelere Göre Abone Sayıları	25
Tablo 8. Baraj, Su Arıtma Tesisleri ve Abone Bölgelerinin Planlanması Problemi	35
Tablo 9. Müşteri Segmentlerinin Belirlenmesi ve Özel Fiyat Tarifelerinin Oluşturulması	35
Tablo 10. Bölge Su Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi ve Bölgelere Atanması	36

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Akıllı Şehirlerin Temel Bileşenleri [3].....	5
Şekil 2. Akıllı Şehirlerde Bilgi Teknolojilerinin Kullanım Amaçları	8
Şekil 3. Akıllı Şehir Çerçevesi ve Boyutları	10
Şekil 4. Akıllı Şehirler İçin Yol Haritası	11
Şekil 5. Akıllı Ölçüm Sistemlerinde Karşılaşılan Problemler	20
Şekil 6. Akıllı Su Sayacı [45]	21
Şekil 7. Mekanik ve Kartlı Sayaçlar [52][53].....	25
Şekil 8. 2020 Yılı ASKİ Genel Müdürlüğü Standart Su Dengesi Formu	26
Şekil 9. Akıllı Su Ölçüm Sisteminin Kurulum Aşamaları	28
Şekil 10. Akıllı Su Ölçüm Sisteminin Faydalarının Sınıflandırılması	31
Şekil 11. Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinin İş ile ilgili Faydaları.....	32
Şekil 12. Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinin Müşteri ile ilgili Faydaları	33
Şekil 13. Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinin Ortak Faydaları	34

1. GİRİŞ

Özellikle 1980’li yıllardan itibaren kırsal kesimlerden kentlere doğru yoğun bir göç başlamış ve 2007 yılında kentlerde yaşayan insan sayısı kırsal alanlarda yaşayan nüfusu geçmiştir. Bu artış trendi günümüzde de devam etmekte olup yapılan tahminlere göre 2050 yılında dünya nüfusunun yaklaşık olarak üçte ikisinin kentlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir [1]. Kırsal kesimdeki düşük gelir seviyesi, yüksek işsizlik ve eksik istihdam, düşük istihdam kalitesi, gençlerin dışa göçü ve düşük hizmet kalitesi gibi sebepler kırsal alanlardan kentsel alanlara doğru göçlerin meydana gelmesine sebep olmaktadır[2]. Özellikle teknolojik imkanların büyük bir hızla gelişmesi ve ekonomik büyüme, şehirlerdeki refah seviyesine önemli ölçüde katkı sağlamış ve dolayısı ile bu bölgeleri daha da cazip hale getirmiştir [3].

Şehirler birbiri ile bütünleşmiş çok sayıda kişi, kuruluş, iletişim sistemleri, ulaşım altyapısı ve diğer kamu hizmetlerinden meydana gelen karmaşık sistemlerdir. Hızlı nüfus artışı ile birlikte ortaya çıkan kentleşme, şehirlerde ekonomik ve çevresel problemlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu problemler sosyal, ekonomik, teknik ve örgütsel sorunlar olarak kategorize edilebilir. Nikki Han & Kim [4] hızlı nüfus artışı ve büyüme ile ortaya çıkan ve günümüzde en çok karşılaşılan sorunları kirlilik, trafik problemleri ve sosyal eşitsizlik olarak belirtmektedir.

Bu sorunlara çözüm bulmak amacı ile gelişen teknolojiye dayalı çözümlerin yanı sıra kentsel planlama ile ilgili yeni yaklaşımlar da bilim dünyasında tartışılmaya başlanmıştır [5]. Bu çalışmalar sonucunda akıllı şehirler kavramı, akıllı kentsel gelişim ve sürdürülebilir sosyo-ekonomik büyümenin yeni bir modeli olarak ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, akıllı şehirler gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklı ihtiyaçlar ve koşullar altında ortaya çıktığından dolayı ortak bir tanım geliştirmek zorlaşmıştır. Günümüzde halen daha herkesin üstünde anlaşığı ve fikir birliğine vardığı ortak bir tanım bulunmamaktadır.

Akıllı şehirler ile ilgili olarak üzerinde uzlaşılan ortak bir tanım bulunmamakla birlikte, akıllı şehirlerin mevcut kaynakların daha iyi kullanmalarına yardımcı olan Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin (BİT) yaygın kullanımı ile karakterize edildiği konusunda geniş bir fikir birliği vardır [6]. Ancak BİT’nin bir şehirde sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği geliştirmek amacı ile kullanılan kaynaklardan sadece birisi olduğu

unutulmamalıdır. Bir şehrin BİT sistemleri ile donatılmış olması o şehrin yaşanılabilir ve iyi bir şehir olduğunu garanti etmez. Dolayısı ile bir şehirde başlatılan akıllı girişimlerin sayısı bir şehir için performans göstergesi olamaz. Ancak o şehirlerdeki yaşam kalitesini artırmak için yapılan girişimler hakkında bilgi verir.

Akıllı şehirler ile ilgili ortak bir tanım ve görüş eksikliği bulunmaktadır. Günümüzdeki akıllı şehirlerin özelliklerini anlamak, gelecekte akıllı şehirler ile ilgili eğilimlerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilir ve gelecekte bu konu ile ilgili yürütülecek çalışmalara katkı sağlayabilir. Bu nedenle bu çalışmanın amacı ortaya çıkan akıllı şehir modellerinin, şehir planlamacıları, teknoloji şirketleri ve akademisyenler tarafından geliştirilen akıllı şehir konseptinden farklı olup olmadığını ve nasıl farklılaştığını araştırmak ve akıllı şehirlerin boyutlarını ve performans ölçütlerini ortaya koymaktır. Akıllı şehir kavramı ile ilgili kavramsal çalışmaları açıkladıktan sonra uygulamaya yönelik olarak sıklıkla karşılaşılan akıllı şehir uygulamalarından örnekler verilecektir. Bu çalışma kapsamında akıllı şehir uygulamalarından akıllı ölçüm sistemleri ele alınmıştır. Özellikle dünya çapında meydana gelen küresel iklim değişiklikleri su kaynaklarını da önemli ölçüde etkilemekte ve gelecekte bu etkilerin artarak devam etmesi beklenmektedir. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının etkin ve tasarruflu kullanılması çok önemlidir. Suyun tasarruflu olarak kullanılmasını sağlayacak en etkili stratejilerden biri akıllı su ölçüm sistemlerinin kullanılmasıdır. Böylelikle kullanıcılar ve sistem yöneticileri su tüketimlerini eş zamanlı olarak takip edebilecek ve gerekli tedbirleri zamanında alabileceklerdir. Sonuç olarak su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesi giderek daha fazla önem kazanmakta ve bu alanda çok sayıda çalışma yürütülmektedir. Bu çalışmada akıllı su ölçüm sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalar incelendikten sonra bu uygulamaların Ankara ilinde kullanılmasına yönelik izlenmesi gereken işlem adımları, sistemin sağlayacağı faydalar ve bu sistemlerin kullanımı esnasında karşılaşılabilecek bazı matematiksel modelleme uygulama alanları açıklanacaktır. Sonuç ve teklifler kısmında yapılan çalışmalar özetlenecek ve geleceğe yönelik bazı çalışma alanları teklif edilecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Akıllı Şehir Kavramı ve Tanımı

Akıllı şehirler temel olarak veri toplamak amacı ile çeşitli elektronik yöntemler ve sensörler kullanan kentsel alanlardır. Veri toplamanın temel amacı kullanılan kaynakları daha verimli olarak kullanmak, hizmet ve operasyon kalitesini sürekli olarak artırmaktır. Veriler şehir içinde ikamet eden insanlardan, binalardan, altyapıdan ve diğer kolaylıklardan toplanır ve toplanan veriler analiz edilerek trafik ve ulaşım sistemleri, enerji üretim ve dağıtım sistemleri, kamu hizmetleri, su tedarik, arıtma ve dağıtım sistemleri, atıkların toplanması, geri dönüşümü ve imhası, asayiş ve suç tespiti, kamu alanlarının izlenmesi ve yönetimi, v.b. amaçlarla kullanılır.

Akıllı şehirler hizmet ve operasyonların verimliliğini artırmak ve şehirde ikamet eden insanlarla bağlantı kurmak amacı ile BİT'lerini ve nesnelerin internetine (IoT- internet of things) bağlı çeşitli fiziksel cihazları birbirine bağlar. Dolayısı ile akıllı şehirler hem şehir altyapısı ile hem de şehirde yaşayanlarla etkileşime girerek şehrin durumunu dinamik olarak takip edebilirler. Elde edilen bilgiler hizmet kalitesini, performansını ve etkileşimi artırırken maliyetleri ve kaynak tüketimini de azaltır.

Literatürde akıllı şehir kavramı ile ilgili olarak çok sayıda farklı tanım yapılmış olmakla birlikte üzerinde fikir birliğine varılan ortak bir tanım bulunmamaktadır ve bu yönü ile belirsiz bir kavramdır. Yapılan tanımlamalar arasında farklılıklar ve hatta tutarsızlıklar bulunmaktadır [7]. Mkrtychev v.d. [8] akıllı şehirler ile ilgili yapılan çeşitli tanımları incelemiş ve bu tanımlar arasındaki ortak noktaları ve farklılıkları analiz etmiştir. Bu çalışmada yer alan akıllı şehir tanımlarından bazıları aşağıda sunulmuştur [8]:

- **Tanım 1.** Akıllı Şehirler, şehirlerin planlamasını, inşasını, yönetimini ve hizmetlerini kolaylaştırmak için yeni nesil bilgi sistemlerini uygulayan yeni bir modeldir. (Çin Standardizasyon İdaresi)
- **Tanım 2.** Akıllı Şehirler, vatandaşları için sürdürülebilir, ferah ve kapsayıcı bir gelecek sağlamak için fiziksel ve dijital sistemler ile toplumun etkin entegrasyonunu ifade eden bir terimdir. (İngiliz Standartları Enstitüsü)
- **Tanım 3.** Akıllı sürdürülebilir şehirler ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan günümüz ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılarken; yaşam kalitesini, kentsel operasyon ve

hizmet verimliliğini ve rekabet gücünü iyileştirmek için bilgi iletişim sistemlerini kullanan şehirlerdir. (ITU-T Odak Grubu)

- **Tanım 4.** Akıllı şehirler sosyal, ekonomik ve çevresel çıktıları geliştirerek şimdi ve gelecekte vatandaşlarına daha iyi hizmet ve yaşam kalitesi sunmayı amaçlayan ve bilgi teknolojilerini kullanan sistemlerdir. (ISO Teknik Yönetim Kurulu)

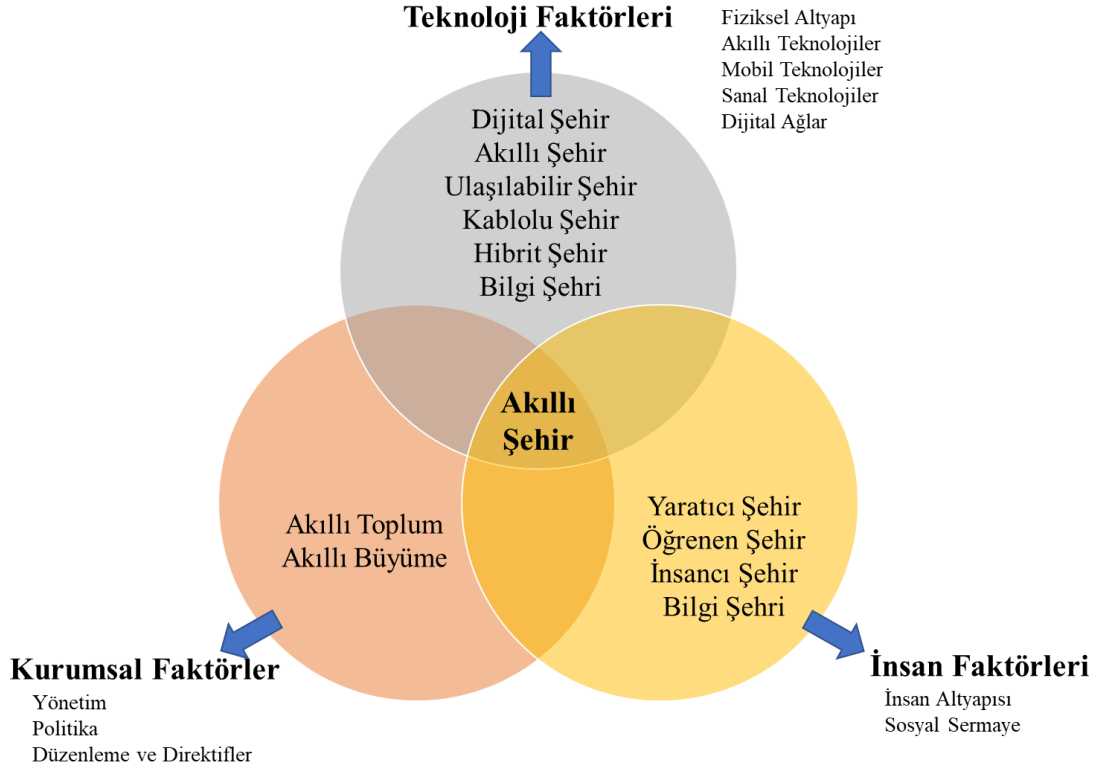
Akıllı teknolojilerde kullanılan teknolojilerin ve uygulamaların çok farklılık göstermesi nedeni ile net bir tanım ortaya koymak oldukça güçtür. Komninos [9] akıllı şehirleri tanımlamak için aşağıdaki faktörlerin kullanılabileceğini belirtmektedir:

- Toplum ve şehirler için çeşitli elektronik ve dijital teknolojilerin uygulanması.
- Şehir içindeki yaşamı ve çalışma ortamlarını dönüştürmek için BİT'lerin kullanımı.
- Geliştirilen BİT uygulamalarının hükümet ve kamu sistemlerine entegre edilmesi
- BİT'leri ve insanları bir araya getiren uygulamaların sundukları yenilikleri ve bilgiyi geliştirmek için bölgeselleştirilmesi.

