

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM  
DALI**



**AKILLI ŞEHİRCİLİK KAPSAMINDA BİR KAMU  
BİNASINDA ÇEVRESEL ORTAM PARAMETRELERİNİN  
İZLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALİ COROZ**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM  
DALI**



**AKILLI ŞEHİRCİLİK KAPSAMINDA BİR KAMU  
BİNASINDA ÇEVRESEL ORTAM PARAMETRELERİNİN  
İZLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALİ COROZ**

**Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Ersin AKYÜZ (Tez Danışmanı)**

**Doç. Dr. Harun ÇİĞDEM**

**Dr. Öğr. Üyesi Sabri BİCAKCI**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Ali COROZ tarafından hazırlanan “AKILLI ŞEHİRCİLİK KAPSAMINDA BİR KAMU BİNASINDA ÇEVRESEL ORTAM PARAMETRELERİNİN İZLENMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 14.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oylukluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Ersin AKYÜZ

Üye  
Doç. Dr. Harun ÇİĞDEM

Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Sabri BİCAKCI

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

## ÖZET

**AKILLI ŞEHİRCİLİK KAPSAMINDA BİR KAMU BİNASINDA ORTAM  
PARAMETRELERİNİN İZLENMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ALİ COROZ  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DR.ÖĞR. ÜYESİ ERSİN AKYÜZ)  
BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

Ülkemizde 2000 yılında her 100 kişiden 65'i il ve ilçe merkezlerinde, 35'i belde ve köylerde yaşarken bu oran 2012 yılında %77-%23, 2017 yılında ise %92.5-%7.5 oranına gelmiştir. Şehirler kaldıracabileceğinden fazla bir nüfusa iş, barınma, elektrik, su, çevre, altyapı, sağlık, eğitim, ulaşım, güvenlik, yeşil alan vb. sağlamak durumunda kalmaktadır. Dünya'daki kaynaklar hızla tükenirken mevcut şehir altyapıları da yetersiz kalmaktadır. Hizmetleri daha az maliyetle daha hızlı ve verimli sağlamanın yolu; bilgi, dijital ve haberleşme teknolojileri ile altyapılarını kullanmaktan geçmektedir. Teknolojinin sağladığı imkanlarla şehirlerin daha yaşanabilir hale gelmesi amacıyla '**akıllı şehir**' kavramı ortaya çıkmıştır. Akıllı şehirler; geleneksel hizmetlerin ve ağların sayısal ve telekomünikasyon teknolojileri kullanarak, yaşayanların ve işyerlerinin fayda sağlayacağı şekilde daha verimli hale getirildiği yerler olarak tanımlanmaktadır. Bu noktada 'akıllı şehir' yaklaşımı kentsel problemlere akılcı çözümler üretme potansiyeline sahip olması nedeniyle ülkelerin ve uluslararası kuruluşların politikalarında ön plana çıkmaya başlamıştır. Başta ulaştırma ve enerji olmak üzere, kentsel altyapıların ve şebekelerin insan müdahalesine gerek kalmadan kendi kendine yönetebilmesi mantığına dayanan bu yaklaşımla şehirlerde yaşayan insanların hayat standartlarının önemli ölçüde iyileştirilmesi amaçlanmaktadır.

Akıllı şehircilik uygulamalarının temel öğelerinden biri olan akıllı yaşam ve akıllı yönetim kapsamında gerçekleştirilen çalışmada IoT tabanlı atmel AVR mikrodenetleyicili, programlanabilen bir giriş-çıkış kartı kullanılarak mevcut bir kamu binasını sensörler vasıtasıyla takip ederek ışık seviyesi, hava kalitesi, sıcaklık ve nem ölçümleri yapılmıştır.

Metodolojik olarak iki aşamadan oluşan çalışmada sensörler vasıtasıyla ölçümlenmeleri yapılan veriler ikinci aşamada çalışmadan elde edilen verilerin internet üzerinden takibi ve değerlendirmesi yapılmak üzere bir büyük veri ve bulut bilişim sunucusuna aktarılmaktadır. Sensörler vasıtasıyla ölçülerek anlık olarak buluta ve buradan da internet ortamına aktarılan bu bulgular değerlendirilerek enerji verimliliği, en uygun çalışma ve yaşama ortamı sağlamada ne gibi adımlar atılabileceği tartışılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Akıllı şehircilik, fiber optik, altyapı, nesnelerin interneti, arduino

## **ABSTRACT**

### **MONITORING OF ENVIRONMENT PARAMETERS IN A PUBLIC BUILDING UNDER SMART URBANIZATION**

**MSC THESIS**

**ALI COROZ**

**BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. ERSİN AKYÜZ )**

**BALIKESİR, JUNE 2019**

While in 2000, 65 of the 100 people in our country living in provinces and district centers, 35 of them live in towns and villages, in 2012 this ratio reached %77-%23 and in 2017 %92.5-%7.5. Cities are constrained to provide business, housing, electricity, water, environment, infrastructure, health, education, transportation, security, green space etc. services to population more than they can afford. While the resources in the world are rapidly depleted, existing urban infrastructures are inadequate. The way to provide services faster and more efficiently with less cost; use of information, digital and communication technologies and infrastructures. In order to make cities more liveable with the opportunities provided by technology, the concept of “**smart city**” has emerged. Smart cities are explained as places where traditional services and networks are made more productive for residents and businesses by using digital and telecommunication technologies. At this point, the “smart city” approach has come to the fore in the policies of countries and international organizations due to its potential to produce rational solutions to urban problems. With this approach which is based on the logic that urban infrastructures and networks, especially transportation and energy, managing themselves without the need for human intervention is aimed to improve the living standards of people living in cities.

In the work carried out within the scope of intelligent life and intelligent management, which is one of the basic elements of “smart city” applications, an existing management building was monitored by means of sensors to measure light level, air quality, temperature and humidity by using a programmable input-output card with IoT based atmel AVR microcontroller.

Methodological in this study of two stages, the data that are measured by the sensors are transferred to a large data and cloud computing server for monitoring and evaluation over the internet in the second stage of study. These findings, which are measured by sensors and transiently transferred to the cloud and from there to the internet environment, are evaluated and which steps can be taken in order to provide energy efficiency, optimal working and living environment are discussed.

**KEYWORDS:** Smart city, fiber optics, infrastructure, internet of things, arduino

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Akıllı Şehir Kavramı .....	2
1.1.1 Akıllı Şehirciliğin Tanımı ve Gerekliliği.....	2
1.1.2 Akıllı Şehrin Sosyal ve Ekonomik Faydaları .....	4
1.1.3 Akıllı Şehirlerin Paydaşları.....	7
1.1.4 Dünya'dan Akıllı Şehir Örnekleri.....	8
1.1.5 Türkiye'nin Durumu .....	11
1.2 Akıllı Şehrin Temel Öğeleri .....	17
1.2.1 Akıllı Ulaşım.....	17
1.2.2 Akıllı Enerji .....	22
1.2.3 Akıllı Çevre.....	26
1.2.4 Akıllı Yaşam .....	29
<b>2. AKILLI ŞEHİRLERDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER</b> .....	<b>33</b>
2.1 Fiber Optik Altyapı (F/O).....	33
2.1.1 Fiber Optik Kablonun Uygulama Alanları (FTTX).....	35
2.1.2 Uçtan Uca (Dark Fiber) İle İnternet Kullanımı .....	40
2.1.3 Ücretsiz WİFİ Hizmeti.....	40
2.1.4 Akıllı Şehir Kameraları.....	41
2.1.5 Akıllı Durak Sistemi .....	42
2.1.6 Akıllı Kavşak Sistemi .....	44
2.2 Mobil Cihazlar.....	47
2.3 Büyük Veri (Big Data) .....	48
2.4 Nesnelerin İnterneti (IoT).....	50
2.5 Makineler Arası İletişim (M2M).....	52
<b>3. MATERYAL YÖNTEM</b> .....	<b>54</b>
3.1 Donanım Bileşenleri .....	54
3.1.1 Arduino UNO .....	54
3.1.2 Arduino Ethernet Shield .....	56
3.1.3 Işık Seviyesi Ölçüm Sensörü (LDR-Fotodirenç).....	58
3.1.4 Hava Kalitesi Ölçüm Sensörü (MQ-135) .....	59
3.1.5 Sıcaklık ve Nem Ölçüm Sensörü (DHT-11).....	59
3.2 Yazılım Bileşenleri.....	61
3.2.1 Arduino IDE .....	61
3.2.2 Thingspeak Platformu .....	62
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b> .....	<b>65</b>
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>74</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>76</b>
<b>7. EKLER</b> .....	<b>80</b>

<b>Ek-A: Kaynak Kodları</b> .....	80
<b>Ek-B: Sensör verileri (1 saatlik)</b> .....	86

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Akıllı şehir paydaş haritası. ....	7
Şekil 1.2: Barselona kentinin akıllı şehir programı. ....	10
Şekil 1.3: Akıllı şehirlere ilişkin üst politika belgeleri. ....	12
Şekil 1.4: Akıllı ulaşım mimari referans modeli. ....	20
Şekil 1.5: Akıllı elektrik şebekelerinin ana bileşenleri. ....	23
Şekil 1.6: Akıllı binaların ana bileşenleri. ....	30
Şekil 2.1: XDSL Sistemlerin maksimum kapasite ve erişim grafiği. ....	35
Şekil 2.2: Noktadan noktaya bağlı erişim ağları. ....	37
Şekil 2.3: Aktif erişim ağları. ....	37
Şekil 2.4: Pasif erişim ağları. ....	37
Şekil 2.5: GPON sistemi. ....	38
Şekil 2.6: Aktif Ethernet sistemi. ....	38
Şekil 2.7: FTTC sistemi. ....	39
Şekil 2.8: GPON mimarisi. ....	39
Şekil 2.9: Akıllı şehir kameraları yönetim ve izleme merkezi. ....	42
Şekil 2.10: Akıllı durak sistemi. ....	44
Şekil 2.11: Akıllı kavşak sistemi akış diyagramı. ....	46
Şekil 2.12: Akıllı kavşak sistemi saha uygulaması. ....	46
Şekil 3.1: Arduino UNO R3 kısımları. ....	55
Şekil 3.2: Arduino Ethernet shield. ....	57
Şekil 3.3: LDR (light dependent resistor). ....	58
Şekil 3.4: Hava kalitesi ölçüm sensörü. ....	59
Şekil 3.5: Sıcaklık ve nem sensörü (DHT-11). ....	60
Şekil 3.6: Arduino IDE metin düzenleyici. ....	61
Şekil 3.7: Arduino IDE mesaj alanı. ....	62
Şekil 3.8: Arduino IDE seri port ekranı. ....	62
Şekil 3.9: Thingspeak platform analiz şeması. ....	63
Şekil 4.1: Işık seviyesi ölçümü devre şeması. ....	66
Şekil 4.2: Işık seviyesi ölçüm devresi. ....	66
Şekil 4.3: Hava kalitesi ölçümü devre şeması. ....	68
Şekil 4.4: Hava kalitesi ölçüm devresi. ....	68
Şekil 4.5: Sıcaklık ve nem ölçümü devre şeması. ....	70
Şekil 4.6: Sıcaklık ve nem ölçümü devresi. ....	70
Şekil 4.7: Aydınlık seviyesi ölçümlenen veriler. ....	71
Şekil 4.8: Sıcaklık ölçümlenen veriler. ....	71
Şekil 4.9: Nem ölçümlenen veriler. ....	72
Şekil 4.10: Hava kalitesi ölçümlenen veriler. ....	72



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

**Tablo 1.1:** Akıllı ulaşım sistemi hizmet alanları ve hizmet grupları .....21

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>IOT</b>	: Nesnelerin İnterneti
<b>AVR</b>	: Alf ve Vegard Risch İşlemcisi
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standartlar Enstitüsü
<b>CO2</b>	: Karbondioksit
<b>STK</b>	: Sivil Toplum Kuruluşları
<b>CBS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>İSKİ</b>	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
<b>İBB</b>	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
<b>3G</b>	: 3. Nesil Mobil Haberleşme Standartı
<b>4G</b>	: 4. Nesil Mobil Haberleşme Standartı
<b>ASKİ</b>	: Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi
<b>EGO</b>	: Ankara Elektrik, Havagazı ve Otobüs İşleme Müessesesi
<b>TÜRKSAT</b>	: Türk Uydusu
<b>GSM</b>	: Mobil İletişim İçin Küresel Sistem
<b>KBS</b>	: Kent Bilgi Sistemi
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>SCADA</b>	: Uzaktan Kontrol ve Veri Toplama Sistemi
<b>WAMS</b>	: Geniş Alan İzleme Sistemi
<b>WAAPCA</b>	: Geniş Alan Uyarlanabilir Koruma, Kontrol ve Otomasyon
<b>WASA</b>	: Geniş Alan Durumsal Farkındalık
<b>GIS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>PLC</b>	: Programlanabilir Kontrol Cihazı
<b>WİFİ</b>	: Kablosuz Bağlantı Alanı
<b>ADSL</b>	: Asimetrik Sayısal Abone Hattı
<b>FTTH</b>	: Eve Kadar Fiber Hat
<b>FTTB</b>	: Binaya Kadar Fiber Hat
<b>FTTC</b>	: Saha Dolabına Kadar Fiber Hat
<b>VDSL</b>	: Çok Yüksek Hızlı Sayısal Abone Hattı
<b>PON</b>	: Pasif Optik Ağ
<b>GPON</b>	: Gigabit Pasif Optik Ağ
<b>IEEE</b>	: Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
<b>CSMA/CA</b>	: Çoklu Erişimde Hat Kontrolü/ Çakışma Mümkün
<b>MUNİ-Fİ</b>	: Bölgesel Kablosuz Ağlar
<b>GPU</b>	: Grafik İşleme Ünitesi
<b>GPS</b>	: Küresel Konumlama Sistemi
<b>RFID</b>	: Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojisi
<b>OECD</b>	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
<b>M2M</b>	: Makineler Arası İletişim
<b>ITU</b>	: Uluslararası Telekomünikasyon Birliği
<b>IP</b>	: İnternet Protokolü
<b>PWM</b>	: Sinyal Genişlik Modülasyonu
<b>SMD</b>	: Yüzeye Monte Edilebilen Devre Elemanı
<b>USB</b>	: Evrensel Seri Veriyolu
<b>ICSP</b>	: Devre İçi Seri Programlama
<b>TCD</b>	: Geçiş Kontrol Protokolü

<b>UDP</b>	: Kullanıcı Veriblođu Protokolü
<b>SD</b>	: Güvenli Sayısal Hafıza Kartı
<b>SPI</b>	: Seri Çevre Arayüzü
<b>LDR</b>	: Foto Direnç
<b>NH<sub>3</sub></b>	: Amonyak
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Azot Oksitler
<b>TTL</b>	: Transistör-Transistör Mantiđı
<b>IDE</b>	: Tümlşik Geliştirme Ortamı
<b>C</b>	: Yapısal Programlama Dili
<b>C++</b>	: Nesne Yönelimli Programlama Dili
<b>MATLAB</b>	: Çok Paradigmalı Sayısal Hesaplama Yazılımı
<b>BALTUS</b>	: Balıkesir Akıllı Toplu Ulaşım Sistemi

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgisi, tecrübesi ve pozitif bakış açısı ile beni yönlendiren, en yorucu dönemlerde dahi motive olmamı sağlayan, desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ersin AKYÜZ'e,

Tez çalışmalarım süresi boyunca destek olan sevgili eşim Günce COROZ'a, çalışma zamanlarımda anlayış gösteren çocuklarıma, manevi desteklerini esirgemeyen annem Ayşe COROZ ve babam Nail COROZ'a,

Yaptığım uygulamalarda teknik destek sağlayan çalışma arkadaşım Sn. Mehmet ÇİZMECİ'ye,

Çalışmalarım esnasında tüm kolaylığı sağlayan, yüksek lisans eğitimine başlama ve devam etme sürecinde desteklerini esirgemeyen sayın Daire Başkanım Ayhan ARIK'a

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Balıkesir,2019**

**Ali COROZ**

## 1. GİRİŞ

Son otuz yılda ülkemizin nüfus artışı ve kırsal kesimden kentlere göç büyük ivme kazanmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, 1985 yılında ülkemizin nüfusu 50 milyon seviyelerinde ve bu nüfusun %53'ü il ve ilçe merkezlerinde %47 ise köy ve beldelerde yaşamaktadır. 2000 yılına gelindiğinde bu oran %65 kent %35 kırsala, 2010 yılında %76 kent %24 kırsala ve 2017 yılına geldiğimizde 81 milyon kişiye ulaşan nüfusumuzun %92.5'i il ve ilçe merkezlerinde geriye kalan sadece %7.5'i köy ve beldelerde hayatını devam ettirmektedir. Birleşmiş Milletler (BM) raporuna göre dünya ortalamasında %54'lük bir nüfusun şehirlerde yaşadığı ve bu oranın 2050 yılına kadar %70 seviyelerine çıkmasının beklendiği belirtilmiştir. Bu veriler ışığında ülkemizin dünya oranlarının çok üzerinde ve hızlı bir şekilde şehirleştiği görülmektedir [1].

Şehirlerin bu hızlı nüfus artışı, beraberinde bir takım sorunları da getirmektedir. Barınma, ulaşım, eğitim, sağlık, enerji, altyapı, yeşil alan vb. yerel yönetim hizmetlerinin insanlara konforlu, hızlı ve ucuz maliyetli bir şekilde ulaşması oldukça zorlaşmaktadır. Bu hizmetlerin insanlara hızlı ve ucuz maliyetli ulaşmasının yolu bilgi ve haberleşme teknolojilerinin kullanılmasından geçtiği anlaşılmış ve dünya literatürüne '**Akıllı Şehir**' kavramı girmiştir [2].

Bu bölümde akıllı şehir kavramı işlenmiş; akıllı şehirciliğin tanımı ve gerekliliğine değinilmiş, akıllı şehrin sosyal ve ekonomik faydaları ortaya konulmuş, akıllı şehrin paydaşları belirtilmiş, Dünya'dan akıllı şehir örnekleri, Türkiye'nin durumu ve akıllı şehircilikte belediyelerin konumu anlatılmıştır. Akıllı şehrin temel öğeleri olan ulaşım, enerji, çevre, yaşam ve yönetim alanlarında akıllı şehircilik uygulamaları incelenmiştir. Ayrıca bu alanlarda akıllı şehircilik kapsamında yapılabilecek projelerin detayları verilmiştir.

