



# COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

## Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

### AKILLI SAYAÇLAR UYGULAMASI

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

Tüm hakları saklıdır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni olmadan bu belgenin hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla (fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi, vs.) çoğaltılamaz.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

# AKILLI SAYAÇLAR UYGULAMASI

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan “Akıllı Sayaçlar Uygulaması” yapmak isteyen kurum ve kuruluşlara, projenin geliştirme ve uygulama aşamalarında destekleyici rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

Kılavuzda uygulamaya yönelik bir vaka üzerinden aşamalı ve detaylı olarak açıklama yapılmıştır.

Rehberlik kılavuzu ile uygulamanın projelendirilmesine ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına destek olunması hedeflenmektedir.

## 1. Uygulamanın Tanımı

Akıllı sayaçlar, geleneksel sayaçların yerine kullanılan ve enerji tüketimini daha etkin bir şekilde ölçen ve yöneten özelliklere sahip olan elektronik sayaçlardır. Diğer bir deyişle, akıllı sayaç (smart metering) uygulaması, elektrik, su ve doğalgaz gibi kamu hizmetlerinin kullanımının, çağdaş teknolojik imkânlarla ölçülmesini ve uzaktan yönetilmesini sağlayan bir sistemdir.

### 1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Akıllı Sayaçlar projesinin hazırlık aşamasında ilk olarak projenin adı belirlenir.
- Proje adı belli olduktan sonra projenin uygulama alanı, büyüklüğü ve yapısı belirlenerek projenin ne kadar sürede biteceği planlanır.
- Proje uygulamaya alınmadan önce projenin tanıtıcı özeti olan Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamındaki Proje Fişi hazırlanır.

| Örnek Vaka     |                                       |
|----------------|---------------------------------------|
| Proje Adı      | Akıllı Sayaçlar Uygulaması Projesi    |
| Uygulama Alanı | 1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi |
| Proje Süresi   | -                                     |

Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup doküman [www.akillisehirler.gov.tr](http://www.akillisehirler.gov.tr) adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı'ndan erişilebilmektedir.

## 1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Akıllı Sayaçlara ait teknik bileşenler şunlardan oluşmaktadır:

- Merkezi Veri Sistemi
- Veri Toplama ve Yönetim Yazılımları
- İletişim/Haberleşme Altyapısı

## 1.3. Proje Girdileri

Akıllı Sayaçlara ait proje girdileri aşağıda sıralanmıştır:

- Sayaç yerleşimi/değişimi planı
- Altyapı yeterlilik değerlendirmesi
- İletişim altyapısı planı
- Veri yönetimi ve analizi

## 1.4. Beklenen Çıktılar

Akıllı Sayaçlara ait beklenen çıktılar şu şekildedir:

- Tüketilen enerji miktarının zamanla değişimi ve günlük, haftalık, aylık veya yıllık enerji tüketim verilerinin elde edilmesi
- Enerji kullanımının anlık olarak izlenmesine ve yönetilmesine olanak tanınması
- Toplanan verileri analiz ederek tüketim desenleri, enerji verimliliği, potansiyel tasarruf alanları ve enerji tüketimindeki artış veya düşüşleri raporlaması
- Enerji tüketimi ve performans verileri uzaktan izlenmesini ve yönetilmesini sağlaması
- Enerji sağlayıcıları ve tüketiciler için kullanımı kolay bir denetim imkanı sağlaması
- Alarm ve uyarılar göndererek enerji verimliliği ile ilgili problemleri veya ani tüketim artışlarını tespit etmesi ve müdahale etmesi
- Daha doğru ve şeffaf bir faturalandırma sürecine ve daha adil bir ödeme sistemine olanak tanınması
- Enerji yönetimi stratejilerini geliştirmeyi ve enerji tüketimini optimize etmeyi sağlaması

- Enerji maliyetlerini düşürmeyi ve çevresel etkiyi azaltmayı mümkün kılması
- Şebeke yönetimi, güneş enerjisi entegrasyonu ve enerji depolama sistemleri gibi diğer teknolojilerle uyumlu çalışma imkânı sunması

### 1.5. Projenin performans göstergeleri

Akıllı Sayaçlar uygulamasının performans göstergeleri, projenin başarı seviyesini ölçmek için kullanılan ölçülebilir ve belirli hedeflerdir. Bu performans göstergeleri, Akıllı Sayaçlar projesinin amaçlarına ulaşp ulaşmadığını değerlendirmek, etkinliğini ve verimliliğini ölçmek için kullanılır.

Performans göstergeleri arasında:

- Enerji tüketim verilerini doğru bir şekilde toplaması ve raporlaması
- Daha sık veri toplama özelliğine sahip olması
- Enerji tüketimi ve performans verilerine uzaktan erişim sağlayabilmesi
- Enerji verimliliğinde sağlanan artış
- Doğru ve şeffaf, adil ve güvenilir faturalandırma süreçleri sunması
- Enerji sorunlarını tespit etme hızı
- Verilerin güvenliğini ve gizliliğini sağlaması
- Diğer enerji yönetim bileşenleriyle uyumlu bir şekilde çalışma yeteneği
- Çevresel etkiyi azaltması

## 2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

### 2.1. Proje Kapsamı

Akıllı sayaçlar (smart metering), son yıllarda IoT (nesnelerin interneti) alanında büyük bir popülerlik kazanan ve hızla yayılan bir teknoloji uygulamasıdır. Bu uygulama, elektrik, su ve doğalgaz gibi kaynakların son kullanıcılara ulaştırılması ve yönetim süreçlerinin dijitalleşmesi için saha faaliyetlerinin zorluklarını ve maliyetlerini ele almaktadır.

### 2.2. Proje Gerekçesi

Akıllı Sayaç projelerinin temel amacı, enerji, su veya doğalgaz gibi kaynakların tüketimini daha etkin bir şekilde ölçmek, yönetmek ve izlemektir. Akıllı sayaç projeleri, enerji verimliliğini artırmak, kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlamak ve enerji altyapısını modernize etmek gibi hedefleri destekler. Aynı zamanda, kullanıcılara daha iyi hizmet sunmak, enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için de önemli bir adımdır.

Akıllı ölçümleme, uzaktan okuma imkânı sağlayan akıllı sayaçlar kullanarak verilerin etkin ve ekonomik bir şekilde toplandığı iletişim altyapısı ve sistemlerden oluşur. Akıllı sayaçlar ve ölçümleme için bir değerlendirme yapılırken, veriyi okuyan, toplayan, anlamlandıran ve iş sistemleriyle entegre eden tüm elektronik/elektromekanik cihazlar, iletişim altyapısı ve ilgili yazılımlar birlikte incelenmelidir.

Akıllı sayaçlar ve ölçümleme teknolojileri, internetin yaygınlaşmasından önce 1970'lerde geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Ancak, internetin yaygınlaşması ve kablosuz iletişim ile telekomünikasyon teknolojilerinin gelişimi, bu teknolojilerin uygulama alanlarını ve potansiyelini büyük ölçüde artırmıştır. 2010'lardan itibaren ise nesnelerin interneti ve dijitalleşme alanlarında sağlanan hızlı ilerleme, ekipmanlara ve teknolojilere erişimi kolaylaştırmış ve büyük çaplı akıllı sayaç ve ölçümleme uygulamalarının gerçekleştirilmesini mümkün kılmıştır.

### **2.3. Mevcut Durum**

#### ***Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti***

- Akıllı Sayaçlara yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trenlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

#### ***Proje konusu ile ilgili Türkiye'de mevcut durumun tespiti***

- Türkiye'deki mevcut Akıllı Sayaçlara yönelik alt ve üst yapı uygulamaları incelenir.
- Proje için gerek duyulan alanlarda hizmet alınabilecek firmalar belirlenir.

#### ***Daha önce yapılan çalışmaların başarı-başarısızlık durumlarının tespiti***

- Bu uygulamaları gerçekleştiren kurum ve firmalarla bilgi-tecrübe-fikir alış veriş yapıdır.
- Başarılı süreçler arasında kıyaslama yapılarak bölge için en uygun teknoloji, yapı, ekipman, otomasyon, yöntem ve ürün belirlenir.
- Süreç içerisindeki karşılaşılan olumlu ve olumsuz durumlara dair bilgi notları hazırlanır ve bilgi havuzuna eklenir.

#### ***Literatür Araştırması***

Literatür araştırması kısmı, bu projeyi uygulayacak kurum ve kuruluşlara mevcut durum hakkında bilgi vermek ve konu hakkında fikir sahibi olmalarını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Avrupa Komisyonu akıllı sayaç yaygınlaştırma çalışmaları özelinde bir fayda-maliyet analizi metodolojisi önermiştir (JRC67961-EUR 25103 EN). Buna göre, akıllı sayaç sistemlerinin yaygınlaştırılmasına ilişkin fayda-maliyet analizi yaklaşımı izlenmiştir ve Avrupa Birliği'ne üye 16 ülkede yaygınlaştırma planı

onaylanmış ve kurulum zaman planları oluşturulmuştur. Üye ülkelerin fayda-maliyet analizlerinin detayları Tablo 1 ile verilmiştir [1]. Buna göre;

Üye ülkelerden İtalya ve İspanya, yaygınlaştırma kararı almadan önce resmi ve ayrıntılı bir fayda-maliyet analizi çalışması yapmamıştır. İtalya'da ENEL adlı dağıtım sistem operatörü, kendi bölgesinde geniş çaplı yaygınlaştırma için bir fayda-maliyet analizi gerçekleştirmiştir. Ayrıca, İsveç ve İtalya'da yaygınlaştırma süreci sırasıyla 2009 ve 2011 yıllarında tamamlanmış, Finlandiya'da ise 2013 sonunda %97'lik bir kapsama ulaşılmıştır [1].

Almanya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Letonya, Litvanya, Portekiz ve Slovakya gibi 7 üye ülkenin fayda-maliyet analizlerinde, akıllı sayaç sistemlerinin 2020'ye kadar en az %80 oranında yaygınlaştırılması hedefi negatif veya yetersiz sonuçlar vermiştir. Ancak Almanya, Letonya ve Slovakya'da bazı tüketici grupları için uygulanabileceği sonucuna varılmıştır [1].

**Tablo 1.** AB'ye üye ülkelerin fayda-maliyet analizi [1]

| Ülke                                     | Toplam sayaç sayısı/<br>Yayılma oranı                      | Fayda-maliyet /Sayaç (Euro) | Temel Faydalar  | Temel Maliyetler  | Kurulum süresi/<br>FMA vadesi                           | İletişim topolojisi/Asgari gereksinim listesi   |
|--|--|-----------------------------|---|---|---|---|
| <b>Almanya</b>                           | 11,9 M (2022)<br>15,8 M (2032)<br>%23 (2022)<br>%31 (2032) | F: 546<br>M: 493            | Enerji Tasarrufu: %33<br>Puant Anı<br>Yük Aktarımı: %15<br>Gelecek Yatırımlar<br>Tasarrufu: %13                     | CAPEX: %30<br>Veri İletişim<br>Maliyeti: %20<br>BT: %8  | Kurulum:<br>2014-Belirsiz<br>FMA: 20 yıl<br>(2012-2022) | GPRS/UMTS/ LTE: %80<br>PLC/BPL: % 20<br>DSL: %5<br>Fiber Optik: %5<br>Fonksiyonlar: G hariç<br>hepsi  |
| <b>Avusturya</b>                         | 5,7 M<br>%95 (2020)  | F: 654<br>M: 590            | Enerji Tasarrufu: %55<br>Tedarikçi Değişim<br>Sürecinde Verimlilik: %19<br>Sayaç Okuma<br>Maliyetleri Azalması: %13 | OPEX: %30<br>CAPEX: %26<br>Dolaylı Maliyetler<br>(Müşterilerin<br>tüketim eğrisinin<br>değişmesi sonucu<br>oluşan<br>dengesizlikler): %24 | Kurulum:<br>2012-2019<br>FMA: 15 yıl                    | Sayaç-Veri Toplayıcı<br>Arası: %70 PLC,<br>%30 GPRS<br>Veri Toplayıcı-Veri<br>Merkezi Arası: %100<br>Fiber Optik<br>Fonksiyonlar: Hepsi           |
| <b>Belçika – Flaman Bölgesi</b>          | 3,45 M<br>%98 (2020)                                       | F: 600<br>M: 560            | Enerji Tasarrufu: %19<br>Sayaç Okuma<br>Maliyetleri Azalması: %17<br>Kaçak Tespit: %13                              | Sayaç ve Kurulum<br>Maliyetleri: %50<br>Veri İletişim<br>Altyapısı<br>Yatırımı: %23<br>Veri Merkezi<br>Yatırımı: %24                      | Kurulum:<br>2015-2019<br>FMA: 30 yıl<br>(2015-2045)     | Sayaç-Veri Toplayıcı<br>Arası: %80 PLC, %20<br>GPRS+MUC<br>Kablo<br>Veri Toplayıcı-Veri<br>Merkezi Arası: Kablo ve<br>GPRS Fonksiyonlar:<br>Hepsi |
| <b>Belçika – Brüksel Başkent Bölgesi</b> | 620 k  | F: 615<br>M: 740            | Enerji Tasarrufu: %46<br>Ticari Kayıpların<br>Azaltılması: %22<br>Saha Operasyon<br>Yönetimi: %16                   | Sayaç ve Kurulum<br>Maliyetleri: %43<br>Veri İletişim<br>Altyapısı<br>Yatırımı: %24   | Kurulum:<br>2015-2018<br>FMA: 20 yıl<br>(2015-2035)     | PLC (Öncelikli)<br>UMTS<br>WiMAX<br>Fonksiyonlar: B hariç<br>Hepsi  |