Giffinger v.d. [10], akıllı şehir kavramını modern şehirlerin vatandaşlara sağlanan hizmetlerin kalitesini artırmasına olanak tanıyan akıllı çözümlerin aranması ve tanımlanması anlamında kullanmaktadır. Caragliu & Nijkamp [11] akıllı şehri insan, sosyal sermaye ve iletişim altyapısına yaptığı yatırımlar ile ekonomik büyümeyi ve yüksek yaşam kalitesini katılımcı yönetim ve doğal kaynakların akıllıca yönetilmesi yoluyla sürdürülebilir olarak mümkün kılan şehir olarak tanımlamaktadır. Law & Lynch [12] birçok farklı tanımlı incelemiş ve bunun sonucunda da akıllı şehirleri iletişim teknolojilerini kullanarak şehir gelişimini destekleyen, kentsel hizmetleri geliştiren ve paydaşların bilgiye erişimini artıran sistemler olarak tanımlamaktadır.

2.2. Akıllı Şehirlerin Temel Bileşenleri

Akıllı şehir kavramını daha iyi anlayabilmek için onu meydan getiren temel bileşenleri belirlemek gerekiyor. Nam & Pardo [3] yaptıkları detaylı literatür taraması sonucunda bu bileşenleri teknoloji, insan ve toplum olarak belirlemiştir. Çalışmada akıllı şehir kavramının altında yatan ortak ve çok boyutlu bileşenler ve temel faktörleri belirlemek için konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş ve ortak noktalar belirlenerek Şekil 1'de gösterildiği gibi akıllı şehrin bileşenleri ve faktörleri belirlenmiştir.



Şekil 1. Akıllı Şehirlerin Temel Bileşenleri [3]

Teknoloji faktörleri fiziksel altyapı, akıllı, mobil ve sanal teknolojiler ve sanal ağlardan meydana gelir. İnsan faktörleri insan altyapısı ve sosyal sermayeden, kurumsal faktörler ise yönetim, politika, düzenleme ve direktiflerden meydana gelir.

2.3. Teknolojiler

21. yüzyılda, BİT'lerde meydana gelen hızlı gelişmeler, sensör teknolojisindeki ilerlemeler ve hesaplama gücündeki üstel büyüme, son yirmi yılda şehirlerdeki teknoloji uygulamalarının artırdı ve yaygınlaştırdı. Akıllı şehirler, yaşamı kolaylaştırmak için IoT ağına bağlı cihazlar, çeşitli yazılımlar, kullanıcı ara yüzleri ve iletişim ağlarını kullanır. IoT, aralarında iletişim kuran ve veri alışverişini yapan ve bağlı cihazlardan (araçlar, ev aletleri, trafik ışıkları, sokak lambaları, vb.) oluşan bir ağıdır. Bu cihazlardan toplanan veriler, hem kamu hem de özel sektör verimliliklerinde iyileştirmeler yapılması ve vatandaşların yaşamlarında ekonomik faydalar ve iyileştirmeler sağlamak için bulutta veya sunucularda depolanır. Akıllı şehirler teknolojileri en çok ulaşım, çevresel sürdürülebilirlik, enerji ve doğal kaynakların korunması, sağlık ve eğitim ile ilgili uygulamalardan meydana gelmektedir. Teknoloji Uygulama alanları ve örnekleri Tablo 1'de sunulmuştur [12].

Tablo 1. Teknoloji Uygulama Alanları ve Örnekleri [12]

Uygulama Alanı	Uygulama Örnekleri
Ulaşım	<ul style="list-style-type: none"> • Akıllı park sistemleri • Kullanıcı talebine gerçek zamanlı olarak tepki veren trafik sinyalleri. • Park yeri bulmak, rezervasyon yapmak ve park yeri için ödeme yapmak için akıllı telefon uygulamaları. • Trafik ve yol koşullarını izlemek için caddelere ve kavşaklara yerleştirilen sensörler ve kameralar. • Trafiği azaltmayı, kamu güvenliğini artırmayı ve acil servisleri kolaylaştırmayı amaçlayan çözümlere olanak sağlamak için yol kenarı bağlantılı otoyollar. • Elektrikli ve otomatik sürüş sistemleriyle donatılmış araçların geliştirilmesi. • Araçtan araca (V2V), araçtan altyapıya (V2I) ve araçtan- her şeye (V2X) uygulamaları.
Çevresel Sürdürülebilirlik ve Enerji Koruma	<ul style="list-style-type: none"> • Akıllı park sistemleri • Kullanıcı talebine gerçek zamanlı olarak tepki veren trafik sinyalleri. • Park yeri bulmak, rezervasyon yapmak ve park yeri için ödeme yapmak için akıllı telefon uygulamaları. • Trafik ve yol koşullarını izlemek için caddelere ve kavşaklara yerleştirilen sensörler ve kameralar. • Yol kenarı bağlantılı otoyollar: Trafiğin azaltılması, kamu güvenliğini artırması ve acil servislerin kolaylaştırması. • Elektrikli araçların yanı sıra bağlantı ve otomatikleştirilmiş araçlarla donatılmış araçlar
Sağlık ve Eğitim	<ul style="list-style-type: none"> • Sanal öğrenme ile entegre artırılmış gerçeklik: Eğitim içeriği artık çevrimiçi öğrenme platformlarında gerçek dünyadaki deneyimsel öğrenmeyi de içerecek şekilde sunulabilir. • Telesağlık ve teletıp hizmetleri: Klinisyenler ve hastalar arasında cep telefonları, tabletler veya masaüstü bilgisayarlar aracılığıyla evde uzaktan hasta izleme ve video konferans. • Akıllı sağlık bilgi platformları ve tıbbi uygulamalar: Uzaktan bağlantılı evde bakım hizmetlerini. • Akıllı sağlık bilgi platformları ve tıbbi uygulama teknolojileri: uzaktan bağlantılı evde bakımı kolaylaştırır, doktorlara hastalıkları önlemede yardımcı olur, sağlıklı yaşamı teşvik eder ve yaşam kalitesini artırır.

2.4. Akıllı Şehirlerin Özellikleri

Angelidou [13] akıllı şehirler ile ilgili literatürü inceleyerek ortak özellikleri belirlemiş ve daha sonra da 15 farklı akıllı şehir için bu özelliklerin bulunup bulunmadığını incelemiştir. Akıllı şehirlerde bulunması gereken ortak özellikler Tablo 2’de özetlenmiştir:

Tablo 2. Akıllı Şehirlerin Ortak Özellikleri

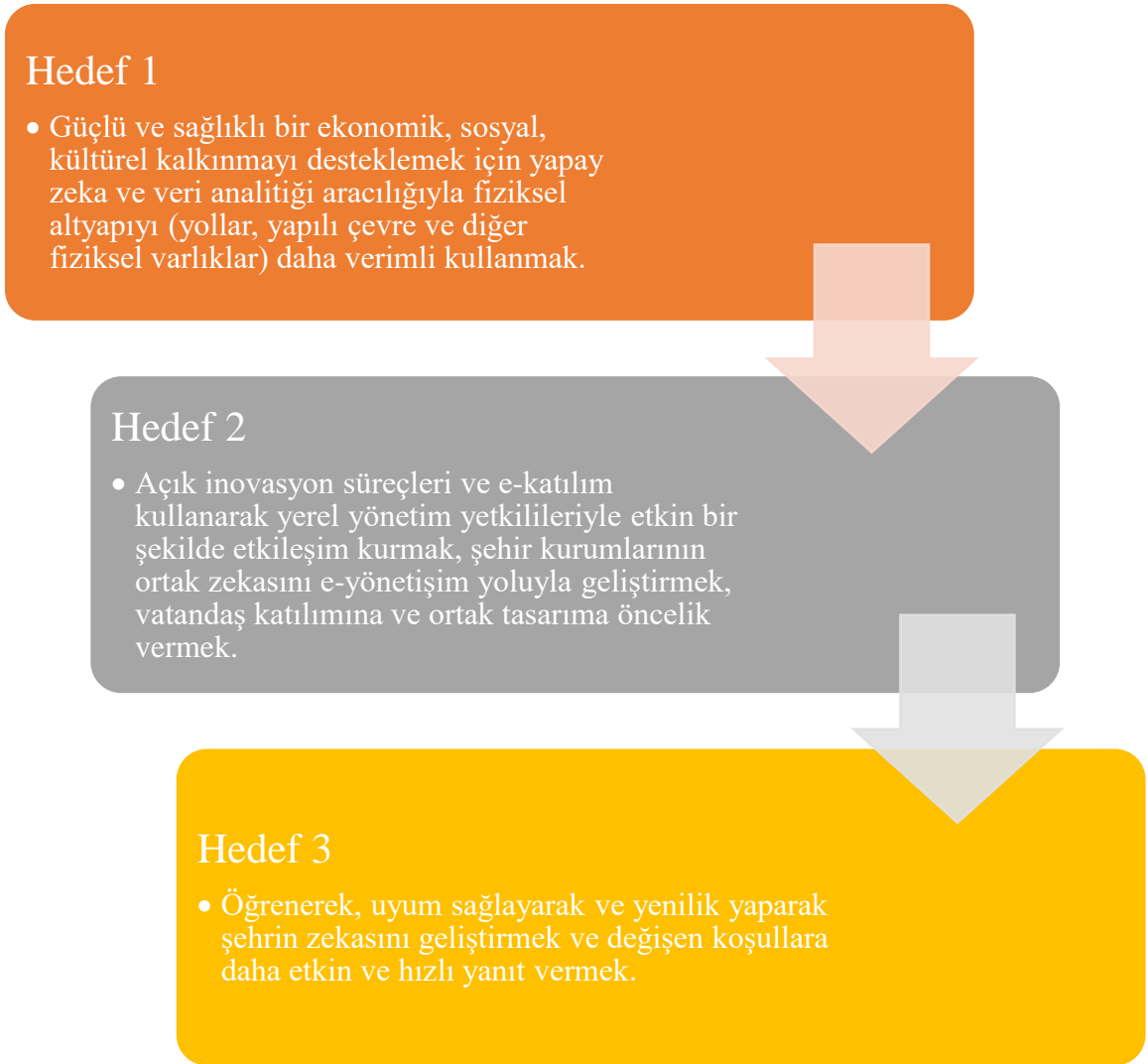
Teknoloji, BİT ve İnternet
Tüm akıllı şehir tanımları ve kavramları, bir şehrin akıllılığını geliştirmek için teknoloji ve dijital araçlardan yararlanma fikrine dayanmaktadır. BİT'ler, ekonomik ve politik verimliliği artırmak ve sosyal, kültürel ve kentsel gelişmeyi sağlamak amacı ile kullanılır [14].
Beşeri ve Sosyal Sermaye Gelişimi
Bilgili, eğitilmiş ve ilgili vatandaşlar, yüksek yaşam kalitesi ve vatandaşlık alanı yaratılması akıllı şehrin temel bileşenleri olarak kabul edilir [9].
Girişimcilik Teşviki
Sürdürülebilir ticari girişimler stratejik planlama açısından çok önemlidir ve bunun olması için de girişimcilerin desteklenmesi büyük önem arz eder [15].
Küresel İşbirliği ve Ağ Oluşturma
Özellikle komşu şehirleri gözlemlemek, onlarla işbirliği yapmak ve ağ oluşturmak ölçek ve kapsam ekonomisi açısından oldukça önemlidir ve fayda sağlaması beklenir [13].
Gizlilik ve Güvenlik
Gizlilik ve güvenlik birbiriyle yakından ilişkili iki diğer konudur ve akıllı şehirler bağlamında çok kritik bir konu olarak kabul edilir. Her ikisi de akıllı bir şehirde kullanıcı ve sensörler tarafından oluşturulan verilerin nasıl kullanıldığı ile ilgilidir [16].
Yerel Olarak Uyarlanmış Stratejiler
Akıllı şehir stratejilerinin bir başka özelliği de yerel olarak uyarlanabilme, yerel zorlukları, ihtiyaçları ve fırsatları dikkate alma yetenekleridir [17].
Katılımcı Yaklaşım
Akıllı şehir projelerinin planlanması ve uygulanmasında paydaşları aşağıdan yukarıya bir şekilde dahil eden katılımcı bir yaklaşım da akıllı şehir stratejilerinin belirleyici bir özelliğidir [15].
Yukarıdan Aşağı Koordinasyon
Tüm toplumu etkileyen büyük ve maliyetli projeler olarak akıllı şehir girişimleri, hem son derece etik hem de politiktir. Kısa vadeli siyasi çıkarlar yerine uzun vadeli topluluk çıkarlarını gözeterek şekilde yukarıdan aşağıya planlama yapılmalıdır [18].
Açık ve Çalışılabilir Stratejik Çerçeve

Akıllı şehir girişimlerinin açıkça tanımlanmış bir mimarisini yansıtan ve stratejik öncelikleri ve tamamlayıcılıkları dikkate alan açık bir stratejik çerçevenin tanımlanması gerekir [19].

Disiplinlerarası Planlama

Akıllı şehir girişimleri, kalkınmayla ilgili geniş bir yelpazeyi kapsadığından ve acil kentsel zorluklarla mücadele ettiğinden, bunların gelişimi disiplinler arası planlamanın bir ürünü olmalıdır [20].

Akıllı şehirlerin temelinde bilgi teknolojileri bulunmaktadır ve bu teknolojilerin kullanım amaçları Şekil 2’de özetlenmiştir [9]:



Şekil 2. Akıllı Şehirlerde Bilgi Teknolojilerinin Kullanım Amaçları

Akıllı şehirlerde kullanılan bilgi sistemleri, insan zekasının, kolektif zekanın ve yapay zekanın tüm boyutlarını entegre edebilmek amacı ile sürekli olarak bir gelişim içindedir [9].

Akıllı şehirlerin zekâsı kullanılan iletişim hatlarının, sensörlerin ve kullanılan yazılımların etkili bir şekilde bir araya gelmesi ile mümkün olmaktadır [21].

2.5. Akıllı Şehirlerin Tarihi

Akıllı şehirler ile ilgili yolculuk, Los Angeles'ın ilk kentsel büyük veri projesini (Los Angeles'ın Küme Analizi) başlattığı 1970'lere kadar uzanıyor. Günümüz manasında ilk akıllı şehir ise 1994'te sanal dijital bir şehrin yaratılması ile birlikte Amsterdam oldu. Daha sonra, 2000'li yılların ortalarında IBM ve Cisco'nun ayrı girişimler başlatmasıyla işler hızlandı. Cisco, 2005 yılında akıllı şehirlere yönelik araştırmalar için beş yılda 25 milyon dolar harcadı. Diğer taraftan IBM tarafından 2008 yılında geliştirilen IBM Daha Akıllı Gezegen projesi ile kentsel sorunları çözmek için sensörler, ağlar ve diğer analitik yöntemler kullanılmaya başlandı. 2009 yılında ise yine IBM şehirlerdeki verimliliğin artırılması amacı ile 50 milyon dolarlık akıllı şehirler projesini başlattı [22].