## 1.1 Akıllı Şehir Kavramı

Bu bölümde akıllı şehirciliğin tanımı yapılmış, akıllı şehirciliğin sosyal ve ekonomik faydalarına değinilmiştir. Ayrıca akıllı şehir paydaşlarına yer verilmiş, dünyadan ve ülkemizden akıllı şehir örnekleri incelenmiştir.

### 1.1.1 Akıllı Şehirciliğin Tanımı ve Gerekliliği

Bilişim teknolojilerinin şehirde yaşayan insanların yaşam kalitesini arttırmak amacıyla belediyecilik hizmetlerine katılması, şehir kaynaklarının verimli ve etkin kullanımının sağlanması ve bunun sonucunda sürdürülebilir kalkınmanın öncüsü olması akıllı şehirciliğin temel ögesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu temel öge etrafında akıllı şehirler; sensörlü sistemler, elektronik aygıtlar ve haberleşme altyapısı gibi üstün teknolojilerle oluşturulmuş geleceğin güvenli, çevreye duyarlı, verimli ve etkin yaşam merkezleri olarak karşımıza çıkmaktadır [3].

Avrupa Birliği'ne göre akıllı şehir: “Geleneksel hizmetlerin ve ağların sayısal ve telekomünikasyon teknolojileri kullanılarak yaşayanların ve iş yerlerinin fayda sağlayacağı şekilde daha verimli hale getirildiği yerler olarak tanımlanmaktadır” [4].

Avrupa Komisyonu'na göre akıllı şehir: “Sürdürülebilirlik, ekonomik gelişim ve yaşam kalitesi faktörlerine bağlı olarak tanımlanan ve şekillenen bir kavramdır. Bu tanımda akıllı şehir hedeflerinin fiziki altyapı, beşeri ve sosyal sermaye, bilgi ve iletişim teknolojileri altyapıları aracılığıyla sağlanabileceği vurgulanmaktadır” [5].

İngiltere İş, Yenilik ve Yetenekler Politikaları Bakanlığı'na göre akıllı şehir: “Şehirlerin daha yaşanabilir, daha dayanıklı ve yeni zorluklarla daha çabuk baş edebilmesi yolunda birçok adımı olan bir süreçtir. Bu tanımda akıllı şehirlerden beklenti vatandaşların ihtiyaçlarına en uygun şekilde kamu veya özel sektör tarafından sunulan hizmetlere katılımının sağlanmasıdır” [6].

Amerika'da ise Enerji Bakanlığı'na bağlı Bilimsel ve Teknik Bilgi Bürosu'na göre akıllı şehir: “Yollar, köprüler, tüneller, raylı sistemler, hava alanları, limanlar, iletişim ağları, su ve enerji kaynakları, hatta başlıca binalar dahil olmak üzere şehrin tüm kritik altyapı koşullarının takip edildiği ve entegre olarak yönetildiği, kaynak

kullanımının optimize edildiği, önleyici koruma önlemlerinin planlandığı, güvelik unsurlarının izlendiği ve vatandaşa hizmetin en üst seviyeye getirildiği şehirlerdir” [7].

Uluslararası Standartlar Enstitüsü’ne (ISO) göre akıllı şehir: “Şehrin planlamasını, yönetimini, inşasını ve akıllı hizmetleri kolaylaştıracak nesnelere interneti, bulut bilişim, büyük veri ve entegre coğrafi bilgi sistemleri gibi yeni nesil bilgi iletişim teknolojilerinin uygulandığı yeni bir kavram ve yeni bir modeldir. ISO’ya göre akıllı şehir oluşumlarının ana hedefi: kamu hizmetlerinin kolaylığının, şehir yönetiminin duyarlılığının, şehrin yaşanabilirliğinin, altyapıların uygunluğunun ve ağ güvenliğinin uzun süreli etkili olmasının sağlanması ve sürdürülmesidir” [8].

Akıllı şehir tanımı üzerine yapılan akademik makalelerde; kent uygulamalarının dijital teknolojilerle birlikte çalışır duruma gelmesi, uygulamaların dijital platformlarla birbirine entegrasyonu, şehrin vatandaşlarla beraber yönetilmesi, enerji kaynaklarının verimli kullanılması, su kaynaklarının verimli kullanılması, çevre ve kullanıcılarla uyum, altyapıların, ulaşım sistemlerinin, binaların akıllanması, sürdürülebilir varlık yönetimi ve değişen şartlara hızlı uyum gibi kavramlar ön plana çıkmaktadır [9].

Literatürde yer bulan akıllı şehir tanımına bakıldığında, teknoloji gelişimi, kullanıcı katılımı ve sürdürülebilir kalkınma unsurlarının ön plana çıkarıldığı görülmüştür.

Son yıllarda teknolojiye gelişmeler insan yaşamında da teknoloji dönüşümünü getirmiştir. Öyle ki teknoloji insanların tüm yaşamına sirayet etmektedir. Bu dönüşümden şehirler de etkilenmiştir. Şehirler dinamik yapılarıyla sürekli olarak büyüme, üretim, yenilik, akıl ve bilgi gibi kavramlara ev sahipliği yapmıştır. Dünyadaki nüfusun %55’i şehir merkezlerinde yaşarken bu oranın 2050’de yüzde 70’e çıkması öngörülmektedir. Ülkemizde ise bu oran çoktan yüzde 70’lere ulaşmış olup, 2017 verilerine bakıldığında il ve ilçe merkezlerindeki nüfus yüzde 92’ye ulaşmıştır. Ayrıca dünyada toplam gayrisafı katma değerinin yüzde 80’lik kısmı şehirlerde üretilmektedir. Dolayısıyla şehirleşme ve ekonomik gelişme beraber ilerlemektedir. Bugün gelinen süreçte; yeniliğe, üretime ve teknolojiye odaklı gelişen şehirler, verimlilik artışı ve yaşam kalitesini geliştirmek için akıllı arayışlar ve uygulamalara yoğunlaşmıştır [10].

Şehirler ekonomik ve sosyal anlamda sağladığı olanaklarla insanlar için cazip yerler olmaktadır. Bu durum şehirleri kırsala göre iş gücü anlamında daha hareketli yapmaktadır. Benzer durumlara büyük ve küçük şehirler arasında da rastlanmaktadır. Diğer taraftan özellikle büyük şehirlerdeki nüfustaki hızlı artış beraberinde bir çok sorunu da getirmektedir. Bu sorunlar şehirlerdeki ekonomik ve sosyal yaşamı olumsuz yönde etkilediği gibi şehirdeki yaşayan insanların yaşam kalitesini düşürmekte, şehirlerin rekabet gücünü ve marka değerini azaltmaktadır.

Bu noktada ‘Akıllı Şehirler’ yaklaşımı kentsel problemlere akılcı çözümler üretme potansiyeline sahip olması nedeniyle ülkelerin ve uluslararası kuruluşların politikalarında ön plana çıkmaya başlamıştır. Başta ulaşım ve enerji olmak üzere, kentsel altyapıların ve şebekelerin insan müdahalesine gerek kalmadan kendi kendine yönetebilmesi mantığına dayanan bu yaklaşımla şehirlerde yaşayan insanların hayat standartlarının önemli ölçüde iyileştirilmesi amaçlanmaktadır [11].

### **1.1.2 Akıllı Şehrin Sosyal ve Ekonomik Faydaları**

Ülke ekonomilerinin temelini şehir ekonomileri oluşturur. Dünyada güçlü ekonomilere bakıldığında karşımıza yaşam kalitesi yüksek, yatırımcı ve girişimciler için güvenli iklimlerin olduğu şehirler çıkmaktadır. Pekin, Tokyo, Paris, Newyork, İstanbul bunun en iyi örneklerindedir. Ülkeler artık şehirleri ile anılır durumdadır. Bu açıdan bakıldığı zaman, ülkeler ekonomik yapısının daha güçlü olması adına, şehir ekonomilerini güçlendirecek modeller üzerinde çalışmaktadırlar. Ülkeler şehirlerinin geleceğe hazır, sürdürülebilir ve parlak ekonomik göstergelere sahip olması için yenilikçi, girişimci, üretken, iş gücü piyasası esnek şehir modelleri üzerinde çalışmaktadırlar. Bu modele ulaşmanın yolu da şehri akıllandırmaktan geçmektedir [12].

Akıllı şehir uygulamalarından ulaşım sistemlerinde şehrin akıllanmasının getirdiği avantajlar:

Araçların yolculuk süreleri azalmakta ve araçların işletme maliyetleri düşmektedir. Bu uygulamaların sağlayacağı yüksek ekonomik tasarruf sayesinde



özellikle ticari kullanıcıların akıllı ulaştırma sistemleri uygulamalarını yaygın bir şekilde kullanmaları beklenmektedir.

Akıllı ulaştırma sistemleri uygulamaları ‘yeşil ulaştırma’ yaklaşımının hayata geçirilmesinde büyük rol sahibidir. Bu uygulamaların kullanılmasıyla birlikte fosil yakıt tüketimi büyük oranda azalabilmekte ve böylece hava kirliliği azalmaktadır.

Akıllı ulaştırma sistemlerinin bir diğer önemli faydası ise karayolu güvenliğine olan katkısıdır. Araçların güvenliğini arttırmaya yönelik sürücüye yardımcı sistemler ile kaza anında sağlık ve güvenlik birimleri ile iletişime geçerek kaza yerinin koordinatlarını iletip erken müdahaleyi sağlayan e-çağrı(e-call) gibi sistemler ile birçok kişinin hayatını kurtarmak mümkün olabilmektedir [13].

Bir diğer akıllı şehir uygulamalarından olan akıllı enerji sistemlerinin sağladığı faydalar:

Sensörler vasıtasıyla akıllı sayaç okuma ve şebekedeki güç kayıplarını anında tespit ederek besleme ve onarım yapma imkanı sunmaktadır. Bu da hem vatandaşlara hızlı ve kesintisiz hizmet vermede sosyal olarak hem de işgücü kayıplarını azaltarak ekonomik olarak fayda sağlamaktadır [14].

Akıllı yol aydınlatması sistemlerinde ise özellikle led aydınlatma sistemlerindeki gelişmeler sayesinde yüksek etkinlik faktörlü, uzun ömürlü olması ve bunun yanı sıra ışık akılarına da basit bir biçimde kumanda edilebilmesi açısından akıllı yol aydınlatma sistemlerinde emniyetli, konforu yüksek ve enerji tasarruflu sistemler geliştirilmektedir [15].

Yine aynı şekilde akıllı şehirlerin bir diğer uygulamalarından olan akıllı bina sistemlerini inceleyecek olursak; bilişim teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilebilecek enerji verimliliği projeleri bakımından en büyük potansiyel binalardadır. Bilişim teknolojileri özelinde, 2020’li yıllarda binalar yüzünden oluşan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarında %21’lik bir aşağı ivmelenme oluşacağı tahmin edilmektedir. Bilişim teknolojileri altyapılı projeler kullanılarak binaların her alanında enerji verimliliği sağlanabilmektedir. Bilişim teknolojilerinin binalarla bulunan havalandırma, güvenlik, haberleşme, aydınlatma gibi çeşitli sistemlerine katılmasıyla

yeni inşaatlarda akıllı çözümler oluşturulabilecektir. Bu çözümler sayesinde süreçler daha verimli, güvenli, çevreci ve ekonomik olabilecektir [16].

Akıllı çevre sistemlerini sosyal ve ekonomik olarak değerlendirecek olursak; bu sistemlerin hedefleri; sürdürülebilir kaynak yönetimi, kirliliği azaltma, doğal güzellikleri koruma ve kent estetiğini artırma, çevre dostu sürdürülebilir yaşam alanları oluşturma olarak açıklayabiliriz. Bu kapsamda su yönetimi, sızıntı denetimi, kirlenme denetimi, ileri sel uyarısı, öngörülü bakım planlaması ve atık yönetimi sistemleri ile hem sosyal hem de ekonomik açıdan şehirlere büyük faydalar sağlanabilmektedir.

Akıllı şehir yönetimini ele aldığımızda ise; yenilikçi yönetim şekillerinin kamu sektörüne uygulanmasıyla yeni kamusal yönetim biçimi oluşmaya başlamıştır. Sürdürülebilir akıllı yönetimin başlıca özelliklerini; vatandaş odaklılık, katılımcı yönetim, şeffaf yönetim, hesap verilebilirlik, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak analiz yapma ve etkin yönetim olarak sıralayabiliriz. Bu özelliklerle fayda-maliyet analizleri yapılarak potansiyel girişimler yapılması, mevcutta az olan kamu kaynakları kullanılırken etkin olmaya özen gösterilmesi, standart anlayışlı bireylerden ziyade katılan, soru soran, bilinç düzeyi yüksek bireylerin oluşmasıyla şeffaf ve hesap verilebilirlik gibi sosyal ve ekonomik kazanımlar sağlanabilmektedir.

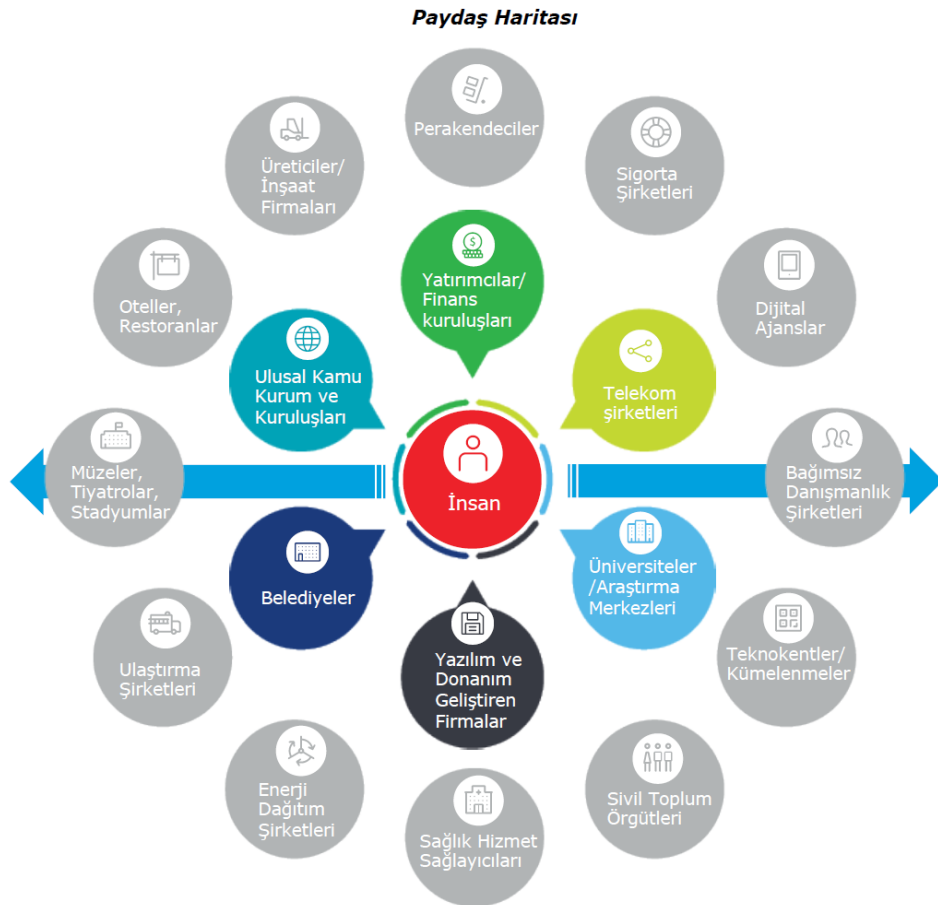
İşin temelinde, öncelikli ulaşım ve enerjide olmak üzere, şehir altyapılarının ve şebekelerinin insan faktörüne gerek kalmadan kendi kendini yönetmesi mantığıyla, insanların hayat standartlarını büyük ölçüde iyileştirme ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir şehircilik anlayışı amaçlanmaktadır. Bu konuda dikkat edilmesi gereken en önemli husus, bu yaklaşımın temel felsefesinin “dönüşüm” mantığına dayanması gerektiğidir. Şehirleşme penceresinden bakıldığında, akıllı şehir yaklaşımı, sadece bilişim teknolojilerinin şehir özelinde uygulaması değil, insanların hayat kalitesini arttıracak bir yaklaşım olmalıdır. Şehir sistemlerinin verimli olması, yaşamsal alanlarda iyileştirmeler sağlanması, insanlara sunulan hizmetlerde iyileştirme, yerel ekonomik alanların artırılması ve şehirlerin rekabetçi olmasının sağlanması bu akıllı sistemlerin öncelikli hedefleri olmaktadır.

Akıllı şehir uygulamalarında başarılı olunması sürecinde bilgi teknolojilerinin, insanların hayat kalitesini arttırmak amacı ile araç seçilmesi; sektörler arasında işbirliği sağlanması; planların bilgi ve tecrübe ile yapılması, halkın bu plan ve

uygulamalara entegre edilmesi gibi ögeler kritik derecede önemlidir. Bütün dünyada atılacak adımlarda ilk sıraya gelen akıllı şehir geçiş projelerinde, kent idarecilerinin bu süreçleri yakinen takip edip, özümsemeleri ve bu geçişte nedenlerini çözümlmeleri de büyük önem arz etmektedir [17].

### 1.1.3 Akıllı Şehirlerin Paydaşları

Akıllı şehirlerin değişik sektörlerden birçok paydaşı bulunmaktadır. İnsan merkezli akıllı şehirlerde öncelikli paydaşlar vatandaşlar, belediye yönetimleri ve haberleşme şirketleridir. İnsan, akıllı kentin hedefindeki kitle ve kullanıcı olarak öne çıkarken; belediyeler kamu kaynaklarının hizmet olarak vatandaşlara iletilmesini sağladığından önemli bir yerdedir. Haberleşme firmaları ise akıllı şehirlerdeki bütün paydaşları tek çatıda toplayarak altyapısal anlamda aralarındaki köprüyü oluşturma fonksiyonuna sahiptir [18].