|  |                       |                    |  |   |  |  |
|--|-----------------------|--------------------|--|---|--|--|
|  |                       |                    |  | Bakım: %17  |  |  |
| <b>Belçika – Valon Bölgesi (Negatif)</b> | 1,9 M<br>%80 (2020)   | F: 1076<br>M: 1175 | Ön Ödemeli Sayaç ile Alacak Yönetimi: %49<br>Uzaktan Kesme-Açma: %15<br>Talep Tarafı Katılımı: %13                             | Kurulum: %37<br>Bakım: %23<br>Donanım: %16<br>Kaçak Tespit: %11   | Kurulum: 2015:2019<br>FMA: 30 yıl<br>(2012-2041) | Sayaç-Veri Toplayıcı Arası: %80 PLC, %20<br>GPRS+MUC<br>Veri Toplayıcı-Veri Merkezi Arası: GPRS<br>Fonksiyonlar: Hepsi             |
| <b>Belçika – Valon Bölgesi (Pozitif)</b> | 1,9 M<br>%15 (2020)   | F: 805<br>M: 500   | Ön Ödemeli Sayaç ile Alacak Yönetimi: %64<br>Uzaktan Kesme-Açma: %15<br>Talep Tarafı Katılımı: %13                             | Kurulum: %35<br>Bakım: %18<br>Donanım: %15<br>Kaçak Tespit: %6  | Kurulum: 2015-2019<br>FMA: 30 yıl<br>(2012-2041) | Sayaç-Veri Toplayıcı Arası: %80 PLC, %20<br>GPRS+MUC<br>Veri Toplayıcı-Veri Merkezi Arası: GPRS<br>Fonksiyonlar: Hepsi             |
| <b>Çek Cumhuriyeti</b>                   | 5,7 M<br>%100 (2020)  | F: 499<br>M: 766   | Ticari Kayıpların Azaltılması: %53<br>Puant Anı<br>Yük Aktarımı: %42<br>Ertelenen Üretim Kapasite Yatırımları: %5              | Sayaç Maliyetleri: %24<br>BT ve Veri İletişim Altyapısı Yatırımı: %10<br>Veri İletişim Maliyeti: %9   | Kurulum: 2020-2026<br>FMA: 26 yıl                | Sayaç-Veri Toplayıcı Arası: PLC (Öncelikli) + GPRS<br>Veri Toplayıcı-Veri Merkezi Arası: GPRS + Fiber Optik<br>Fonksiyonlar: Hepsi |
| <b>Danimarka</b>                         | 1,38 M<br>%100 (2020) | F: 233<br>M: 225   | Sayaç Yatırımları<br>Tasarrufu: %29<br>Artan Rekabet: %21<br>Enerji Tasarrufu: %16   | CAPEX: %67<br>OPEX: %4  | Kurulum: 2014-2020<br>FMA: 10 yıl                | PLC<br>GPRS/GSM<br>WiFi<br>RF<br>Fonksiyonlar: Hepsi (B fonksiyonu kısmen saatlik)   |
| <b>Estonya</b>                           | 709 k<br>%100 (2020)  | F: 269<br>M: 155   | Şebeke Kayıplarında Azalma<br>Gelecek Yatırımlar Tasarrufu<br>Sayaç Operasyonları Maliyetlerinde Azalma                        | OPEX<br>Merkezi İşletim Sistemi Bakımı<br>Veri İletişim Maliyeti  | Kurulum: 2013-2017<br>FMA: -                     | PLC: %90<br>GPRS: %10<br>Fonksiyonlar: Hepsi (B fonksiyonu kısmen saatlik)   |
| <b>Finlandiya</b>                        | 3,3 M<br>%97 (2020)   | F: -<br>M: 210     | Talep Tarafı Katılımı<br>Operasyon Maliyetlerinde Azalma (Uzaktan Okuma Kaynaklı)<br>Elektrik Ticareti ve Yeni Servis Alanları | Sayaç Maliyeti: %40-55<br>Sayaç Ek Donanımları (Kesme-Açma Rölesi, Anahtarı gibi): %5-25<br>Kurulum ve Bakım: %10-25<br>Veri İletişim Maliyeti: %5-40 | Kurulum: 2009-2013<br>FMA: 15 yıl                | GPRS: %60<br>PLC: %30<br>RF: %10<br>Fonksiyonlar: A fonksiyonu ek ücrete tâbi ve B fonksiyonu saatlik                              |
| <b>Fransa</b>                            | 35 M<br>%95 (2020)    | F: -<br>M: 135     | Sayaç Yatırımları<br>Tasarrufu: %30<br>Şebeke Kayıplarında Azalma: %25<br>Sayaç Okuma Maliyetleri Azalması: %15                | Sayaç ve Kurulum Maliyetleri: %80<br>Veri Toplayıcı Maliyetleri (Kurulum dahil): %10<br>BT Sistemi: %10   | Kurulum: 2014-2020<br>FMA: -                     | PLC<br>Fonksiyonlar: Hepsi   |
| <b>Hollanda</b>                          | 7,6 M<br>%100 (2020)  | F: 270<br>M: 220   | Enerji Tasarrufu: %15<br>Çağrı Merkezi Hizmetlerinde   | Sayaç ve Kurulum Maliyetleri: %25   | Kurulum: 2012-2020<br>FMA: 50 yıl                | PLC + GPRS<br>Fonksiyonlar: Hepsi  |

|                                      |                                     |                  |   |   |   |   |
|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                      |                                     |                  | Tasarruf: %15<br>Tedarikçi Değişim<br>Sürecinde Verimlilik: %8  | Veri Merkezi<br>Sistem<br>Maliyeti: %16<br>İletişim Altyapısı<br>(PLC): %14   |   |   |
| <b>İngiltere (GB)</b>                | 32,9 M<br>%97 (2020)<br>%100 (2030) | F: 377<br>M: 161 | <u>Mesken:</u><br>Tedarikçi<br>Maliyetlerinde<br>Tasarruf: %54<br>Enerji Tasarrufu: %28<br>Karbon Emisyonu: %7<br><u>Mesken Dışı:</u><br>Enerji Tasarrufu: %60<br>Karbon Emisyonu: %19<br>Tedarikçi Maliyetlerinde<br>Tasarruf: %15 | <u>Mesken:</u><br>Sayaç CAPEX +<br>OPEX: %43<br>İletişim CAPEX +<br>OPEX: %23<br>Kurulum<br>Maliyetleri: %15<br><u>Mesken Dışı:</u><br>Sayaç CAPEX +<br>OPEX: %49<br>İletişim CAPEX +<br>OPEX: %31<br>Kurulum<br>Maliyetleri: %16 | Kurulum:<br>2012-2020<br>FMA: 18 yıl<br>(2012-2030) | Merkezi Veri İletişim<br>sorumlusu (DCC-Capita<br>PLC) tarafından farklı<br>iletişim topolojileri<br>hazırlanmakta<br>Fonksiyonlar: Hepsi   |
| <b>İngiltere (Kuzey<br/>İrlanda)</b> | 860 k<br>>%80 (2020)                | F: 502<br>M: 489 | Enerji Tasarrufu: %39<br>Sayaç Okuma<br>Maliyetleri Azalması: %19<br>Enerji Maliyetlerinde<br>Azalma (Tüketim<br>kaydırmaları kaynaklı): %17  | Donanım ve<br>Kurulum<br>Maliyetleri: %52<br>Ev İçi Gösterge<br>Cihazları: %10<br>BT Sistem<br>Yatırımları: %8  | Kurulum:<br>2014-2020<br>FMA: 25 yıl                | PLC (Henüz<br>Kesinleşmedi)<br>Fonksiyonlar: Hepsi  |
| <b>İrlanda</b>                       | 2,2 M<br>%100 (2020)                | F: 551<br>M: 473 | Enerji Tasarrufu<br>Ertelenen Üretim<br>Kapasite Yatırımları<br>Tedarikçi Maliyetlerinde<br>Tasarruf  | CAPEX + OPEX<br>Tedarikçi<br>Maliyetleri<br>(Karmaşık tarife<br>ve fiyatlandırma<br>sistemleri)   | Kurulum:<br>2014-2019<br>FMA: 21 yıl<br>(2011-2032) | PLC / RF<br>Fonksiyonlar: Hepsi   |
| <b>İsveç</b>                         | 5,2 M<br>%100 (2020)                | F: 323<br>M: 288 | -   | -   | Kurulum:<br>2003-2009<br>FMA: -                     | Sayaç-Veri Toplayıcı<br>Arası: %67<br>PLC+GPRS+RF, %37<br>Sadece PLC, %17<br>Sadece RF, %1<br>Sadece GPRS<br>Veri Toplayıcı-Veri<br>Merkezi Arası: %33<br>GPRS, %33<br>Fiber Optik, %9 RF, %8<br>PLC, %17 Diğer<br>Fonksiyonlar: Hepsi (B<br>Fonksiyonu<br>meskenlerde saatlik) |
| <b>İtalya</b>                        | 36,7 M<br>%99 (2020)                | F: 176<br>M: 94  | Gelir Artışı (Ticari<br>Kayıpların Azalması)<br>Sayaç Operasyonları<br>Maliyetlerinde Azalma<br>Satın Alma & Lojistik<br>Kazanımları<br>Müşteri Hizmetleri<br>(Faturalama, Alacak   | Donanım ve<br>Kurulum<br>Maliyetleri: %95<br>BT Sistem<br>Yatırımları: %5   | Kurulum:<br>2001-2011<br>FMA: -                     | Sayaç-Veri Toplayıcı<br>Arası: PLC<br>Veri Toplayıcı-Veri<br>Merkezi Arası:<br>GSM/GPRS<br>Fonksiyonlar: Hepsi (B<br>kısmen)  |



|                   |                      |                  | Yönetimi Verimliliği   |  |   |  |
|-------------------|----------------------|------------------|--|--|---|--|
| <b>Letonya</b>    | 1,09 M<br>%23 (2020) | F: 18<br>M: 302  | Enerji Tasarrufu: %57<br>Dağıtım Operasyonları<br>Maliyetlerinde<br>Azalma: %24<br>Karbon Emisyonu: %11  | Sayaç<br>Maliyetleri: %32<br>İletişim Altyapısı<br>Maliyetleri: %16<br>Kurulum<br>Maliyetleri: %8  | Kurulum:<br>2015-2017<br>FMA: 10 yıl<br>(2015-2025) | Sayaç-Veri Toplayıcı<br>Arası: PLC<br>Veri Toplayıcı-Veri<br>Merkezi Arası: GSM<br>Fonksiyonlar: Hepsi   |
| <b>Litvanya</b>   | 1,6 M<br>%80 (2020)  | F: 128<br>M: 254 | Enerji Tasarrufu: %26<br>Ticari Kayıpların<br>Azalması: %22<br>Tüketim Kayması: %14  | Sayaç<br>Maliyetleri: %38<br>Sayaç Kurulum<br>Maliyetleri: %18<br>Veri Toplayıcı<br>Maliyetleri: %8  | Kurulum:<br>2014-2020<br>FMA: 18 yıl<br>(2011-2029) | Sayaç-Veri Toplayıcı<br>Arası: PLC, GPRS<br>Veri Toplayıcı-Veri<br>Merkezi Arası: GPRS<br>Fonksiyonlar: Hepsi  |
| <b>Lüksemburg</b> | 260 k<br>%95 (2020)  | F: 162<br>M: 142 | Dağıtım Operasyonları<br>Maliyetlerinde Azalma<br>Enerji Tasarrufu   | Sayaç Maliyetleri<br>Sayaç Kurulum<br>Maliyetleri<br>BT Altyapısı<br>Maliyetleri   | Kurulum:<br>2015-2018<br>FMA: 20 yıl                | PLC, GPRS<br>Fonksiyonlar: C, D, E, H  |
| <b>Polonya</b>    | 16,5 M<br>%80 (2020) | F: 177<br>M: 167 | Enerji Tasarrufu: %27<br>Teknik ve Ticari<br>Kayıpların Azalması: %25<br>Sayaç Okuma<br>Maliyetleri Azalması: %24<br>Puant Anı Kapasite<br>Yatırımlarının<br>Ertelenmesi: %15      | Sayaç Okuma<br>Maliyetleri: %24<br>Yeni Altyapı<br>Yatırımları: %7<br>Müşteri Hizmetleri<br>Maliyetleri: %3                                | Kurulum:<br>2012-2022<br>FMA: -                     | PLC<br>Fonksiyonlar: Hepsi   |
| <b>Portekiz</b>   | 6,5 M<br>%80 (2020)  | F: 202<br>M: 99  | Enerji Tasarrufu: %55,3<br>Puant Anı Tüketimin<br>Azalması: %13,3<br>Ticari Kayıpların<br>Azalması: %11,1  | Tedarikçi<br>Kârlılığının<br>Azalması: %47,4<br>Sayaç ve Kurulum<br>Maliyetleri: %31<br>İletişim<br>Altyapısı: %14,6                       | Kurulum:<br>2014-2022<br>FMA: 40 yıl                | PLC: %85<br>GPRS: %15<br>Fonksiyonlar: Hepsi   |
| <b>Romanya</b>    | 9 M<br>%80 (2020)    | F: 77<br>M: 99   | Sayaç Okuma<br>Maliyetleri Azalması: %36<br>Ticari Kayıpların<br>Azalması: %33,6<br>Dağıtım Yatırımları<br>Tasarrufu: %12,9<br>Dağıtım Operasyonları<br>Maliyetleri Azalması: %7,7 | Yatırım ve Kurulum<br>Maliyetleri: %57,53<br>Sistem<br>Operasyonları ve<br>Bakım<br>Maliyetleri: %37,78<br>Finansman<br>Maliyetleri: %4,69 | Kurulum:<br>2013-2022<br>FMA: 20 yıl<br>(2012-2032) | Sayaç-Veri Toplayıcı<br>Arası: PLC<br>Veri Toplayıcı-Veri<br>Merkezi Arası:<br>GSM/GPRS,<br>WiFi/WiMAX, Fiber<br>Optik Fonksiyonlar:<br>Hepsi          |
| <b>Slovakya</b>   | 2,6 M<br>%23 (2020)  | F: 118<br>M: 114 | Tüketim Kayması<br>Sonucu Enerji<br>Maliyetinin Azalması: %26<br>Sistem Dengeleme<br>Maliyetleri Azalması: %23<br>Enerji Tasarrufu: %16  | Sayaç<br>Maliyetleri: %69<br>Sayaç Kurulum<br>Maliyetleri: %17<br>BT Altyapısı<br>Maliyetleri: %7  | Kurulum:<br>2013-2020<br>FMA: 20 yıl                | Sayaç-Veri Merkezi<br>(Doğrudan İletişim):<br>GSM/GPRS/ETHN<br>Ara Katmanlı İletişim:<br>PLC, RF ve/veya WAN<br>Fonksiyonlar: E ve J<br>hariç<br>Hepsi |
| <b>Yunanistan</b> | 7 M<br>%80 (2020)    | F: 436<br>M: 309 | Enerji Tasarrufu: %44<br>Sayaç Okuma<br>Maliyetleri Azalması: %14<br>Karbon Emisyonu: %11  | Sayaç ve Kurulum<br>Maliyetleri: %55<br>Ev İçi Gösterge<br>Cihazı: %20<br>İletişim Altyapısı   | Kurulum:<br>2014-2020<br>FMA: 25 yıl                | Sayaç-Veri Toplayıcı<br>Arası: PLC<br>Veri Toplayıcı-Veri<br>Merkezi Arası: PLC<br>Fonksiyonlar: Hepsi   |

## Türkiye'deki mevcut durum

Türkiye'de akıllı sayaç sistemlerine ilişkin uygulamalar, günümüze kadar Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri (OSOS) başlığı altında yürütülmektedir.

Türkiye Elektrik Piyasası'nda mevcutta merkezi bir akıllı sayaç yaygınlaştırma stratejisi bulunmamaktadır. Dağıtım şirketleri, OSOS kurulumlarını kendi yatırım stratejileri doğrultusunda planlamaktadır. Avrupa'da benimsenen yaklaşımı takip etmek suretiyle, Türkiye'de akıllı sayaç yaygınlaştırma çalışmalarının fayda-maliyet analizlerine dayalı olarak planlanması ve uygulanması önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye Elektrik Piyasası'nda akıllı sayaç yaygınlaştırma projelerine yönelik ekonomik etki değerlendirmesi modelinin fayda-maliyet analizine dayalı olarak oluşturulması gerekmektedir [1].