2011 yılında, akıllı şehirler temalı ilk kongre Barselona'da düzenlendi ve bu kongre her sene düzenli olarak yapılan bir etkinlik haline geldi. 2012 yılında Barselona toplu taşıma, park ve aydınlatma dahil olmak üzere veri odaklı bir sistemi devreye aldı. 2013 yılında Çin 90 şehirden meydana gelen ilk akıllı şehir pilot projesini duyurdu. 2014 yılında ise 103 şehri kapsayan ikinci parti başlatıldı. 2014 yılında Viyana Kent Konseyi, Akıllı Şehir Wien Çerçeve Stratejisini başlattı. 2015 yılında ise Çin 84 akıllı şehirden oluşan üçüncü projesini duyurdu. Aynı yıl Hindistan 100 şehir için akıllı şehirler projesini başlattı. Bu tarihten itibaren birçok ülkede benzer projeler başlatılarak akıllı şehirler geliştirilmeye başlandı. 2019 yılında G20 ülkeleri Dünya Ekonomik Forumunu Küresel Akıllı Şehirler Sekreteryası olarak seçti [22].

2.6. Akıllı Şehir Çerçevesi

Akıllı şehir yeteneklerinin oluşturulması, entegrasyonu ve benimsenmesi ve akıllı şehir kavramının özünde yer alan inovasyon ve fırsatların gerçekleştirilmesi için birtakım çerçevelerin kullanımını gerektirir. Çerçeveler, akıllı şehir gelişimiyle ilgili birçok kategoriyi içeren 5 ana boyuta ayrılabilir [23]. Bu boyutlar Şekil 3'de gösterildiği gibi teknoloji çerçevesi, insan çerçevesi, kurumsal çerçeve, enerji çerçevesi ve veri yönetimi çerçevesi olarak sınıflandırılmıştır.

Teknoloji Çerçevesi

- Akıllı şehirler, büyük ölçüde teknolojinin konuşlandırılmasına dayanır. Teknolojik altyapının farklı kombinasyonları, insan ve teknolojik sistemler arasında değişen seviyelerde etkileşime girerek hayatı kolaylaştırır ve verimliliği artırır.

İnsan Çerçevesi

- Akıllı şehir girişimleri, vatandaşlarının ve ziyaretçilerinin yaşam kalitesi üzerinde ölçülebilir olumlu etkilere sahiptir. Akıllı bir şehrin insan yapısı - ekonomisi, bilgi ağları ve insan destek sistemleri - başarının en önemli göstergeleridir.

Kurumsal Çerçeve

- Akıllı şehirlerin gelişmesi ile birlikte bilgi teknolojilerini kullanan kişi sayısının artırılması bir strateji olarak belirlendi. Bu sistemleri kullanan kişiler yaşam kalitelerini dahada yükseltebilmek için hükümet ve diğer kuruluşlarla beraber çalışmaya başladılar. Dolayısı ile kurumlar ve kişiler arasındaki etkileşim bilgi sistemlerinin kullanılmaya başlaması ile birlikte çok daha etkin ve verimli hale geldi.

Enerji Çerçevesi

- Akıllı şehirler, şehirde yaşayan ve çalışan insanlar için verimlilik yaratmak, sürdürülebilirliği artırmak, ekonomik kalkınma yaratmak ve yaşam kalitesi faktörlerini geliştirmek için veri ve teknolojiyi kullanır. Bu durum şehirlerin daha akıllı bir enerji altyapısına sahip olmasını gerektirir.

Veri Yönetimi Çerçevesi

- Akıllı şehirler, ağ oluşturma ve bilgi işlem teknolojileri ile birlikte veri toplama, işleme ve yayma teknolojilerini vatandaşlarının genel yaşam kalitesini artırmak için kullanırlar ve bu alanlarda yenilikçi uygulamaları teşvik ederler. Ayrıca sağlık, ulaşım, eğlence ve devlet hizmetleri gibi alanlarda veri güvenliği ve gizliliği konusunda da gerekli önlemleri alırlar.

Şekil 3. Akıllı Şehir Çerçeveleri ve Boyutları

2.7. Akıllı Şehirler İçin Yol Haritası

Akıllı şehir girişimlerine başlamadan önce yapılacak ilk iş bir yol haritası hazırlamaktır. Akıllı bir şehir için bir yol haritası geliştirmenin en önemli üç bileşeni, toplumu incelemek, akıllı bir şehir politikası geliştirmek ve e-devlet ve şehir çapında sağlam bir Wi-Fi altyapısı aracılığıyla toplulukla etkileşim kurmaktır. Şekil 4, üç aşamalı yol haritası sürecini göstermektedir [24] :



Şekil 4. Akıllı Şehirler İçin Yol Haritası

2.8. Akıllı Şehirler ile İlgili Karşılaşılan Zorluklar

Alawadhi v.d. [5] yaptıkları çalışmada akıllı şehir girişimleri kapsamında hükümet yetkilileri ve yöneticilerle yaptıkları görüşmelerden elde ettikleri bulguları, akıllı şehir girişimlerinin ortak özelliklerini ve zorluklarını ortaya koymuştur. İlk olarak bütçe kısıtlamalarının akıllı şehir girişimlerinin sürdürülebilir olmasındaki en temel zorluk olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir. Diğer taraftan sosyal medya uygulamalarının ve mobil iletişim teknolojilerinin gelişmesi, toplumun akıllı girişim uygulamalarına dahil edilmesi kapsamında yeni fırsatlar sunduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca akıllı şehir uygulamalarının organizasyon kültürünü değiştirdiği, veri odaklı yönetim nedeni ile şeffaflık ve hesap verebilirlik düzeyini artırdığı vurgulanmıştır.

2.9. Literatür Taraması Sonuçları

Bu bölümde akıllı şehirlerin özellikleri, tarihi, çerçevesi, yol haritası ve karşılaşılan zorluklar ile ilgili olarak detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. İncelenen makalelerden konumuz ile yakın ilişkili olanlar özetlenmiştir.

Tablo 3. Literatür Taraması Özeti

Kaynak	Çalışmanın Konusu	Kullanılan Metodoloji
[3]	Akıllı şehir kavramının teknoloji, insan ve organizasyon boyutları ile incelenmesi	Literatür Taraması
[4]	Toplumların sürdürülebilir akıllı yaşam şeklini benimsemesi açısından akıllı şehirlerin eleştirel olarak incelenmesi	İncelenecek makalelerin seçilmesi ve değerlendirilmesi için analitik bir araştırma modeli olan “Sürdürülebilir Akıllı Yaşam çerçevesinin” geliştirilmesi
[5]	Akıllı şehir girişimlerine ilişkin anlayış oluşturma	Devlet yetkilileri ve yöneticilerle yapılan görüşmeler ve anket çalışmaları
[6]	Akıllı Şehirlerde bulunan altyapı olanaklarının vatandaş gereksinimleriyle uyumlu hale getirilmesi için kavramsal bir çerçevenin önerilmesi	Sistemik literatür taraması
[8]	Akıllı Şehir konsepti için çeşitli tanımların analizi	Farklı akıllı şehir tanımlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi
[10]	Avrupa’da bulunan orta ölçekli akıllı şehirlerinin sıralanması	Seçilen akıllı şehirlerin birden çok kriter kullanılarak değerlendirilmesi ve sıralanması
[11]	Avrupa’da bulunan akıllı şehirlerin incelenmesi	Literatür taraması İstatistiksel ve grafiksel analizler

Tablo 3 (Devamı)

Kaynak	Çalışmanın Konusu	Kullanılan Metodoloji
[12]	Akıllı şehirlerde kullanılan teknolojilerin ve karşılaşılan zorlukların incelenmesi	Akıllı şehir alanındaki teknoloji trendlerini seçici bir şekilde gözden geçirmek ve karşılaşılan zorlukları incelemek
[13]	Akıllı şehirlerin özelliklerinin belirlenmesi	Literatür taraması
[15]	Sürdürülebilir kentsel gelişim için sosyal inovasyon girişimlerinin araştırılması	Literatür taraması ve ampirik inceleme
[16]	Akıllı şehirlerin tanımlanması ve mevcut eksikliklerin ele alınması	Literatür taraması
[17]	Akıllı şehirlerin açık inovasyon için bir bağlantı noktası olup olmadığının araştırılması	Kritik inceleme, literatür taraması
[18]	Afrika’da bulunan akıllı şehir girişimlerinin incelenmesi	Literatür taraması
[19]	Akıllı şehirlere yönelik stratejileri belirlerken kullanılan politikaların incelenmesi ve faktörlerin etkisinin araştırılması.	Akıllı şehir literatürü ve deneyimi temelinde, dört stratejik seçeneğin gözden geçirilmesi ve sınıflandırılması.
[20]	Akıllı şehirler arasında açığa çıkan rekabetin ölçümü	Akıllı şehirler ile ilgili rekabet unsurlarının belirlenmesi ve farklı şehirlerin bu unsurlar doğrultusunda incelenmesi

Günümüzde şehirlerde sosyal, ekonomik ve teknolojik kısıtlamalardan dolayı birçok problemle karşı karşıya bulunmaktadır. Bu problemlerden bazıları işsizlik, yoksulluk, trafik sıkışıklığı, yüksek suç oranları, siber saldırılar, ağır işleyen bürokratik işlemler vb. Bu problemleri çözmek için insan, süreç ve teknoloji unsurlarından meydana gelen akıllı şehir kavramı ortaya çıkmıştır.

Şehirler yönetimlerinin toplumları incelemesi, politikalar oluşturması ve vatandaşların ve toplumun ihtiyaçlarını karşılamak için teknolojik çözümler uygulaması bekleniyor. Bu nedenle yöneticiler yenilikçi olmalı ve vatandaşları için sürdürülebilir bir gelecek yaratmak için riskleri ve zorlukları azaltmaya yönelik çözümler sunmak ve bunları ele almak için bir yol haritası geliştirmelidir. Bu yönü ile dijital dönüşüm, bu zorlukların birçoğunun üstesinden gelmek için güvenilebilecek ve gelecek vadeden seçeneklerden biridir.

3. AKILLI ŞEHİR UYGULAMALARI

Bu bölümde akıllı Şehir uygulamalarına çeşitli örnekler verilecektir. Bu örnekler arasında akıllı sağlık, mobilite, ulaşım sistemleri, tıbbi tedavi uygulamaları ve yeşil Şehirlerin inşa edilmesi bulunmaktadır. Bu çalışmada uygulama alanı olarak birçok endüstri mühendisliği problemini bünyesinde barındırdığı ve fayda/maliyet oranı ağıısından ön plana çıktığı için akıllı su ölçüm sistemleri seğıilmiŐtir. Akıllı su ölçüm sistemleri bir sonraki bölümde detaylı olarak ele alınacaktır.

3.1. Akıllı Sağlık Uygulaması

YaŐlanan popölasyonlar akıllı sağlık uygulamalarına olan ihtiyaçı artırmaktadır. YaŐlılar ve hasta insanlar evde kalmak ve mümkün olduğu kadar uzun süre kendilerine bakma fırsatına sahip olmak istiyorlar. Bu durum hasta ve yakınları için itibar ve güvenlikle ilgilidir. Aynı zamanda belediyeler, yaŐlılar için yeni huzurevleri ve barınma evleri inşa etmek yerine insanlara kendi evlerinde yardım ederek milyonlarca tasarruf sağlayabilir.

Akıllı bilgi sistem teknoloji çözümleri, insanlara ilaçlarını almalarını, ocaklarını kapatmalarını, kapılarını kilitlemelerini ve hatta bir yürüyüŐten sonra eve dönüŐ yolunu bulmalarını hatırlatmaya yardımcı olabilir. Hem evde hem de hastalardaki yeni sensörler, ilgili alıcılara sapma mesajlarını iletebilir. Örneğin bir hasta sabahları su kullanmadıysa, bir su veri ölçer önemli bir sapma mesajı sağlayabilir. Farklı belediye departmanları arasındaki iş birliği ve entegrasyon, çok sayıda yeni hizmet ve ürün yaratabilir.

Tuli v.d. [25] toplu derin öğrenmeyi Edge hesaplama cihazlarına entegre etmek için HealthFog adlı yeni bir yöntem önermiŐ ve kalp hastalıklarını otomatik olarak analizinin gerçek hayatta uygulamak üzere bir uygulama geliŐtirmiŐlerdir. HealthFog, IoT cihazlarını kullanan bir sis hizmeti olarak sağlık hizmeti sunar ve kullanıcı istekleri olarak gelen kalp hastalarının verilerini verimli bir Şekilde yönetir.

Taştan [26] sürekli gözetim altında olması gereken kardiyovasküler hastalar için HR, HRV ve CT parametrelerini izleyebilen Android tabanlı bir uygulama geliştirilmiştir. Giyilebilir sensörlerden oluşan ölçüm sistemi, sürekli olarak hastalardan gelen verileri ölçer. Ardından ölçülen sinyalleri kablosuz bağlantı üzerinden android arayüzüne gönderir. Hasta için önceden belirlenen kritik değerlerin aŐılması durumunda HR, HRV, CT değerleri ve ayrıca hastanın gerçek zamanlı konumu hem aile üyelerine hem de doktora e-posta ve twitter

bildirimi olarak gönderilir. Giyilebilir ölçüm sistemi, hastaların kendi sosyal çevrelerinde mobil olmalarına ve hayatlarını güven içinde yaşamalarına olanak tanır.

Manogaran v.d. [27] sağlık uygulamaları için ölçeklenebilir sensör verilerini (büyük veri) depolamak, işlemek için yeni bir IoT mimarisi önermektedir. Önerilen mimari, Meta Sis Yeniden Yönlendirme (MF-R) ve Gruplandırma ve Seçme (GC) mimarisi olmak üzere iki ana alt mimariden oluşur.

3.2. Akıllı Mobilite

Akıllı Mobilite, insanları ve malları bir noktadan diğerine yeni, yenilikçi ve sürdürülebilir yollarla taşımakla ilgilidir. Kendiniz için yeni bir arabaya ihtiyacınız var mı? Komşunuzun siparişinizi teslim etmesi mümkün mü ve cep telefonlarındaki tüm gerçek zamanlı verileri gerçekte ne için kullanabiliriz? Paylaşım ekonomisi, otonom araçlar, bilgi sistemleri ve gerçek zamanlı veriler, yeni hizmetleri ve akıllı multi-modal ulaşım sistemlerini şekillendiriyor. Sürdürülebilir hedefler, emisyonları azaltmamızı ve kirletici olmayan ulaşım yöntemlerinin ve toplu taşıma sistemlerinin kullanımını artırmayı hedeflemektedir.