Şekil 1.1: Akıllı şehir paydaş haritası [18].

#### 1.1.4 Dünya'dan Akıllı Şehir Örnekleri

Akıllı şehir kavramının ortaya çıkması ile dünyada birçok ülke teknolojik altyapısını bu yönde oluşturmaya başlamıştır. Şehirlerin ihtiyaçlarını ve özelliklerini akıllı şehirleşme yönünde belirleyerek oluşturdukları ekosistem ile akıllı şehirleşmeye bir adım önde başlayacakları öngörülmektedir. Bu bölümde planlamalarını akıllı kentleşme doğrultusunda yapan şehirler analiz edilmektedir. Ek olarak da geliştirdikleri uygulamaların tek başına akıllı şehirleri yaratmaya yetmediği ancak başarıya ulaşmış olduğu görülen örnek uygulamalarda incelenecektir.

İncelemede bulunan akıllı şehir örneklerinden Amsterdam örneğinde bir şehrin akıllı şehre dönüşme sürecine ilişkin stratejiler konusunda yapılan çalışmalar incelenmiş olup, başarılı bir akıllı şehir stratejisi geliştirmek için gerekli adımlar ve bu adımların nasıl organize edildiği araştırılmıştır.

Amsterdam'ın akıllı şehir stratejisi "Amsterdam Akıllı Şehir Programı" olarak adlandırılmıştır ve bu girişim fikri 2007 yılında ortaya çıkmıştır. Akıllı şehir girişimi, Amsterdam Yenilikçilik Motoru (Amsterdam Innovation Motor), Liander enerji ağ operatörü ve Amsterdam Belediyesi işbirliğiyle gerçekleştirilmiştir. 2006'da kurulan Amsterdam Yenilikçilik Motoru, Amsterdam kentinin bilgi toplumu konusunda gelişimi ve güçlendirilmesine destek olmak için kurulmuştur. Liander, Hollanda'nın en büyük enerji şirketi olan Alliander'in bir parçası olup, görevi Hollanda'nın farklı yerlerine doğalgaz ve elektrik dağıtımını için enerji ağlarının inşası, korunması ve yönetilmesidir. Söz konusu kurucu kuruluşların temsilcilerinin yer aldığı çeşitli çalışma grupları, süreci başlatan takımı oluşturmuştur.

Planlama aşamasında çeşitli faaliyetlerde bulunulmuştur. İlk olarak, Amsterdam akıllı kent stratejisi kentin stratejik planına dahil edilmiş ve kent öncelikleri ile ilintilendirilmiştir. Bu durum, yerel ve Avrupa düzeyindeki stratejilerin uyumlaştırılmasının bir göstergesidir. Bu kapsamda, bu strateji, Amsterdam sakinlerinin enerji tüketimini iklim hedefleri çerçevesinde düzenlemeyi amaçlamaktadır. Buna yönelik olarak, CO2 emisyonlarının 2025 yılında 1990 yılına kıyasla % 40 azaltılması hedeflenmiştir. Böylece kent, 2025 yılında dünyadaki en sürdürülebilir kent unvanını alabilecektir.

İlerlemenin izlenmesi ve sonuçların değerlendirilmesi, Amsterdam Akıllı Kent Kurumu ve proje ortakları işbirliğiyle düzenli olarak yapılmaktadır. Proje sonuçları ise web sitesinde (Amsterdam Smart City Projects) rapor olarak yayınlanmıştır. Amsterdam akıllı kent stratejisi dinamik bir yaklaşımla yönetilmektedir. Örneğin, stratejinin faaliyet alanları ilk dört yıl sonrasında güncellenmiş ve dörtten yediye çıkartılmıştır: akıllı hareketlilik, akıllı yaşam, akıllı toplum, büyük ve açık veri, akıllı alanlar, akıllı ekonomi ve akıllı altyapılar.

Amsterdam örneğinde, elde edilen bütün bilgiler Amsterdam Akıllı Kent Kurumu tarafından geniş ölçekte paylaşılmaktadır. Buradaki amaç sadece tanıtım değil, yeni işbirlikleri oluşturmayı teşvik etmektir. Bu kapsamda, ulusal ve uluslararası konferanslara (International Smart & Safe City Event) katılım sağlanmakta ve Amsterdam akıllı kent stratejisi anlatılmaktadır. Ayrıca, makaleler, haberler, basın bültenleri ve raporlar yoluyla veri ve bilgi dağıtımı gerçekleştirilmektedir. Bu belgeler ise tek bir web platformu üzerinden yayınlanmakta (Amsterdam Smart City) ve sosyal medya aktif olarak kullanılmaktadır [19].

Sonuç olarak, Amsterdam, akıllı kent yaklaşımında öncü bir konumdadır ve bundaki başarısı stratejik kentsel planlama ilkelerine uyan bir yaklaşıma sahip olmasıdır. Bu strateji oluşturulurken, stratejik düşünce, işbirliği ve kapsayıcı kriterlere dayalı bir yol izlenmesi önem taşımaktadır.

Bir diğer akıllı şehir örneği olan Barselona birçok farklı projenin hayata geçirilmesi ile akıllı şehir yolculuğuna adım atmıştır. Bu projeler tek bir çatı altında getirilerek 2012 yılında 'Akıllı Şehir Barselona Programı' adı ile bütüncül bir yaklaşım sağlanmıştır.

Barselona akıllı şehir yolculuğunda kendine üç bölümlü bir hedef belirlemiştir. Birinci bölüm açık verilerin genele yayılması ve kamunun hizmet yönetiminde bu açık verilerle oluşturulacak uygulamalara izin vermesi hedeflenmiştir. Çeşitli kaynaklardan sağlanan verilerin, açık veri olarak sivil toplum kuruluşları (STK) ve özel sektör temsilcileri ile paylaşılması ile ekonomikselleşme sağlanacağı öngörülmektedir. Veriyle ve yenilikçilikle oluşacak büyümenin, bilgi ekonomisi ve bilgi toplumuna geçişin sağlanmasında önemli rol oynaması planlanmaktadır.



**Şekil 1.2:** Barcelona kentinin akıllı şehir programı [20].

Barcelona akıllı kent yol haritası, 22 çeşit faaliyet sektöründe 200 projeye beraber uygulanmaktadır. ‘Akıllı Şehir Barcelona Programı’nda bulunan faaliyetler Şekil 1.2’de gösterilmektedir.

Barcelona kentinin akıllı şehir süreçleri ‘Barcelona Şehir Konseyi’nce yönetilmektedir. Barcelona Şehir Konseyi’nin alt birimlerinden biri belediyenin Bilgi Teknolojileri Enstitüsü’dür. Bu birim Barcelona’nın akıllı şehir yolculuğunda çok önemli bir rol üstlenmiştir. Barcelona’nın akıllı şehir çalışmalarında kamu kuruluşlarının yanında üniversiteler, ortak inovasyon üniteleri, uluslararası organizasyonlar, STK’lar, haberleşme şirketleri, teknoloji üreten şirketler ve Barcelona halkı akıllı şehrin paydaşlarındandır.

2011-2014 yılları arasında Barcelona’nın bu akıllı proje uygulamalarının ekonomiye katkısı incelendiğinde; 2014 yılında 12 bölümde incelenen akıllı projelerin yurt içi hasılaya etkisinin 85.000.000 avro olduğu, desteklenen 12 uygulamanın yarattığı iş imkanının 1870 olduğu, yapılan yatırım miktarının 53 milyon avro olduğu ve belediye bütçesinden harcanan her bir avro karşılığında 0,53 avro yatırım çekildiği belirlenmiştir. Bu uygulamaların ekonomik fayda analizi yapıldığında ise; akıllı trafik uygulamaları sayesinde 9700 ton CO2 salınımı, park sulama sistemlerinden 600.000

ton su tasarrufu ayrıca 2025 yılına kadar 832 milyon avroluk ekonomik fayda beklentisi bulunmaktadır.

2014'te yeşil başkent seçilen Kopenhag; akıllı şehir sistemini üst bir çerçeveden takip ederek ve vatandaşlarının katılımını sağlayarak hayat kalitesini artırmayı, ekonomik büyümeyi ve sürdürülebilir bir şehir oluşturmayı amaçlamıştır. Kopenhag, akıllı kent yolculuğunda 7 adet kamu kuruluşunun ortak çalışmasıyla, işbirliği sağlayarak birlikte çalışmakta, oluşan proje koordinasyon birimi belirlenen ana strateji üstünden önemli adımları belirlemektedir.

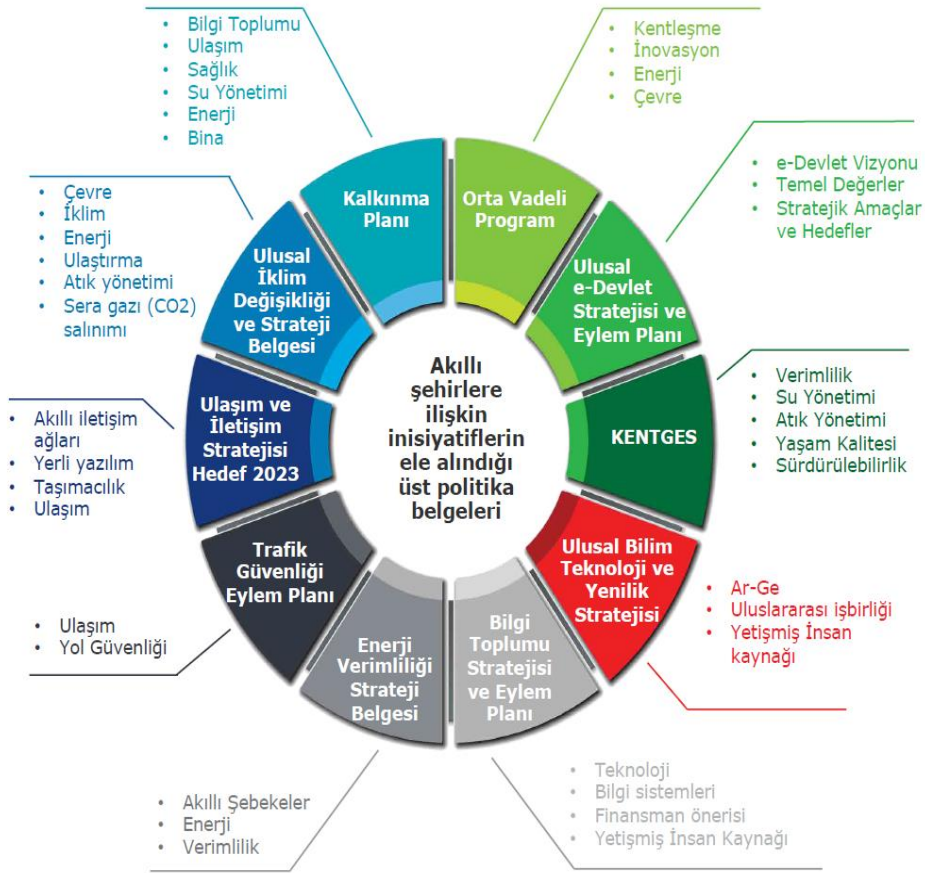
Kopenhag şehrinde akıllı uygulamaların ekonomik etkisi incelendiğinde; ziyarete gelen turist sayısında yüzde 1'lik bir yükselme sağlanmış, 104 milyon avro'luk yeni iş imkanları yaratılmış, su tüketiminde 5,5 milyon m<sup>3</sup> tasarruf sağlanmış, 30 milyon km yolculuk sonunda 1.7 milyon litre yakıtta tasarruf sağlanmış ve ayrıca uygulanan akıllı trafik sistemleri sayesinde trafik akışında %11 ile %32 oranlarında düzelmeler sağlanmıştır [20].

Örnekler arasındaki bir diğer akıllı şehir olan Songdo Güney Kore'nin başkenti Seul'a 65 km uzaklıktadır. Songho şehri yerli ve yabancı büyük ölçekli şirketler tarafından akıllı şehir olarak oluşturulmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin altyapısını oluşturduğu Songdo'da sayısal haberleşme ile akıllı ev sistemleri oluşturularak tüm vatandaşlara ulaştırılmıştır. Örnek olarak, vatandaşlar okula giden çocuklarının öğretmenleriyle uzaktan görüntülü iletişim ile toplantılar yapabilmekte, uzaktan sağlık hizmeti, kamu işlemleri, vergi ödeme, bilgi sorma gibi işlemler yapılabilir duruma gelmiştir. Akıllı evlerden sokaktaki çöp kutularına atılan çöpler yeraltındaki ayırma üniteleriyle ayrıştırılıp, son çöp toplama sahalarına iletilmektedir [21].

### **1.1.5 Türkiye'nin Durumu**

Türkiye'de akıllı şehirlere geçiş süreci ve akıllı uygulamaların hayata geçirilmesi, 2000'li yıllarda başlamış olup kalkınma program ve planlarında, politika ve strateji belgelerinde yer almıştır. Bunlardan en dikkat çekenleri 10. Kalkınma Planı, 2023 Strateji Belgesi, Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları, Vizyon 2023, Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı'dır [22].

Bir şehrin, akıllı şehir olarak nitelendirilebilmesi için; ulaşım, teknoloji, enerji, bina, sağlık, altyapı, yönetim gibi hizmetlerde akıllı teknolojiler kullanılması ve tüm bu çözümlerin aktif olarak kullanıldığı bir akıllı şehir ekosisteminin oluşturulması gerekmektedir. Türkiye bu sürece başlarken sadece hedef belirlemekle kalmamış; özel sektör temsilcileri ve kuruluşları ile platformlar da oluşturulmuştur. Akıllı Belediyecilik Zirveleri, Akıllı Şehirler Kurultayı, Akıllı Kent Fuarı gibi çalışmalar, kamuyu ve özel sektör temsilcilerini bir araya getiren çalışmalardır [23].



Şekil 1.3: Akıllı şehirlere ilişkin üst politika belgeleri [24].

Türkiye'nin akıllı şehir olma yolunda gereksinimlerinin belirlenmesi ve bu yönde adımların atılmasıyla birlikte akıllı kent uygulamaları, devlet tarafından oluşturulan üst strateji belgelerinde ele alınmış, inisiyatifler oluşturulmaya başlanmıştır. İlgili birimlerin stratejik planlarıyla birlikte öne çıkan üst düzey politikalar Şekil 1.3'de grafiklenmiştir [24].

Ülkemizde geçmişten günümüze yürütülen akıllı şehir projelerini inceleyecek olursak; 2000 yılında Yalova ilimizde Bilişim Vadisi Projesi olarak isimlendirilen bir



ekolojik ve teknolojik yerleşim yerinin kurulma çalışmasıyla süreç başlamış ve bilişim merkezli akıllı şehir projeleri daha sonra Bursa, Ankara, Kocaeli, Eskişehir gibi şehirlerle devam edip, diğer şehirlerin de gündemine gelmiştir. Fatih, Kadıköy, Beyoğlu'nda; akıllı kent projeleri yürütülmektedir. Akıllı sayaçlar, akıllı binalar, Fatih Spor Kompleksi, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), içme suyu dağıtım yönetimi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), trafik kontrol merkezi İspark, akıllı park ücretlendirme ve otomatik parklar, İstanbul kart (farklı ulaşım araçlarında aynı kartla bütünleşmiş hizmet), İsbak, akıllı konteyner, mobese ve dijital kütüphane gibi örnekler bu uygulamalar arasında sayılabilir. İstanbul Fatih Belediyesi artırılmış gerçeklik (augmented reality) uygulamasını da akıllı şehir projeleri içine almıştır. Artırılmış gerçeklik teknolojisini, yerel yönetimler arasında ilk defa Fatih Belediyesi FatihAR ismini verdiği mobil uygulamasında kullanmaya başlamıştır. Bu uygulamaya göre, Fatih Belediyesi içindeki herhangi bir binanın görüntüsünün fotoğrafı çekilerek ilgili servis merkezine 3G-4G iletişim teknolojisi ile gönderildiğinde, bilgi merkezinden o binaya ilişkin var olan bilgiler kullanıcıya hemen aktarılabilir. Örneğin, Sultan Ahmet Meydanında otururken etraftaki tarihi eserlere FatihAR uygulamasının olduğu bir mobil cihazı yönelttiğinizde o eser hakkında yüklenmiş bilgiler cihazda görülebilmektedir. Ankara'daki akıllı şehir uygulamaları ise; Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ), yönetsel denetim ve veri elde etme sistemi, Elektrik Gaz Otobüs Genel Müdürlüğü (EGO), EGO Cepte, akıllı durak, araç içi yolcu bilgilendirme ve kamera sistemleri, akıllı yapılar, endüstri parkı, otomatik itfaiye komuta merkezi şeklindedir.

Karaman'daki akıllı şehir uygulamalarını incelediğimizde; proje üstlenicilerinden olan Türk Telekom'un trafikten eğitime ulaşımdan çevre temizliğine kadar birçok konuda akıllı uygulamaları halkın kullanıma sunduğu görülmektedir. Aynı şekilde; akıllı bisikletler, akıllı otobüs takip sistemleri, otobüs içi bilgilendirme sistemleri ile Konya'da akıllı şehir uygulamalarının başlatıldığını görmekteyiz. Ülkemizde akıllı kent uygulamalarında Türk Telekom tarafından geliştirilen uygulamalar önemli bir yere sahiptir. Akıllı durak, akıllı otopark, akıllı kavşak, öncelikli geçiş, trafik denetleme sistemi, akıllı aydınlatma, akıllı sulama, uzaktan sayaç okuma, akıllı atık toplama, engelli navigasyonu, akıllı ölçüm, hasta takip, panik buton, akıllı güvenlik, sevgi zinciri, kablosuz internet, interaktif kiosklar gibi

uygulamaları şehirde merkez ve yerel idarelere akıllı hizmet sunabilmeleri konusunda alt yapıyı hazırlamaktadır.

Yine bir akıllı şehir uygulamasının da Kars'ta başlatıldığı görülmektedir. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, "İnternetsiz Ev Kalmayın" seferberliğinin başlatılmasını Kars'ta gerçekleştirerek, Kars'ın da akıllı kentler arasına katılacağını bildirmiştir. Bu kapsamda Bakan, Kars'ta uygulanacak akıllı kent projesiyle şehir hakkındaki bilgilere kolayca ulaşılabileceğini, kamu hizmetleri daha verimli hale getirileceğini, güvenliğin artacağını ve yakıt ve enerjiden tasarruf sağlanabileceğini ifade etmiştir. Özellikle engelli vatandaşların hayatlarının bu uygulamalar ile kolaylaştırılmasına öncelik verileceğini de vurgulamıştır.