## 2.4. İhtiyaç Analizi

### *Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi*

Akıllı Sayaçlar projelerinde, hizmeti alan bireysel müşterilerin, hizmeti sağlayan kuruluşların (dağıtıcıların), kamu kurumlarının ve düzenleyicilerin (idarelerin) perspektifinden farklı ihtiyaçlar incelenebilir. Her paydaş için farklı faydalar ve beklentiler söz konusudur. Ayrıca, proje ölçeği (adetler, mesafeler vb.) ve uygulama varsayımları (kullanım, yönetim ve altyapıyla ilgili kabul ve önlemler) analiz için önemli unsurlardır.

Proje açısından başka bir önemli faktör, uygulamanın gerçekleştirileceği coğrafyanın ve yapılaşmanın özellikleridir. Yerleşim alanlarında bulunan tepe ve vadi yapıları, sayaçların bina içerisindeki konumu ve bina yükseklikleri gibi etkenler, antenlerin sayaçlardan veri okumasını ve verilerin iletilmesini etkileyebilir.

Tablo 2, paydaş ihtiyaçlarının hangi teknik yeteneklere veya özelliklere karşılık geldiğini özetlemektedir.

**Tablo 2.** İhtiyaçlar ve Karşılık Gelen Özellikler

| Paydaş                        | İhtiyaç  | Teknik özellik /teknolojik yeterlilik   |
|-------------------------------|--|---|
| Bireysel kullanıcı / tüketici | <ul style="list-style-type: none"><li>Maliyet avantajı (veya maliyet artışının olmaması)</li><li>Çevrim içi işlevsellik</li><li>Güvenlik</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Ekonomik ekipman</li><li>Çift yönlü iletişim, okuma haricinde ilave sensörler</li><li>Düşük enerji tüketimi (kısılcım, parlama gibi olumsuzluklardan kaçınma)</li></ul> |

|                  |  |   |
|------------------|--|---|
| Hizmet sağlayıcı | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Düşük maliyet</li> <li>• Düşük bakım maliyeti</li> <li>• Olumsuz bina ve coğrafi koşullarda çalışabilme</li> <li>• Çevrim içi işlevsellik</li> <li>• Güvenlik</li> <li>• Uzaktan yönetim</li> <li>• Daha sık ve detay okuma verisi</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Düşük miktarlı veri aktarımı -&gt; düşük maliyet ve enerji tüketimi</li> <li>• Basit ve ispatlanmış ürün/teknolojiler</li> <li>• Düşük enerji tüketimi -&gt; Uzun pil süresi</li> <li>• Uzun menzil</li> <li>• Dış koşullara uyumlu ekipman</li> <li>• Çift yönlü iletişim yeteneği</li> <li>• Kimlik doğrulama ve kriptolama yetenekleri ile dışarıdan müdahalenin engellenmesi</li> <li>• Çoklu sensör kullanabilme</li> </ul> |
| İdare - kamu     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Güvenilir hizmet</li> <li>• Sürdürülebilir çözüm</li> <li>• Diğer projelere kaldıraç etkisi</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arkasında destek/topluluk bulunan protokoller ve ürünler</li> <li>• Teknolojik riskin az olması – teknolojinin uzun ömürlü ve gelişiyor olması</li> <li>• Diğer akıllı şehir projelerini destekleyecek kapasite ve altyapı</li> </ul>  |

### ***Proje ile ilgili beklentiler ve paydaşlara sağlanan faydalar ile çözüm getirilen problem ve sıkıntıların tespiti***

Akıllı Sayaçlar projelerinde bazı temel beklentiler ve paydaşlara sağlanan faydalar, hizmeti alan bireysel müşterilerin, hizmeti sağlayan kuruluşların (dağıtıcıların), kamu kurumlarının ve düzenleyicilerin (idarelerin) perspektifinden değerlendirilmiştir.

#### **Bireysel müşteri**

Elektrik, su veya doğal gaz gibi herhangi bir hizmetten faydalanan bireysel müşterilerin (tüketici) en temel beklentisi, düzenli, güvenli ve ekonomik bir dağıtım hizmeti almaktır. Bu nedenle, akıllı sayaç uygulamalarıyla birlikte tüketiciler aşağıdaki temel beklentilere sahip olacaklardır.

- **Maliyetin iyileştirilmesi:** Yeni cihazlar ve ekipmanların kullanımıyla ilgili maliyetlerin tüketiciye yansıtılmaması önerilir. Tüketici, dijitalleşme sayesinde sağlanan tasarrufların kendisine ne şekilde yansıtılacağını merak edecektir. Bu noktada, kullanılan teknoloji ve ekipmanın uygun maliyetli olmasının yanı sıra, çözümün tüketiciye ilerleyen zamanlarda belli bir oranda tasarruf olarak aktarılması beklenir.
- **Esnek tariflendirme:** Sayaçlardan elde edilen dinamik veriler sayesinde müşteriler, kullanım istatistiklerini daha ayrıntılı bir şekilde öğrenebileceklerdir. Farkındalığı artan müşteriler, işletme yeteneklerinin gelişimiyle yeni taleplerde bulunabilirler. Örneğin, hafta içi çalışan

bireysel müşteriler, hafta içi ve hafta sonu için farklı fiyatlandırma seçenekleri talep edebilirler veya yaz-kış aylarında değiştirilebilir tarife seçeneklerine ihtiyaç duyabilirler.

- **Çevrimiçi (on-line) yetenekler:** Akıllı sayaçlarla birlikte gelen uzaktan yönetim yeteneklerine paralel olarak müşteriler, internet üzerinden erişilebilen dijital süreçleri de talep edeceklerdir. Anlık veya neredeyse anlık (gün sonu vb.) tüketim değerlerini izleme yeteneği, elektronik ödeme ile entegre edilmiş uzaktan abonelik açma-kapama gibi dijitalleşen süreçler, müşterinin öncelikli ihtiyaçları olarak düşünülebilir.

### Hizmet sağlayıcı

Elektrik, su veya doğal gaz gibi hizmetleri sağlayıcılar ve dağıtıcılar, akıllı sayaçlar ve bağlantılı ölçümleme uygulamalarında güvenlik, operasyonel etkinlik ve maliyet gibi farklı alanlarda çeşitli beklentilere sahip olacaklardır. Bu ihtiyaçlar ve elde edilebilecek faydalar aşağıda özetlenmiştir.

- **Güvenlik:** Kurum çalışanlarının ve sistemlerin güvenliği, kaynakların dağıtımı, ölçümü ve yönetimi sırasında öncelikli bir ihtiyaçtır. IoT teknolojileriyle ölçüm yapan sistemler, yüksek hassasiyet ve detaylı veri üretmenin yanı sıra, dış müdahalelere karşı korunaklıdır. Sayaçların veri okuma ve iletim protokollerine müdahale etmek kolay değildir. Ayrıca cihazlar müdahale durumunda bildirim yapma yeteneğine sahiptir. Personel gerektirmeyen okuma işlemi, uzaktan aksiyon alabilme gibi özellikler, hassas bölgeler ve durumlar için hem sistem hem de çalışanların güvenliği açısından istenen işlevselliği sağlar.
- **Gelişmiş planlama:** Mevcut ölçümleme uygulamalarında hizmet sağlayıcılar, ayrıntılı tüketim verilerinden anlık olarak yararlanamamaktadır. Hane veya sayaç bazında kaynağın ayrıntılı istatistikleri bulunmamakta ve bu rakamlar okuma dönemlerinde elde edilen toplam ile takip edilmektedir. Anlık ve dönemsel tüketim dalgalanmalarına hızlı yanıt vermek zor olmaktadır. Akıllı sayaçlar ve bağlantılı ölçümleme uygulamaları, hizmet sağlayıcılara sık ve gerçek zamanlı, ayrıntılı tüketim verileri iletebilmektedir. Özellikle yoğun kullanım dönemlerinde, hizmet sağlayıcılar için detaylı ve gerçek zamanlı tüketim verilerine sahip olmak önemli bir avantajdır. Anlık ve düzenli tüketim verilerine dikkate alınarak daha etkin elektrik yönetimi ve kaynak planlaması yapılabilecektir. Günlük olarak toplanan veriler sayesinde, anlık ve geleceğe yönelik verilere dayalı yönetim daha kolay hale gelecektir. Bölgesel ve dönemsel ayrıntıların analizi ile farklı bölgelere ve dönemlere (örneğin hafta sonları) yönelik uygulamalar ve önlemler geliştirilmesi mümkün olacaktır.
- **Maliyetlerin iyileştirilmesi:** Günümüzde elektrik, doğal gaz ve su gibi kaynaklar giderek değerli hale gelmektedir ve dağıtım şirketlerinin uygun maliyetli hizmetler sunabilmesi kendi karlılıkları ve iş verimlilikleri açısından temel bir gereklilik haline gelmiştir. Akıllı sayaçlar ve

ölçümleme altyapıları, geleneksel cihazlara kıyasla daha yüksek maliyetler doğurabilmektedir. Ancak, birçok alanda maddi faydaların yanı sıra çeşitli avantajlar da sunmaktadırlar.

- Sayaç okuma işlemlerinde kullanılan personel ve okuma/faturalama sistemlerinden önemli tasarruflar sağlanabilecektir.
- Dijitalleşen süreçler ve elektronik entegrasyon sayesinde arka ofis işlemleri basitleştirilerek idari masraflar azaltılabilir. Örneğin, tahsilat ve bağlantılı açma-kapama gibi süreçler çevrimiçi hale getirilerek kurumun idari yükü hafifletilebilir.
- Anlık olarak toplanan veriler sayesinde tüketim ihtiyaçları daha iyi anlaşılabilir, bakım ve sistem yönetimi daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilir. Veri analizi ve tahmin yöntemleri kullanılarak beklenmedik yükler ve kesintiler daha iyi yönetilebilir, bu sayede bu tür olumsuzlukların maliyetlerinden kaçınılabilir.

## İdare – kamu

Akıllı sayaçlar ve ölçümleme uygulamaları, hizmet alan ve sağlayan tarafların yanı sıra kamunun ve bölge idaresinin ihtiyaçlarını da karşılayacak şekilde faydalar sunmaktadır.

- **Adil ve güvenilir hizmet:** İdare ve kamu tarafından vatandaşlara sağlanan düzenli, güvenilir ve kullanıcı dostu hizmetler önem taşımaktadır. Teknoloji kullanımı, dış müdahalelerin olmaması ve insan faktörünün etkisinin azaltılması gibi faydalar, bu hedefe doğrudan hizmet edecektir.
- **Yüksek yaşam kalitesi:** Yüksek yaşam kalitesi, bölgede yaşayan bireyler için önemli bir gereksinimdir. Dijital süreçler ve sistemler arası entegrasyon, hizmet standartlarını yükselterek yaşayanların hayat kalitesini artırır. Bireyler, elektrik, su ve doğalgaz gibi hizmetlerden yararlanırken harcadıkları zaman ve çabayı azaltacaklardır.
- **Azalan hareketlilik ve trafik:** Bölgedeki yaşam kalitesini etkileyen bir diğer faktör, "gereksiz" insan hareketi ve trafiğidir, özellikle kentsel yoğunluğun fazla olduğu bölgelerde. Sayaç okuma faaliyetleri nedeniyle oluşan insan ve araç trafiği bu şekilde azaltılacak ve günlük olarak kentsel alanda dolaşan araçlar ve personel trafiği engellenecektir.
- **Kaldıraç etkisi:** Akıllı sayaçlar için oluşturulacak alt yapı, iletişim ağı olarak diğer akıllı şehir projelerinde de kullanılacak bir öncü rolü üstlenecektir. Bu proje alt yapısı ve deneyimi sayesinde diğer IoT uygulamaları kolaylıkla hayata geçirilebilecektir. Örneğin, güvenlik ve deprem uyarı sistemleri, bina yönetim sistemleri gibi diğer uygulamalar, sayaç verilerini okuyan alt yapıya dayanarak desteklenebilecektir.

Akıllı sayaçlar ve ölçümleme, sürekli olarak gelişen ve iyileşen dinamik bir alanda faaliyet göstermektedir. Hem işlevsellik hem de maliyetler açısından sürekli olarak ilerleme kaydedilmektedir.

Projelerin başarısı için doğru ihtiyaçların tanımlanması, uygulamanın ölçeği ve doğru teknoloji seçimi önem arz etmektedir.

Yukarıda özetlenen beklentiler göz önünde bulundurulduğunda Akıllı Sayaçlar projeleri için hedefler tespit edilmiştir:

- a) Sahadaki operasyonların (sayaç okuma, ölçümleme, uzaktan açıp-kapatma vb.) içindeki insan faktörünün ve manuel işlerin azaltılması,
- b) Daha fazla ve gerçek zamanlı veri toplanması,
- c) Hataların giderilmesi,
- d) Yüksek verimlilik sağlanması

***Projenin başarılı olmasını sağlayacak güçlü yönlerin ve başarısızlığa neden olabilecek zayıf yönlerin tespiti***

- Güçlü Yönler
  - Veri doğruluğu ve detaylı analiz
  - Enerji verimliliği sağlama
  - Uzaktan izleme ve yönetim
  - Talep yönetimi ve yük dengeleme konusunda daha etkili bir strateji geliştirme olanağı sunması
  - Çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlama
  - Enerji altyapısının geliştirilmesine katkı sağlama
- Zayıf Yönler
  - Yüksek başlangıç maliyeti
  - Veri güvenliği ve gizliliđi
  - Teknoloji uyum sorunları
  - Veri yoğunluğu ve analiz zorlukları
  - Eğitim ve farkındalık gerektirmesi

**Örnek Vaka**

İhtiyaç analizi kapsamında 1000 hektarlık bir alanda 65.000 konutluk yerleşim alanı özelinde hesaplamalar yapılmıştır. Her hane için elektrik, su ve doğal gaz ağlarında ölçüm yapılan sayaçlar bulunacaktır. İş yerleri de dahil olmak üzere toplam yaklaşık 192.480 akıllı sayacın akıllı ölçümleme uygulamalarında kullanılması öngörülmektedir.