Nikitas v.d. [28] yapay zekanın ulaşımın ve akıllı şehrin çok az çalışılmış bağlantı noktasını ve bunun kentsel geleceği nasıl etkileyeceğini kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Özellikle bağlı ve otonom araçlar, otonom kişisel ve insansız hava araçları ve akıllı mobilite girişimleri açıklanmaktadır. Çalışma araştırmacılar ve şehir planlamacıları için yarının belirsiz akıllı hareketlilik terimlerinin net ve sistematik tanımlarını vermekte ve geleceğe ışık tutmaktadır.

Yigitcanlar & Kamruzzaman [29], internete erişim olanaklarının artması ile işe gidiş geliş davranışında sürdürülebilirliği araştırmak için evde çalışma dahil olmak üzere farklı ulaşım modlarının kullanımını araştırmıştır. Bulgular, geniş bant İnternete artan erişimin evden çalışma düzeyini, toplu taşıma kullanımını ve aktif ulaşım kullanımını azalttığını, ancak özel araçların kullanımını artırdığını göstermektedir.

Battarra v.d. [30] yaşlı seyahatlerini iyileştirmek için yeni teknolojilerin kullanımını araştırmıştır. Makale, analiz edilen İtalyan şehirleri örneğinde ulaştırma sektörüne uygulanan BİT'lerin potansiyellerini tam olarak fark etmediklerini göstermeye çalışmaktadır; bu sınırlı uygulama alanlarından değil, yenilikleri uygularken "sistem odaklı" bir bakış açısının eksikliğinden kaynaklandığı öne sürülmektedir.

3.3. Akıllı Ulaşım Sistemleri

İhtiyaçlara ve trafik durumuna göre, her şehir geleneksel ulaşım sistemini değiştirmek için sensör ağından, nesnelere internetinden ve diğer teknik araçlardan iyi bir şekilde yararlanabilir ve uyarlanabilir trafik sinyali (trafiğin akış süresine göre otomatik kontrolü dahil) akıllı trafik yönetim sistemini kurabilir. Bu noktada akıllı trafik yönetim sistemi, kentsel planlama, inşaat, yönetim ve operasyonların entegrasyonunu sağlayabilir ve akıllı kentsel sistemin diğer alt sistemleri için kapsamlı destek sağlayabilir.

Zhang v.d. [31], gelecekte kullanılması planlanan trafik sistemi için yeni bir sürekli dinamik modeli geliştirmiştir. Newton'un ikinci hareket yasasını kullanan model doğal olarak trafik hacmini korur ve çalışmayı mevcut makroskobik trafik akışı modellerinden ayıran 2 boyutlu yapısı nedeniyle hem boylamsal hem de yanal trafik işlemlerini otomatik olarak gerçekleştirir.

Jan v.d. [32] gerçek zamanlı ulaşım verilerini işlemek için bir model önermektedir. Sistem dört katmana bölünmüştür: veri toplama ve edinme, ağ, veri işleme ve uygulama. Her katman, verileri iyi organize edilmiş bir biçimde işleyecek ve yönetecek şekilde tasarlanmıştır. Veriler olay ve karar mekanizması kullanılarak kullanıcılara dağıtılmaktadır.

3.4. Akıllı Tıbbi Tedavi

Akıllı tıbbi tedaviye uygulanacak büyük potansiyele sahip Nesnelere İnterneti, hastanelerin akıllı tıbbi bakım ve tıbbi materyallerin akıllı yönetimini başarmasına yardımcı olabilir ve dahili tıbbi bilgilerin, ekipmanın dijital olarak toplanmasını, işlenmesini, depolanmasını, iletilmesini ve paylaşılmasını destekleyebilir. Ayrıca, tıbbi bilgi, tıbbi ekipman ve sarf malzemeleri, akıllı yönetim ve halk sağlığının denetiminde akıllı yönetim ve denetimin ihtiyaçlarını karşılayabilir.

Akıllı sağlık hizmeti kavramını tanıtmak amacıyla, Tian v.d. [33] ilk olarak akıllı sağlık hizmetini destekleyen temel teknolojileri listelemiş ve birkaç önemli alanda akıllı sağlık hizmetinin mevcut durumunu tanıtmışlardır. Daha sonra mevcut sorunları akıllı sağlık hizmetleri ile ilişkilendirerek bunlara çözümler önermektedirler. Son olarak akıllı sağlık hizmetinin gelecekteki durumunu değerlendirmektedirler.

Greco v.d. [34] giyilebilir sensörlerden erken sağlık izleme çözümlerinden başlayarak akıllı sağlık uygulamaları ile ilgili son trendleri incelemektedir. Ayrıca çalışmada sağlık

hizmetlerinde IoT çözümlerinin genel kullanımını hakkında kısa bir inceleme de önerilmektedir.

3.5. Yeşil Şehirlerin İnşa Edilmesi

Şehir sınırları dahilinde, farklı cihazların oluşturduğu çeşitli sistemlerin ağ oluşturmasını ve birlikte çalışabilirliğini sağlayabilir ve yeni bir kentsel model ve yeşil bir şehir sistemi oluşturmak için çeşitli izleme ve alarm kaynaklarını kapsamlı bir şekilde kullanabiliriz. Teknolojik platformla, çeşitli cihazların ve sistemlerin yalnızca ağ oluşturmasını, birlikte çalışabilirliğini ve karşılıklı kontrolünü değil, aynı zamanda ses, video ve alarm bilgilerinin toplanması, iletilmesi, depolanması, görüntülenmesi ve kontrolünü de elde edebiliriz. Aynı zamanda alarm sistemi ile bağlantı kurabilir ve diğer sistemlere veri arayüzü sağlayabilir.

Artmann v.d. [35], akıllı büyüme ve yeşil altyapı kavramlarını birleştirerek kompakt ve yeşil şehirler için sistematik bir kavramsal çerçeve sunmaktadır. Gösterge tabanlı, akıllı-kompakt-yeşil şehir çerçevesi iki yönü içerir: 1) akıllı kompakt şehirler ve 2) akıllı yeşil şehirler.

Mingaleva v.d. [36], modern yeşil ve akıllı şehirlerin gelişiminde atık yönetiminin rolünü araştırmayı ve akıllı teknolojilerle şehirleri yeşil şehirlere dönüştüren programlarda birkaç kilit noktanın varlığını belirlemeyi amaçlamaktadır.

4. AKILLI SU ÖLÇÜM (ASÖ) SİSTEMLERİ

Yakın geçmişte, dünya çapında tatlı suya olan talep, büyük ölçüde dünyanın artan nüfusunun yanı sıra, değişen yaşam tarzları ve daha yüksek su tüketimiyle ilişkilendirilen yeme alışkanlıkları nedeniyle artmıştır. Artış, tipik olarak büyük miktarlarda su tüketen üretim endüstrilerine ek olarak normalde daha yüksek nüfus yoğunluğuna sahip kentsel ortamlarda daha belirgindir. Türkiye'de nüfusun yaklaşık%92'si kentsel alanlarda yaşamaktadır [37].

Türkiye'deki kentsel alanlara su temini, esas olarak devlete ait su hizmeti şirketlerinin ve belediyelerin sorumluluğundadır. Bu ajanslar, su sayaçları dahil olmak üzere su tedarik altyapısına sahiptir ve piyasada rakip olmadığı için iş modelleri pek çok açıdan tekel olarak sınıflandırılabilir.

Randall & Koech [38] yaptıkları çalışmada kentsel alanlarda su yönetimin etkin olarak yapılabilmesi için akıllı su ölçüm teknolojilerini ele almışlardır. Şehirlerde genellikle evsel ve endüstriyel kullanım için tatlı su temininde zorluklar yaşanmaktadır. Özellikle global olarak meydana gelen iklim değişikliğinin bu durumda etkisi büyüktür. Bu nedenle suyun tasarruflu kullanımın sağlayacak çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Örnek olarak sensörlü ve su akışını ayarlayabilen musluklar ve duşları ve tuvaletlerde sifon ve pisuar kullanımının optimize edilmesini verebiliriz. Bu tedbirlere ek olarak özellikle su ile çalışan cihazların suyu daha efektif kullanabilmeleri için çeşitli teknolojik girişimlerde olmuştur. Örneğin susuz çalışan pisuarlar, elektronik musluklar, sızıntı belirleme sensörleri, vb. [38].

Etkili kentsel su yönetimi için yaygın olarak kullanılan belki de en etkili strateji su ölçümüdür. Bir su sayacının amacı, geleneksel olarak faturalama amacıyla belirli bir süre boyunca bir tüketiciye sağlanan su miktarını (genellikle litre veya mega litre gibi hacimsel olarak) ölçmektir [39].

Geleneksel olarak, su sayaçlarının belirli bir zaman aralığında fiziksel olarak okunması gerekir, bu hem emek hem de zaman yoğun bir işlemdir. Türkiye'deki çoğu yerel ikametgâh için, sayaç okuma aylık olarak yapılmaktadır. Bu, faturalama amaçları için yeterli olsa da gerçek su kullanım davranışı, sızıntı ve mevsimsel değişiklikler hakkında sınırlı bilgi sağlar. Su kaynaklarının etkin yönetimi, su tüketimi uygulamalarının doğru, zamanında ve güvenilir şekilde ölçülmesini ve izlenmesini gerektirir [40].

Bu nedenle, daha yakın zamanlarda, Akıllı Su Ölçümü (ASÖ) olarak bilinen gelişen bir teknoloji kullanılmaya başlanmıştır. ASÖ teknolojisi, su yetkililerinin su sayacı okumalarını uzaktan ve daha yüksek bir frekansta ve talep ve tüketim yönetimi, sızıntı tespiti ve su tasarrufu da dahil olmak üzere çeşitli amaçlarla kullanılacak bir formatta almasına olanak tanır [41]. Özellikle, su kullanımı verilerini neredeyse gerçek zamanlı olarak toplama, analiz etme ve su kullanıcılarına iletme yeteneği, su kullanım davranış modellerinde önemli değişikliklere neden olma potansiyeline sahiptir. Akıllı su sayaçları bu nedenle su kullanıcılarına yönelik geri bildirimini iyileştirmenin bir yolu olarak görülmektedir.

4.1. ASÖ Kapsamında Yapılan Çalışmalar

Akıllı su sayaçları, insanlara ve belediyelere su altyapısı üzerinde genel yönetim ve kontrol sağlar. Otomatik sayaç okuma ve faturalama akla ilk gelen faydalar olarak sıralanabilir. Kamu şebekelerindeki sızıntılar daha hızlı tespit edilebilir ve belediyeler, su şebekesinden durum sinyalleri alarak maliyetli kazaları önleyebilir. Kişiler daha sonra çok maliyetli olabilecek sızıntıları zamanında tespit ederek su tüketimleri üzerinde kontrol sahibi olabilirler. Sisteme yerleştirilen sensörler su kalitesi bilgilerini, gerçek tüketim ve bakım ihtiyaçları ile ilgili verileri toplayarak karar vericilere gönderirler. Akıllı Su Sistemi, insan yaşamını kolaylaştırır ve daha iyi planlama yapmak için bir temel oluşturur. Bu bilgi aynı zamanda yeni ürünler, zamana dayalı fiyatlandırma ve daha iyi kaynak kullanımı için fırsatlar yaratır.

Alvisi v.d. [42], su hizmeti veren şirketlerle iş birliği ile bir akıllı su ölçüm sistemi geliştirmiş ve sistem ile ilgili olarak İtalya Gorino Ferrarese’de saha testlerini gerçekleştirmiştir. Geliştirilen sistemin temelinde farklı protokollerle çalışan çeşitli akıllı su sayacı türleriyle ara yüz oluşturmada son derece etkili olduğu kanıtlanan Edge hesaplama paradigmasına dayanan birlikte çalışabilir bir kablosuz IoT ara yazılımı olan SWaMM (Akıllı Su Ölçümü Ara Yazılımı) bulunmaktadır.

Randall & Koech [38] akıllı Su Ölçümü amacı ile geliştirilen teknolojileri ile ilgili bir araştırma yürütmüşlerdir. Buna ek olarak, su tüketimi eğilimlerini analiz etmek ve teknolojinin potansiyel su tasarrufu faydalarını göstermek için akıllı bir su ölçümü pilot projesi geliştirilmiştir.

Ray & Goswami [43] endüstriyel, evsel ve diğer tüm sektörlerde normal ve aşırı su kullanımını ayırt etmek için Nesnelerin İnterneti (IoT) ve makine öğrenimi algoritmalarıyla

donatılmış bulut hesaplamasına dayalı akıllı su sayacının geliştirme ve uygulama metodolojisine odaklanmaktadır.

4.2. Akıllı Ölçüm Sistemlerini Kullanmanın Zorlukları

Akıllı su ölçüm sistemleri toplum ve insanlık için çok büyük bir öneme sahip olmakla birlikte bu alanda yapılan araştırmalar ve çalışmalar çok sınırlı kalmıştır. Akıllı su ölçüm sistemlerinin geliştirilmesinde hem bilimsel düzeyde hem de mühendislik düzeyinde zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Konu ile ilgili olarak Şekil 5’de gösterildiği gibi üç ana sorun belirlenmiştir [42].



Şekil 5. Akıllı Ölçüm Sistemlerinde Karşılaşılan Problemler

Birincisi, akıllı su ölçümü pazarında açık ve yaygın olarak kabul gören bir iletişim standardı henüz bulunmamaktadır. Akıllı su sayacı üreticileri kendi özel çözümlerini geliştirmekle birlikte farklı sistemlerin entegre edilmesinde sorunlar yaşanmaktadır. Sonuç olarak bu durum su dağıtım firmalarını tek bir firmaya ve tek bir protokole mecbur bırakmaktadır. Bu durum uzun vadede yüksek harcamalara ve sistemlerin yenilenmesinde problemlere yol açabilir [42].

İkinci olarak, hali hazırda son kullanıcı seviyesinde kurulan su sayaçlarının önemli bir kısmı, su tüketimini görsel olarak göstermek ve bir insan operatör tarafından okunmak üzere tasarlanmış geleneksel mekanik tiptedir. Ülkemizde kullanılan sayaçların çok önemli bir kısmı bu tür geleneksel sayaçlardan meydana gelmektedir. Bu geleneksel sistemlerin en büyük avantajı ucuz olmaları ve bu sayaçların bakım ve idamesinde kazanılan tecrübedir. Özellikle büyük şehirlerde bütün sayaçların aynı anda değiştirilmesi hem zaman hem de

maliyet açısından mümkün olmayacağı için geliştirilen akıllı ölçüm sistemlerinin mevcut sistemler ile paralel olarak çalışma yeteneğine sahip olması gerekmektedir [42].