Balıkesir'de ise Turkcell Superonline firmasıyla yapılan işbirliği kapsamında en yüksek nüfusa sahip ilçeler olan Altıeylül, Karesi ve Bandırma'da toplamda 250 km fiber optik hat tesis edilmiştir. Şehirde bulunan akıllı kavşak sistemi bu altyapıdan internetini almaktadır. Şehirde 17 adet kavşak akıllı sistemlerle donatılarak trafik akışında %40'lara ulaşan iyileştirmeler sağlanmıştır. Bu akıllı kavşak sistemi ile ulaşım ağıyla ilgili veriler elde edilerek kayıt edilip raporlanabilmekte, sinyalizasyon kavşaklar kontrol merkezinden yönetilebilmekte, adaptif yönetilen sinyalizasyon kavşakların süreleri trafik verileri doğrultusunda otomatik olarak güncellenebilmekte, trafik kameralar vasıtası ile canlı olarak izlenebilmekte ve görüntüler kayıt edilebilmektedir. Balıkesir'deki trafik yönetim sisteminin alt bileşenleri; sinyalizasyon yönetim sistemi, veri yönetim sistemi, video izleme sistemi, trafik kontrol merkezi ve mobil uygulama platform olarak oluşturulmuştur.

Balıkesir Akıllı Toplu Ulaşım Sistemi (BALTUS) ile de vatandaşlara toplu taşımada büyük kolaylıklar sağlanmaktadır. BALTUS yazılımı ile vatandaşlar otobüs sefer saatlerini, otobüs geliş-gidiş güzergahlarını, durak noktalarını, anlık olarak otobüslerin konumlarını, doluluk noktalarını, kartlarındaki bakiyelerini ve ücret tarifelerini öğrenebilmektedir.

Antalya Büyükşehir Belediyesi ve Türk Uydusu (TÜRKSAT) iş birliğinde "Akıllı Kent Uygulaması"na Mayıs 2015'te imzaladığı protokol ile geçmiştir. 2015 yılından bugüne gelinen noktada; Wi-Fi hizmetlerinde belediyeye ait plajlar, parklar gibi kamuya açık alanlarda ücretsiz internet erişimi halkın kullanımına sunulmuştur, Kronik hasta takibi hizmeti ile hastalara tansiyon ve kan ölçüm sistemi, akıllı telefon

cihazı ve medikal koçluk hizmeti verilmekte, Panik butonu hizmeti ile yaşı ilerlemiş bir grup vatandaşa GSM hatlı panik butonu dağıtımı yapılarak takipleri sağlanmakta, Kent bilgilendirme ekranları ile, beş yerde kiosk cihazları kurulmuştur. 2015 yılında imzalanan ilk protokolün ardından uygulamalar hayata geçirildikten sonra, ikinci aşamaya geçilmiş bu aşamada da denetleme ve akıllı kavşak sistemleri, yönetilebilir WİFİ ve internet hizmeti, akıllı sulama, akıllı aydınlatma, kiosklar kent bilgilendirme ekranları, kent yönetim platformu gibi projelere yer verilmiştir. Akıllı denetim ile trafik çok daha güvenli ve akıllı olacağı, akıllı aydınlatma sistemi ile enerji tasarrufu sağlanacağı, akıllı sulama projesi ile park ve bahçelere yerleştirilen sensörler sayesinde toprağın nem durumu uzaktan takip edebileceği beklenen faydalar arasında sayılmaktadır.

Araştırma şirketi olan Frost-Sullivan'ın raporunda, 2025'te ülkemizde 26 civarında akıllı şehir olacağı tahmin edilmektedir. Akıllı şehir olma kriteri olarak belirlenen alanların hepsinde olmasa da bir kısmında yatırım yapan şehirler ise sürdürülebilir şehir olarak isimlendirilmektedir. Türkiye'den bu raporda adı geçen 8 şehrin (İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Eskişehir, Antalya, Denizli ve Adana) sürdürülebilir şehirler kategorisinde olacağı düşünülmektedir. Bugün gelinen noktada tüm kentlerde akıllı sistemlerin kısmen de olsa kullanıldığı görülmektedir. Elektronik dönüşümle başlayan süreçler, yönetim zihniyetinde e-dönüşümü başlattığı günden bu yana hem yönetim sisteminin kendi iç yapısında hem de kentlere uzanan ve halkın hizmetine sunulan kamusal ve yerel kamusal hizmetlerde bu dönüşümün uygulamalarla hayata geçirildiğini görülmektedir. Akıllı şehir denildiğinde, şehirde şehirlinin hizmetine sunulan ulaşım, enerji, altyapı, konut, sağlık vb. tüm alanların mobil ya da bilgisayar teknolojileriyle kullanıma sunulmasını karşımıza çıkartmaktadır. Günümüzde hemen hemen bütün şehirlerde gördüğümüz Kent Bilgi Sistemleri (KBS) ve CBS sistemleri, trafik düzeni, otoparklarda uygulanan doluluk-boşluk bilgisi, kamusal alanların (park vb.) kamera ile görüntülenmesi vb., uygulamalar şehirlinin hayatını kolaylaştıran uygulamalardır. Akıllı yönetimlere geçiş, çağın getirisi ve yönetenin tercihi olmaktan çok öteye geçerek, şehirlinin de tercihi haline gelmiştir. E-hizmet yoluyla hem merkez hem de yerel kamusal hizmetleri alabilmenin kolaylığına alışan ve kullanan şehirliler, artık hızlı ve hayatlarını kolaylaştıracak bu uygulamaları özel yaşam alanlarında da tercih etmektedirler. Akıllı konut olarak tanımlayabileceğimiz bu adım, şehirlilerin konutlarında da akıllı teknolojileri talep etmelerini de doğurunca, konut sektörünün akıllı konut projelerine yönelmesi

kaçınılmaz olmuştur. Akıllı ev sistemleri, ev yaşamını daha kolay ve daha güvenli hale getiren ev otomasyonu kontrol sistemlerini ifade etmektedir. Bu sistemlerin sunduğu imkanlar şu şekildedir; Evin herhangi bir yerinden istenilen kısmın aydınlatma kontrolü, Perdelerin ve panjurların kontrol edilmesiyle, gün ışığından en iyi şekilde yararlanma, Sensörlerin ev içindeki aydınlığı otomatik olarak ayarlamasıyla enerji tasarrufu, Evden çıkarken tek düğmeyle bütün kapıları, elektrik düğmelerini ve elektrikli cihazları kapatabilmek, Açık kalan kapı ve pencereler için uyarı mekanizması, Kombi, klima, fırın gibi cihazların kontrol edilerek eve gelindiğinde hazır ve sıcak bir ortam, Uzun süre evden uzakta olduğunda, perde, panjur ve ışıkların düzensiz bir şekilde açıp kapatılarak, bazen yüksek sesle müzik çalarak evde biri varmış izlenimi, Belirlenen saatlerde bahçe sulanması vb.

Sonuç olarak; Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne üyelik sürecinde, özellikle 2005'te katılım müzakerelerinin başlamasından sonra birçok alanda AB'ye uyum süreci hızlanmıştır. Şehirlerin bilgi ve iletişim teknolojilerinin desteğiyle akıllı şehirlere dönüştürülmesi süreci de bu alanlardan biridir. Akıllı şehir politikaları, kentsel yaşamın sanayi ve vatandaşlar ile işbirliği içerisinde yenilikçi ve bütünlük uygulamalarıyla daha sürdürülebilir hale getirilmesini amaçlamaktadır. Avrupa Birliği'nde 2010 yılında yayımlanan Avrupa 2020 Stratejisi ile yaygınlaşmaya başlayan akıllı şehir uygulamalarına en iyi örneklerden birisi Amsterdam akıllı şehridir. Bu çalışmada incelenen Amsterdam akıllı şehir örneğinde görüldüğü üzere, stratejik kentsel planlama, şehirlerin akıllı hale dönüştürülmesinde etkin bir yöntem olarak görülebilir.

AB'deki bu gelişmelerin bir yansıması olarak, Türkiye'de de akıllı şehirlere yönelik olarak bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygınlaştırılması yönünde çalışmalar olduğu, bu konuda çeşitli politika ve stratejilerin geliştirilmeye başlandığı görülmektedir. Türkiye'de akıllı şehir uygulamalarının genel olarak proje temelli münferit çalışmalar nezdinde olduğu söylenebilir. Elektronik dönüşümle başlayan uygulamaların yerel ölçekte ve yerel hizmetlerde hayata geçirildiği görülmektedir. Trafik ölçüm sensörleri ya da akıllı park sistemleri ve yolcu bilgilendirme sistemleri, engelliler için mobil uygulamalar, insansız hava araçlarıyla haritaların üretilmesi, elektrik ve gaz şirketleri için uzaktan şebeke kontrolü gibi sistemler ülkemizde uygulanmaktadır.

Akıllı şehir politikaları geniş kapsamlı, ayrıntılı ve çok aktörlü çabaları gerektiren bir süreci ifade etmektedir. Ülkemizde gerek metropol gerekse orta ölçekli şehirlerde çeşitli projeler ile yoğunlaştığı gibi, hemen hemen bütün şehirlerde de az da olsa akıllı teknolojilerin şehrin bir yerinde hayata geçirildiği görülebilmektedir [25].

## **1.2 Akıllı Şehrin Temel Öğeleri**

Bu bölümde akıllı şehircilik kavramının temel öğeleri olan akıllı ulaşım, akıllı enerji, akıllı çevre ve akıllı yaşam konularına değinilmiştir.

### **1.2.1 Akıllı Ulaşım**

Büyük ölçekli ekonomi göstergelerinin önemli bir şekilde etki ettiği ulaştırmada, devamlı büyüme, devamlı nüfusta artış ve artan kırsal-şehir göçü ulaştırmanın ilerisi açısından daha etkili ve belirleyici olma yolunda ilerlemektedir. Kişi başı gelirlerin artması ve nüfustaki artış hem yolcu hem de yük taşıma sektöründe hareketliliğin artmasına sebebiyet vermektedir.

Bunlarla beraber, dünyada öne çıkan daha kısa zamanda, daha konforu yüksek ve daha güvenli ulaşım istekleri ulaştırmada gelişimi arttırmıştır. Bu gelişmelerle birlikte verimi yüksek etkin bir ulaşım altyapısının oluşturulması, güvenliğin ön planda tutulduğu, insanı önceliklendiren ve çevreye duyarlı stratejilerin benimsenerek uygulamaya koyulması gerekliliği fark edilmiştir.

Önümüzdeki yıllarda, bilhassa gelişmekteki ülkelerde, fakirliğin azaltılması, eğitimin ve iş imkânlarının gelişme göstermesi, pazarlara ulaşma ve kullanılma imkanı olmayan arazilerin değerlendirilmesi için ulaşımın çok önemli bir rolü olduğu göz önüne alındığında, artan sorunların çözümü için sürdürülebilir projelere olan gereklilik daha net ortaya çıkmıştır.

Ulaştırma sektöründe taşımacılık alanlarında artış gösteren taleplerin güvenli, etkin ve çevreci olarak karşılanması noktasında Akıllı Ulaşım Sistemleri, özellikle verilere güvenli ve hızlı bir şekilde ulaşılmasına imkan vererek, çevresel, toplumsal ve ekonomik açılardan sürdürülebilir çözüm önerileri getirmektedir. Bu çözümler,

esasinda karayolu ulasimini, her bir cozum bir digeri tamamlar sekilde diger ulasim cozumleri ile entegre olmayi saglamakta ve daha etkin genis capli bir ulasim sistemini olusturmaktadır. Ayrıca, sosyal hayatta dengeye dayali toplum elde etmenin birincil oncelikleri arasında olan daha hizli ve guvenli ulasimi olusturmasi acısından, karayolu sistemlerindeki sikintilari yok etmeye yardımcı bilişim teknolojilerine dayali altyapilar imal eden ekonomiler için de bu cozümlerin kazandırdigi katma deger çok önem arz etmektedir.

Akıllı ulasim sistemleri, ulasim sistemlerinde verimliliği, emniyeti, çevresel faydaları artırmak, trafik ve altyapı sistemlerini yönetmek için çeşitli bilişim teknolojileri ile uygulamaların irdelenmesi, tasarlanması, entegre edilmesi ve çalışır şekilde bir yapı olusturulmasını sağlayan mühendislik dalıdır. Bu mühendislik dalı içinde stratejik plan oluşturma ve anlık verilerin izlenmesi gibi işlemler de bulunmaktadır.

Akıllı ulasim sistemi paydaşları, disiplinli bir yapı içinde genis bir yelpazede teknik birimler ve kullanıcılardan oluşmaktadır. Her bir paydaşın akıllı ulasim planlaması yapılması, gelişim sağlanması, yönetilmesi ve yürütülmesi noktalarında bilgi, birikim ve yöntemlerini bu sisteme katmaları gerekmektedir. Mühendisler (elektrik, elektronik, inşaat, sistem, bilgisayar vb.), plancılar (şehir ve bölge), siyasiler, finansçılar, işletmeciler, kamu güvenliği personelleri ve ulasim altyapısı ile bir şekilde bağı olan farklı kurum ve kuruluşlardan uzmanlar akıllı ulasim sistemi paydaşları kapsamında değerlendirilmektedir.

İlk 1928 yılında kullanılan trafik sinyalizasyonu akıllı ulasim sistemlerinin başlangıcı kabul edilmekte olup, 1960 yıllarında kullanımına başlanan bilgisayar kontrollü sinyalizasyon da akıllı ulasim sistemleri adına önemli bir uygulama olarak göze çarpmaktadır.

1970’li yıllarda ise uygulamaların biraz daha geliştirildiği dönemler olmuş ve ortaya Fransızca “télé-matique” kelimesinden türetilen “Telematik” kavramı çıkmıştır. 1978’de iki Fransız ulasim uzmanınca telekomünikasyon ve enformatik kelimelerinin birleşmesi ile oluşan bu kavram, 1980’li yıllar döneminde diğer dillerin de kullanım alanine girmiştir. Telematik, bilginin haberleşme ağıları üzerinden ulaştırılması ve bilgisayarlar aracılığıyla işlenmesi süreçleri olarak tanımlanabilmektedir.

Bazı uzmanlara ise, bu kavramı bu tanımlamayla beraber bakım ve yönetim sistemleri için geliştirilen otomasyon sistemlerini de içine alarak kullanmaktadır. Bu sistemlerin kullandığı yazılım ve donanım uygulamalarının başında; geniş alan ağı, yerel alan ağı, mobil ve uydu sistemleri, bilgi için ölçme alıcıları, kameralar ve radarlar, CBS, erişim kontrol üniteleri, sistem kullanıcıları için ışıklı işaretçiler, radyo ve internet yayınları yer tutmaktadır.

Akıllı ulaşım sistemleri, karayolunun altyapısını oluşturan, işletmesini yapan ve kullananların masraflarının azaltılmasını sağlayıp verimliliği arttırmakta, talepleri yöneterek seyahat çeşitliliğini ve hareketliliği arttırmaktadır. Benzer şekilde çevresel zararları azaltmakta ve kaynak kullanımının etkinleştirilmesini sağlamaktadır. Güvenlik yönetimi ile ilgili uygulamalar da halk sağlığı ve sosyal yapıyı korumada etkili olmaktadır.

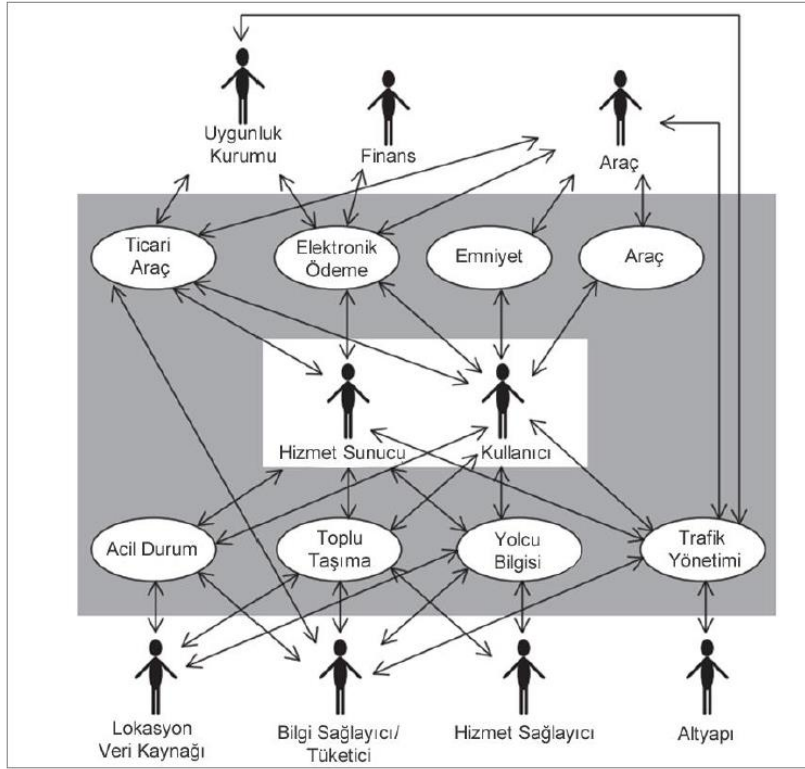
Akıllı ulaşım sistemlerinin karayolu ulaşımına olan katkısı tüm diğer ulaşım sistemlerine oranla ilk sırada yer almaktadır. Bu alanda en büyük faydayı yolda seyir halinde olan araçların diğerleriyle, sistem ile araç kullanıcıları arasındaki etkileşimi anında sürücüye yardımcı sistemler, trafik kazaları esnasında emniyet ve sağlık kuruluşları ile kazalardaki müdahalenin en hızlı şekilde sağlanmasına yardımcı olan akıllı sistemler örnek verilebilir.