Aşağıdaki kabuller doğrultusunda örnek vaka kurgulanmıştır:

- Kullanılacak sayaçlar sensör ve sinyal gönderici ile bütünleşik cihazlar olmalıdır. Yeni inşa edilecek şehirlerde analog veya akıllı olmayan sayaçların dönüştürülmesi yerine sistem ilk baştan bütünleşik akıllı sayaçlar ile kurulmalıdır.
- Sayaçların bir kısmı binaların alt katlarında veya yer altı kotlarda; bir kısmı da daire girişlerinde veya bina boşluklarında yer alabilir. Her durumda sayaçların birçoğunun betonarme yapılar veya duvarlar arkasında, sinyal almayı sınırlandıran konumlarda bulunması mümkün olabilecektir.
- Okuyucu cihazların (sayaçların) sinyal göndermek için düşük voltajlı elektrik ihtiyaçları olacaktır. Sayaçlardaki enerji ihtiyacının pil ile karşılanması öngörülmüştür. Bunun nedeni aşağıda verilmektedir:
  - Güvenlik sebepleriyle doğalgaz sayaçlarında, binadaki konuma bağlı olmaksızın enerji iletimi için kablo kullanılmayacaktır. Bu nedenle, pil ile çalışan sayaçlar ve cihazlar kullanılması planlanmıştır.
  - Elektrik sayaçlarının genellikle toplu olarak bina altında bulunacağı varsayılmıştır. Bununla birlikte, enerji gereksiniminin pil ile sağlanmasının daha uygun olacağı öngörülmüştür.
  - Su sayaçlarının bina boşluklarında bireysel olarak veya toplu olarak bina altında bulunabileceği ve her durumda enerji ihtiyacının pil aracılığıyla karşılanacağı varsayılmıştır.
- Sayaçlarda, veri iletimi kablosuz teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Bu nedenle, bina içerisinde kablolu bir tesisatla sayaçlara veri bağlantısı sağlanması planlanmamalıdır. Bu tercih, güvenlik ve kurulum açısından daha uygun görülmektedir.
- Tüm ağ geçitlerinin (gateway) internet ağına kablo ile erişimi olmalıdır (fiber altyapı ağına erişim). Ağ geçitleri, kablo bağlantısının yanında kablosuz erişim (4G vb.) seçeneklerine de sahip olabilir, fiber altyapıya erişimin olduğu durumlar da olabilir.
- Fiber ağa erişim sayesinde, yerleşim bölgelerinde yükseltiler, tepeler ve kot farkları gibi faktörlerden dolayı ağ geçitleri tarafından veri toplama konusunda olumsuzluklar yaşanmamaktadır.

## 2.5. Talep Analizi

***Proje ile üretilecek ürünlere ve/veya sunulacak hizmetlere yönelik mevcut talebin tespiti***

- Nüfus, tüketim alışkanlıkları, dikkate alınarak talep miktarları belirlenir.

***Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti***

- Geleceğe yönelik nüfus, ekonomi ve teknoloji öngörülerini dikkate alınarak hesaplamalar yapılır.

### 3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

#### *Fiziki/Mekânsal Büyüklük*

- Fiziki/mekânsal büyüklük projenin gerçekleşeceği şehir, kent, mahalle, bölge, yaşam alanına bağlıdır.

#### *Kapasitenin Belirlenmesi*

- Elektrik piyasası dinamikleri
- Elektrik piyasası mevzuatı
- Ülkenin ekonomik koşulları
- Teknolojik olgunluk seviyesi ve gelişim öngörüsü
- Akıllı sayaç sistemi kurulum stratejisi

#### *Yapısal Proje Gereksinimleri*

Akıllı Sayaçlar uygulaması için yapısal proje gereksinimleri aşağıda verilmiştir:

- Projede kullanılacak iletişim protokollerinin (örn. GSM, GPRS, Wi-Fi, PLC, LoRa, vb.) belirlenmesi ve altyapının buna göre tasarlanması
- Büyük miktarda verinin etkili bir şekilde işlenmesini sağlayacak bir veri yönetim sisteminin (veri tabanı altyapısı ve analitik araçlar) temin edilmesi
- Güvenlik önlemlerinin (şifreleme, kimlik doğrulama, güvenlik duvarları, vb.) alınması
- Uzaktan erişim ve kontrol altyapısının sağlanması
- Akıllı sayaçların fiziksel olarak yerleştirilmesi ve montajı
- Akıllı sayaçlar için enerji beslemesi sağlamak için uygun elektrik altyapısının sağlanması
- Pil ve yedekleme sistemlerinin temini
- Akıllı Sayaçların izleme ve bakımı için uygun bir altyapının sağlanması

#### *Yazılım ve Donanım Gereksinimleri*

Proje kapsamında ihtiyaca göre kurulacak çeşitli sistemlerin yazılım ve donanım gereksinimleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır:



## Sistemler ve yazılımlar:

IoT uygulamalarının her aşamasında, sensörden son tüketici uygulamasına kadar bir dizi sistem ve yazılım faaliyet gösterecektir. Sensörler, ağ geçitleri, sunucular ve diğer ağ donanımları gibi tüm elektronik cihazlar üzerinde farklı yazılımlar çalışmaktadır. Bu durumda, ağ sunucuları ve cihazlara özel yazılım katmanlarının bulunması beklenmektedir.

- **Protokol/cihaz yönetim sunucuları:** Kullanılan iletişim protokolüne ve cihazların özelliklerine bağlı olarak, cihazlar ile ana sistemler arasındaki iletişimi düzenleyen ve teknik parametrelerin ve cihazların yönetimini sağlayan sistemlerdir. Her biri kendi sistemleri ve sunucularıyla çalışan LoRaWAN, LTE-M, NB-IoT ve 4G gibi protokoller mevcuttur. Bazı sistemler ücretsiz olarak sunulurken, üçüncü parti çözümlerde lisans ve yazılım ücretleri gerekebilmektedir.
- **IoT platformu:** Protokol sunucuları ile işletim sistemleri veya ön yüzler arasındaki iletişimi sağlayan, veriyi derleyen ve düzenleyen katmanlardır. Bu platformların ücretsiz seçenekleri mevcut olabilirken, üçüncü parti hizmet sağlayıcılar tercih edildiğinde lisans ve yazılım ücretleri gerekebilmektedir. Diğer bir deyişle, sunucudan gelen ham verileri alan, işleyen ve kurumsal ERP sistemlerine ileten bir veri iletişim platformudur. Sunucu yönetimiyle ilgilenirken, IoT platformu mesaj yönetimi görevini üstlenmektedir.

IoT platformları, fiziksel cihazların bağlı olduğu LoRaWAN ağıyla birlikte diğer ağlar (farklı protokoller kullanan şebeke sistemleri gibi) veya kurumsal sistemler (API kullanan dış yazılımlar gibi) ile bağlantı kurabilir. Bu şekilde, farklı ağlarda veya ortamlarda çalışan cihazlar ve sistemler tarafından üretilen ilişkili verileri toplayabilir, bir araya getirebilir ve daha sonra kurumsal sistemlere aktarabilir.

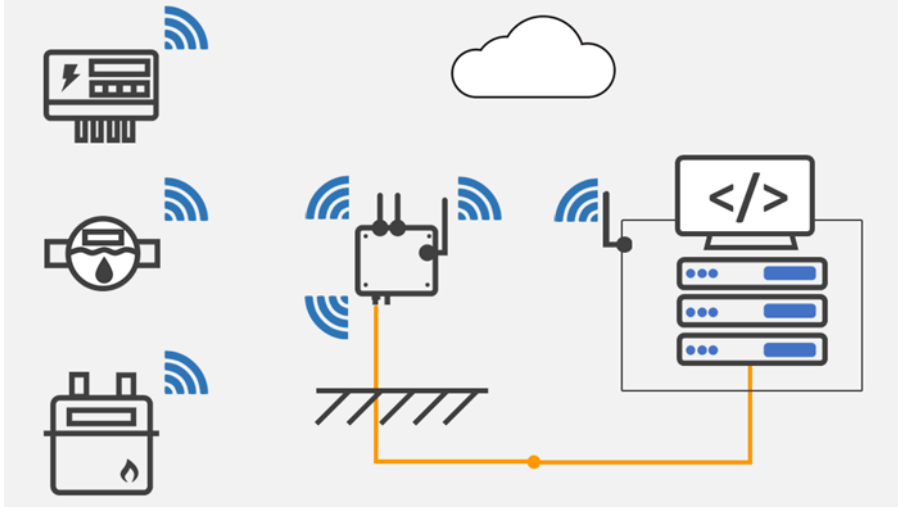
Dünya genelinde ve ülkemizde çeşitli IoT platform çözümleri bulunmaktadır. Bu çözümlerin bazıları, topluluk tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu ürünlerdir.

- **İşletim Sistemleri:** Kurumların topladıkları verileri kullanarak anlamlandırdıkları, iş süreçlerini yönettikleri ve rapor ürettikleri iş sistemleridir (kurumsal yazılım). Bu yazılımlar, kullanılan IoT teknolojisi ve ekipmanından bağımsız olabilmekle birlikte hizmet veren kurumun işletim sistemleri ve teknoloji tercihlerine göre şekillenmektedir.

## Nesnelerin İnterneti ve Bileşenler

Akıllı sayaç ve ölçümleme uygulamaları, nesnelerin interneti (IoT) uygulamalarında bulunan temel unsurları içermektedir. Tipik bir IoT kurulumunda, sensörler, ağ geçitleri, iletişim protokolleri, veriyi işleyen ve anlamlandıran yazılımlar, sunucular ve donanımlar, kablolu veya kablosuz internet altyapısı

ve diğer yardımcı yazılım uygulamaları gibi bileşenler bulunmaktadır. Bu bileşenler ve sistem içindeki işlevleri Şekil 1 ile kısaca açıklanmaktadır.



Şekil 1. IoT Sistem Bileşenleri

### Sensörler/Okuyucular

Sensörler, çevrelerindeki olayları algılayabilen, ilgili veriyi diğer elektronik cihazlara iletebilen devreler, cihazlar, makineler veya alt sistemler olarak tanımlanabilir. Akıllı sayaçlar ve ölçümlene sistemlerinde veri toplamak için kullanılan sensörler elektronik veya elektromekanik özellikte olabilir. Su ve gaz sayaçları gibi fiziksel akışın gerçekleştiği sayaçlarda akış veya gaz sensörleri bulunmaktadır. Elektrik sayaçlarında ise gelişen teknoloji ile birlikte dijital veri okuyabilen, sayaç devrelerine entegre edilebilen sensörlerin kullanımı yaygındır. Sensörler, sayaçlarla entegre olarak çalışabileceği gibi akıllı yeteneklere sahip olmayan birimler de (analog veya dijital okuyucular gibi) harici olarak eklenerek kullanılabilir. Doğrudan akıllı sayaç olarak üretilen cihazlar, sonradan güncellenen sayaçlara göre daha fazla avantajlar sunmaktadır.

IoT dünyasında, aydınlatmadan akışa, hareketten mesafeye kadar birçok ortam özelliğini izleyebilen çeşitli sensörler bulunmaktadır. Bununla birlikte, sensörün bağlı olduğu elektronik devre, algılanan değişiklikleri nasıl hissettiğini ve topladığı veriyi bağlı olduğu sisteme nasıl aktaracağını belirlemek açısından önemlidir. Bu nedenle, sensörlerin ve içerdikleri sayaçların işlevselliğini belirlemek için iletişim protokolleri kritik bir etkidir. Günümüzde IoT uygulamalarında kablosuz iletişim, fiziksel bağlantıların yerini almıştır. Sensörlerin iletişim kuracakları ağ geçitleri ile aralarındaki bağlantı kablosuz iletişim yoluyla sağlanmaktadır.

### Ağ geçitleri (Gateway)

Ağ geçidi, sensörlerden ve gerektiğinde diğer cihazlardan gelen veriyi toplar, anlamlandırır ve ana sistemlere iletmek için içinde yazılım bulunan gelişmiş bir cihazdır. Sensörlerle iletişim genellikle

kablosuz iletişim protokolleri üzerinden gerçekleştirilir. Ağ geçidi, topladığı veriyi kablosuz ağlar aracılığıyla (3G, 4G ile buluta) ana sistemlere iletebilirken, alt yapı uygun olduğunda fiziksel bağlantı (fiber vb.) da gerçekleştirebilir.

Ağ geçitleri, güçlü bir antenle entegre edilmiş elektronik cihazlardır ve sinyalleri toplamaktadır. Sensörlerle iletişim kurarken kullanılan iletişim protokolü, IoT çözümünün uygunluğunu belirlemede önemli bir faktördür. Ağ geçitleri aktif cihazlardır ve sensörlere göre daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu nedenle elektrik şebekesine bağlı olmaları gerekmektedir.

### **İletişim protokolü**

İletişim protokolü, IoT uygulamalarında cihazlar arasındaki kablosuz iletişimi sağlayan ağlar bütünüdür. Kablosuz iletişim teknolojileri, farklı frekanslardaki elektromanyetik dalgaları kullanarak çeşitli çözümler sunabilir. Örneğin, günlük hayatta kullandığımız Wi-Fi ve 4G teknolojilerinin yanında uydu iletişim sistemleri ve radyo yayınları gibi farklı frekanslarda çalışan iletişim protokolleri bulunmaktadır.

IoT uygulamaları genellikle cihazlar arası iletişim gerektiren bir yapıya sahiptir. Veri transferi, bireysel veya internet kullanımına göre sınırlıdır. Mesafeler ve sinyal engelleri, uygulamayı önemli derecede etkilemektedir. Kullanılacak iletişim protokolünün hem ekonomik olması hem de yüksek fayda sağlaması önemli bir önceliktir.

- Kullanılacak protokolün orta uzun mesafede etkin olması, engellerden etkilenmemesi ve düşük enerji ile çalışması beklenmelidir.
- İletişim protokolünün gelecek vadetmesi, faydalı ömrünün uzun olması beklenmelidir.
- Kurumlar tekelinde olmayan, açık ve sürekli gelişen standartların tercih edilmesi sürdürülebilirlik açısından daha uygundur.

Akıllı sayaç ve ölçümleme uygulamaları için, LPWAN (Düşük Güçlü Geniş Alan Ağ) teknolojileri diğer iletişim teknolojileriyle karşılaştırıldığında neredeyse rakipsizdir.

### **Donanım:**

- Sensörlerin sayaçlar ile bütünleşik olması önerilmektedir; dış müdahaleye karşı güvenli kablosuz iletişim protokolleri kullanılmalıdır.
- Sayaçlar güvenlik nedeni ile enerji ihtiyaçlarını pil vasıtasıyla sağlayabilecektir.
- Ekonomik olması ve bakım kolaylığı açısından sensörlerin düşük güç tüketmesi, pillerinin uzun ömürlü olması gerekmektedir.
- Ağ geçitlerinin dış koşullara dayanıklı olması, çok sayıda sensör ile iletişim kurabilmesi ve alternatif veri aktarım (kablolu, kablosuz) seçenekleri sunabilmesi gereklidir.

- Ağ geçitlerinin veri aktarımında gecikmeleri veya olumsuzlukları telafi edecek gelişmiş yazılım yeteneklerine sahip olması beklenmelidir.