Son olarak büyük ölçekli akıllı su ölçüm çözümlerinin gerçek hayatta uygulanması ile ilgili olarak pratik uygulama tecrübesi bulunmamaktadır. Bu sistemler sahada yeterince test edilemediği için nasıl sorunlar ile karşılaşılacağı hakkında net bir bilgi bulunmamaktadır. Özellikle akıllı sayaçlardan veri toplama esnasında kullanılan radyo frekanslarının nasıl ayarlanacağı ve frekansın yayılımı ile ilgili soru işaretleri bulunmaktadır [42].

4.3. Akıllı Su Sayaçlarının Çalışma Prensibi

Akıllı su sayaçları standart veya geleneksel su sayaçlarına benzerdir ve temelde aynı işlevi görür. Ancak, 'akıllı' hale getirmek için sayaç, su tüketim verilerinin sürekli elektronik olarak okunmasına, saklanmasına, görüntülenmesine ve aktarılmasına izin veren bir cihaza bağlanır (Şekil 1). Dolayısı ile standart su sayaçlarının akıllı hale getirilmesi nedeni ile bu sistemler “Akıllı Su Ölçüm Sistemi” olarak isimlendirilir. Elde edilen verilerin belleğe kaydedilmesi ve aktarım zamanı, içeriği, çeşidi ve sıklığı su sayacının nasıl yapılandırıldığına bağlıdır [44]. Konut tipi akıllı su sayaçları için tipik veri yakalama ve depolama zaman aralığı saatliktir.



Şekil 6. Akıllı Su Sayacı [45]

Akıllı su sayaçları temelde su kullanımını ölçmek için kullanılan araçlardır ve bu nedenle kendi başlarına su tüketim modellerini etkileyemezler. Diğer taraftan akıllı sayaçlar tüketim ile ilgili kararları sunmuş oldukları bilgiler ile etkilerler. Gerçekleştirilen bir dizi çalışma [46], akıllı su sayaçları tarafından sağlanan bilgilerin müşterilerde su tüketiminde

azalmalara yol açabilecek davranış değişikliğine yol açabileceğini göstermiştir. Bazı çalışmalar bu faydaları ölçmeye çalışmış ve tüketimde azalmanın elde edilebileceğini göstermiştir (Tablo 4). Bu çalışmalarda su tasarrufu yapmak için kullanılan ve esas olarak zamanında ve bazı durumlarda gerçek zamanlı tüketim verilerinin sağlanması ve hızlı sızıntı tespiti dahil olmak üzere tüketicilerle daha iyi etkileşim kurmayı içeren belirli stratejileri göstermektedir.

Tablo 4. Akıllı Su Sayaçları ve Su Tasarrufuna Etkisi

Araştırmacılar	Kullanılan Strateji	Su Tüketimine Etkisi
[47]	ASÖ teknolojisinin kullanımıyla mümkün hale gelen, hanelere ayrıntılı ve özelleştirilmiş su kullanımı bilgilerinin sağlanması.	Yaklaşık %8 oranında su tasarrufu sağlayan tüketici davranışlarında değişim (örneğin, daha kısa duşlar).
[48]	Müşterilere tüketim geri bildirimini sağlamak.	Su tüketiminin ortalama %19,6 ile %3 ile 53,4 arasında azaltılması.
[46]	Müşterilere neredeyse gerçek zamanlı su tüketimi verileri sağlamak için dijital ev içi ekran kullanımı.	Hanelerde su tüketiminde %7 ile %10 arasında azalma.
[44]	Bilgi formları ve olası kayıpların ayrıntıları dahil olmak üzere hane halkı ile iletişim.	Temel akışlarda %89 azalma.
[49]	Hızlı sızıntı tespiti ve daha iyi müşteri katılımı.	Konut su talebinde %10'dan fazla azalma.

5. AKILLI SU ÖLÇÜM SİSTEMİNİN ANKARA İLİNE UYGULANMASI

Önceki bölümlerde de açıklandığı üzere akıllı şehirler ile ilgili sayısız uygulama alanı bulunmakta ve bu uygulamaların sayısı da her geçen gün artmaktadır. Bu tez kapsamında bu sistemlerden akıllı su ölçüm sistemleri aşağıda sunulan nedenlerden dolayı uygulama alanı olarak belirlenmiştir:

- Birçok endüstri mühendisliği ve optimizasyon problemini kapsamaması,
- Yüksek yatırım gerektirmeden hızlı bir şekilde uygulamaya geçilebilmesi,
- Sistemin faydalarının çok kısa süre içinde görülebilmesi,
- Mevcut sistemdeki problemlerin hızlı bir şekilde çözüme kavuşturulabilmesi,
- Sistemin milli olanaklarla geliştirilebilmesi için gereken yeteneklerin mevcut olması.

Ankara ili Türkiye'nin başkenti olup nüfus olarak da en kalabalık ikinci şehridir. Ankara ilinde su dağıtım hizmetleri Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ASKİ) tarafından verilmektedir. 2560 Sayılı Kuruluş Kanunu'nun 2. maddesi gereğince ASKİ'nin temel sorumlulukları şu şekildedir [50]:

- İçme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyaçlarının her türlü yer altı ve yer üstü kaynaklarından sağlanmak,
- İhtiyaç sahiplerine dağıtılması projesini yapmak veya yaptırmak, bu projelere göre tesisleri kurmak ve kurdurmak,
- Kurulu olanları devir alıp işletmek ve bunların bakım ve onarımlarını yapmak, yaptırmak ve gerekli yenilemelere girişmek.

Şehir İç Anadolu Bölgesinin ortasında yer almakta ve karasal iklim görülmektedir. Bu nedenle Ankara ili su kaynakları yönü ile çok zengin bölgede bulunmamaktadır. Şehrin su ihtiyacı kent çevresinde bulunan farklı barajlardan sağlanmaktadır. Bu barajlar şunlardır.

Tablo 5. Ankara İline Su Veren Barajlar [51]

Baraj Adı	Toplam Hacim (m ³)
Akyar Barajı	56.000.000
Çamlıdere Barajı	1.220.380.000
Çubuk 2 Barajı	22.445.000
Eğrekkaya Barajı	112.300.000
Kargalı Barajı	542.000
Kavşakkaya Barajı	80.835.000
Kesikköprü Barajı	95.000.000
Kurtboğazı Barajı	92.053.000
Peçenek Barajı	59.525.000
Türkşerefli Barajı	5.668.500
Uludere Barajı	16.292.000

Barajlarda toplanan sular abonelere dağıtılmadan önce arıtma tesislerine gönderilir. Bu tesislerde çeşitli arıtma proseslerinden geçirilen su yapılan testlerden geçmesi durumunda dağıtımını yapılmak üzere şebekeye verilir.

Tablo 6. Ankara İline Hizmet Veren Su Arıtma Tesisleri [51]

Su Arıtma Tesisi	Kapasitesi (m ³ /gün)
İvedik	1.692.000
Pursaklar	75.000
Çubuk	70.000
Kahramankazan	30.000
Şereflikoçhisar	26.395
Polatlı Yüzükbaşı	22.000
Beyazır	7.000
Bala Tepeköy (Kesikköprü)	4.150
Bala Karadalak	3.450

Ankara ilinde su ölçümü amacı ile mekanik sayaçlar ve kartlı sayaçlar kullanılmaktadır (Şekil 7). Mekanik sayaçlar belirli aralıklarla kontrol edilerek son kontrol ile aradaki fark kadar fatura çıkarılır. Diğer taraftan kartlı sayaçlar ön ödemeli sayaçlar olup kullanıcı sayaç kartını kullanarak belirli miktarda kontör yükler ve daha sonra bu kartı saate takarak kontörün saate yüklenmesini sağlar. Yüklenen su miktarı bitince aynı işlemin tekrar edilmesi gerekmektedir.



Şekil 7. Mekanik ve Kartlı Sayaçlar [52][53]

ASKİ sorumluluğunda bulunan ilçelerde Mekanik, kartlı ve toplam abone sayıları Tablo 7’de sunulmuştur. Kullanımda olan sayaçların yaklaşık olarak %83’ü mekanik %17’si ise kartlı sayaçlardan meydana gelmektedir.

Tablo 7. Ankara İli İlçelere ve Beldelere Göre Abone Sayıları

İlçeler	Mekanik Abone Sayısı	Kartlı Abone Sayısı	Mekanik + Kartlı Abone Sayısı
Akyurt	16.121	1.620	17.741
Altındağ	143.226	29.253	172.479
Ayaş	8.847	326	9.173
Bala	8.255	1.186	9.441
Beypazarı	31.150	32	31.182
Çamlıdere	5.184	0	5.184
Çankaya	372.013	83.351	455.364
Çubuk	39.733	1.304	41.037
Elmadağ	19.317	410	19.727
Etimesgut	183.472	58.512	241.984
Evren	1.682	2	1.684
Gölbaşı	50.579	10.614	61.193
Güdül	6.622	2	6.624
Haymana	12.803	1.450	14.253
Kahramankazan	21.929	1.339	23.268
Kalecik	8.088	6	8.094
Keçiören	303.747	70.542	374.289
Kızılcahamam	19.206	3	19.209
Mamak	210.177	53.969	264.146
Nallıhan	15.924	15	15.939
Polatlı	45.400	13.538	58.938
Pursaklar	55.032	3.852	58.884
Sincan	164.058	37.261	201.319
Şereflikoçhisar	17.130	2.132	19.262
Yenimahalle	246.129	50.552	296.681
TOPLAM	2.005.824	421.271	2.427.095

Sonuç olarak Ankara ilinde yaklaşık olarak 2,5 milyon abone bulunmaktadır. Bu abonelerin %83’ü mekanik sayaçlardan meydana gelmektedir. Ankara ilinde su faturaları aylık olarak hesaplandığı için her ay abonelerin ziyaret edilip sayaçların okunması

gerekmektedir. Bu işlem hem zaman hem de personel gereksinimi nedeni ile önemli bir maliyet kalemidir. Bütün bunlara ek olarak sayaç okumalarının doğru olarak yapıldığı varsayılmakla birlikte her ay binlerce aboneden sayaç okuma hatası ile ilgili şikâyet alınmaktadır. Ankara ili için her yıl yayınlanan su dengesi formu Şekil 8’de sunulmuştur.

(1)	(10) İzinli Tüketim 316.664.023 m ³ /yıl (62.39%)	(4) Faturalandırılmış İzinli Su Tüketimi 315.735.737 m ³ /yıl (62.21%)	(2) Faturalandırılmış Ölçülmüş Kullanım 315.735.737 m ³ /yıl (62.21%)	(5) Gelir Getiren Su Miktarı 315.735.737 m ³ /yıl (62.21%)
		(9) Faturalandırılmamış İzinli Su Tüketimi 928.286 m ³ /yıl (0.17%)	(3) Faturalandırılmış Ölçülmemiş Kullanım m ³ /yıl (...%)	
Sisteme Giren Su Miktarı 507.518.352 m ³ /yıl (100%)	(11) Su Kayıpları 190.854.329 m ³ /yıl (37.61%)	(14) İdari Kayıplar 18.436.090 m ³ /yıl (3.63%)	(7) Faturalandırılmamış Ölçülmüş Kullanım 928.286 m ³ /yıl (0.17%)	(6) Gelir Getirmeyen Su Miktarı 191.782.615 m ³ /yıl (37.79%)
		(15) Fiziki Kayıplar 177.681.939 m ³ /yıl (35.01%)	(8) Faturalandırılmamış Ölçülmemiş Kullanım m ³ /yıl (...%)	
			(12) İzinsiz Tüketim 542.960 m ³ /yıl (-%)	
			(13) Sayaçlardaki Ölçüm Hataları 17.893.400 m ³ /yıl (4,00%)	
			(17) Termin ve Dağıtım Hatları ile Servis Bağlantılarında Oluşan Kayıp-Kaçaklar 175.631.064 m ³ /yıl (34.97%)	
			(16) Depolarda Meydana Gelen Kaçak ve Taşmalar 2.044.875 m ³ /yıl (0.4%)	

Şekil 8. 2020 Yılı ASKİ Genel Müdürlüğü Standart Su Dengesi Formu

2020 yılında sisteme giren su miktarı 507.518.352 m³ su verilmiş ve bunun %62,39'u izinli tüketim ve %37,61'i ise su kayıplarından meydana gelmektedir. Su kayıplarının %4'ü sayaç okuma hataları, %34,97'si temin ve dağıtım hatları ile servis bağlantılarında oluşan kayıp kaçaklardan meydana gelmiştir. İzinsiz kullanım miktarı ise tam olarak hesaplanamamıştır [54].

Dolayısı ile akıllı su ölçüm sistemlerinin Ankara ilinde uygulanması durumunda bahse konu problemlerin etkin bir şekilde çözüleceği ve bunlara ek olarak müşteri memnuniyeti ve etkin yönetim açısından da ciddi katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda yapılması gereken işlemler bir sonraki kısımda aşamalar halinde anlatılmıştır.