Akıllı ulaşım sistemlerinin artmasının mali açıdan sağlayacağı başka bir yarar ise teknoloji sektörlerinde faaliyetlerine devam eden şirketlerin sayısındaki artış ve bu artışla beraber istihdamın artışı olacaktır. Ayrıca bu artış ile birlikte yurtdışı pazarlarına da açılım sağlanabilecektir. Amerika'da akıllı ulaşım sistemleri üzerine çalışan şirketlerin 2009 yılındaki ciroları 48 milyar \$ ve istihdam olarak 180.000 personel sayısı olarak belirtilmiştir.

Tüm sistemlerde olduğu gibi akıllı ulaşım sistemlerinde de bir strateji belirlemek gerekmektedir. Sektörde buna akıllı ulaşım sistemi mimarisi denilmektedir. Bu mimari, akıllı sistemlerin entegre edilmesi için yapılan planlamalara üst bir çatı oluşturmaktadır. Ayrıca teknik verileri, kanuni ve ticari konuları da içine almaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri mimarileri ulusal, bölgesel ya da kentler bazında veya hizmete göre oluşturulabilmektedir. Akıllı ulaşım sistemi mimarileriyle diğer sistemlere entegre olmak kolaylaşmıştır. Performans düzeyleri istenilen şekilde belirlenebilmekte ortaya mantıksal çerçeve konulmaktadır. Uygulama yönetimi, takip ve genişleme

kolaylaşmakta ve kullanıcı beklentisi başarılı bir şekilde karşılanabilmektedir. Mimari, sistemin ne yaptığını, hangi bölgede çalıştığını ve sistemler arası ne gibi bilgilerin taşındığını açıklamaktadır. Seyahat bilgisi, trafik yönetimi, elektronik ücret toplama sistemi, trafik kaza takibi, filo takibi gibi uygulamalar akıllı ulaşım sistemi kullanıcı hizmetlerini oluşturmaktadır [26].

Şekil 1.4'te akıllı ulaşım mimari referans modeliyle oluşturulan blok diyagramı gösterilmektedir. Tablo 1.1'de ise bu standart ile belirlenen ve güncellenmeye devam edilen akıllı ulaşım sistemi hizmet alanları ve hizmet grupları yer almaktadır.



Şekil 1.4: Akıllı ulaşım mimari referans modeli [26].



**Tablo 1.1:** Akıllı ulaşım sistemi hizmet alanları ve hizmet grupları [26].

<b>Hizmet Alanları</b>	<b>Hizmet Grupları</b>
Yolcu Bilgisi	Yolculuk öncesi bilgi Yolculuk sırasında bilgi Yolculuk hizmetleri bilgisi Yolculuk öncesi güzergah rehberi ve navigasyon Yolculuk sırasında güzergah rehberi ve navigasyon Yolculuk planlama desteği
Trafik yönetimi ve işlemleri	Trafik kontrolü Ulaştırma ile ilgili olay yönetimi Talep yönetimi Ulaştırma altyapısının bakım yönetimi
Araç içi sistemler	Ulaştırma ile ilgili görüş iyileştirme Otonom araç sistemi Çarpışma önleme Emniyet hazırlığı Çarpışma öncesi kısıtlamaların tertibi
Yük taşımacılığı	Ticari araç ön izin Ticari araç idari işlemleri Otomatik yol kenarı emniyet denetimi Ticari araç içinde emniyet takibi Yük taşımacılığı filo takibi Yük taşımacılığı filo yönetimi Bilgi yönetimi Tehlikeli yüklerin yönetimi
Toplu taşıma	Toplu taşıma yönetimi Talebe duyarlı ve paylaşımlı toplu taşıma
Acil durum	Ulaştırma ile ilgili acil durum duyurusu ve kişisel güvenlik Acil durum araçlarının yönetimi Tehlikeli madde ve olay duyurusu
Ulaştırma ile ilgili elektronik ödeme	Ulaştırma ile ilgili elektronik mali işlemler Ulaştırma ile ilgili elektronik ödeme hizmetlerinin entegrasyonu
Karayolu ulaştırması ile ilgili kişisel emniyet	Toplu taşıma güvenliği Savunmasız karayolu kullanıcılarının emniyetinin artırılması Engelli karayolu kullanıcılarının emniyetinin artırılması Akıllı kavşaklar ve bağlantı yolları
Ulusal güvenlik	Şüpheli araçların izlenmesi ve kontrolü Enerji tesisleri ve boru hatlarının izlenmesi

### 1.2.2 Akıllı Enerji

Enerji, insanlığın ve uygarlıkların devam edebilmesi için en önemli ihtiyaçların başında gelmektedir. Teknolojik, sosyolojik ve ekonomik hareketlerin etkisi ile dünyada enerjiye olan talep sürekli artmaktadır. Fakat yararlanılabilen kaynakların azlığı önemli bir sorun olarak gündemde durmaktadır. Bu sebeplerden ötürü, ülkeler günümüzde enerjiyle ilgili birçok sıkıntı ile baş etmektedirler. Ülkelerin kendi öz enerji kaynaklarının tüketimlerini karşılayamaması ve diğer ülkelerden ithal etmeleri, ayrıca ithal edilen bu kaynaklara ödenen bedellerin cari açık olarak geri dönmesi ekonomilere büyük yükler oluşturmaktadır. Ayrıca ekonomik olarak büyüyen ülkelerde enerjiye duyulan ihtiyaç da sürekli artmaktadır. Ayrıca, enerjiye ilişkin maliyetler yerli üreticilerin rekabet gücünü uluslararası pazarlarda belirleyen faktörlerin başında gelmektedir. Ayrıca, enerji ithal edilen ülkelerle olan dış politika ilişkileri, ülke stratejileri için önemli bir husus olarak göze çarpmaktadır. Bütün bu veriler ışığında üretilen ve satın alınan enerjinin zaruri şekilde verimli kullanılması çok büyük önem arz etmektedir [27].

Enerji verimliliği kapsamında, başta en çok enerji tüketilen meskenler, enerji sektörü, sanayi ve ulaştırma gibi alanlarda bu verimliliği arttırmak adına kanuni, ekonomik ve teknik önlemler alınmaktadır. Bu bağlamda ülkeler, enerji verimliliği yüksek binalar, ürünler ve uygulamalar geliştirilmesi adına ve ayrıca bu enerji verimli tüm ürünlerin kullanımına teşvik veya zorunluluk gibi kriterler getirilerek enerji yoğunluklarını düşürmeye çalışmaktadırlar. Bu bağlamda, enerji verimliliği için bilişim teknolojilerinden faydalanılması son dönemin en önemli ve revaçta olan konulardan biri durumuna gelmiştir.

Bu teknolojilerin kullanılması ile elektrik şebekelerinin akıllanması mümkün hale gelmiştir. Sistemlerdeki sayaçların akıllandırılması, daha az sapma ile yapılan ölçüm, haberleşme yöntemleri ve veri analizi gibi teknolojilerle akıllı enerji şebekesi uygulamaları devreye alınmaktadır. Dünyada; yüksek hassasiyetli ölçüm sistemlerinin kurulması, akıllı sayaçlara geçiş, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarından yapılan üretimler, enerji verimliliği sağlanması, elektrikli araçlar ve akıllı evlerin kullanılması gibi pek çok akıllı şebeke projesi devreye alınmaktadır. AB, “Akıllı Şebekeler Teknoloji Platformu”nu kurarak akıllı şebekelerle ilgili bir süreç belirleme yoluna gitmiştir. AB’nin hedefi; 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından

sağlanan enerjiyi %20'ye çıkarmak, enerji verimliliğinde % 20 artış sağlamak ve karbon salınımında ise % 20 gerileme sağlamak olmuştur. ABD hükümeti, yeni yapılan akıllı şebeke projelerini kısmi ve geri ödemesiz hibe vererek finanse etme yoluna gitmiştir. Japonya şebekelerini akıllandırırken şehirlerini de akıllandırmaya başlamıştır. Çin, Kanada, Güney Kore ve Avustralya gibi ülkeler de akıllı şebeke yatırımlarına ilgi duymaya başlamışlardır [28].

Santrallerde üretilen elektriğin son kullanıcılara ulaştırılmasındaki süreçlerin tamamında, bilişim ve haberleşme teknolojileri kullanılarak uçtan uca üretici, aracı ve tüketici gibi birbirinde farklı kullanıcıların ihtiyaçlarını ve kapasitelerini uyumlu bir şekilde yönetilmesi sistemi “akıllı şebeke” (smart grid) olarak isimlendirilmektedir. Bilişim teknolojileri kullanılarak yapılan izleme, kontrol, karar destek mekanizmaları, ölçme, analiz ve optimizasyonlar sayesinde elektrik şebekelerinde tedarik zincir süreçleri etkili ve ekonomik olarak işletilebilmekte; şebekelerin güvenliği, esnekliği, sürdürülebilirliği ve ulaşılabilirliği önemli ölçüde artırılırken çevresel zararları asgari düzeylere indirilebilmektedir. Akıllı şebeke ana bileşenleri Şekil 1.5’te gösterilmiştir.



Şekil 1.5: Akıllı elektrik şebekelerinin ana bileşenleri [27].

Akıllı şebekelerdeki ana bileşenlerinden ilki, tüketici ve şebeke arasında iki yönlü bilgi alışverişini sağlayabilen, hem kullanıcıların enerji sarfiyatlarını hem de tedarik kuruluşlarının enerji arzını daha etkili bir hale getiren, “ileri ölçme altyapısı”dır. Bu kapsamda bulunan “akıllı sayaçlar” son kullanıcıların enerji sarfiyatını ve elektrik maliyetlerini anlık ve geçmişe dönük olarak detaylı bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır. Akıllı sayaçların verimlilik açısından sağladığı yararlar; anlık olarak enerji ihtiyacının izlenmesi, gelecekte ortaya çıkacak ihtiyacın doğru şekilde analiz edilmesi ve bunları yine aynı doğrulukta yönlendirilmesini kapsamaktadır. Ortaya çıkan ihtiyaç yönünden bu iyileştirmelerle birlikte şebekelerde oluşan kayıp, kaçak ve diğer problemlerin önüne geçilmesi de sağlanan bir başka fayda olarak dikkat çekmektedir.

Enerji üretimindeki ve dağıtımındaki sistem kapasiteleri, günün herhangi bir anında oluşabilecek en büyük ihtiyaç durumunu karşılayabilecek şekilde dizayn edildiğinden enerjiye olan ihtiyacın günlük, haftalık, aylık ve yıllık dönemlerde azami ölçüde dengeli bir şekilde dağılması, sistemlerin en yüksek verimde çalışmasını sağlayabilecek faktörlerin başında yer almaktadır. Çünkü herhangi bir üretim tesisindeki üretim, tesisin en yüksek kapasitesine yaklaşıldıkça, verimsiz bir hal almakta ve dolayısıyla üretim maliyetlerini arttırmaktadır. Bu kapsamda rutin olarak ihtiyaç duyulan enerji daha verimli üretim tesislerinden temin edilirken ihtiyaç arttıkça verimi daha düşük olan santrallerin de devreye girmesi gerekmektedir. Akıllı sayaçlar kullanılarak, günün belirli zaman dilimlerinde uygulanacak fiyat tarifeleri belirlenebilmektedir. Ayrıca sistemdeki arz-talep dengesi gözetilerek anlık olarak fiyatlandırma yapılabilmektedir. Böylece en yüksek enerji talep seviyeleri aşağılara çekilerek üretim ve dağıtımda enerji verimliliği sağlanabilmektedir. Örnek verilecek olunursa, gün içinde farklı zaman dilimlerinde ücretlendirmede yapılacak değişiklikler insanların tüketim alışkanlıklarını bu zaman dilimlerine göre ayarlamasını sağlamaktadır. Akıllı sayaçlardan gelen veriler, vatandaşlarca dikkate alınabileceği gibi ileri teknoloji ile üretilen akıllı cihazlarca da alınıp analiz edilerek çalışma tercihlerini elektrik enerjisinin fiyatlarının daha düşük olduğu zaman dilimlerinde çalışmak üzere kullanılabilecektir. Ayrıca, akıllı sayaçlar kullanarak herhangi bir andaki elektrik tüketimlerini ve fiyatlarını izleyen insanlar, farkındalık neticesinde elektrik israfını engelleme noktasında aktif rol üstlenebileceklerdir.

Bunlarla birlikte, bilişim teknolojileri tabanlı birçok uygulama örnekleri enerji hatlarının daha verimli şekilde takip ve kontrol edilmesi, işletilmesi ve dolayısıyla enerjinin son müşterilere ulaştırılmasında enerji verimliliğinde artış sağlamaktadır. “Uzaktan kontrol ve veri toplama” (SCADA), “geniş alan izleme sistemi” (WAMS), “geniş alan uyarlanabilir koruma, kontrol ve otomasyon” (WAAPCA), “geniş alan durumsal farkındalık” (WASA), “coğrafi bilgi sistemi” (GIS), “kurumsal kaynak planlaması” (ERP) gibi sistemler; akıllı sayaçlar, alıcılar, ağ donanım cihazları ve internet gibi haberleşme kaynaklarıyla şebekelerdeki birçok ekipmanın kapasitesinin, yükünün, performansının anlık olarak izlenmesine ve kontrolüne imkan vermektedir. Bu veriler ile, şebekelerin işletilmesinde verilen kararlar daha uygun hale gelmektedir. Bu verilerin ışında iletim ve dağıtımda oluşan kayıplar azalmakta ve verimlilik artmaktadır.

Bilişim teknolojileriyle mevcut şebekelerde sağlanan iyileştirmelerin yanı sıra yeni kurulacak sistemlerde de kullanılarak üretim ve dağıtımda verimlilik artırılmaktadır. Planlama ve tahmin süreçlerine yardımcı yazılımlar ile, ileride ortaya çıkabilecek enerji arz ve talep verilerine ilişkin öngörüler gerçeğine en yakın şekilde yapılabilmektedir. Buna bağlı olarak da tesis kapasitesi ve üretilecek enerjinin planlaması en uygun şekilde yapılabilmektedir.

Elektrik enerjisindeki talebin gün geçtikçe artmasıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç da aynı şekilde artış göstermiştir. Rüzgar, güneş, biyoenerji gibi kaynakların enerji sistemlerine entegre edilmesi ve bu kaynaklardan ihtiyaç mertebesinde faydalanabilmesi için bilişim sistemlerinin kullanımı önem arz etmektedir. Diğer yakıtlardan farklı olarak yenilebilir kaynaklardan elde edilen enerji sürekli bir biçimde sisteme dahil olamamaktadır. Bu sebepten yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin arz ve talep dengesine göre yönetimi büyük önem taşımaktadır.

Bilişim teknolojileri kullanılarak yapılan uygulamalar sayesinde yenilenebilir kaynaklarca üretilen enerji, talebi karşılamaya yetecek büyüklükteyse diğer yakıt çeşitlerinden üretilen enerji azaltılabilir. Yine aynı durumda enerji fiyatları ucuzlatılarak ileriki tarihlerde oluşacak olası enerji talebi bu döneme çekilerek gereksiz fosil yakıt tüketimi azaltılabilir. Ayrıca yine bilişim teknolojileri ve gelişmiş

enerji depolama cihazları kullanılarak yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji depolanabilir.

Bir diğer akıllı enerji kullanım alanı da yeni nesil elektrikli ve hibrit otomobil sektörüdür. Bu araçların bataryalarının şarj edilmesi ancak akıllı şebekenin varlığı ile verimli bir şekilde sağlanabilecektir. Ayrıca akıllı enerji sistemleri ile elektrikli araç bataryaları arasında iki taraflı elektrik alışverişi sayesinde sistemdeki arz-talep dengeleri sağlanabilmektedir. Arzın fazla olduğu vakitlerde elektrikli otomobiller şarj edilerek fazla enerji depolabilmekte yine aynı şekilde talebin arttığı dönemlerde ise elektrikli otomobillerden şebekeye geri besleme yapılarak enerji dengesi sağlanabilmektedir [29].

### **1.2.3 Akıllı Çevre**

Teknolojinin ve endüstrinin gelişiminin doğru bir şekilde değerlendirilmesiyle su kaynaklarına ulaşım artmaktadır. Bu kaynakların muhafaza edilmesiyle ve verimlilik artışıyla maliyetler azalmaktadır. Kaynaklar ile birlikte atık yönetiminde de düzenlemeler yapılarak uzun vadeli sürdürülebilir kent yönetimi sağlanmaktadır.

Şebeke CBS Altyapısı, Telemetrik Sayaç Okuma, Akıllı Su Kartı, Akıllı Su Operasyon/Kontrol Merkezi, Mobil Uygulamalar, Akıllı Vezne gibi araçlar akıllı su yönetiminin bileşenleri arasında sıralanmaktadır. SCADA coğrafik olarak geniş alana yayılmış su dağıtım sistemlerinde izleme ve kontrol fonksiyonlarını yerine getiren, sahadaki olaylara anında tepki veren geniş veri tabanlı bilgisayar sistemi olarak tanımlanmaktadır. SCADA sistemleri dağıtımda kullanılan şebeke hatları, vanalar, depolar ve pompa istasyonlarında kurulu olan sensörlerden bilgi toplamak, operatörler tarafından istenen kumanda işlemlerini uzak terminaller aracılığıyla gerçekleştirmek ve istasyonlardan alınacak ölçümlerle ilgili istatistiksel bilgiler elde etmek için kullanılmaktadır. SCADA Merkezinde bulunan ekranlarda anlık su debisi, su basıncı, klor seviyesi, depolanan su hacmi gibi parametrelerin zamansal ve mekânsal değişimleri görülebilmekte, böylece herhangi bir kayıp veya kaçığın gerçekleştiği nokta, boru patlakları ve gerçekleşme şeklinin tespiti kolaylaşmaktadır. İletim hattı boyunca su terfi istasyonları, arıtma tesisleri, su depoları gibi belirli noktalara yerleştirilecek debimetre ve sensörler, programlanabilir bir kontrol cihazı (PLC)

tarafından okunarak merkeze iletilmekte; ölçülen veriler önceden tanımlanmış olan sınır değerler arasında olmadığına (örneğin debi veya basıncın belirlenen seviyenin üstüne çıkması durumunda) sistem tarafından otomatik alarm verilmekte ve erken müdahale sağlanmakta örneğin belirli pompalar devre dışı bırakılabilmektedir. Elde edilen veri setleri için grafikler ve raporlar hazırlanarak arşivlenmekte, çok amaçlı kullanımı (örneğin hidrolik ve su kalite modellemesi amaçlı) sağlanmaktadır.