### Sunucular ve diğer donanımlar

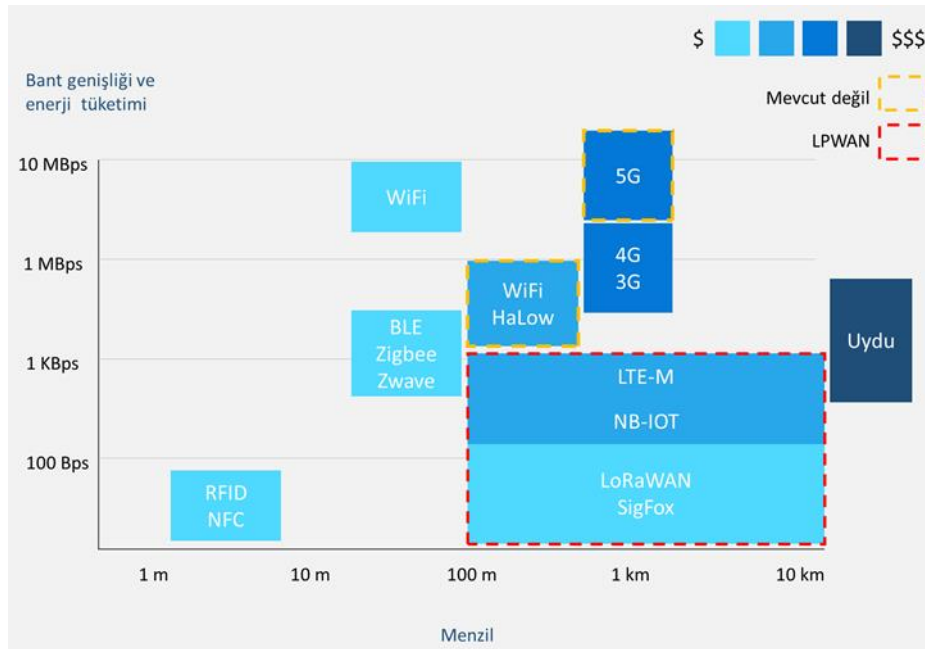
Kurulum sürecinde, kullanılan yazılımların çalıştığı ve verinin toplandığı bilgisayar sistemleri ve sunucular bulunmaktadır. Sunucu özellikleri, IoT çözümünün gereksinimleri, kullanılan yazılımlar ve üretilen verinin büyüklüğü tarafından belirlenir. İster kurum içinde barındırma, ister dış hizmet alımı şeklinde olsun, sunucu ve donanımlar IoT sisteminin performansı ve maliyeti açısından önemli bir bileşendir.

Akıllı Şehir kapsamındaki bir proje için, sunucuların birden çok IoT ve dijital dönüşüm uygulamasını aynı anda barındırma kapasitesine sahip olması tercih edilmelidir.

### Kullanılan teknolojiler nelerdir?

Akıllı sayaçlar ve ölçüleme uygulamalarında, tüm sistemin temelini oluşturan iletişim veya bağlantı teknolojisinin seçimi belirleyici bir faktördür. Önceki bölümde bahsedilen sistem unsurlarından özellikle sensörler ve aktarım sistemleri, iletişim protokolleriyle doğrudan ilişkilidir. Uygun teknolojinin seçimi için mevcut ve gelişmekte olan teknolojilerin durumu incelenmeli ve paydaş ihtiyaçları teknik özelliklere dönüştürülerek gelecek vaat eden ve ekonomik olan seçenek belirlenmelidir.

Farklı IoT uygulamalarında, ihtiyaçlara ve bütçeye bağlı olarak farklı iletişim protokolleri kullanılabilir. Protokol seçimini belirleyen teknik kriterler, aktarılabilecek veri miktarı/sıklığı ve iletilmek istenen mesafedir. Mevcut kablosuz iletişim teknolojileri, bu iki kriter üzerinden değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Mevcut Kablosuz İletişim Teknolojileri

- **LPWAN Teknolojileri:** LPWAN (Düşük Güç Geniş Alan Ağı) teknolojileri, kablosuz iletişimde uzun mesafe ve düşük enerji tüketimi gerektiren segmentteki boşluğu dolduran bir çözüm grubu olarak görülmektedir. Bu değerlendirme, çeşitli IoT uygulamalarında kullanılan tüm teknolojileri kapsamaktadır. Tablo 3, Şekil 2'deki teknolojilerin özelliklerini ve kullanım alanlarını özetlemektedir.

**Tablo 3.** IoT Alanında Kablosuz İletişim Teknolojilerinin Kullanım Alanları

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>RFID / NFC</b>  | Endüstriyel, kısa menzilli uygulamalar. Geniş uygulama alanı olmakla birlikte kısa menzil bu teknolojileri kapalı alanlara sınırlamıştır.  |
| <b>ZigBee</b>      | Endüstriyel orta mesafeli uygulamalar. Ağ yapma özelliği sayesinde cihazların birbiri ile iletişim ihtiyacının olduğu durumlarda avantajlıdır.   |
| <b>WiFi / BLE</b>  | Tüketici uygulamalarında ve internet erişiminde uygundur. Yüksek veri taşıma potansiyeline rağmen yüksek enerji tüketimi ve göreceli kısa mesafe dış ortam koşullarında dezavantajlıdır. |
| <b>3G / 4G</b>     | Kameralar, taşıtlar gibi yoğun veri kullanan ve bütçesi yüksek uygulamalarda uygundur.   |
| <b>Uydu</b>        | Uzun mesafeli, global ölçekte veya askeri kullanımda uygundur.   |
| <b>LPWAN Grubu</b> | Orta ve uzun menzilde düşük enerji kullanımı sayesinde dış ortamlarda sınırlı veri ile çalışan sistemlerde uzun ömürlü kullanıma uygundur.   |

LPWAN grubunda yer alan ve kabul görmüş bazı temel iletişim teknolojilerinin teknik karşılaştırması Tablo 4 ile verilmektedir.

**Tablo 4.** LPWAN Teknolojilerine Genel Bakış

|                                    | <b>SigFox</b>   | <b>LoRaWAN</b>  | <b>NB-IoT</b>                       |
|------------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| <b>Modulasyon</b>                  | BPSK  | CSS   | QPSK                                |
| <b>Frekans</b>                     | Lisanssız ISM bantları<br>868 Mhz Avrupa<br>915 Mhz Kuzey Amerika<br>433 Mhz Asya | Lisanssız ISM bantları<br>868 Mhz Avrupa<br>915 Mhz Kuzey Amerika<br>433 Mhz Asya | Lisanslı LTE<br>Frekansında bantlar |
| <b>Bant genişliği (bandwidth)</b>  | 100 Hz  | 250 kHz ve 125 kHz  | 200 kHz                             |
| <b>Azami veri hızı (data rate)</b> | 100 bps   | 50 kbps   | 200 kbps                            |
| <b>İki yönlü iletişim</b>          | Limitli / Half-duplex   | Evet / Half-duplex  | Evet / Half-duplex                  |
| <b>Azami günlük mesaj sayısı</b>   | 140 (UL), 4 (DL)  | Sınırsız  | Sınırsız                            |

|  | SigFox  | LoRaWAN                        | NB-IoT                         |
|--|---|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Azami mesaj uzunluğu (payload length)</b>   | 12 byte (UL), 8 byte (DL)   | 243 byte                       | 1600 byte                      |
| <b>Menzil (range)</b>                          | 10 km şehir içi<br>40 km kırsal   | 5 km şehir içi<br>20 km kırsal | 1 km şehir içi<br>10 km kırsal |
| <b>Girişim direnci (interference immunity)</b> | Çok yüksek  | Çok yüksek                     | Düşük                          |
| <b>Kimlik doğrulama ve kriptolama</b>          | Desteklenmiyor  | Evet (AES 128 byte)            | Evet (LTE kriptolama)          |
| <b>Adaptif veri hızı</b>                       | Yok   | Var                            | Var                            |
| <b>Konum belirleme</b>                         | Var (RSSI)  | Var (TDOA)                     | Yok (tanımlanıyor)             |
| <b>Özel ağ yeteneği (private network)</b>      | Yok   | Var                            | Var                            |
| <b>Standardizasyon</b>                         | Sig-Fox şirketi ve ETSI iş birliği ile Sigfox tabanlı ağlar üzerinde standartlaştırma | LoRa Alliance®                 | 3GPP                           |

Tablo 4'te yer almayan LTE-M, 4G iletişim ağlarının alt bir kategorisidir ve daha düşük enerji tüketimine sahiptir. NB-IoT gibi LTE frekans bantlarında çalışır ve yüksek veri aktarım kapasitesine sahiptir. Ancak, bu teknoloji ABD kaynaklıdır ve NB-IoT veya LoRaWAN gibi açık standartlarda geliştirilmemiştir. İki özel şirketin lisanslama ve telif haklarına tabidir. Başka bir olumsuz nokta, bu teknolojiyi kullanan mikro işlemcilerin ve elektronik bileşenlerin fiyatlarının göreceli olarak daha yüksek olmasıdır. Yüksek lisans ve bileşen maliyetleri, bağlantılı donanım çözümleri (sensör, ağ geçidi vb.) ve işletim sistemlerinin fiyatlarını da artırmaktadır.

LPWAN kategorisinde yer alan dört teknoloji arasında, LoRaWAN ve NB-IoT, akıllı sayaç ve ölçümleme ihtiyaçlarına en uygun seçenekler olarak değerlendirilmektedir. Bu raporda, maliyet açısından daha avantajlı olduğu için LoRaWAN teknolojisi önerilmektedir. Bu teknoloji aynı zamanda kentsel bölgelerde ve büyük ölçekli uygulamalarda kullanılabilir, çünkü düşük enerji tüketimiyle makul veri aktarım kapasitesi ve uzun pil ömrü sağlamaktadır.

- **LoRaWAN Teknolojisi:** LoRaWAN protokolü üzerinden ağdaki cihazları (sensörler, ağ geçitleri, diğer aktif cihazlar vb.) dinleyen, mesajları toplayan ve derleyen cihaz yönetim katmanı olarak işlev görür. Dünya genelinde birçok sunucu uygulaması bulunmaktadır ve bu alanda akademik kuruluşlar, ağ ve telekom operatörleri ile yazılım şirketleri farklı çözümler sunmaktadır. "Actility" ve "TTN" şirketleri tarafından sağlanan LoRaWAN ağ sunucuları daha yaygın olarak

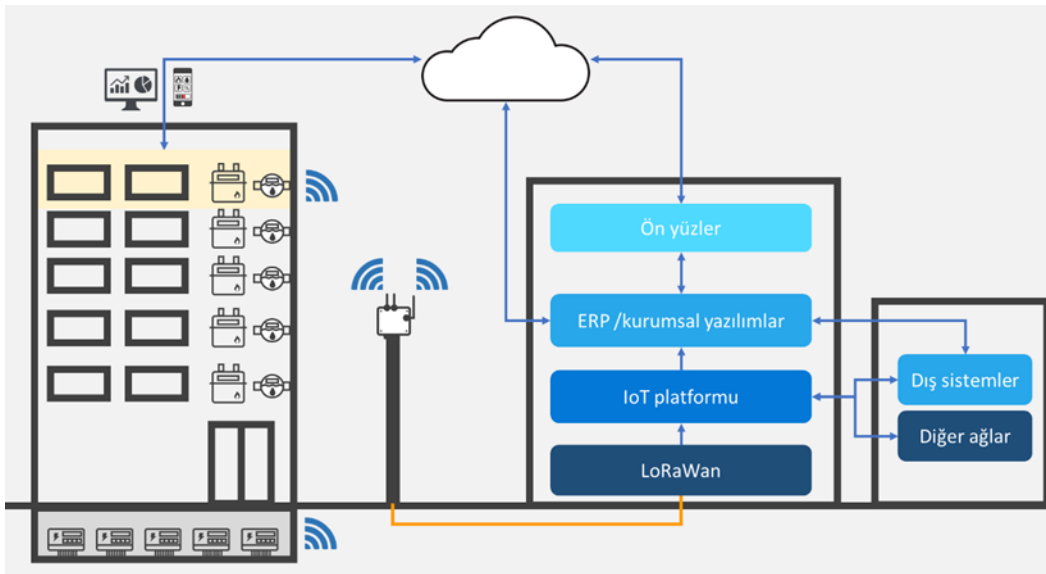
tercih edilmektedir. Aynı zamanda, LoRaWAN, Semtech tarafından geliştirilen ve tescil edilen bir kablosuz RF (radyo frekansı) teknolojisidir. Bu teknoloji, LoRa modülasyonunu kullanarak iletişim sağlar. LoRaWAN, açık standartlara sahip bir ağ yönetim sistemidir ve LoRa Alliance adıyla bilinen 500'den fazla üyesi bulunan bir ekosistem tarafından desteklenmektedir. Bu geniş ekosistem desteği, sürdürülebilirlik ve gelişim potansiyeli üzerindeki riskleri azaltırken, bağımlılığı da azaltmaktadır.

LoRaWAN, yüksek girişim direnci özelliğine sahip olduğu için, yoğun elektromanyetik yayılıma sahip kentsel bölgelerde kullanılmak için uygundur. Bu teknoloji aynı zamanda kimlik doğrulama ve kriptolama gibi güvenlik özellikleri sunarak dış müdahalelere karşı koruma sağlar.

LoRa RF modülasyonunu kullanan cihazlar ve elektronik bileşenler, LTE tabanlı rakiplerine göre daha ekonomik ve erişilebilirdir. LoRaWAN ağ yönetim sistemi ile birlikte değerlendirildiğinde, bu tercih büyük ölçekli kamu projelerinin uygun bütçelerle gerçekleştirilmesi için avantajlıdır.

Dünya genelindeki uygulamalar incelendiğinde, LoRaWAN'ın sınırlı veri iletişimi gerektiren, pille çalışan cihazlar kullanılan ve ekonomik olması beklenen durumlarda tercih edildiği görülmektedir. LoRa ve LoRaWAN, özel ve genel ağlar üzerinde çalışan 100'den fazla ülkede kullanılmakta ve birçok IoT çözümüne destek vermektedir.

Kablosuz iletişim teknolojisinin seçimi önemli olsa da, bütünsel ve sürdürülebilir bir sistemde donanım ve yazılım platformlarının da büyük bir rolü vardır. LoRaWAN tabanlı tercihte yer alması öngörülen katmanlar, Şekil 3 ile gösterilmiştir.



Şekil 3. LoRaWAN Sistem Katmanları

### Kurumsal Yazılımlar (ERP) veya İş Sistemleri

Verinin toplandığı, işlendiği ve kurum içi süreçlere iletilen katmandır. Kurulan sistemin sağladığı hizmetlerin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar. Hizmet sağlayıcı kurumlar, elde ettikleri verileri çeşitli iş süreçlerinde etkili bir şekilde kullanabilmektedir.