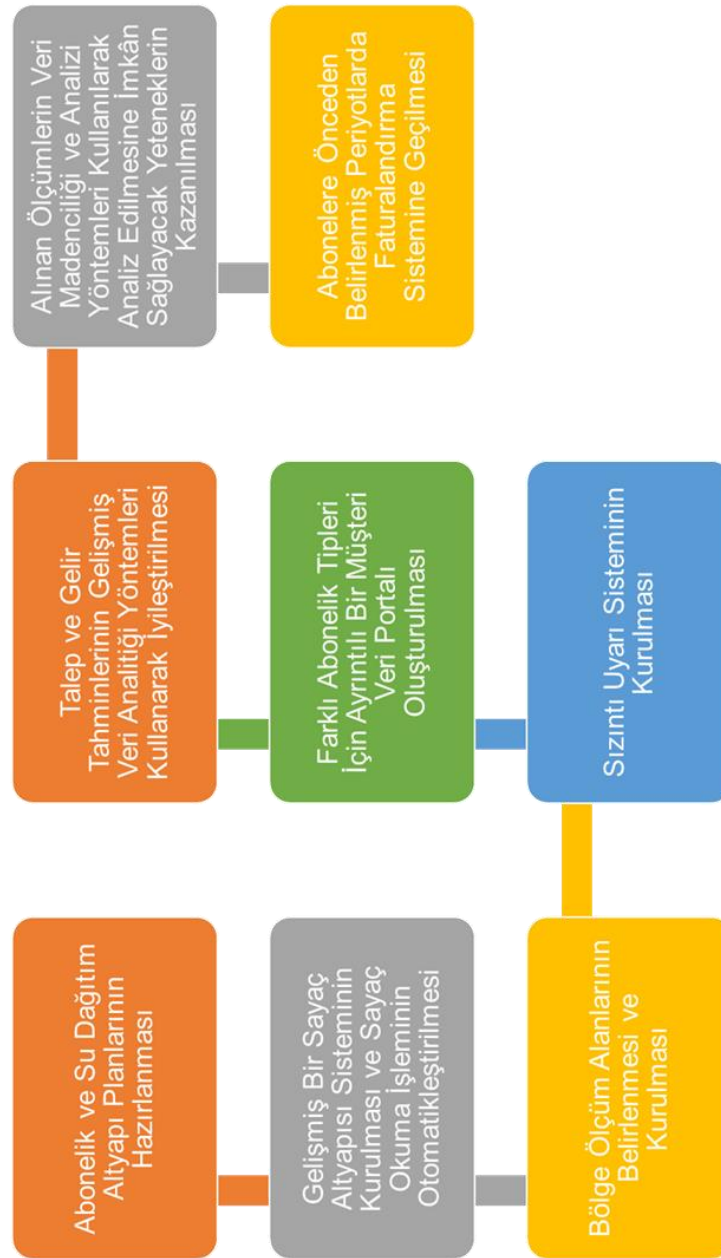
5.1. ASÖ Sistemlerinin Etkin Kurulumu için Yapılması Gerekenler

Günümüzde kullanılan dijital su ölçüm cihazları abonelerde bulunan mekanik sayaçlardaki değerleri kablosuz olarak okunma olanağı sağlayan Otomatik Sayaç Okuma Teknolojisini kullanmaktadır. Abonelerden toplanan veriler merkezi bir sisteme aktarılır. Kaydedilen verilerin aralığı, sistemin tasarımına ve kullanım amacına bağlı olarak değişmektedir. Otomatik Sayaç Okuma Teknolojisi, sayacı otomatik olarak belirli aralıklarla, genellikle saatlik olarak okuyan ve verileri merkezi sisteme geri ileten bir iletişim katmanı ekler. Teknoloji ne kadar karmaşıksa, kurma ve çalıştırma maliyeti de o kadar artar. Saatlik okunan veriler, manuel sayaç okuması ile kaydedilen tek değere karşı her ay yaklaşık 720 okuma üretir. Normal faturalama işlevi, dijital okumayı faturanın kesilme saatine en yakın zamanda yapar. Elde edilen veri kümeleri karar vericiler tarafından veri madenciliği yapmak amacı ile kullanılabilir. Buradan elde edilen bilgilerle çok daha etkin bir planlama yapılabilir, maliyetlerde ciddi anlamda azaltılabilir ve abonelere yönelik yeni ürün ve hizmetler geliştirilebilir [49].

Etkin kullanılması durumunda akıllı su ölçüm sistemleri hem abonelere hem de dağıtım firmalarına büyük faydalar sağlayacaktır ancak tek başına dijital su ölçümü yapmak yeterli olmayacaktır. Amaçlanan faydalara ulaşabilmek için su dağıtım firmalarının sistemlerini, süreçlerini ve kaynak planlamalarını yeniden yapmaları ve yeni hizmetler geliştirmeleri gerekmektedir. Yapılan literatür taraması sonucunda etkin bir sistem tasarlanabilmesi için yapılması gereken işlemler Şekil 9'de gösterilerek sırası ile açıklanmıştır [55].

5.1.1. Abonelik ve su dağıtım altyapı planlarının hazırlanması

Sistemden istenilen faydanın sağlanabilmesi için aboneler ve su dağıtım altyapısı hakkında çok detaylı planların hazırlanması gerekmektedir. Bu aşamada her bir bölge için mevcut planların gözden geçirilmesi ve güncellenmesi önem arz etmektedir. Hazırlanan bu planlarda su dağıtım altyapısı hakkında detaylı bilgiler kayıt altına alınacak ve sistemde yapılan her güncelleme bu planlara aktarılacaktır. Bakım ve onarım planlamaları da yine altyapı üzerinde risk seviyesi dikkate alınarak hazırlanabilecektir [55].



Şekil 9. Akıllı Su Ölçüm Sisteminin Kurulum Aşamaları

5.1.2. Gelişmiş bir sayaç altyapısı sisteminin kurulması ve sayaç okuma işleminin otomatikleştirilmesi

Planlar hazırlandıktan sonra sistem kurulumunun ilk aşaması gelişmiş bir sayaç altyapı sisteminin kurularak okuma işleminin otomatikleştirilmesidir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan dijital sayaçlar ve iletişim cihazları ile donatılmış su sayaçları, mobil olarak bölgede gezen okuyucular tarafından uzaktan okunabilir. Böylelikle erişilmesi zor sayaçlar da etkin bir şekilde okunabilmektedir [49]. Ancak bu okumaları yapmak için de görevli personelin sayacın bulunduğu bölgeye giderek ölçüm yapması gerekmektedir. Geliştirilmesi planlanan akıllı su ölçüm sistemlerinin en büyük avantajı sahip oldukları iletişim ağı vasıtasıyla toplanan verileri belirlenen aralıklarla merkeze aktarma yetenekleridir. Dolayısı ile okuma işlemi için personel planlamasına gerek olmadan okumalar gerçekleşmektedir ve bu durum maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Merkeze gönderilen veriler zaman ve adres damgalı olarak merkezi sisteme aktarılır ve dolayısı ile faturalama, müşteri portalı, müşteri çağrı merkezi ve veri analizi gibi farklı sistemler tarafından kullanılabilir şekilde merkezi bir veri tabanında muhafaza edilir [56].

5.1.3. Bölge ölçüm alanlarının belirlenmesi ve kurulması

Sistemin kurulumunda önemli aşamalardan birisi ise bölge ölçüm noktalarının belirlenmesi ve kurulmasıdır. Bu ölçüm noktaları arz ve talep dadasını karşılaştırarak sistemdeki su akış miktarını sürekli olarak kontrol altında tutacaktır. Bir ölçüm noktası ana bir girişten ve bu girişten beslenen abonelerden meydana gelir. Sistem abonelere verilen toplam su hacmini tutmakla birlikte abonelerde bulunan sayaçlardan topladığı bilgilerden abonelerin kullandığı toplam su hacmini de otomatik olarak hesaplamaktadır. Eğer şebekeye verilen su miktarı ile abonelerin kullandığı su miktarı arasında bir fark varsa bu sistemde olması muhtemel bir su kaçağının olduğunu gösterir. Bu kaçak sistemde meydana gelen sızıntılardan olabileceği gibi kaçak su kullanımı ile ilgili de olabilir. Böyle durumlarda bakım ekipleri ilgili bölgede incelemeler yaparak problemi tespit eder ve gerekli işlemleri en kısa sürede yaparlar [44].

5.1.4. Sızıntı uyarı sisteminin kurulması

Su dağıtım sistemi altyapısında oluşan gizli sızıntılar ve diğer açıklanamayan yüksek su kullanımı su israfına ve müşteriye daha yüksek faturalar çıkmasına neden olur. Sistem her bir müşteri için su kullanımını 24 saat boyunca takip edecek ve müşterilerin su kullanma alışkanlıkları hakkında istatistiksel analizler yapabilecektir. Özellikle su kullanımının sıfır olması gereken saatlerde pozitif değerler görülüyorsa bu sistemde bir su sızıntısı olduğu

hakkında ipucu verebilir. Dolayısı ile kaçak daha ilk oluştuğu andan itibaren tespit edilir ve gerekli tedbirler alınarak su kaçakları ve israfı engellenir. Yine sistem sahip olduğu müşteri hizmetleri modülü vasıtası ile olası bir su kaçağını müşteriye telefon araması, SMS veya mail yoluyla eş zamanlı olarak haber verir [57].

5.1.5. Farklı abonelik tipleri için ayrıntılı bir müşteri veri portalı oluşturulması

Saatlik su kullanımı ve internet okumalarının toplanması ve depolanması, müşterilerin tüketim verilerine neredeyse gerçek zamanlı olarak erişimini sağlama imkânı vermektedir. Sistemin etkin bir şekilde çalışabilmesi için farklı müşteri tipleri için verilerin oluşturulacak bir portal üzerinden kullanıma sunulması önem arz etmektedir [58]. Sistem üzerinden kullanıcılar kullanım verilerine ulaşabilecek ve geçmişe yönelik sorgular ve karşılaştırmalar yapabilecektir. Böyle bir sistem aboneleri su kullanımı konusunda daha dikkatli olmaya yönlendirecek ve önemli ölçüde su tasarrufu sağlanabilecektir.

5.1.6. Talep ve gelir tahminlerinin gelişmiş veri analitiği yöntemleri kullanarak iyileştirilmesi

Kurulacak sistemin en önemli katkılarından birisi talep ve gelir tahminlerinin veri analitiği yöntemlerini kullanarak iyileştirilmesine olanak sağlamasıdır. Dolayısı ile sistemin kurulmasından sonra elde edilen verinin analiz edilebilmesi için gerekli yetenekler kazanılmalıdır. Sistem sürekli olarak abonelerden veri toplamakta ve bu veriler demografik bilgiler, hava tahminleri, faturalandırma oranları vb. verilerle birleştirilerek çok daha farklı analizler yapılabilmektedir [59]. Bu tarihsel kayıtlardan, farklı hava koşulları ve müşteri büyüme senaryoları altında daha doğru talep tahminleri geliştirilebilir. Günlük tüketim okumaları kullanılarak faturalandırılabilir miktar tahmin edilebilir ve daha doğru gelir-gider tahminleri oluşturulabilir.

5.1.7. Alınan ölçümlerin veri madenciliği ve analizi yöntemleri kullanılarak analiz edilmesine imkân sağlayacak yeteneklerin kazanılması

Akıllı su ölçüm sistemleri sürekli olarak abonelerden ve sistemden veri toplayarak bu verileri depolamaktadır. Sistemden istenilen faydanın elde edilebilmesi için toplanan ölçümlerin veri madenciliği ve analizi yöntemleri kullanılarak analiz edilmelidir. Bu analizler sonucunda su tüketimi alışkanlıkları, kullanım aralıkları, su kullanımı ile çevresel koşullar arasındaki ilişkiler vb. birçok konuda çok değerli bilgiler elde edilebilir. Elde edilen bu veriler karar vericiler tarafından farklı stratejilerin geliştirilmesinde kullanılabilir. Uzun

vadede yapılması planlanan yatırımlar şekillendirilebilir veya günlük olarak yapılması gereken bakım ve onarım faaliyetleri planlanabilir. Diğer taraftan kullanıcılara yönelik farklı hizmetler verilebilir. Bu işlemlerin yapılabilmesi su dağıtım işletmelerinin veri madenciliği alanında gerekli yetenekleri kazanması ile mümkün olacaktır [60].

5.1.8. Abonelere önceden belirlenmiş periyotlarda faturalandırma sistemine geçilmesi

Sistem 24 saat boyunca müşteri tüketim verilerini toplayarak merkezi veri tabanından depolayacaktır. Dolayısı ile faturalandırma periyodu müşterinin istekleri doğrultusunda belirleyebilir. Örneğin su tüketimi düşük olan bir abone 3 aylık faturalandırma talep ederken, su tüketimi yüksek olan veya aylık olarak maaş alan bir müşteri aylık ödemeyi tercih edebilir. Faturalar müşteri hizmetleri modülü vasıtası ile iletişim tercihleri doğrultusunda müşteriye SMS, e-posta veya posta yoluyla gönderilebilir. Sonuç olarak sistem hem zaman kaybını hem de kâğıt israfını önemli ölçüde azaltacaktır [49].

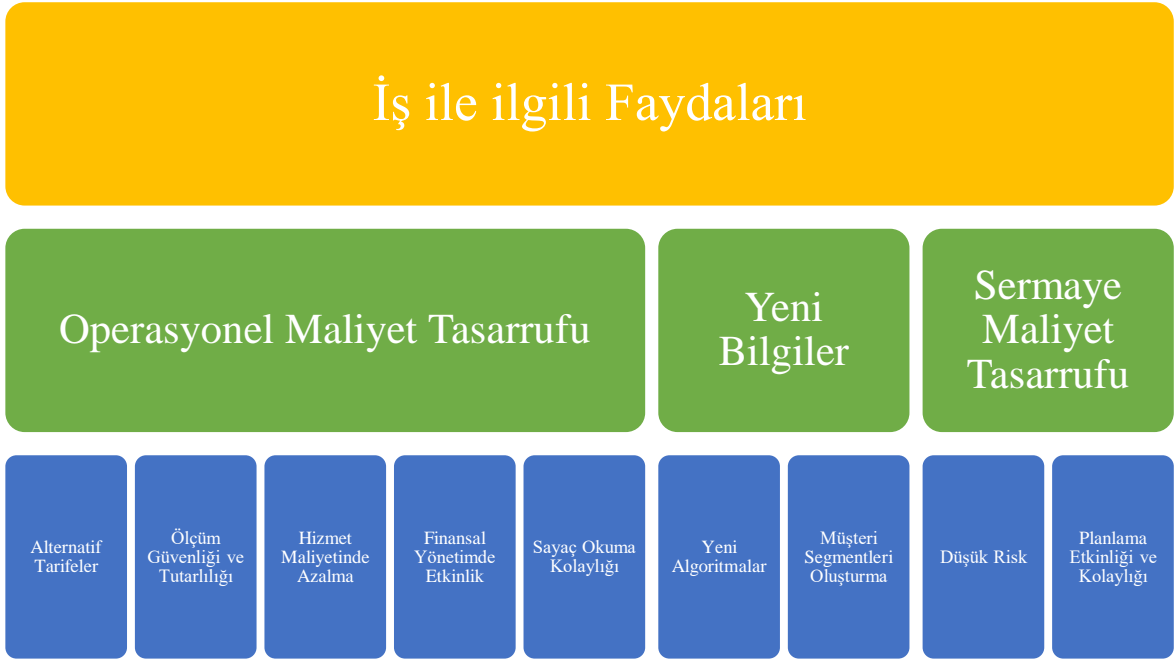
5.2. Sistemin Sağlayacağı Faydalar

Bu bölümde literatürde yapılan çalışmalardan faydalanarak akıllı su ölçüm sisteminin faydaları ile ilgili bir sınıflandırma yapılmış ve faydalar bu sınıflandırma doğrultusunda açıklanmıştır. Bu bölümde sunulan faydalar su dağıtım organizasyonlarının buldukları şartlara göre farklılık gösterebilmekle birlikte birçok fayda ortak olarak bütün sistemlerde gözlemlenebilir. İlk olarak akıllı su ölçüm sisteminin faydaları üç grupta incelenebilir (Şekil 10): iş ile ilgili faydalar, müşteri ile ilgili faydalar ve ortak faydalar [61].