Su kayıp ve kaçaklarında teknoloji kullanımının doğuracağı bu yararların doğrudan ve dolaylı olarak vatandaşları etkileyeceği açıktır. Su idarelerinin su ücret tarifeleri hesaplanırken, personel ve yatırım giderleri gibi kalemler esas alınmakta, tahakkuka dönüşen su kullanımlarının bu giderleri karşılayıp karşılamadığı değerlendirilerek su ve atık su ücretlerinde artışa gidilmektedir. Bu açıdan kayıp ve kaçakların da sistemde değerlendirilmesi, tüketicilerin kullanımına sunulması durumunda özellikle su sıkıntısı çeken kentlerde bu miktarların da tahakkuka dönüşeceği aşikârdır. Bu da anılan yerlerde su ücretlerinin düşmesini veya sabit kalmasını sağlayacaktır. Böylece vatandaş memnuniyeti de tesis edilmiş olacaktır. Başka bir deyişle su kayıp ve kaçak oranının fazlalığı ister istemez dolaylı bir vatandaş mağduriyetine de sebep olmaktadır.

Akıllı atık yönetim sistemleri günlük bazda oluşturulan atık miktarını yönetmek ile ilgilenmektedir. Tüketiciler ve işletmeler her yıl çöplere milyonlarca lira para harcamaktadır. İsrafi azaltmak için çöpleri değerlendirmek, depolama alanlarını ve maliyeti optimize etmek belediyeler için özellikle önemlidir. Bu konu biraz daha karmaşıktır. IoT tabanlı sensörlerden verimli bir satın alma sürecine kadar önemli bir konudur. ABD’de tüketiciler, her yıl 133 milyar pound tutarındaki gıdaların yüzde otuzunu atık olarak dışarı atmaktadır. Bu ciddi israf oluşturan rakam, varlık ve materyal takibi yapmamızı sağlayacak uygulamalar ile ciddi oranda azaltılabilir. IOT teknolojisini kullanarak, marketlerde talep edilen oranda gıda depolanması, gıdaların izlenmesiyle bozulmaların engellenmesi, ya da geri dönüşüme girebilecek atıkların belirlenmesi gibi birçok yenilikçi uygulama geliştirilebilir. Akıllı atık yönetim sistemleriyle, geleneksel atık yönetim sistemlerinden farklı olarak daha akılcı ve sağlam kararlarla istenilen düzeyde verimlilik sağlanmaktadır. Bu açıdan özellikle yerel yönetimlerin kendi hizmet verdikleri beldelerde yapacakları akıllı atık projeleri ile ülke ekonomisi için bir değer oluşturulabilir [30].

Günlük ortalama 340 ton çöp, 12 ton moloz, 10 ton eşyanın 3 vardiya halinde 348 personel vasıtasıyla toplandığı Beyoğlu Belediyesi öncelikle 73 araçlık temizlik araçları filosunu GPS sistemiyle donatmıştır. Bu sistem belediye tarafından geliştirilen Smart Beyoğlu1 mobil uygulamasına entegre edilmiştir. Bu sistem sayesinde temizlik araçları çöp alacağı sokağa yaklaştığında bu uygulama üzerinden mahalle sakinlerine bir bildirim gönderilmektedir. Bu bildirim alan mahalle sakinleri çöpünü temizlik araçlarına teslim edebilecektir. Böylelikle görüntü kirliliğinin de önüne geçilmiş olacaktır.

Selçuklu Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü 64 araç ve 357 personel ile çöp toplama hizmetlerini sürdürmektedir. Şehir merkezi olarak değerlendirilen mahallelerde günde 3 kez, çevre olarak değerlendirilen mahallelerde günde 1 defa, yeni bağlanan köylerde ise haftada bir gün çöp toplama hizmeti sunulmaktadır. “Daha Modern ve Temiz Bir Selçuklu” sloganından hareketle yeraltı çöp konteynerlerini devreye sokan Selçuklu Belediyesi atık yönetimi alanında farklı uygulamaları da kullanmaya başlamıştır. Yeraltı çöp konteynerlerine yerleştirilen sensörler sayesinde atıkların gerçek zamanlı bilgileri (boşaltma ve ziyaret sıklıkları, doluluk miktarları, sıcaklık değerleri vb.) takip edilmektedir. Bu bilgiler dinamik bir rotalama programı aracılığıyla işlenmekte ve atık toplama sistemi için özel olarak geliştirilmiş navigasyon paneli üzerine yansıtılmaktadır. Böylelikle çöp toplama araçlarına etkin ve verimli bir rota çizilmiş olmaktadır. Ayrıca, “Akıllı Atık Toplama Sistemi” sayesinde araçların çalıştığı süre boyunca konum bilgileri, hangi rotayı takip ettiği, hız bilgileri, hangi konteyneri ne zaman aldığı anlık olarak takip edilebilmektedir. Böylece atık toplama süreçlerinin verimli yönetilmesi ile birlikte Selçuklu’ya sunulan hizmet standardı da artacaktır.

Akıllı şehirler veya akıllı belediyecilik hizmetlerin etkin, sürdürülebilir ve katılımcı bir anlayış çerçevesinde sunulmasını da ifade etmektedir. Bu açıdan yerel politikaların oluşturulmasından uygulamaya geçirilmesine kadar olan tüm aşamalarda akıllı kent uygulamaları yönetim ve hizmetin sunulması çerçevesinde yüksek standartlar sağlamaktadır. İlçe belediyeleri ölçeğinde yapılan atık toplama ve geri dönüşüm hizmetleri yerel yönetimler için bir gelir aracına da dönüşebilmektedir. Bunun yanı sıra çöp kutularında veya çöp konteynerlerinde özellikle sıcak havalarda koku ve sağlık sorunları oluşturabilecek atıkların optimum düzeylerde bulunmasının sağlanması ilçe sakinlerinin yaşam kalitesini yükseltecektir. Bu tarz projelerin ülke



genelinde tüm mahalli idarelerce kullanılmasının sağlanması için merkezi hükümet vasıtasıyla finansal destekler sağlanmalı ve kalıcı adımlar atılmalıdır. İnsanlar tarafından çöp ya da atık olarak görülen malzemeler değerlendirildiğinde ekonomiye değer katacak ürünler haline gelebilirler [31].

#### **1.2.4 Akıllı Yaşam**

Yaşam alanlarında hem inşaat anında hem de kullanımında sarf edilen enerji yüksek boyutlardadır. 2020'ye gelindiğinde binalardan kaynaklı karbondioksit salınımlarının toplamına oranı %23 seviyelerinde olacağı tahmin edilmektedir. Avrupa genelinde de toplam enerji sarfiyatının %40'lık bir bölümünün binaların yapımı ve kullanımından kaynaklı olduğu görülmektedir. Yaşam alanlarından kaynaklı enerji sarfiyatının büyük bölümünün kullanım kaynaklı olduğu tespit edilse de yapım, yıkım ve yenileme aşamalarında da ciddi enerji tüketimleri gözlenmektedir. Yaşam alanlarındaki enerji harcamalarının alt kırılımlarına baktığımızda ise %50'den fazlasının ısıtma amaçlı olduğu, bunu sıcak su ihtiyacı, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerinin izlediği görülmektedir. Diğer bir taraftan, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerinden kaynaklı enerji harcamalarında gün geçtikçe ciddi artışlar gözlemlenmektedir. Bahse konu tüm bu enerji tüketimlerinde gerçekleştirilecek çeşitli düzenlemeler ve projelerle hem tasarruf sağlanması hem de çevreye daha enerji tüketimleri mümkündür.

Bilişim teknolojileriyle elde edilecek verimlilik artışları bakımından en büyük potansiyel sahibi sektörlerinin başında üst yapı sektörü yani binalar gelmektedir. Yapılan tahminler 2020'de üst yapı kaynaklı karbondioksit salınımlarının %20 oranında bilişim teknolojileriyle azaltılması yönündedir. Bu teknolojiler ile geliştirilen projelerde ölçme ve izleme, kontrol ve geri besleme gibi veriler kullanılarak kullanım, yapım ve yıkım gibi tüm aşamalarda enerji verimliliği sağlanması mümkün olmaktadır. Bilişim teknolojileriyle yapılan üst yapılarda ısıtma-soğutma, otomasyon, aydınlatma, haberleşme, yönetim ve güvenlik gibi sistemlerin aralarında entegre olarak çalışması sağlanarak "akıllı binalar" oluşturulmaktadır. Yeni yapılarda olduğu kadar kullanım halindeki binalarda da uygulanabilecek akıllı sistemler sayesinde çevreci, güvenli, ekonomik ve etkin süreçler oluşturulabilmektedir. Akıllı binaların ana bileşenleri Şekil 1.6'de gösterilmiştir.



**Şekil 1.6:** Akıllı binaların ana bileşenleri [32].

Enerji verimliliği artışlarında uygulamaya konulabilecek en önemli projelerin başında “bina yönetim sistemleri” gelmektedir. Bu yönetim sistemleri sayesinde, üst yapı genelinde enerji sarfiyatına sebep olan ısıtma-soğutma, aydınlatma, havalandırma gibi mühendislik sistemlerine bilişim teknolojileri ilave edilmesiyle bu sistemlerin en verimli şekilde çalışması sağlanabilmektedir. Yapılardaki sistemlerin enerji sarfiyatlarının anlık olarak izlenmesiyle olası kayıplar ve diğer problemlere yönelik tedbirler otomasyonel olarak ya da uyarı sistemleriyle kullanıcılar tarafından alınabilmektedir. Ayrıca, gereği olmadan çalıştığı tespit edilen cihazların kullanıcılarca kapatılmasına ihtiyaç duyulmadan devreden çıkarılması veya yapıdaki cihazların WİFİ, Bluetooth, mobil cihazlarla internet üzerinden kontrolünün sağlanması mümkün olabilmektedir. Yapılardaki sistemlerin devamlı olarak izlenmesi sayesinde bu sistemlerde oluşacak olası hatalar ve arızalar önlenerek bu arızalardan kaynaklı ve bu arızalar giderilirken sarf edilecek enerjide ciddi tasarruflar sağlanmaktadır. Bunlarla birlikte, bu sistemlerin çalışma durumu, hava durumu gibi faktörlerle ilişkilendirilerek de enerji tüketiminde tasarruflar söz konusu olabilecektir.

Bina güvenlik sistemleri ile yönetim sistemlerinin entegrasyonu sonucu, gaz kaçağı, yangın, su sızıntısı ve hırsızlık gibi olumsuzluklarla karşı karşıya kalındığında ivedilikle ve otomasyonel olarak polis, ambulans, itfaiye gibi birimlere haber verilmesi sağlanabilmekte ayrıca tehlikenin durumuna göre de enerji sistemleri, doğalgaz tesisatı ve su vanaları gibi sistemlerin kapatılması sağlanabilmektedir. Ayrıca bu tip olaylardan kaynaklı ortaya çıkan enerji kaybı ve zararın da büyük ölçüde önüne geçilmiş olmaktadır.

Bilişim teknolojileriyle oluşturulan karar destek mekanizmalarıyla; yönetim, planlama ve takip uygulamaları üst yapıların inşa edilmesi sırasında gerçekleştirilen tüm çalışmaların en etkili biçimde yapılmasına, dolayısıyla bu işlemler için gereken enerji harcamalarının en alt seviyede tutulmasına olanak vermektedir. Ayrıca, üst yapıların inşa edilmesi esnasında mimari tasarım, inşaat, elektrik tesisatı, ısıtma-soğutma, havalandırma gibi farklı mühendislik alanlarından mühendislerin “katılımcı mühendislik” anlayışıyla ortaklaşa üretmesine imkan veren yazılımlar, oluşturulacak sistemlerin tekrar edilmeden tek seferde ve en uygun şekilde dizayn edilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde, bir mühendislik alanıyla ilgili bir kısmın bitirilmesi sonrası diğer bir mühendislik alanına ait bölümlerde sorun oluşturup oluşturmadığı önceden belirlenecek ve boşa emek ve enerji harcanmasının önüne geçilebilecektir.

Bilişim teknolojileriyle üretilen uygulamaların enerji verimliliğine katkı sağladığı bir diğer alan ise aydınlatmadır. “Akıllı aydınlatma” sistemleriyle yaşam alanlarının boşluk-doluluk durumu, ışık seviyesi, zaman gibi değişkenler değerlendirilerek otomasyonel olarak yönetilmekte ve böylece enerji verimliliği sağlanmaktadır. Ayrıca, bilişim teknolojileriyle entegre çalışan yeni nesil aydınlatma armatürleri bir süre sonra açılmak için kapatıldıklarında bekleme pozisyonuna geçmektedir. Böylece aydınlatma armatürlerince harcanan, toplam enerjide ciddi payı olan açılmadan ışık yaymasına kadar olan vakitteki enerji sarfiyatında verimlilik sağlanabilmektedir.

Yapıların enerji sarfiyatlarının izlenmesi, bu verilerin başkalarıyla paylaşılması ve yapıların enerji verimliliği seviyelerine göre sınıflandırılması kullanıcılar üzerinde tüketim konusunda daha dikkatli olmaya yönelik etkiler oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra yapıların enerji verimliliği kademelerine göre uygulanan fiyatlandırma, cezai işlem ve ödüllendirme sistemleri bu etkileri daha da ileriye taşımaktadır.

Yapıların enerji tüketimine ait veriler, yazılımlar kullanılarak analiz edildiğinde ileriye dönük enerji talep tahminleri yapılabilir. Bu şekilde belli bir bölgede gerçekleşecek talebinin o dönemdeki değişikliklerine ait veriler elde edilmekte ve veriler de analiz edilerek enerji arzı planlaması yapılabilir. Böylece enerji arzında oluşabilecek yetersizliklerin ve gereksiz kapasitelerin önüne geçilmektedir [32].

## 2. AKILLI ŞEHİRLERDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Bu bölümde akıllı şehirlerde kullanılan teknolojilere yer verilmiştir. Bunlar fiber optik altyapılar, mobil cihazlar, büyük veri, nesnelerin interneti ve makineler arası iletişim olarak karşımıza çıkmaktadır.

### 2.1 Fiber Optik Altyapı (F/O)

Günümüzde iletişim ve haberleşme denilince önce internet akla gelmektedir. Ses, fotoğraf, video gibi verilerin iletimini internet kanalıyla rahatlıkla gerçekleştirmek için yüksek bant genişliği olmak zorundadır. Ayrıca sağlık ve bankacılık sektörlerinde birçok işlem internet üzerinden yapılabilmektedir. İnternet ortamına bağlanmak istediğimiz durumlarda ise karşımıza birçok seçenek çıkmaktadır. Yaşam alanlarımızda ve seyahatlerimizde internete bağlanma opsiyonları oldukça çoktur. Bu sistemleri kullanıcılara ulaştırılması için birçok yöntem geliştirilmiştir. Teknolojik gelişimle birlikte sistemlerin en optimum olma durumu ortadan kalkmış, yere, zamana ve maliyete göre en iyi ve tercih edilebilir olma durumu ortaya çıkmıştır. Bu tercihlerin getirisi ise sürekli bir şekilde iletişim ve haberleşme altyapısında geliştirmeler olmuştur. Gelişen ve büyüyen dünyada haberleşme ve iletişim en önemli faktörlerden biri olmuş, ülkelerin ve şehirlerin gelişmesinde ve üretmesinde önemli bir rol oynamaya başlamıştır. İletişim ve haberleşme altyapısı ülkelerin ana omurgasını oluşturmaktadır. En küçük kesintiler bile ülkede kaos ortamı yaratabilmektedir. Bundan dolayı güçlü bir iletişim ve haberleşme altyapısı ülkelerin ve şehirlerin olmazsa olmazları arasında yer almaktadır.

Optik frekansların bant genişlikleri fazla olduğu için, fiber haberleşme altyapıları daha büyük kapasitelere sahiptir. Metal bazlı kablolarda iletkenler arası kapasitans ve ayrıca iletkenler boyunca da indüktans oluşur. Bu faktörler metal bazlı altyapıların bant genişliklerini azaltan ve alçak geçiren filtre gibi davranmasına sebep olmaktadır.

Fiber optik altyapılar, manyetik indüksiyonun oluşturduğu kablolar arası karışımlardan etkilenmezler. Cam fiberler, elektriği iletimi sağlamayan malzemelerdir. Bundan dolayı fiber optik altyapılarda, akımdan dolayı meydana gelen manyetik alan oluşmaz. Metal bazlı altyapılarda, karışmanın öncelikli nedeni birbirine yakın mesafede yer alan iletkenler arası manyetik indüksiyon olmaktadır.

Fiber optik kablolar, yıldırımdan, elektrik motorlarından, floresan ışıklardan ve diğer elektriksel gürültü kaynaklarından oluşan statik karışımlardan etkilenmemektedir. Bunun sebeplerinden biri de, fiber optik kabloların elektrik akımını iletmemesi özelliğidir. Diğer taraftan, fiber optik kablolar enerji yaymazlar; dolayısıyla, başkaca iletişim ve haberleşme altyapılarıyla etkileşime neden olmamaktadırlar. Fiber optik hatlar, çevresel faktörler karşısında daha dirençlidirler. Metal bazlı hatlara nazaran daha büyük sıcaklık aralıklarında çalışabilmektedirler. Ayrıca fiber optik hatlar aşındırıcı sıvılar ve gazlardan daha az etkilenmektedirler. Fiber optik hatların montajının yapılması ve bakım işlemleri daha güvenilir ve kolaydır. Fiber optik altyapılar hiçbir şekilde patlamaya ve yangın tehlikesine mahal vermeden yanıcı sıvılar ve gaz hatlarının çevresine yerleştirilebilirler. Fiber optik altyapılar meta bazlı altyapılardan daha hafif ve daha incedir. Bundan ötürü fiber optik hatlarla çalışmak daha az zahmetli olmaktadır. Ayrıca, fiber optik kabloları depolamak ve nakil etmek daha az maliyet gerektirmektedir. Fiber optik hatlar bakır altyapılara oranla daha güvenli bir iletişim sağlamaktadır. Çünkü kullanıcıların bilgisi dışında bu hatlara kaçak ve gizli olarak bağlantı sağlamak olanaksızdır. Bu özelliği de fiber optik altyapıların askeri alanlarda sıkça kullanılmasının başlıca nedenlerinden olmaktadır [33].