- Tüketim verilerini baz alan dijitalleşmiş faturalandırma ve tahsilat süreçleri
- Tüketim istatistiklerini baz alan tarife ve fiyatlama süreçleri
- Tüketim istatistiklerini baz alan yük ve kaynak planlama, tahmin süreçleri
- Cihazların durumu üzerinden bakım ve saha yönetim operasyonları
- Yönetim raporlama işlevleri (iş analitiği)

#### **Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.**

Akıllı sayaç sistemleri, enerji tüketim noktalarındaki ölçü sistemleri ile merkezi veri sistemi arasında uzaktan iletişim sağlayarak veri iletimini gerçekleştiren donanım, yazılım ve ağ ürünlerinin bütünü olarak tanımlanabilir. Bu sistemler, iletişimin tek yönlü veya çift yönlü olmasına bağlı olarak farklı topolojilere ve isimlendirmelere sahiptir. Tek yönlü iletişim sağlayan sistemlere Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri adı verilir ve sadece sayaç verilerinin merkezi sisteme iletilmesini içerir. Çift yönlü iletişimi sağlayan sistemler ise Gelişmiş Sayaç Altyapısı olarak adlandırılır ve sayaç verilerinin toplanmasının yanı sıra ölçü sistemlerine komut verilerek ileri teknolojik uygulamalara olanak tanır.

Akıllı sayaç sistemleri topolojileri temelde üç ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 4):

1. Sayaç
2. Haberleşme altyapısı
3. Sayaç veri merkezi



**Şekil 4.** Akıllı Sayaç Topolojisi



Geniş alan ağında, iletişim veri toplayıcılar ve merkezi veri sistemi arasında veya sayaçlar ve merkezi veri sistemi arasında iletişim sağlanmaktadır. Bu bağlamda, GSM/GPRS, RF, PLC, DSL gibi teknolojiler yaygın olarak tercih edilmektedir.

- **GSM/GPRS teknolojilerinde**, SIM kartın haberleşme modülüne takılmasıyla sayaç-veri merkezi arasında iletişim sağlanır. Bu teknolojinin en önemli avantajı düşük kurulum maliyetidir. Ancak, operasyonel maliyetlerin yüksek olması, teknik kapasitenin öncelikle bireysel kullanıma ayrılması ve afet durumlarında veya acil durumlarda yetersiz kapasite gibi dezavantajları vardır.
- **RF teknolojisinde**, geniş bir radyo frekans aralığı kullanılarak veri iletişimi sağlanmaktadır. Bu teknolojinin önemli kısıtları, coğrafi engeller nedeniyle geniş alanlarda kapsama alanının azalması, sinyal karıştırıcı cihazlardan kaynaklanan kesintiler ve frekans kullanım izinleriyle ilgilidir. Kurulum maliyeti GPRS/GSM teknolojisine kıyasla daha yüksektir. Bununla birlikte, iletişim maliyetinin düşük olması, yüksek veri transfer oranları ve hızı, afet ve acil durumlarda sistemin çökme riskinin düşük olması gibi avantajları bulunmaktadır.
- **PLC teknolojisi**, veri iletişimi için elektrik şebekesinin sinyal bindirme yöntemini kullanmaktadır. Bu yöntemin önemli kısıtları, elektrik şebekelerindeki arızalar sırasında oluşan gürültüler ve şebekenin karmaşık yapısıdır. Ayrıca, sayaç ile veri merkezi arasındaki sinyaller trafolardan geçemez ve trafo geçişleri için kullanılan kuplörler maliyetleri artırır. Bu nedenle, dağıtım trafosu sayısının artması PLC teknolojisini olumsuz etkiler. Kurulum maliyeti GPRS/GSM teknolojisine göre daha yüksektir. Ancak, bu yöntemin en önemli avantajı, dağıtım şirketinin mevcut varlıklarını kullanarak operasyonel maliyetleri düşürmesidir. Ayrıca, veri transfer yüzdeleri ve veri iletim hızları da diğer avantajları arasında yer almaktadır.
- **DSL teknolojisi**, PLC teknolojisine benzer bir şekilde sabit hat kullanarak iletişim sağlamaktadır. Ancak, farklı olarak temel katman niteliğinde telekomünikasyon şebekesi kullanılır. Bu nedenle, PLC yöntemindeki gürültü ve şebeke yapısı gibi faktörler ortadan kalkar ve mevcut telekomünikasyon altyapısı kullanıldığı için kurulum maliyetleri düşer. Bununla birlikte, dağıtım şebekesi varlığının kullanılması gibi önemli bir avantaj sağlanamaz. Operasyonel maliyetlerin yüksek olması, DSL iletişim altyapısının dezavantajını oluşturur.

Bölgesel ağ, genellikle veri toplayıcılar gibi ara yapılar kullanıldığında tercih edilmektedir. Bu ağ, tüketim noktaları ile veri toplayıcıları arasında bir köprü görevi görür. Fiber optik kablolar, RF ve PLC teknolojileri bu amaçla kullanılmaktadır. Ayrıca, bakır kablolar aracılığıyla sayaçların birbirleriyle iletişim kurması da kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır.

Ev alan ağı, akıllı sayaç sistemlerinin gelişmesi ve yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte akıllı sayaçlar ile ev içi donanımlar arasında iletişimi sağlamaktadır. Bu ağ, ev içi tüketimin tamamı yerine belirli kısımlarının sayaç ile ev içi gösterim cihazları (in-home display) arasında iletişim kurmasını

mümkün kılar. Bu durumda, Wi-Fi, ZigBee, HomePlug, Z-wave gibi teknolojilerin yanı sıra bakır kablo, fiber optik kablo, PLC, RF altyapıları ev alan ağı uygulamalarında kullanılmaktadır.

Tablo 5'te farklı teknolojilerin karşılaştırılması verilmektedir.

**Tablo 5.** Geniş Alan Ağında Farklı Teknolojilerin Karşılaştırılması

| Teknolojiler | Veri iletim kapasitesi | Kapsama alanı | Kurulum maliyeti | İşletme maliyeti |
|--------------|------------------------|---------------|------------------|------------------|
| GSM/GPRS     | ↓                      | ↑             | ↑                | ↓                |
| RF           | ↑                      | ↓             | ↓                | ↑                |
| PLC          | ↑                      | ↑             | ↓                | ↑                |
| DSL          | ↑                      | ↑             | ↑                | ↓                |



Dezavantaj



Avantaj

**Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.**

- 1) Teknoloji yeni mi.
- 2) Teknoloji yerli mi
- 3) Teknoloji yerli değilse yerleştirilebilir mi
- 4) Veri Toplama ve İletişim Yetenekleri
- 5) Veri Depolama ve İşleme Kapasitesi
- 6) Uzaktan Erişim ve Kontrol İmkkanı
- 7) Altyapı ve Teknoloji Uyumluluğu
- 8) Kullanıcı Dostu Arayüz
- 9) Güvenilirlik ve Performans
- 10) Enerji Verimliliği
- 11) Maliyet

**Teknik tasarım süreçlerini (süreç tasarımı, makine-donanım, inşaat işleri, arazi düzenleme, yerleşim düzeni vb.) açıklayınız.**

Projede, kurulumun adım adım yapılması önerilmektedir. İlk olarak, pilot çalışma bina bazında gerçekleştirilmelidir. Ardından, belirli sayıda binadan başlayarak akıllı şehre genişletilebilir.

Türkiye'de, sayaç mülkiyeti Elektrik Piyasası Kanunu ile 2013 sonunda dağıtım şirketlerine devredilmiştir.

1. Enerji sağlayıcılarının ve kullanıcıların beklenti ve gereksinimlerinin tespit edilmesi
2. Projede kullanılacak akıllı sayaç teknolojileri ve altyapısının belirlenmesi
3. Projenin gerektirdiği altyapı ve donanım ihtiyaçlarının belirlenmesi
4. Veri güvenliği için gerekli önlemlerin belirlenmesi ve güvenlik altyapısının tasarlanması
5. Uzaktan erişim ve kontrol imkânı sağlayacak bir sistemin tasarlanması
6. Enerji verimliliği analizleri ve tüketim desenlerinin incelenmesi için analitik yöntemlerin planlanması
7. Akıllı sayaçların diğer enerji yönetim bileşenleriyle uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamak için entegrasyon planlaması yapılması
8. Sistemde pil ve enerji yedekleme yöntemlerinin tasarlanması
9. Tasarlanan sistem ve altyapıların test edilmesi ve doğrulanması
10. Akıllı sayaçların fiziksel kurulumunun yapılması ve kullanıcılar için eğitim programlarının düzenlenmesi
11. Proje sonrasında sistem bakımı ve teknik destek hizmetlerinin sağlanması

#### 4. Finansal Analiz

Enerji, su ve doğalgaz tüketiminde sağlanacak iyileştirmelerle elde edilebilecek kamu genelindeki tasarruf etkisi, finansal analize doğrudan dahil edilmemiştir. Tasarruf miktarları, sistemin paydaşları için doğrudan bir gelir kaynağı olarak düşünülmemelidir. Hem tüketicilerin hem de dağıtım şirketlerinin doğrudan geliri değildir. Ancak, ülkenin önemli ve zor üretilebilen kaynaklarının tasarruf edilmesi, rakamsal olarak büyük bir ekonomik katkı sağlamaktadır.

**Tablo 6.** Donanım Maliyetleri

| Cihaz                  | Mevcut maliyetler | Kabul edilen maliyet<br>(proje ölçeği ile) |
|------------------------|-------------------|--|
| Akıllı elektrik sayacı | 30,00 - 55,00 \$  | 45,00 \$                                   |
| Akıllı su sayacı       | 40,00 - 60,00 \$  | 50,00 \$                                   |
| Akıllı doğalgaz sayacı | 60,00 - 90,00 \$  | 65,00 \$                                   |

|                               |                     |           |
|-------------------------------|---------------------|-----------|
| Ağ geçidi                     | 600,00 - 1100,00 \$ | 700,00 \$ |
| Anten                         | 25,00 - 250,00 \$   | 50,00 \$  |
| Konvansiyonel elektrik sayacı |                     | 12,04 \$  |
| Konvansiyonel su sayacı       |                     | 9,63 \$   |
| Konvansiyonel doğalgaz sayacı |                     | 42,16 \$  |

**Tablo 7.** Yazılım ve Lisans Giderleri

| Platform /Sistem    | Bağlı uç başına hizmet maliyeti | Kabul edilen maliyet (proje ölçeği ile) |
|---------------------|---------------------------------|---|
| LoRaWAN ağ sunucusu | 0,055 \$                        | 0,05 \$                                 |
| IoT platformu       | 1,00 - 4,00 \$                  | 0,50 \$                                 |

**Tablo 8.** Cihaz Adetleri

|           |  |
|-----------|--|
| Sayaç     | 64.160 x 3 = 192.480 adet                      |
| Ağ geçidi | 385 (ağ geçidi başına 500 adet sayaç / sensör) |
| Anten     | 385 (her cihaza eklenmek üzere)                |

**Tablo 9.** Cihaz Okuma Maliyeti

|  |   |
|--|---|
| Aylık okuma adedi  | 18.750 adet -doğalgaz<br>18.750 adet - su<br>25.000 adet - elektrik |
| Personel sayısı  | izin, devamsızlık payı dahil 17 kişi                                |
| Kişi başı giydirilmiş maliyet (asgari ücret, yol ve yemek giderleri) | 11.470 TL /ay   |
| Okuma başına ortalama maliyet  | 0,41 TL   |

**Tablo 10.** Hane ve Birey İstatistikleri

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Hane sayısı                   | 64.160 adet |
| Hane başına düşen kişi sayısı | 3,2 kişi    |

**Tablo 11.** Kaynaklar - Birim Maliyetler, Tüketim ve Kayıp Değerleri

| Kaynak   | Kullanım /gün           | Birim maliyet*   | Kayıp oranı | Akıllı sayaç ile geri kazanılması beklenen oran (tahmini) |
|----------|-------------------------|------------------|-------------|---|
| Su       | 189 litre /kişi-gün [3] | 23,75 TL /m3 [7] | %2,3 [4]    | %2,0  |
| Elektrik | 2950 kWh/mesken-yıl**   | 1,47 TL /kWh     | %7,9 [5]    | %1,0  |
| Doğalgaz | 887 m3 /mesken-yıl [6]  | 4,63 TL/m3 [8]   | n/a         | n/a   |

\* Temmuz 2023 cari fiyatları

**Tablo 12.** Tüketiciden Beklenen Tasarruf

|  |       |
|--|-------|
| Akıllı sayaç kullanılması ve anlık veri sayesinde hane tüketiminde hedeflenen iyileşme | %2*** |
|--|-------|

\*\*\* İstanbul şartlarında mesken kullanımı için tahmin edilen asgari rakam

Akıllı Sayaçlar projesi için hazırlanan yatırım bütçesi ile gösterilmektedir. Bu bütçede “kurumsal yazılım katmanı” ve “kullanıcıya yönelik ön yüzler” ile ilgili geliştirme faaliyeti dikkate alınmamıştır. İlerleyen aşamalarda mevcut sistemler, kurum ve tüketici taleplerinin şekillenmesinin ardından çalışma yapılabilir.

Projenin ilk yatırımı 11,1 milyon dolar olarak öngörülmüştür. Bu rakamın 10,6 milyon dolarlık bölümü ekipman, donanım ve lisans harcamalarından gelmektedir. Kurulum ve mühendislik hizmetleri için yaklaşık 300 bin dolar ön görüşmüştür. Sistemin yıllık işletme gideri de yaklaşık 207 bin dolar olarak hesaplanmıştır.

Projede, akıllı sayaçlar yerine “geleneksel” sayaçların kullanılması ile oluşacak maliyet ise yaklaşık 4 Milyon dolardır (Tablo 15). Yani, akıllı sayaç uygulaması yaklaşık 6,8 Milyon dolarlık ilave bir ilk yatırım (ekipman ve kurulum) ihtiyacı doğurmaktadır.

**Tablo 13.** Akıllı Sayaçların Tasarrufa Katkısı ve Finansal Portre

|                               | Adet     | Açıklama | Toplam tüketim                 | Tahmini tasarruf          |
|-------------------------------|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|
| Yıllık tüketim ve %2 tasarruf | Elektrik | 64.160   | 2.950 kWh/mesken-yıl üzerinden | 16.088.120\$<br>321.762\$ |

|  |           |        |   |              |                  |
|--|-----------|--------|---|--------------|------------------|
|  | Su        | 64.160 | 189 litre/kişi-gün,<br>3,2 kişi/hane<br>üzerinden | 11.529.046\$ | 230.580\$        |
|  | Doğal gaz | 64.160 | 887 m <sup>3</sup> /mesken-yıl<br>üzerinden       | 10.528.335\$ | 210.566\$        |
|  |           |        |   |              | <b>762.908\$</b> |

Planlanan tasarrufun maddi karşılığı yıllık yaklaşık 763 bin dolar olarak hesaplanmıştır. Tüketicinin cebinde kalan bu rakam doğal olarak proje finansal analizine girdi sağlayabilecek bir konumda değildir. Ama genel sosyal ve ekonomik fayda düşünüldüğünde bu projeye gereken 6,8 Milyon dolarlık ilave yatırımın 5-6 sene içinde rahatlıkla geri dönüşünün sağlandığı söylenebilir. Projenin finansal fizibilitesi hizmet sağlayıcı şirket için göreceli daha düşük, idare ve kamu yönetimi için ise çok daha yüksektir.