Şekil 10. Akıllı Su Ölçüm Sisteminin Faydalarının Sınıflandırılması

Akıllı su ölçüm sistemlerinin iş ile ilgili faydaları operasyonel ve sermaye maliyet tasarrufu ve yeni bilgiler olarak sınıflandırılabilir (Şekil 11). Sistem etkin bir şekilde uygulanabilirse, ASKİ müşterilerine alternatif tarifeler sunabilir, örneğin kullanım saatine ve miktarına göre farklı fiyatlandırma seçenekleri gibi. Sistem ile birlikte ölçüm hassasiyeti ve güvenliği artacak ve kayıp/kaçaklar minimize edilecektir. Bu durumda hizmet maliyetleri düşecek ve sistemi idame ettirebilmek için insan gücüne olan ihtiyaç azalacaktır. Bütün akışlar dijital ortamda tutulduğu için finansal açıdan etkinlik ve doğruluk artacaktır. Diğer taraftan sayaçlar merkezden okunabilecek ve bu durumda insan gücü anlamında önemli tasarruf sağlanacaktır. Sistem ayrıca toplanan verilerin incelenmesi sonucunda yeni algoritmalar geliştirebilecek ve kullanım miktarlarına göre farklı müşteri segmentleri oluşturabilecektir. Sermaye açısından da doğruluk ve takip edilebilirlik artacağı için riskler azalacak ve elde edilen bilgiler kullanılarak planlamada etkinlik artacaktır.



Şekil 11. Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinin İş ile ilgili Faydaları

Akıllı su ölçüm sistemlerinin müşteri ile ilgili faydaları müşteri hizmetleri ve yeni bilgiler olarak sınıflandırılabilir (Şekil 12). Müşteri Hizmetleri kapsamında kayıp/kaçaklar ve operasyonel maliyetler azalacağı için kullanım maliyetleri düşecektir. Sistem tamamen bilgi sistemleri üzerinden kullanılabilmesi için müşteriye özel olarak kompleks mülk / çoklu birim kullanım mutabakatı yapılabilecektir. Elde edilen veriler kullanılarak müşterilere yönelik yeni servisler ve ürünler geliştirilecektir, örneğin saate göre fiyatlandırma, kullanım miktarına göre fiyatlandırma, vb. Müşteri bütün verilerine sistem üzerinden ulaşabileceği

için şeffaflık ve güven artacaktır. Yeni bilgilerin elde edilmesi kapsamında akıllı sayaçlar ile ev içinde kullanılan akıllı cihazlar arasında entegrasyon sağlanabilir. Diğer taraftan yine müşteriye daha iyi bilgilendirebilmek amacı ile kıyaslama tabloları sunulabilir.



Şekil 12. Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinin Müşteri ile ilgili Faydaları

Akıllı su ölçüm sistemlerinin ortak faydaları düzenleme/uyumluluk ve müşteri etkileşimi olarak sınıflandırılabilir (Şekil 13). Düzenleme/uyumluluk kapsamında sistem çoklu kontrol mekanizmaları sayesinde yüksek bir ölçüm hassasiyeti kazanacaktır. Ayrıca ASKİ açısından sistem online olarak sürekli olarak müşteri seviyesine kadar takip edilebilecek ve meydana gelecek bir problem altyapıya ve müşterilere zarar vermeden hızlı bir şekilde tespit edilerek giderilecektir. Müşteri etkileşimi açısından problemler azalacağı için şikayetler azalacaktır. Müşteri hizmetleri vasıtasıyla müşteri yardım programları oluşturulacak ve istekler hızlı bir şekilde karşılanacaktır. Yine sistem merkezi olarak kontrol edileceği için su faturalarını ödemeyen müşterilerin su akışları kısıtlanabilecek ve su kullarımlarına limit konulabilecektir. Herhangi bir problem anında müşteri ile çift yönlü olarak alternatif iletişim kanallarından hızlı bir şekilde etkileşime geçilebilecektir. Sonuç olarak toplum nazarında ASKİ'ye olan güven artacak ve ticari bir saygınlık ve itibar kazanacaktır.



Şekil 13. Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinin Ortak Faydaları

5.3. Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinde Matematiksel Modelleme Yaklaşımının Kullanılması

Akıllı Su Ölçüm Sistemlerinin geliştirilmesinde, kurulmasında ve işletilmesinde matematiksel modelleme ve optimizasyon teknikleri kullanarak çözülebilecek çok sayıda problem bulunmaktadır. Bu problemlerden bazıları aşağıda listelenmiştir:

5.3.1. Baraj, su arıtma tesisi ve abone bölgelerinin planlanması problemi

Ankara iline hizmet veren farklı kapasite ve uzaklıklarda 11 adet baraj ve 9 adet su arıtma merkezi bulunmaktadır. Diğer taraftan farklı nüfusa sahip toplam 25 ilçe ASKİ sorumluluğunda bulunmaktadır. Burada amaç ilçelerin su talebini en maliyet etkin şekilde karşılamaktır. Dolayısı ile burada iki seviyeli ve kapasiteli bir atama probleminin çözülmesi gerekmektedir. Barajlar su arıtma tesislerine ve su arıtma tesisleri de ilçelere atanacaktır. Operasyonel kısıtlar sistemin sahip olduğu özellikler doğrultusunda belirlenecektir. Örneğin her bir baraj bir veya birden fazla su arıtma tesisine bağlanabilir. Diğer taraftan her bir ilçe bir veya birden fazla su arıtma tesisinden hizmet alabilir. Burada önemli olan nokta hem barajların hem de su arıtma tesislerinin sahip olduğu kapasite kısıtları ve bağlantı maliyetleridir. Probleme ilişkin örnek amaç fonksiyonları ve kısıt kümeleri Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Baraj, Su Arıtma Tesisi ve Abone Bölgelerinin Planlanması Problemi

Problemin Adı	Amaç Fonksiyonu	Kısıt Kümesi
Baraj, Su Arıtma Sistemi ve Abone Bölgeleri Atama ve Dağıtım Problemi	<ul style="list-style-type: none">• Toplam yatırım maliyetlerinin en küçükleme.• Toplam dağıtım süresinin en küçükleme.• Toplam hat uzunluğunun en küçükleme	<ul style="list-style-type: none">• Baraj kapasite kısıtı• Su arıtma sistemi kapasite kısıtları• Bölge su talep kısıtları• Arıtma sistemi su akış denge kısıtları• Bütçe kısıtları• Operasyonel bağlantı ve atama kısıtları

5.3.2. Müşteri segmentlerinin belirlenmesi ve özel fiyat tarifelerinin oluşturulması

Akıllı su ölçüm sistemlerinin en önemli özelliği aboneler hakkında sürekli olarak bilgi toplaması ve bu bilgiyi depolamasıdır. Bu veri kullanılarak müşterilerin su kullanım alışkanlıkları, miktarları, saatleri, günlük ve haftalık dağılımları vb. bilgiler elde edilebilir. Elde edilen bilgiler doğrultusunda farklı müşteri segmentleri oluşturulup, bu segmentlere özel fiyatlandırma seçenekleri oluşturulabilir. Bu fiyatlandırmalar yapılırken maliyetler göz önüne alınarak müşteri memnuniyetinin maksimize edilmesi hedeflenebilir. Probleme ilişkin örnek amaç fonksiyonları ve kısıt kümeleri Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 9. Müşteri Segmentlerinin Belirlenmesi ve Özel Fiyat Tarifelerinin Oluşturulması

Problemin Adı	Amaç Fonksiyonu	Kısıt Kümesi
Müşteri Segmentlerinin Belirlenmesi ve Özel Fiyat Tarifelerinin Oluşturulması	<ul style="list-style-type: none">• Müşteri memnuniyetinin en büyükleme	<ul style="list-style-type: none">• Her bir müşteri tipinin bir fiyat tarifesine atanması• Fiyat tarifesi kapasite kısıtları• Toplam maliyet kısıtları

5.3.3. Bölge su ölçüm noktalarının belirlenmesi ve bölgelere atanması

Akıllı su ölçüm sisteminde su akışını kontrol etmek amacı ile farklı bölgelerde su ölçüm noktalarının kurulması gerekmektedir. Bu su ölçüm merkezlerinin görevi şebekeye verilen su miktarı ile müşteriler tarafından kullanılan su miktarını karşılaştırarak arada kayıp veya kaçak olup olmadığı tespit edilmesidir. Diğer taraftan su ölçüm merkezleri arasında da çok katmanlı bir hiyerarşi de oluşturulması gerekmektedir. Burada şu problemlere cevap bulunması gerekmektedir:

- Hangi katmanda kaç adet su ölçüm merkezi kurulacak,
- Su ölçüm merkezleri nerelere konumlandırılacak,
- Hangi su ölçüm merkezi hangi üst su ölçüm merkezine bağlanacak,
- Hangi aboneler hangi su ölçüm merkezine bağlanacak.

Probleme ilişkin örnek amaç fonksiyonları ve kısıt kümeleri Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10. Bölge Su Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi ve Bölgelere Atanması

Problemin Adı	Amaç Fonksiyonu	Kısıt Kümesi
Bölge su ölçüm noktalarının belirlenmesi ve bölgelere atanması	<ul style="list-style-type: none">• Toplam yatırım maliyetlerinin en küçüklemesi.	<ul style="list-style-type: none">• Su ölçüm merkezleri kapasite kısıtı• Su ölçüm merkezleri sayı kısıtı• Su ölçüm merkezleri arasında hiyerarşi kısıtları• Su ölçüm merkezi ve abone atama kısıtları

6. SONUÇ VE TEKLİFLER

Bu çalışmamın temel amacı teknolojinin hızla gelişmesine paralel olarak ortaya çıkan “akıllı şehir” kavramı ile ilgili sistemik bir literatür taraması yapmak ve bu uygulamalardan yola çıkarak ülkemizde yapılabilecek örnek bir uygulama için yapılması gereken işlemleri belirlemek ve bir yol haritası çıkarmaktır. İlk olarak akıllı şehir kavramı ile ilgili detaylı bir literatür araştırması yapılarak akıllı şehir kavramının tanımı, boyutları ve performans ölçütleri ortaya konmuştur. Hayatımıza son yıllarda girmiş bir kavram olması nedeni ile herkesin üzerinde anlaşıldığı ortak bir tanım yapmak çok mümkün olmamaktadır. Ancak yapılan tanımlardan yola çıkılarak ortak ve önemli yönler ortaya konulmuştur.

Akıllı şehir kavramı ile ilgili araştırmalar ortaya konduktan sonra başarılı ve gelecek vadeden akıllı su ölçüm sistemleri, akıllı sağlık uygulamaları, akıllı mobilite, akıllı ulaşım sistemleri, akıllı tıbbi tedavi ve yeşil şehirlerin inşa edilmesi gibi akıllı şehir uygulamaları seçilerek bu uygulamalar ile ilgili açıklayıcı bilgiler sunulmuştur. Her bir uygulama ile ilgili örnekler verilmiş ve uygulamalarda karşılaşılan zorluklar ve tecrübeler paylaşılmıştır.

Bir sonraki aşamada ise akıllı şehir uygulamalarından akıllı su ölçüm sistemleri ile ilgili daha detaylı araştırmalar yapılmış, konu ile ilgili çalışmalar açıklanmış, sistemlerin kurulumunda karşılaşılan zorluklar anlatılmış ve sistemin çalışma prensipleri hakkında bilgiler sunulmuştur.

Son kısımda ise akıllı su ölçüm sistemlerinin Ankara iline uygulanmasına yönelik bir yol haritası ortaya konmuştur. Bu bölümde ilk olarak Ankara ilinde su kullanımı ile ilgili istatistiki bilgiler paylaşıldıktan sonra akıllı su ölçüm sisteminin kurulumu için yapılması gereken işlemler sırası ile açıklanmıştır. Daha sonra sistemin sağlayacağı faydalar ile ilgili olarak yapılan literatür taramasının sonuçları özetlenmiştir. Son olarak ise akıllı su ölçüm sistemlerinde matematiksel modelleme yaklaşımının kullanılması ile ilgili olarak üç adet problem tanımı yapılmıştır. Bu problemler baraj, su arıtma tesisi ve abone bölgelerinin planlanması problemi, müşteri segmentlerinin belirlenmesi ve özel fiyat tarifelerinin oluşturulması problemi ve bölge su ölçüm noktalarının belirlenmesi ve bölgelere atanması problemi.

Akıllı şehir uygulamaları hızlı bir şekilde gelişmeye devam etmekte ve gelecekte de bu gelişim artarak devam edecektir. Sistemlerin tasarlanmasında ve kullanılmasında optimal

değerlerini belirlenmesi, faydaların maksimize edilmesi, maliyetlerin ve zararların minimize edilmesi için matematiksel modelleme yaklaşımlarına ihtiyaç duyulacaktır. Dolayısı ile akıllı şehir uygulamalarının geliştirilmesi projelerinde matematiksel modelleme ile ilgili ihtiyaçlar artarak devam edecektir. Ortaya çıkan problemler ya mevcutta var olan problemlerin farklı uygulamaları olacak ya da tamamen yeni problemler ortaya çıkacaktır. Sonuç olarak akıllı şehir projelerinde endüstri mühendislerine hem akademik katkı olarak hem de uygulayıcı olarak ihtiyaç duyulacaktır. Bu nedenle proje geliştiricilerinin takımlarında gerekli yeteneklere sahip personel bulundurmaları sorunların hızlı ve etkin çözümü adına oldukça faydalı olacaktır.