Sonuç olarak akıllı şehirciliğin en önemli unsurlarından biri iletişim ve haberleşme altyapısıdır. Akıllı şehirlerin en önemli gereksinimlerinden olan verilerin iletilmesinde ve bağlantıların oluşturulmasında iletişim ve haberleşme altyapısı kritik bir role sahiptir. Tüm sistemlerin üzerinde bir çatı vazifesi görmektedir.

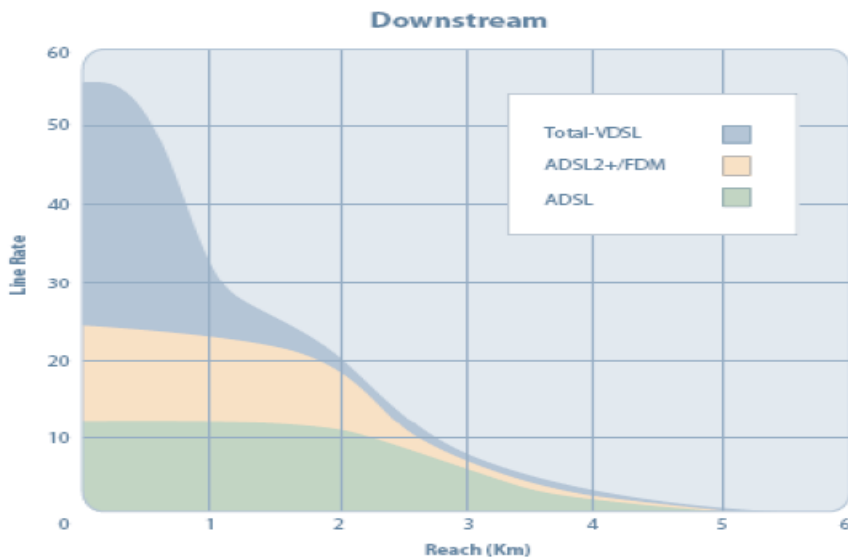
Sabit ağ yapıları içerisinde ise verilerin en etkin şekilde iletimi, ışık spektrumunu kullanarak veri haberleşmesini sağlayan fiber optik altyapılar ile oluşturulmaktadır.

### 2.1.1 Fiber Optik Kablonun Uygulama Alanları (FTTX)

Bir fiber optik altyapıda kablo içinden teoride saniye başına 20 Terabayt hızında veri gönderilmesi mümkün olmaktadır. Ancak verilerin iletilmesinde gönderen ve alan cihazların da en az altyapı kadar hızlı tepki vermesi gerekmektedir. Bu nedenden dolayı oluşturulan altyapının kapasite ölçüsü altyapıdaki en yavaş sistem elemanları üzerinden birimlendirilmektedir. Fiber optik altyapılarda da kapasiteyi belirleyen, gönderen ve alan elemanların, sinyalleri optik şekilde dönüştürebilme ve bu sinyali okuyarak işleyebilme hızları oluşturmaktadır. Bu faktörler her ne kadar veri iletim süresini etkiliyor olsa da verilerin fiber optik ortamda iletilmesi diğer yöntemlere oranla oldukça yüksek kalite ve hızda olmasını sağlamaktadır.

Geçmişteki telefon hatlarında son kullanıcı noktalarında, çift sarmal kablo şeklinde tabir edilen hatlar kullanılmaktaydı. Bu şekildeki altyapılar yukarıda da bahsedildiği üzere kapasite problemi ve uzak mesafede veri taşıma sorunu yaşamaktadır. Bu hatların teknolojileri analog seslerin iletimi için planlanmış olduğundan her ne kadar çeşitli modülasyonlar ile veri iletimine evrildi ise de veri transferi ancak belli kısa mesafelerde olmaktadır. (ADSL sistemler için max 5 km.) (şekil 2.1).

Bu alanda fiber optik altyapılar çok büyük bir üstünlüğe sahiptir. Fiber altyapı üstünden şimdiki teknolojik altyapı ile 100 km. hatta 10 Gbps hız ile veri taşınması sağlanabilmektedir.



Şekil 2.1: XDSL Sistemlerin maksimum kapasite ve erişim grafiği [33].

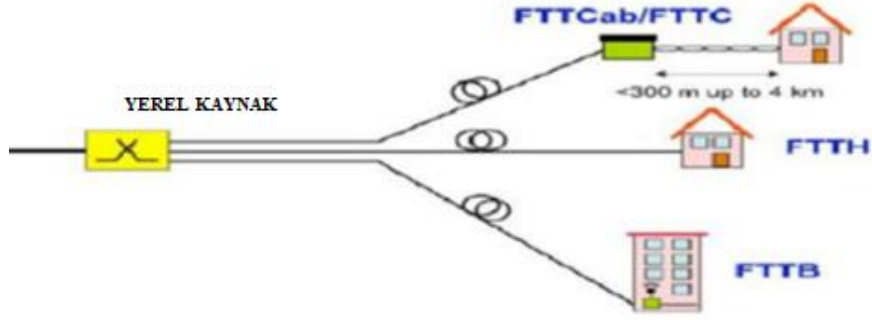
“Triple Play”, ses, veri, ve görüntü verilerinin aynı hat üzerinden son kullanıcıya ulaştırılması sistemidir. Bu hizmetleri sağlayabilmek adına servis sağlayıcılar yeni ve verimli teknolojiler bulma yoluna gitmişlerdir. “Triple Play” ile eş zamanlı olarak kullanıcılar; sesli ve görüntülü telefon görüşmesi, televizyon yayını, yüksek kaliteli internet tv ve internet hizmetlerini tek bir hat üstünden alabileceklerdir. Bu sebeplerden ötürü servis sağlayıcı firmalar, artan kapasite talebini karşılayabilmek adına “FTTH” teknolojilerine büyük yatırımlar yapmaktadırlar.

“FTTH” altyapılarının isimlendirilmesinde birçok terim kullanılmaktadır. Genellikle fiber optik altyapı teknolojileri “FTTX” olarak adlandırılmaktadır. Burada en sondaki “x” harfi fiber optik hattın götürüldüğü son kullanıcı noktasına göre farklılıklar göstermektedir. “FTTH, FTTP, FTTC, FTTB...” gibi adlandırmalar bulunmaktadır. Burada örnek olarak “B” “building”, “C” “Cabinet”, “P” “Premises” anlamında fiber optik kablonun sonlandırıldığı noktayı temsil etmektedir. Önümüzdeki dönemlerde optik hat sonlandırıcı modemlerin tüm evlerde son kullanıcıya kadar ulaştırılacağı ve eve kadar fiber şeklinde bir yapıya bürüneceği anlaşılmaktadır. Ancak günümüzde çoğunlukla ekonomik sebeplerden ötürü tüm kullanıcılara optik sonlandırıcı kurulamamakta, bunun yerine aynı anda birçok kullanıcıya hitap eden bir hizmet anlayışı ile “ethernet veya VDSL” şeklinde dağıtım yapılmaktadır.

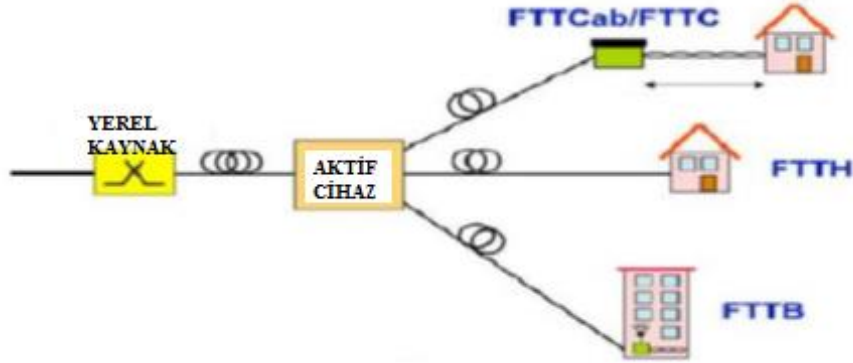
Fiber optik altyapı mimarileri açısından FTTH sistemleri incelenecek olursa 3 farklı model ile karşılaşılır. Bunlar; bir noktadan diğerine direk bağlantılı erişim ağı altyapısı, aktif erişim ağı altyapısı ve pasif erişim ağı altyapısıdır. Noktadan noktaya model incelenecek olursa şekil 2.2’den görüldüğü üzere her bir kullanıcı ana sisteme ayrı fiber optik hatlarla bağlanmaktadır. Bu altyapı ağı en üst seviyede iletim kapasitesine ve esnekliğe sahip olmasına rağmen çok fazla giriş oluşturması ve çok fazla fiber optik hat döşenmesine gerek duyulmasından dolayı yapım ve işletme maliyetleri açısından dezavantajlı olmaktadır. Aktif erişim ağına ise ana sistemden belli bir hatta kadar haberleşme tek bir fiber optik kablo ile gerçekleştirilir. Son kullanıcıların olduğu bölgede aktif olarak isimlendirilen, özetle güç tüketen cihazlarla fiber optik altyapılardan iletim sağlanmaktadır. Aktif sistem kullanımının dezavantajlarının başında elektronik sistemden fiber optik sisteme dönüştürme ihtiyacı ve güç tüketimi olduğu için işletme ve bakım maliyetleriyle karşılaşılmasıdır. ( şekil 2.3 ). Pasif erişim ağlarında diğer modellerde bulunan dezavantajlı durumlar yoktur.



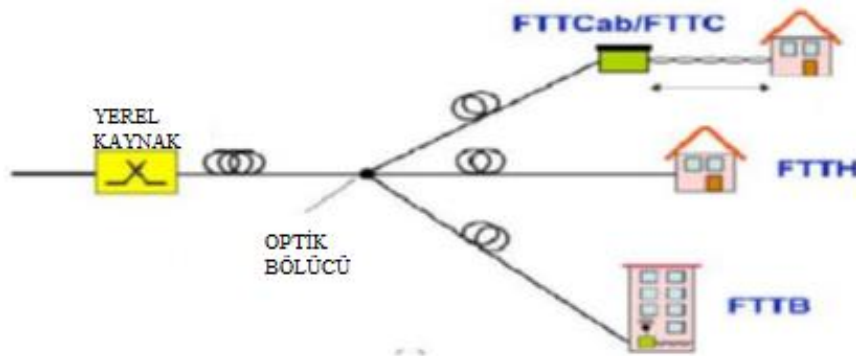
Bu altyapıda ana sistemden ayrılan bir fiber optik kablo, pasif bölme elemanlarıyla son kullanıcılar için bölünerek dağıtılır. Buradaki pasif sözcüğüyle anlatılmak istenen, optik bölme elemanlarının herhangi bir dış enerji beslemesine gereksinim duymadan gelen veri sinyalini bölmesidir. Üç erişim ağ sistemi içinden ağırlıklı olarak tercih edilen sistem pasif yıldız sistemidir. Bu sistemin isimlendirilmesi “Pasif Optik Ağ (Passive Optical Network - PON)” şeklindedir. (Şekil 2.4) [34].



Şekil 2.2: Noktadan noktaya bağlı erişim ağları [34].

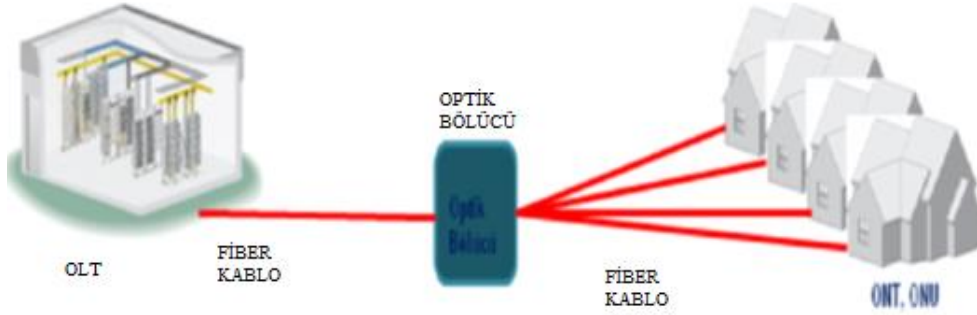


Şekil 2.3: Aktif erişim ağları [34].

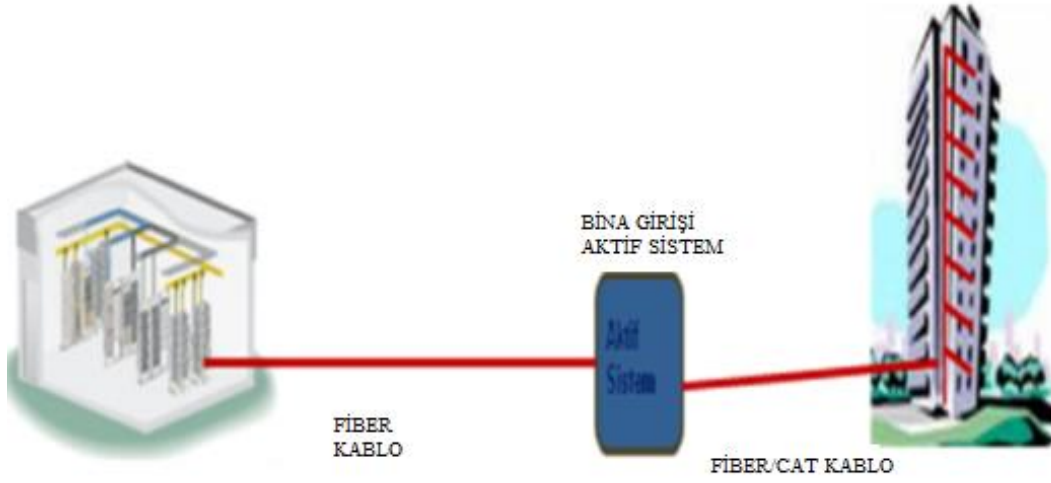


Şekil 2.4: Pasif erişim ağları [34].

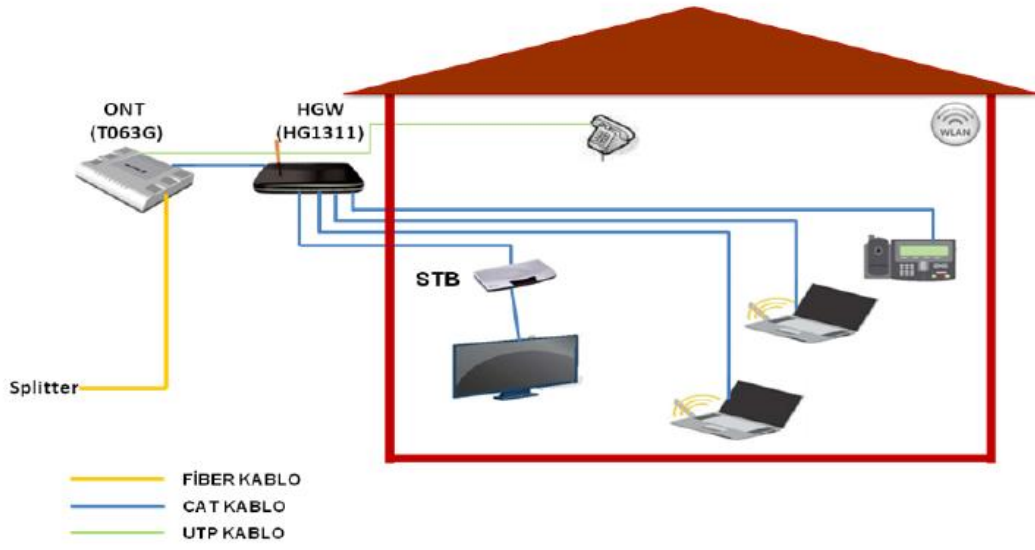
FTTC ile ilgili diğerk şebeke mimarileri GPON sistemi (Şekil 2.5), aktif Ethernet sistemi (Şekil 2.6), FTTC sistemi (Şekil 2.7) ve GPON mimarisi (Şekil 2.8)'de gösterilmiştir.



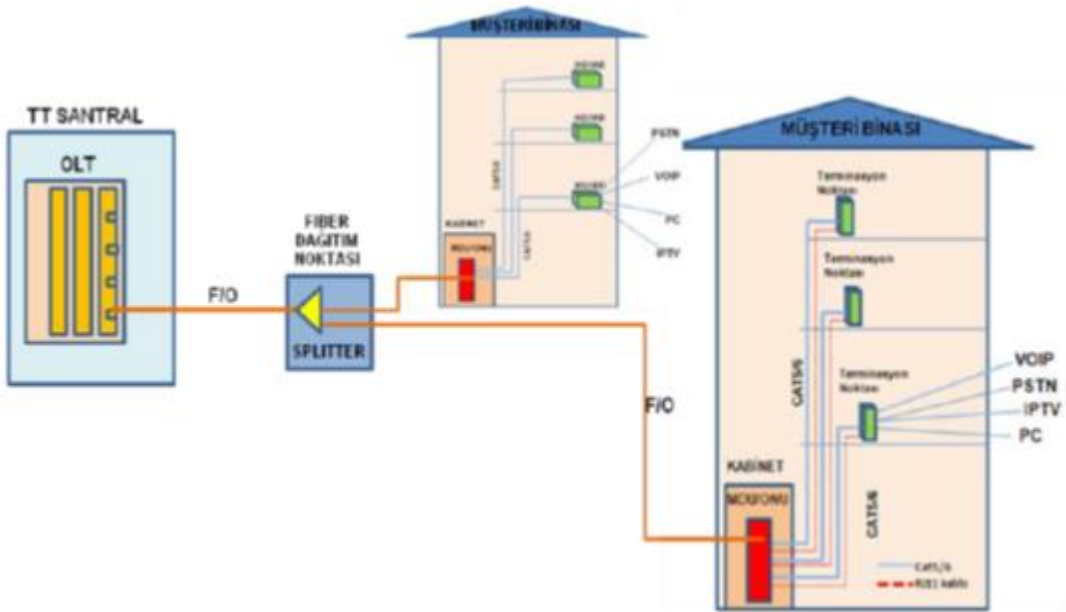
Şekil 2.5: GPON sistemi [34].