**Tablo 14.** Proje Yatırım ve Uygulama Maliyetleri

|                |                           | Adet    | Açıklama   | Maliyet |       | Toplam               |        |
|----------------|---------------------------|---------|--|---------|-------|----------------------|--------|
| <b>Donanım</b> | Bütünleşik sensörlü sayaç | 192.480 | 64.160 konut için elektrik, su ve doğal gaz sayaçları. Sayaçlar için rakamlar sırasıyla 45,50,65 USD olarak ön görülmüştür ve ortalaması alınmıştır.   | 53,33\$ | /adet | <b>10.264.958 \$</b> | /proje |
|                | Ağ geçidi                 | 385     | Ortalama 500 sayaç için bir toplayıcı ağ geçidi varsayılmıştır. LoRaWAN ağ geçit kapasiteleri 1000 sensöre kadar çıkabilmektedir, fakat iyi uygulamalarda 600-700 civarı sensör tecrübe edilmiştir. Bu fizibilitede bir miktar kapasite diğer IoT projelerinde kullanılmak üzere rezerv olarak bırakılmıştır. Toplu alımda bu cihazlarda önemli indirim sağlanabilir. Bu adetlerde | 700\$   | /adet | <b>269.500\$</b>     | /proje |

|                |                           |         |   |         |       |          |        |
|----------------|---------------------------|---------|---|---------|-------|----------|--------|
|                |                           |         | yerli imalat fizibl değildir, Ar-Ge ve üretim olarak da yorucu olacaktır.   |         |       |          |        |
|                | İlave anten               | 385     | Ağ geçitlerine takılacak harici antenler. İhtiyaca ve kuruluma göre ekipmana ek yapılacaktır.   | 50\$    | /adet | 19.250\$ | /proje |
|                | Sunucular                 | 1       | LoRaWAN ve IoT platformlarını barındıracak sunucu ve donanımlar. Fiziksel veya sanal olarak düşünülebilir. Bu ölçekteki projede iki platformu barındırabilecek sanal sunucunun tahmini maliyetidir. Lisanslar, enerji tüketimi ve idari destek dahil rakamdır. Aktarılan veriler ve kullanılan sistem bileşenlerine göre değişiklik gösterebilir. | 1.000\$ | /ay   | 12.000\$ | /yıl   |
| <b>Lisans</b>  | LoRaWAN                   | 192.480 | LoRaWAN ağ protokolü için ödenecek lisans ücretleri, bağlanan uç başına aylık ödenecek tahmini rakamdır.  | 0,05\$  | /ay   | 9.624\$  | /yıl   |
|                | IoT platformu             | 192.480 | IoT platformu için ödenecek lisans ücretleri, bağlanan uç başına aylık ödenecek tahmini rakamdır.   | 0,50\$  | /ay   | 96.240\$ | /yıl   |
|                | Kurumsal yazılımlar       | N/A     | Bu aşamada dikkate alınmamıştır. Kurumun kendi mevcut lisansları (yazılım, veri tabanı) kullanacağı varsayılmıştır.   | N/A     |       |          |        |
| <b>Kurulum</b> | Bütünleşik sensörlü sayaç | 192.480 | Olağan kurulum maliyetlerinden farklı veya ilave bir bütçe  | 0       |       |          |        |

|  |                       |     |   |           |        |                  |        |
|--|-----------------------|-----|---|-----------|--------|------------------|--------|
|  |                       |     | düşünülmemiştir. Mevcut teknik kadroların kurulumu gerçekleştirileceği varsayılmıştır.  |           |        |                  |        |
|  | Ağ geçidi             | 385 | Temin edilen ekipmanın dış koşullara uyumunun sağlanması, kurulum ve bağlantı maliyetleridir.   | 60,24\$   | /adet  | 23.190\$         | /proje |
| <b>Yazılım geliştirme</b>                                | ERP ve entegrasyonlar | 1   | IoT platformuna entegrasyon ve dijitalleşen süreçler ile ilgili gelişmeler/yazılımlar. Geliştirilecek yazılımlar iş süreçlerine ve veri entegrasyon ihtiyaçlarına göre değerlendirilmeli ve kuruma özel ayrıca bütçelenmelidir. | N/A       |        |                  |        |
| <b>Proje uygulama maliyetleri</b>                        | Proje ve kurulum      | 1   | Projelendirme, devreye alma esnasında mühendislik/teknik hizmetler. Proje genelinde 3 senelik bir dönem için tahmini bir rakam ön görülmüştür.  | 300.000\$ | /proje | 300.000\$        | /proje |
|  | Bakım - destek        | 1   | Kurulum ve devreye alma sonrası bakım ve destek hizmetleri. Devreye alma sonrası 2 mühendisin bakım destek hizmetlerini üstleneceği varsayılmıştır.   | 3.000\$   | /ay    | 36.000\$         | /yıl   |
|  | Ekipman yenileme      | 1   | Ekipman envanterindeki arızalar ve yenilemeler (güvenlik stoğu). Ekipman yatırım maliyetinin yıllık %0,5'i olarak öngörülmüştür.  | 0,50%     | /yıl   | 53.162\$         |        |
| Yıllık işletme giderleri (lisanslar, bakım ve sunucular) |                       |     |   |           |        | <b>207.026\$</b> |        |
| Proje mühendislik ve kurulum masrafları                  |                       |     |   |           |        | <b>300.000\$</b> |        |



Donanım/ekipman yatırımı (kurumsal yazılım lisansları dikkate alınmamıştır) **10.576.898\$**

**Tablo 15.** Geleneksel Sayaç Kullanıldığında Oluşan Yatırım Maliyeti

|                |                  | <b>Adet</b> | <b>Açıklama</b>  | <b>Maliyet</b> | <b>Toplam</b>      |        |
|----------------|------------------|-------------|--|----------------|--------------------|--------|
| <b>Donanım</b> | Geleneksel sayaç | 64.160      | Geleneksel sayaç maliyetleri ile hesaplanan yatırım rakamı. Hane başına maliyet (3 sayaç için) dikkate alınmıştır. | 63,85\$        | <b>4.096.616\$</b> | /proje |

Fiziksel sayaç okuma işleminin ortadan kaldırılması, okuma hatalarından ve usulsüz kullanımlardan kaynaklı kayıpların azaltılmasıyla birlikte, hizmet sağlayıcının önemli finansal getiriler elde etmesi beklenmektedir. Ayrıca, sistem tarafından üretilen bir yıllık işletme gideri de hesaba katılmıştır. Gelirler (tasarruflar) ve işletme giderleri incelendiğinde, pozitif bir net fayda sağlandığı görülmektedir (Tablo 16).

**Tablo 16.** Akıllı Sayaçların Hizmet Sağlayıcıya Net Faydası

|                               |                                     | <b>Adet</b> | <b>Açıklama</b>   | <b>Birim Maliyet</b> |                 | <b>Toplam Tasarruf</b> |      |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------|---|----------------------|-----------------|------------------------|------|
| <b>Gelirler (Tasarruflar)</b> | Sayaç okuma maliyetleri             | 192.480     | Sayaç okuma maliyeti, birim sayaç başına. Yılda 12 okuma.   | 0.108\$              | /okuma          | <b>250.455 \$</b>      | /yıl |
|                               | Elektrik kayıp kaçak giderleri      | 64.160      | 65.000 konut elektrik tüketiminden akıllı sayaç kayıp kaçak miktarından sağlanacak iyileştirme (tahmini %1,0)     | 0,085\$              | /kWh            | <b>161.907,37\$</b>    | /yıl |
|                               | Su sayaç okuma hataları             | 64.160      | 65.000 konut sayaç okuma hatalarının akıllı sayaç sayesinde azaltılarak kaybın azaltılması (tahmini %2,0)         | 0,814\$              | /m <sup>3</sup> | <b>230.710,62\$</b>    | /yıl |
|                               | Doğal gaz kayıp ve usulsüz kullanım | 64.160      | Usulsüz kullanım ve denetim nedeniyle yapılan harcamalar. (NOT: Bu alan ile ilgili sağlıklı veri üretilmemiştir.) | 0,185\$              | /m <sup>3</sup> | <b>N/A</b>             |      |

|                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| <b>TOPLAM</b>                   | <b>643.072,99 \$</b> |
| <b>YILLIK İŞLETME GİDERLERİ</b> | <b>207.026 \$</b>    |
| <b>SAĞLANAN YILLIK FAYDA</b>    | <b>850.098,99 \$</b> |

#### **Yatırımın geri dönüşü**

Önerilen çözüm yılda 850 bin dolar değerinde tahmini fayda üretmektedir (Tablo 16). Buna göre, yıllar içinde tüketimin ve fiyatların artışı dikkate alınmadan 'ham' geri dönüş süresi 15 yıl olarak hesaplanabilir.

Gelirler ve giderlerin yıllar içindeki artış oranları dikkate alındığında, daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Yatırım ödemeleri dahil yıllık net faydanın 9 yıl sonra artıya döndüğü ve 12. senede başa baş noktasının yakalandığı gözlenmektedir (Tablo 17).

**Tablo 17. Yatırımın Geri Dönüşü**

|  | 0                | 1              | 2              | 3              | 4                | 5                | 6                | 7                | 8                | 9                | 10               | 11              | 12              | 13              | 14              |
|--|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| İlave yatırım  | \$ -6,780,282.00 |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Akili varlık maliyet farkı                                 |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Yıllık amortisman  |                  | \$ -785,896.32 | \$ -785,896.32 | \$ -785,896.32 | \$ -785,896.32   | \$ -785,896.32   | \$ -785,896.32   | \$ -785,896.32   | \$ -785,896.32   | \$ -785,896.32   | \$ -785,896.32   | \$ -785,896.32  | \$ -785,896.32  | \$ -785,896.32  | \$ -785,896.32  |
| Finansman maliyeti dahil                                   |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| İçtetime giderleri   |                  | \$ -207,026.00 | \$ -217,377.30 | \$ -228,246.17 | \$ -239,658.47   | \$ -251,641.40   | \$ -264,233.47   | \$ -277,434.64   | \$ -291,306.37   | \$ -305,871.69   | \$ -321,165.28   | \$ -337,223.54  | \$ -354,084.72  | \$ -371,788.95  | \$ -390,378.40  |
| Dönem boyu devam edecek                                    |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Sağlanan fayda   |                  | \$ 643,072.99  | \$ 688,088.10  | \$ 736,254.27  | \$ 787,792.06    | \$ 842,937.51    | \$ 901,943.14    | \$ 965,079.15    | \$ 1,032,634.70  | \$ 1,104,919.12  | \$ 1,182,269.46  | \$ 1,265,021.91 | \$ 1,353,573.44 | \$ 1,448,323.58 | \$ 1,549,706.23 |
| Dönem boyunca devam edecek                                 |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Net yıllık fayda   |                  | \$ -349,849.33 | \$ -315,185.52 | \$ -277,888.22 | \$ -237,762.73   | \$ -194,600.21   | \$ -148,176.65   | \$ -98,251.81    | \$ -44,568.00    | \$ 13,151.11     | \$ 75,201.86     | \$ 327,798.37   | \$ 999,488.72   | \$ 1,076,534.63 | \$ 1,159,327.83 |
| Gelirler - giderler  |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Konsolide getiri   |                  | \$ -349,849.33 | \$ -665,034.86 | \$ -942,933.08 | \$ -1,180,685.81 | \$ -1,375,286.02 | \$ -1,523,462.67 | \$ -1,621,714.48 | \$ -1,666,382.48 | \$ -1,653,131.37 | \$ -1,577,929.51 | \$ -650,131.14  | \$ 349,357.58   | \$ 1,425,892.21 | \$ 2,585,220.04 |
| Yıllık yeniden değerlendirme oranı (enflasyon/kur artışı)  |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Yıllık tüketim artışı (ertan nüfus ve çeşitlenen kullanım) |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Dönem sayısı (yıl)   |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Dönem içindeki finansman maliyet oranı                     |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Ana para (ilave yatırım)                                   |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Toplam ödeme (finansman dahil)                             |                  |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |
| Yıllık ödeme (yaklaşık rakam, finansman dahil)             |                  | \$ -785,896.32 |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                 |                 |

Kullanılan varsayımların değişebileceği ve geleceğe dönük planlamanın güncellenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Artan nüfus ve enerji kullanımı gibi faktörlerle birlikte tüketimin yıllar içinde artacağı ve kaynak birim fiyatlarının da giderlerle paralel olarak artacağı varsayılarak, "ham" geri dönüş süresinden daha iyi başa baş noktalarının mümkün olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, finansmanın döviz kuru üzerinden gerçekleştirilmesi durumunda, proje kur riskine maruz kalınacaktır. Yukarı yönlü ve ani kur dalgalanmaları durumunda, yatırımın geri dönüş süreleri olumsuz etkilenebilir ve gelirler ile giderler arasındaki fark açılabilir. Bu konu Risk Analizi başlığı altında değerlendirilmektedir.

Dünya literatüründe, 2010'un ilk yarısında yapılan fayda maliyet analizlerinde geri dönüş sürelerinin 15 yıl ve üzerinde olduğu görülmüştür [1]. Bu dönemde kullanılan teknolojilerin ve yüksek ekipman maliyetlerinin bu sonuçları etkilediği açıktır. Ancak, 2015'ten sonra gelişen yeni teknolojiler ve yaygınlaşan uygulamalar sayesinde ilgili yatırımların geri dönüş süresi 10 ila 12 yıl arasına düşmüştür. Teknolojinin ucuzlaması ve uygulamaların yaygınlaşmasıyla birlikte elde edilen faydalarda da artış beklenmektedir. 2020-2030 döneminde özellikle büyük ölçekli ve diğer IoT projeleriyle desteklenen kuruluşların 10 yılın altında geri dönüş sağlaması mümkün olabilecektir.

## 5. Ekonomik Analiz

Akıllı sayaç gibi büyük ölçekli yatırım projelerinin değerlendirilmesi, yatırımların, gelirlerin, giderlerin ve finansmanın analiz edilmesini gerektirir. Bu analizin yanı sıra, ekonomik değerlendirme de en az finansal analiz kadar önemlidir. Ekonomik değerlendirme, projenin kamu ve tüm sistem için fayda-maliyet analizi olarak ele alınabilir.