7. KAYNAKLAR

- [1] H. Ritchie and M. Roser, “Urbanization,” *Published online at OurWorldInData.org*, 2018. <https://ourworldindata.org/urbanization>.
- [2] B. Jentsch, “Youth migration from rural areas: Moral principles to support youth and rural communities in policy debates,” *Sociol. Ruralis*, vol. 46, no. 3, pp. 229–240, 2006, doi: 10.1111/j.1467-9523.2006.00412.x.
- [3] T. Nam and T. A. Pardo, “Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 282–291, 2011, doi: 10.1145/2037556.2037602.
- [4] M. J. Nikki Han and M. J. Kim, “A critical review of the smart city in relation to citizen adoption towards sustainable smart living,” *Habitat Int.*, vol. 108, no. January, p. 102312, 2021, doi: 10.1016/j.habitatint.2021.102312.
- [5] S. Alawadhi *et al.*, “Building understanding of smart city initiatives,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 7443 LNCS, pp. 40–53, 2012, doi: 10.1007/978-3-642-33489-4_4.
- [6] J. Heaton and A. K. Parlikad, “A conceptual framework for the alignment of infrastructure assets to citizen requirements within a Smart Cities framework,” *Cities*, vol. 90, no. January, pp. 32–41, 2019, doi: 10.1016/j.cities.2019.01.041.
- [7] A. Quraishi and D. Siegert, “How smart is your city?,” *J. Am. Water Works Assoc.*, vol. 103, no. 7, pp. 42–44, 2011, doi: 10.1002/j.1551-8833.2011.tb11483.x.
- [8] O. Mkrtychev, Y. Starchyk, S. Yusupova, and O. Zaytceva, “Analysis of various definitions for Smart City concept,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 365, no. 2, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/365/2/022065.
- [9] M. Deakin, “Smart cities: Governing, modelling and analysing the transition,” in *Smart Cities: Governing, Modelling and Analysing the Transition*, M. Deakin, Ed. Taylor and Francis, 2013, pp. 1–235.
- [10] R. Giffinger, C. Fertner, H. Kramar, and E. Meijers, “City-ranking of European

- medium-sized cities,” *Cent. Reg. Sci. Vienna UT*, no. October, 2007.
- [11] A. Caragliu, C. del Bo, and P. Nijkamp, “Smart cities in Europe,” *J. Urban Technol.*, vol. 18, no. 2, pp. 65–82, 2011, doi: 10.1080/10630732.2011.601117.
- [12] K. H. Law and J. P. Lynch, “Smart City: Technologies and Challenges,” *IT Prof.*, vol. 21, no. 6, pp. 46–51, 2019, doi: 10.1109/MITP.2019.2935405.
- [13] M. Angelidou, “The Role of Smart City Characteristics in the Plans of Fifteen Cities,” *J. Urban Technol.*, vol. 24, no. 4, pp. 3–28, 2017, doi: 10.1080/10630732.2017.1348880.
- [14] R. G. Hollands, “Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial?,” *City*, vol. 12, no. 3, pp. 303–320, 2008, doi: 10.1080/13604810802479126.
- [15] M. Angelidou and A. Psaltoglou, “An empirical investigation of social innovation initiatives for sustainable urban development,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 33, no. April 2017, pp. 113–125, 2017, doi: 10.1016/j.scs.2017.05.016.
- [16] R. Kitchin, “Making sense of smart cities: Addressing present shortcomings,” *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, vol. 8, no. 1, pp. 131–136, 2015, doi: 10.1093/cjres/rsu027.
- [17] K. A. Paskaleva, “The smart city: A nexus for open innovation?,” *Intell. Build. Int.*, vol. 3, no. 3, pp. 153–171, 2011, doi: 10.1080/17508975.2011.586672.
- [18] V. Watson, “African urban fantasies: Dreams or nightmares?,” *Environ. Urban.*, vol. 26, no. 1, pp. 215–231, 2014, doi: 10.1177/0956247813513705.
- [19] M. Angelidou, “Smart city policies: A spatial approach,” *Cities*, vol. 41, pp. S3–S11, 2014, doi: 10.1016/j.cities.2014.06.007.
- [20] M. J. Burger, F. G. van Oort, R. S. Wall, and M. J. P. M. Thissen, “Analysing the competitive advantage of cities in the Dutch randstad by urban market overlap,” in *Advances in Spatial Science*, vol. 72, M. M. Fischer, G. J. D. Hewings, A. Nagurney, P. Nijkamp, and F. Snickars, Eds. Berlin: Springer, 2013, pp. 375–391.

- [21] W. J. J. Manshanden and J. G. Lambooy, "Innovation in the Amsterdam region," *Innov. Cities*, vol. 5, no. October 2007, pp. 129–154, 2003, doi: 10.4324/9780203165478.
- [22] Verdict, "History of smart cities: Timeline," *GlobalData Thematic Research*, 2020. <https://www.verdict.co.uk/smart-cities-timeline/>.
- [23] A. Sharifi, "A critical review of selected smart city assessment tools and indicator sets," *J. Clean. Prod.*, vol. 233, pp. 1269–1283, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.06.172.
- [24] M. S, "Smart Cities - A Roadmap for Development," *J. Telecommun. Syst. Manag.*, vol. 05, no. 03, pp. 1–4, 2016, doi: 10.4172/2167-0919.1000144.
- [25] S. Tuli *et al.*, "HealthFog: An ensemble deep learning based Smart Healthcare System for Automatic Diagnosis of Heart Diseases in integrated IoT and fog computing environments," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 104, no. November 2019, pp. 187–200, 2020, doi: 10.1016/j.future.2019.10.043.
- [26] M. Taştan, "IoT Based Wearable Smart Health Monitoring System," *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilim. Derg.*, vol. 14, no. 3, pp. 343–350, 2018, doi: 10.18466/cbayarfbe.451076.
- [27] G. Manogaran, R. Varatharajan, D. Lopez, P. M. Kumar, R. Sundarasekar, and C. Thota, "A new architecture of Internet of Things and big data ecosystem for secured smart healthcare monitoring and alerting system," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 82, pp. 375–387, 2018, doi: 10.1016/j.future.2017.10.045.
- [28] A. Nikitas, K. Michalakopoulou, E. T. Njoya, and D. Karampatzakis, "Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era," *Sustain.*, vol. 12, no. 7, pp. 1–19, 2020, doi: 10.3390/su12072789.
- [29] T. Yigitcanlar and M. Kamruzzaman, "Smart Cities and Mobility: Does the Smartness of Australian Cities Lead to Sustainable Commuting Patterns?," *J. Urban Technol.*, vol. 26, no. 2, pp. 21–46, 2019, doi: 10.1080/10630732.2018.1476794.
- [30] R. Battarra, F. Zucaro, and M. R. Tremiterra, "Smart Mobility and Elderly People. Can

- ICT Make City More Accessible for Everybody?,” *Tema. J. L. Use, Mobil. Environ. Spec. Issue Eldelry Mobility.*, vol. 2, pp. 23–42, 2018, [Online]. Available: www.tema.unina.it.
- [31] Y. Zhang, G. Zhang, R. Fierro, and Y. Yang, “Force-Driven Traffic Simulation for a Future Connected Autonomous Vehicle-Enabled Smart Transportation System,” *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 19, no. 7, pp. 2221–2233, 2018, doi: 10.1109/TITS.2017.2787141.
- [32] B. Jan, H. Farman, M. Khan, M. Talha, and I. U. Din, “Designing a Smart Transportation System: An Internet of Things and Big Data Approach,” *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 26, no. 4, pp. 73–79, 2019, doi: 10.1109/MWC.2019.1800512.
- [33] S. Tian, W. Yang, J. M. Le Grange, P. Wang, W. Huang, and Z. Ye, “Smart healthcare: making medical care more intelligent,” *J. Glob. Health*, vol. 3, no. 3, pp. 62–65, 2019, doi: 10.1016/j.glohj.2019.07.001.
- [34] L. Greco, G. Percannella, P. Ritrovato, F. Tortorella, and M. Vento, “Trends in IoT based solutions for health care: Moving AI to the edge,” *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 135, pp. 346–353, 2020, doi: 10.1016/j.patrec.2020.05.016.
- [35] M. Artmann, M. Kohler, G. Meinel, J. Gan, and I. C. Ioja, “How smart growth and green infrastructure can mutually support each other — A conceptual framework for compact and green cities,” *Ecol. Indic.*, vol. 96, no. July 2017, pp. 10–22, 2019, doi: 10.1016/j.ecolind.2017.07.001.
- [36] Z. Mingaleva, N. Vukovic, I. Volkova, and T. Salimova, “Waste management in green and smart cities: A case study of Russia,” *Sustain.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–17, 2020, doi: 10.3390/SU12010094.
- [37] Türkiye İstatistik Kurumu, “Nüfus ve Demografi İstatistikleri,” 2019. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>.
- [38] T. Randall and R. Koech, “Smart Water Metering Technology for Water Management in Urban Areas,” *Water e-Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 1–14, 2019, doi: 10.21139/wej.2019.001.

- [39] L. M. Irons, J. Boxall, V. Speight, B. Holden, and B. Tam, “Data driven analysis of customer flow meter data,” *Procedia Eng.*, vol. 119, no. 1, pp. 834–843, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.08.947.
- [40] R. M. Willis, R. A. Stewart, K. Panuwatwanich, S. Jones, and A. Kyriakides, “Alarming visual display monitors affecting shower end use water and energy conservation in Australian residential households,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 54, no. 12, pp. 1117–1127, 2010, doi: 10.1016/j.resconrec.2010.03.004.
- [41] G. Oren and N. Y. Stroh, “Mathematical Model for Detection of Leakage in Domestic Water Supply Systems by Reading Consumption from an Analogue Water Meter,” *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, vol. 4, no. 4, pp. 386–389, 2013, doi: 10.7763/ijesd.2013.v4.377.
- [42] S. Alvisi *et al.*, “Wireless middleware solutions for smart water metering,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 8, pp. 1–25, 2019, doi: 10.3390/s19081853.
- [43] A. Ray and S. Goswami, “IoT and Cloud Computing based Smart Water Metering System,” *2020 Int. Conf. Power Electron. IoT Appl. Renew. Energy its Control. PARC 2020*, pp. 308–313, 2020, doi: 10.1109/PARC49193.2020.236616.
- [44] T. C. Britton, R. A. Stewart, and K. R. O’Halloran, “Smart metering: Enabler for rapid and effective post meter leakage identification and water loss management,” *J. Clean. Prod.*, vol. 54, pp. 166–176, 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.05.018.
- [45] Jiangbei, “Smart Water Meter,” 2021. <https://www.ningbowatermeter.com/smart-water-meter/valve-control-lora-wireless-remote-reading.html>.
- [46] C. Doolan, “Sydney Water’s Smart Metering Residential Project: An insight into the benefits, costs and challenges of smart metering,” *Water*, vol. May, no. 3, pp. 77–80, 2011.
- [47] A. Liu, D. Giurco, and P. Mukheibir, “Urban water conservation through customised water and end-use information,” *J. Clean. Prod.*, vol. 112, pp. 3164–3175, 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.10.002.
- [48] A. L. Sønderlund, J. R. Smith, C. Hutton, and Z. Kapelan, “Using smart meters for

- household water consumption feedback: Knowns and unknowns,” *Procedia Eng.*, vol. 89, pp. 990–997, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.11.216.
- [49] C. D. Beal and J. Flynn, “The 2014 Review of Smart Metering and Intelligent Water Networks in Australia & New Zealand. Report prepared for WSAA by the Smart Water Research Centre, Griffith University,” *Rep. Prep. WSAA by Smart Water Res. Centre, Griffith Univ.*, pp. 1–52, 2014, [Online]. Available: [https://www.wsaa.asn.au/WSAAPublications/Documents/The 2014 Review of Smart Metering and Intelligent Water Networks in Australia and New Zealand.pdf](https://www.wsaa.asn.au/WSAAPublications/Documents/The%202014%20Review%20of%20Smart%20Metering%20and%20Intelligent%20Water%20Networks%20in%20Australia%20and%20New%20Zealand.pdf).
- [50] ASKİ, “2021 Performans Programı,” Ankara, 2020. [Online]. Available: <http://www.aski.gov.tr/Yukle/Dosya/faaliyetperformans/2021Performans.pdf>.
- [51] ASKİ, “ASKİ Genel Müdürlüğü 2020 Yılı Faaliyet Raporu,” Ankara, 2020. [Online]. Available: <https://aski.gov.tr/Yukle/Dosya/faaliyetperformans/aski2020yilifaaliyet.pdf>.
- [52] TEKSAN, “Soğuk Su Sayaçları,” 2021. <http://www.teksan.com.tr/soguksusayaclari.html#all>.
- [53] TEKSAN, “Ön Ödemeli Sayaçlar,” 2021. <http://www.teksan.com.tr/onodemelisayaclar.html#all>.
- [54] ASKİ, “2020 Yili Aski Genel Müdürlüğü Standart Su Dengesi Formu,” Ankara, 2020. [Online]. Available: <http://www.aski.gov.tr/Yukle/Dosya/faaliyetperformans/2020sukayiplariraporu.pdf>.
- [55] I. R. Monks, “Digital Water Metering: A Framework and Modelling Tool for Benefit Valuation,” 2020, [Online]. Available: [https://research-repository.griffith.edu.au/bitstream/handle/10072/403249/Monks_Ian_Final Thesis_Redacted.pdf?sequence=1](https://research-repository.griffith.edu.au/bitstream/handle/10072/403249/Monks_Ian_Final%20Thesis_Redacted.pdf?sequence=1).
- [56] H. March, Á. F. Morote, A. M. Rico, and D. Saurí, “Household smart water metering in Spain: Insights from the experience of remote meter reading in alicante,” *Sustain.*, vol. 9, no. 4, 2017, doi: 10.3390/su9040582.
- [57] A. Miranville, “Annual report 2019,” *AIMS Math.*, vol. 5, no. 1, pp. i–v, 2020, doi:

10.3934/math.2020i.

- [58] W. Schultz, S. Javey, and A. Sorokina, “Smart Water Meters and Data Analytics Decrease Wasted Water Due to Leaks,” *J. Am. Water Works Assoc.*, vol. 110, no. 11, pp. E24–E30, 2018, doi: 10.1002/awwa.1124.
- [59] H. Li, D. Fang, S. Mahatma, and A. Hampapur, “Usage analysis for smart meter management,” *2011 8th Int. Conf. Expo Emerg. Technol. a Smarter World, CEWIT 2011*, 2011, doi: 10.1109/CEWIT.2011.6135871.
- [60] X. Liu and P. S. Nielsen, “A hybrid ICT-solution for smart meter data analytics,” *Energy*, vol. 115, pp. 1710–1722, 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.05.068.
- [61] I. Monks, R. A. Stewart, O. Sahin, and R. Keller, “Revealing unreported benefits of digital water metering: Literature review and expert opinions,” *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 4, pp. 1–32, 2019, doi: 10.3390/w11040838.