- Akıllı ölçümlenme vakasında elle tutulamayan ve kolaylıkla paraya çevrilemeyen "hayat kalitesi artışı", "karbon salınımını azaltılması",
- Finansal fizibilitenin ötesinde "sosyal hizmet üretmek" toplumsal ihtiyaçların karşılanması,
- Doğrudan hizmet sağlayıcının veya idarenin cebine yansımayan, ama tüm sistem paydaşlarının yararına olan "tüketimin azaltılması"
- İdare tarafından oluşturulan ağ altyapısı sayesinde diğer IoT uygulamalarına destek sağlanması

ekonomik değerlendirmede yer alacak kamu faydalarından bazılarıdır.

Hizmet sağlayıcı için yatırımın geri dönüşü analiz edilirken, somut getirilerin yanı sıra, maddi veya somut olmayan faydalar da dikkate alınacaktır. Bazı örnekler aşağıda sunulmuştur.

- Artan müşteri memnuniyeti ve hizmet kalitesi,
- Kısalan süreçler ve işlem süreleri,
- Usulsüz kullanım imkânlarının sınırlandırılması (caydırıcı etki),

- Daha düşük personel sayısı ve saha riski, daha yüksek nitelikli istihdam

## 6. Sosyal Etkinin Analizi

Akıllı sayaç ve ölçümleme uygulamalarının finansal getirilerine ek olarak, sosyal yaşama ve kent dokusuna da önemli etkileri olacaktır.

- 2010 yılının başında Avrupa'da yapılan saha araştırmalarında, akıllı sayaçların anlık tüketim verilerini tüketicilerle paylaşmasının, tüketici davranışlarında değişikliklere neden olduğu görülmüştür. Örneğin, İngiltere ve İrlanda'da, anlık tüketimlerini takip edebilen hanelerin elektrik tüketimlerinin %3 ila %5 arasında azaldığı tespit edilmiştir [2].
- Akıllı şehir vizyonu ile desteklenen bu ölçekteki IoT uygulaması, ülkemizde öncü ve örnek gösterilebilecek bir deneyimi temsil edecektir. Bu nedenle, hem proje alanında yaşayan vatandaşlar hem de belediye/idare için prestij kaynağıdır.
- Daha adil ve güvenilir hizmetler, bölgedeki yaşam kalitesini ve sosyal huzuru artıracaktır. Ayrıca, ileri teknoloji çözümlerine yönelik farkındalığı artırarak, sosyal kabulü kolaylaştıracaktır.

## 7. Çevresel Etkinin Analizi

Ülkemizde, elektrik üretiminde karbon kaynaklı yakıtların kullanım oranı oldukça yüksektir. Ancak, akıllı sayaçlar projesi kapsamında elektrik tüketiminde sağlanacak tasarruf ve insanların sayaç okumak için yapacağı hareketlerin azalması gibi kazanımlar, proje alanının karbon ayak izini küçültmeye ve çevrenin korunmasına katkı sağlayacaktır.

## 8. Risk Analizi

Akıllı sayaçlar projesi, büyük ölçekli ve zamana yayılan her uygulamada olduğu gibi çeşitli riskler içermektedir. Projedeki risk faktörleri ve etkileri Tablo 18'de açıklanmaktadır.

**Tablo 18.** Projedeki Risklerin Değerlendirmesi

| Risk faktörü                     | Gerçekleşme olasılığı   | Etki   |
|----------------------------------|---|--|
| Yatırım için finansman sıkıntısı | Düşük - orta.<br>Diğer altyapı ve inşaat projelerine göre küçük sayılabilecek bir bütçe. Çeşitli uluslararası fonlardan yararlanma imkânı yüksek. | Yüksek.<br>Proje gerçekleşmesini engelleyebilir. |
| Kurlarda yukarı doğru hareket    | Orta.   | Yüksek.  |

| Risk faktörü   | Gerçekleşme olasılığı  | Etki  |
|--|--|---|
|  | Proje geri dönüş süreleri 10 sene gibi uzun bir süre olduğu için kurdaki değişimlerle karşılaşma ihtimali vardır.                                  | Nakit akışını ve toplam proje maliyetini olumsuz etkileyecektir.  |
| Sosyal kabulde yaşanabilecek sıkıntı                       | Orta.<br>Kamuda elektrik-gaz fiyatlarındaki artış takip ediliyor. Tüketiciye sağlanacak fayda iyi anlatılmazsa ilave maliyet olarak algılanabilir. | Orta – yüksek.<br>Sosyal kabulün azalması, iyi örnek ve öncü olma vizyonunu olumsuz etkileyebilir. Emlak projesinin ilerlemesini etkileyebilir. |
| Teknolojinin eskimesi / yeni teknolojilerin ortaya çıkması | Düşük - orta.<br>LoRaWAN ve içinde bulunduğu LPWAN grubu yeni sayılabilecek ve gelişme potansiyeli yüksek teknolojiler.                            | Düşük.<br>Seçilen teknoloji hala kullanılabilir olacağı için işleyişe etkisi sınırlı olur.  |
| Teknolojiye (LoRaWAN) açık kaynak desteğinin azalması      | Düşük.<br>Geçmiş açık kaynak girişim örnekleri (örnek Linux) bu tip inisiyatiflerinin daha başarılı olduğunu ortaya koydu.                         | Orta.<br>Maliyetlerin düşmesi mümkün olmaz, dünya genelinde bilgi-becerin paylaşımı azalır.   |
| Emlak gelişim projelerinin uzaması, ölçeğin küçülmesi      | Düşük - orta.<br>Her projede olduğu gibi ihtimal dahilinde.  | Orta.<br>Maliyetleri yükseltebilir ve sosyal kabulü olumsuz etkileyebilir.  |
| Donanım ve ekipman temin güçlükleri, dışa bağımlılık       | Düşük-orta.<br>Ticaret savaşları ve siyasi argümanlar nedeniyle ekipman temini sınırlanabilir veya zorlaşabilir.                                   | Orta.<br>Maliyetleri yükseltir ve projede gecikmelere neden olabilir. (bazı ekipmanın yerli karşılığını üretmek kolay değil)                    |
| Ekipman ve donanım hataları                                | Düşük<br>Elektronik ekipmanların hata veya arıza üretme olasılığı az da olsa var.  | Düşük<br>Güvenlik stoğu, pilot çalışmalar vs. ile yönetilebilir.  |
| Bilgi beceriye ulaşımında güçlük                           | Düşük.<br>Çoğu kaynak açık, bilgiye erişim mümkün ve ülkemizde yeterli entelektüel sermaye sürekli gelişiyor.                                      | Düşük.<br>Çeşitli alternatiflerden temin etmek mümkün, sadece uygulamayı devreye alma konusunda sınırlı gecikme yaşatabilir.                    |
| İnternet altyapısının zamanında tamamlanamaması            | Orta.<br>Bölge için 2-3 sene içerisinde tamamlanamama riski var. Ülkedeki fiber altyapı gelişimi hala sınırlı.                                     | Düşük.<br>Seçilen teknolojide ağ geçitleri kabloya alternatif olarak GSM şebekesi kullanılıyor. Ayrıca bakır kablo hala bir alternatif.         |

## 9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

- LoRaWAN teknolojisi gerek ekonomik olması gerek teknik ihtiyaçlara cevap vermesi nedeniyle öne çıkmaktadır.
- Ekipman fiyatları hala geleneksel cihazlardan yüksektir ve projede ilave yatırım ihtiyacını beraberinde getirmektedir.
- Akıllı sayaç ve ölçümlemenin sağladığı finansal faydalar ağırlıklı olarak sağlanacak tasarruflar ve kayıpların önlenmesi ile ilişkilidir.
- Hizmet sağlayıcı perspektifinden incelendiğinde yatırımın geri dönüşü 10-12 sene civarında hesaplanmaktadır. Bu süre önümüzdeki dönemde teknolojinin yaygınlaşması sayesinde bir miktar daha kısalabilir.
- Kamu genelinde incelendiğinde sağlanan sosyal katkı çok daha büyüktür. Proje, sisteme sağladığı ekonomik katkı düşünüldüğünde kendisini 10 seneden daha çabuk amorti edebilmesi mümkündür.
- Başarılı bir uygulama için dağıtım şirketleri, belediye, idari ve mülki kuruluşların ortaklaşa çalışması önemlidir.
- Finansman ve dövizle borçlanmanın getirebileceği kur riski, projenin hayata geçirilmesi sırasında karşılaşılabilecek ciddi risklerdir. Finansal risklere ek olarak projenin amacının ve faydalarının kamuya anlatılmasında yaşanacak zafiyet sosyal kabulü olumsuz etkileyebilir.

Akıllı sayaç ve ölçümleme projesi, ek maliyet ve beraberinde getirdiği risklere rağmen Türkiye için örnek teşkil eden bir ölçekte ve vizyonla gerçekleştirilecek bir projedir. Diğer benzer kentsel gelişim veya IoT projelerine kıyasla, makul fayda-maliyet oranı ve başarı şansı bulunmaktadır. Aynı zamanda gelecekteki IoT projelerine ilham kaynağı olacaktır. Projenin doğru bir şekilde planlanması, sağlıklı finanse edilmesi ve gerekli bilgi ve beceriye sahip ekipler tarafından yürütülmesi başarısını garanti altına alacaktır.

## 10. Yol Haritası

- Kurul kararı alınır.
- Yatırım ve İşletme Modeli belirlenir.
- Projenin teknik uygulama aşamasında akıllı sayaçlar kademeli olarak değerlendirilir.
- Projenin, Akıllı Şehir Teknoloji Geliştirme Bölgesinde çalışılması ve üretilmesi sağlanır. BU noktada destek ve izleme mekanizmaları geliştirilir. Yerli ve milli üretim yapılması sağlanır.
- Uygulamanın ürüne dönüşmesi ve uluslararası pazarlara açılması sağlanır.

## Yatırım ve İşletme Modeli Önerileri

### Model 1

1. Bakanlık kredi ve teşvikleri ile altyapı kurumları sayaçların yatırımlarını yapar.
2. Akıllı sayaçlar bina teslim aşamasında takılır.
3. Sayaç verilerini hem belediye hem kurumlar kullanır.
4. Aboneler aylık ödemelerle sayaçların sahipliğini üstlenir.

### Model 2

1. Aboneler üyelikleri ile sayaçları satın alır.
2. Akıllı sayaçlar, kullanıcı binaya yerleşirken takılır.
3. Sayaç verilerini hem belediye hem kurumlar kullanır.

## 11. Kaynakça

[1] Deloitte. (2015). Akıllı Sayaç Sistemleri Avrupa uygulamaları analizi ve Türkiye uygulamaları üzerine düşünceler.

[2] Findings. (2015). UK Government Smart Metering Early Learning Project

[3] [https://sutema.org/gelecegin-suyu/evsel-su-tuketimi.18.aspx#\\_ftn2](https://sutema.org/gelecegin-suyu/evsel-su-tuketimi.18.aspx#_ftn2)

[4] Sayaçlardaki ölçüm hataları - İSKİ Su Kayıpları Yıllık Raporları – 2019

[5] EPDK 2019 Yılı Elektrik Piyasası Gelişim Raporu.

[6] GAZBİR 2019 Yılı Doğal Gaz Dağıtım Sektör Raporu.

[7] <https://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/subirimfiyatları/2023%20YILI%20OCAK%20SU%20Bİ%CC%87Rİ%CC%87M%20Fİ%CC%87YATLARI.pdf>

[8] <https://www.igdas.istanbul/perakende-satis/>

## 12. EK 1

**Tablo 19.** Kısaltmalar ve Teknik Terimler

|             |   |
|-------------|---|
| <b>3GPP</b> | Mobil teknolojiler için protokol ve sistem geliştiren kurumları altında toplayan bir şemsiye organizasyon.  |
| <b>BLE</b>  | Bluetooth Low Energy. Geleneksel Bluetooth ile aynı frekans bandını kullanan fakat enerji tüketimi çok daha düşük olan bir kablosuz iletişim protokolü. |
| <b>CSS</b>  | Chirp Spread Spectrum. Dijital telekomünikasyonda kullanılan bir geniş bant bilgi kodlama tekniği   |



|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Gateway</b>        | Cihazdan cihaza veya cihazlarla sistemler arasındaki iletişimi sağlayan aktif donanım.   |
| <b>Half-duplex</b>    | İki yönlü iletişim gerçekleştirebilen, fakat aynı anda sadece bir yönde iletişime izin veren sistem.   |
| <b>IoT</b>            | Internet of Things. Nesnelerin interneti.  |
| <b>ISM</b>            | Industrial, Scientific and Medical (radio band). Türkiye'de SBT - Sınai, bilimsel ve tıbbi cihaz bandı. Birçok ülkede telsiz iletişimi için sertifika veya lisansa gerek olmadan belirli bir çıkış gücü sınırlamasına uyarak, üzerinden yayın yapılabilen banttır. |
| <b>LoRaWAN</b>        | Low Range Wide Area Network. Pille çalışan cihazları (nesneleri) ağlara bağlamak ve ve çift yönlü iletişim kurmak için tasarlanmış düşük güç ile çalışan geniş ağ protokolü.   |
| <b>LoRa Alliance®</b> | 500+ üyeli kâr amacı gütmeyen LoRa teknoloji iş birliği örgütü   |
| <b>LPWAN</b>          | Low Power Wide Area Network. Düşük güçlü geniş alan ağı. IoT uygulamalarında yaygın kullanılan kablosuz veri aktarım teknolojilerini ifade eder.   |
| <b>LTE-M</b>          | Log Term Evolution, Category M1. 4G tipi iletişim ağlarının bir alt kategorisi. 4G'ye oranla daha düşük enerji tüketimine sahip.   |
| <b>NFC</b>            | Near Field Communication. Çok yakından veya dokunma mesafesinden cihazlar arası güvenli iletişimi ve işlem yapmayı sağlayan bir teknoloji.   |
| <b>RFID</b>           | Radio Frequency Identification. Bir nesne üzerindeki etiketin radyon frekansın ile okunarak bilgi toplama ve/veya tanımlama teknolojisi.   |
| <b>RSSI</b>           | Received Signal Strength Indicator. Bir radyon sinyalinin algılanan güç değeridir. Genellikle kapalı alanlarda mesafe kestirimi için kullanılır.   |
| <b>Sensör</b>         | İçinde bulunduğu ortamdaki olayları fark edebilen, ilgili veriyi diğer elektronik cihazlara gönderebilen devre, cihaz, makine veya alt sistem  |
| <b>SigFox</b>         | 2010 yılında kurulmuş Fransız Telekom operatörü. Düşük güçlü nesneleri bağlamak için geliştirdiği ve kurduğu ağ yapıları ile tanınmaktadır.  |
| <b>TDOA</b>           | Time Difference Of Arrival. Varış açısı ve sinyal gücü kullanarak radyo frekanslarının konunlandırılmasında kullanılır.  |
| <b>WiFi</b>           | Yüksek hızlı internet bağlantısı sağlayan kablosuz iletişim protokolü.   |
| <b>ZigBee</b>         | Düşük enerji ve maliyet ihtiyacı olan IoT sistemleri için açık standartlar ile geliştirilmiş bir kablosuz iletişim protokolü.  |