Şekil 2.6: Aktif Ethernet sistemi [34].



Şekil 2.7: FTTC sistemi [34].



Şekil 2.8: GPON mimarisi [34].

### 2.1.2 Uçtan Uca (Dark Fiber) İle İnternet Kullanımı

Uçtan uca ethernet teknolojisi kullanarak protokol dönüşümüne ihtiyaç olmadan geniş banta sahip internet ve data servislerinin sunulmasının önünü açan, herhangi bir harici işletmeci omurgasına ya da aktif cihaza girmeden tümüyle özel tahsis edilmiş fiber optik kablo üzerinden servis veren devre türüdür [35].

Uçtan uca (dark fiber) oluşturulan sistem en yorucu ancak aynı zamanda en esnek yapıya sahip sistemdir. Uçtan Uca (dark fiber), üstünde sinyal olmayan yani herhangi bir sisteme bağlanmamış fiber optik altyapıya denir. Herhangi bir cihaz bulunmadan yalnız fiber optik altyapı alınır. Kullanıcı daha sonra bu altyapıya kendi sistem elemanlarını kurarak veri iletişimi sağlar. Sistemin iki tarafında da hat sonlandırılır. Bu sonlandırılan fiber kablolar iki taraftan da farklı kapasitelerde veri iletimi gerçekleştirir. Sinyalin devamındaki noktaya ulaşabilmesi için 50-100 km aralıklarında yükseltici (amplifier) ve tekrarlayıcı (repeater) kurulması gerekmektedir.

Uçtan uca (dark fiber) hizmet çeşitleri;

1. Bir hat üzerinde birden fazla fiber optik alt yapı kullanma,
2. Bir kullanıcıya tahsisli tek bir kablo,
3. Bir kullanıcıya tahsisli bir tüp (buffer),
4. Bir kullanıcıya tahsisli hat ya da kolokasyon şeklinde oluşmaktadır [36].

### 2.1.3 Ücretsiz WiFi Hizmeti

“WiFi (Wireless Fidelity, Kablosuz Bağlantı Alanı)” şahsi bilgisayarların, video oyun cihazlarının, elektronik ses cihazlarının ve akıllı telefonların vb. kablosuz bir şekilde kendi aralarında ve diğer haberleşme cihazlarıyla iletişimini teknolojik altyapıdır.

WiFi, cihazların kablosuz bir şekilde iletişimde olduğunu gösteren bir teknolojidir ve bu sistem belli standartlara bağlı olarak belirlenmektedir. Bunlar “IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n ve IEEE 802.11ac” standartlarıdır.

WiFi, elektronik cihazların civarlarındaki kablosuz erişim noktalarıyla yerel alan ağına bağlantısını gerçekleştirir. Bu bağlantı, kablosuz noktaların ve cihazların birlikte desteklediği; IEEE 802.11 protokolü ile 2.4 ya da 5 GHz radyo frekans aralığında oluşur. Veri, “CSMA/CA (Carrier sense multiple access with collision avoidance)” protokolü oluşturularak gönderilir ve alınır, bu şekilde verinin ulaştırılmasında oluşacak hataların önüne geçilmiş olur.

WiFi'nin erişim kapsamı, küçük kapalı alanlar olabildiği gibi, kilometre karelik çok geniş bölgeler de olabilmektedir. Kapalı yaşam ve iş alanlarındaki kullanımının yanı sıra kamuya açık alanlarda ücretsiz bir şekilde kullanılabilir. Havaalanları, oteller ve restoranlar gibi alanlarda ücretsiz WİFİ hizmeti verilebilmektedir. 2008 yılından günümüze kadar 300 büyük şehirde ücretsiz WiFi (Muni-Fi) projesi başlatılmıştır.

“Bölgesel kablosuz ağlar (Municipal wireless network)”, bir bölgede ya da bir şehirde yaşayan bütün kişilerin internete erişebilmesi için tüm bölgeyi ya da şehiri kablosuz erişim alanı yapma anlamına gelmektedir. Bu sistem, kablosuz haberleşme ağlarındaki fizibilite veya WİFİ kullanılarak bölgesel genişletici ile sağlanır. Standart dağıtım cihazında genellikle direklere konumlandırılmış ve interneti yayan birçok yönlendirici bulunur ve bu sistemin merkezi kablosuz sağlayıcı şekline bürünür.

Bu ağ sistemi, bazı meydan ve binalarda mevcut olan internet sisteminin çok ötesinde yer almaktadır. Şehirlerde kablosuz internet hizmetinin ana ögesi daha ekonomik bir şekilde halka internet sağlamasıdır. Bu sistemlerin, özellikle kamu çalışanlarınca (polis, asker vb.) kullanımında şehir güvenliği ve yönetiminde etkili sonuçlar alınabilir. Bunun yanı sıra DSL olarak internet kullanamayan bireyler için sosyal hizmet kapsamında değerlendirilebilir [37].

#### **2.1.4 Akıllı Şehir Kameraları**

Akıllı şehir kameraları, şehirler için geliştirilen kameralardan gelen görüntülerin yapay zekayla analizinin yapılarak anlamlı veriler üretilmesi mantığıyla çalışmaktadır. Şehirlerde kullanılan kamera sistemleri gün be gün artmaktadır. Sürekli olarak çalışan kameralardan elde edilen görüntülerden yararlanılarak yapay zekalı sistemler geliştirilmektedir.

Kameralardan gelen görüntüler daha sonra izlenilmek üzere kaydedilir. Tüm kameradan gelen görüntüler Şekil 2.9'da gösterildiği gibi sürekli bir şekilde işlenilerek faydalı verilere dönüştürülmektedir. Böylece o zaman dilimindeki doğruluk oranı artmış olur. GPU üzerine oluşturulan yapay zekayla derin öğrenme sağlanarak doğru ve hızlı veri oluşturulmaktadır. Nesnelere takip ve izleme amaçlı olarak geniş açılara sahip ve panoramik kamera sistemleri kullanılmaktadır. Araç ve yüz tanıma, trafik yoğunluk analizi gibi örnekler devamlı olarak veri işleme ve takibinin kullanılacağı yerlerdir. Güvenlik adına yapılan araç ve şahıs takiplerinde seri şekilde görüntüler oluşturularak kolayca kontroller yapılabilmektedir. Yapay zekadan faydalanılarak trafik, akıllı ulaşım, güvenlik, acil durumlarda araç yönlendirmeleri yapılmasıyla ana bir merkezden zaman kaybına mahal vermeden kontroller sağlanabilmektedir. 2020 yılına gelindiğinde kentlerde 1 milyar kadar kameranın kullanımı öngörülmektedir. Fiber optik altyapılar ile sistem üzerinden verilerin aktarımı çok hızlı ve doğru gerçekleştirilerek, nesnelere arasında haberleşme olanağı sağlanacaktır [38].



Şekil 2.9: Akıllı şehir kameraları yönetim ve izleme merkezi [38].

### 2.1.5 Akıllı Durak Sistemi

Çoğu vatandaş için toplu ulaşım gündelik yaşamlarının değişmez bir parçası olmuştur. Birçok insan iş, ev ve okul yaşamlarına toplu ulaşım kullanarak ulaşmaktadır. Duraklarda bekleyen insanlar toplu ulaşım araçlarının gecikmesi ya da

arızalanması durumlarında işlerine, okullarına kısacası ulaşacakları noktaya geç kalabilmektedirler. Bu gibi durumlarla karşılaşılması adına, halkın duraklarda beklerken binecekleri toplu ulaşım aracının nerede olduğu ve ne kadar sürede durakta olacağı hakkında bilgilendirilmesi kritik öneme sahip olmaktadır.

Anlık olarak araç takip sistemleri birçok uzmanın ilgisini çekmiş ve bununla alakalı araştırmalarda bulunmuşlardır. Verma isimli bilim insanı GPS sisteminin kullanım alanlarını bulduktan sonra herhangi bir ulaşım aracı tarafından alınan yolun rotasını ve bulunduğu yerin konumunu bu sistem ile takip edilebileceğini belirtmişlerdir. Guo isimli bilim insanı, bu şekildeki bir sisteme, uygun haberleşme teknolojilerini ekleyerek bir mobil uygulama yaratmıştır. Oluşturulan bu uygulama ile insanlar; toplu taşıma araçlarının vakitlerine, güzergahlarına, kapasitelerine ve durak noktalarına ulaşabilmektedirler. El-Medany isimli bilim insanı takipte olunan aracın konumunu hatasız bir şekilde veren ve maliyeti az bir araç takip programı bulmuştur.

Türkiye’de toplu ulaşım çoğunlukla yerel yönetimlerde ve bazı yerel yönetimler akıllı durak sistemi oluşturmada çeşitli girişimlerde bulunmuştur. Bu yerel yönetimlerden örnekler verecek olursak;

İzmir Büyükşehir Belediyesi, toplu taşımada oluşturduğu yenilikçi sistem ile bütün otobüs duraklarını “akıllı duraklar” haline getirmeye başlamıştır. Duraklarda bulunan “QR Kodlar (kare kodlar)” akıllı cihazlarla eşleştirildiğinde, durağa gelmekte olan araçların ne kadar mesafede olduğu ve o durak noktasından geçen hatlar gösterilmektedir. Akıllı cihazlardan ya da bilgisayarlardan kullanılmak istenen otobüs hattı girildiğinde program o hattın hangi noktadan geçtiğini göstermektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi ise akıllı durak sistemlerini öncelikle metrobüslerde kullanmaya başlamış ve akabinde tüm otobüslere yayarak vatandaşların “Hangi otobüs hangi duraktan geçer?”, “Otobüsüm kaçta gelir?”, “Hangi yolu kullanayım?” ve “Trafik yoğunluğu nasıl?” gibi sorularını cevaplayabilen bir sistem haline getirmişlerdir.

Oluşturulan sistemde araç içerisindeki ekranlar duraklarla bağlantılı bir şekilde otobüsün hızını, kaç dakikada durağa geleceğini ve o hattaki trafik yoğunluğunu göstermektedir (Şekil 2.10). Ayrıca sistem ile ana merkezden toplu taşıma araçlarının doluluk oranları görülebilmektedir. Bu çalışmalar neticesinde vatandaşların “acaba otobüsüm yeni mi geçti?”, “ne zaman gelecek?” ya da “ne kadar

bekleyeceğim?” gibi sorularına makineler arası iletişim sistemi vasıtasıyla ve web tabanlı uygulamalar ile çözüm bulunabilmektedir. Şehrin internet altyapısı ile şehirde bulunan tüm akıllı duraklara ulaşım sağlanarak anlık olarak görüntülenmesi gereken bu bilgiler hızlı ve doğru bir şekilde vatandaşlara ulaşması sağlanmaktadır [39].



Şekil 2.10: Akıllı durak sistemi [39].

### 2.1.6 Akıllı Kavşak Sistemi

Tam adaptif akıllı kavşak sisteminde; bir ulaşım sistemindeki ortalama olarak oluşan araç gecikme zamanını ve duraklama adedini minimuma indirmek amaçlanmaktadır. Bu amaçla sinyalizasyonlu kavşak düzenlemelerinin planlanan sürelerinin; trafik yoğunluğu ve araç birikimi gibi verilerin analiz edilerek belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu veriler ışığında da oluşan trafik hacmi ve kuyruklanmayı belirleyerek sinyalizasyon sisteminin optimizasyonu sağlanmaktadır (Şekil 2.11).

Trafik akışı ve yoğunluğu anlık olarak takip edilebilmekte, oluşan veriler analiz edilerek trafik düzeni ve güvenliği sağlanmaktadır. Mevcut vaziyet izlenebilmekte, diğer kavşaklardaki anlık durumlar ve geçmişte oluşan durumlar karşılaştırılarak sinyalizasyon süre ve sıralarına anlık müdahaleler yapılabilmektedir. Araç başına

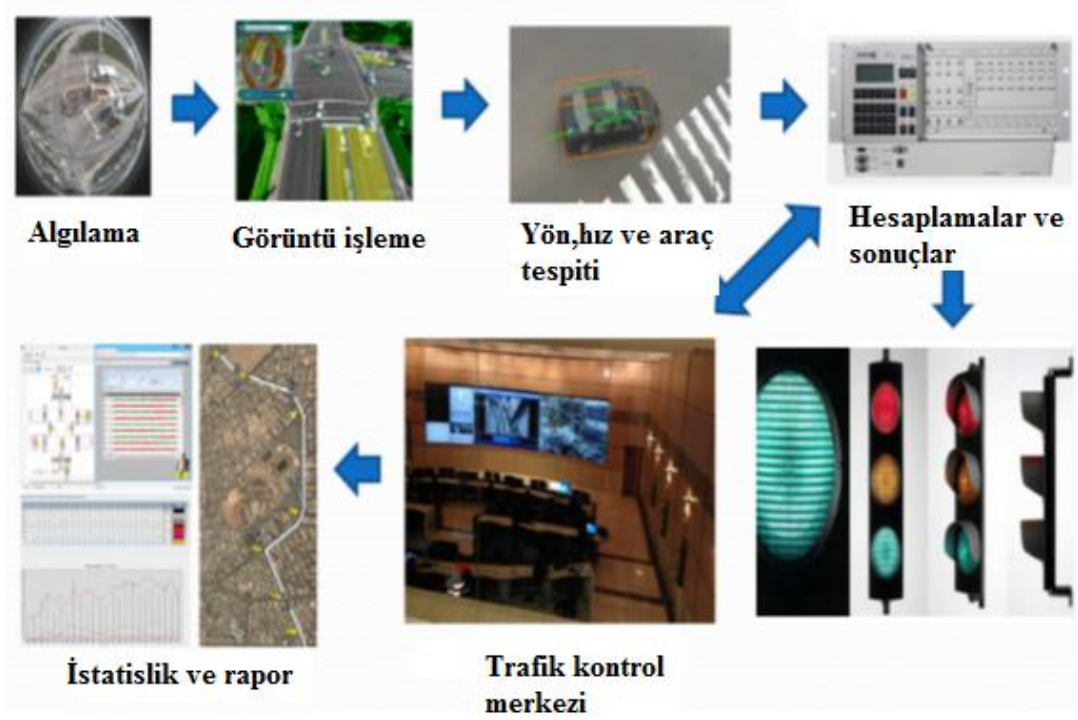


bekleme zamanlarında %20'ler ortalamasında iyileştirmeler sağlanabilmektedir. İstatiksel veriler üretilip raporlanabilmekte, sistemde oluşan arıza durumları ve bu arızaların sonuçları takip edilebilmektedir. Sistemin merkeziyle devamlı iletişim halinde olunup, beklenen trafik gecikmesiyle sahada gerçekleşen trafik gecikmesi karşılaştırılarak trafiktaki verim ve kalite ölçülebilmektedir.

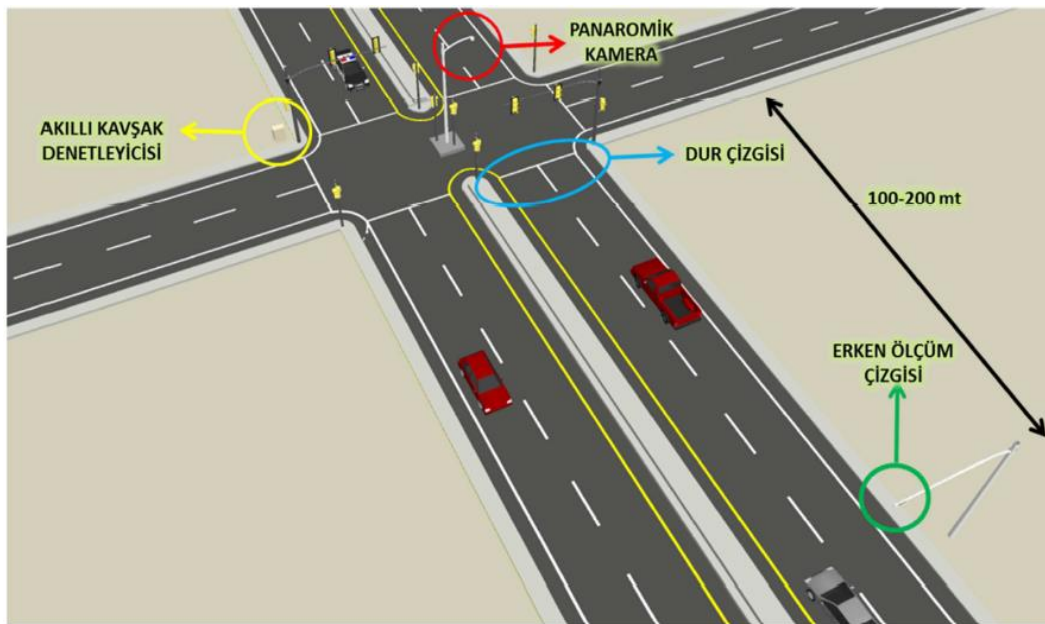
Tam adaptif kavşak yönetim sistemiyle trafik yoğunluğu gerçek zamanlı izlenebilmekte, değişken yoğunluklar baz alınarak sinyalizasyon zamanları otomatik bir biçimde yenilenebilmektedir. Kavşağın yaya, taşıt ya da durum öncelikli çalışması belirlenerek yoğunluğun azaltılması için optimizasyon yapılabilmektedir. Canlı kameralar vasıtasıyla kavşak gruplarının sinyal durumları izlenebilmekte, taşıtların algılaması adına sanal looplar oluşturulabilmektedir. Taşıtların sayımı yapılabilmekte, duran taşıtlar, ters yönde seyir eden taşıtlar, kırmızı ışıkta geçen taşıtlar gibi kural ihlalleri gözlemlenebilmektedir. İnternet arayüzüyle kavşaktaki kontrol cihazlarına erişim sağlanabilmektedir. Sinyalizasyon aygıtlarında meydana gelen arızalar kısa mesaj, mail gibi haberleşme yöntemleriyle ilgilere bildirilebilmektedir (Şekil 2.12).

Tam adaptif (tam uyarlamalı) bir sistemden değişen trafik koşullarına göre bütünsel optimizasyon yapması beklenir, adaptif kelimesi kullanmak yerine tam adaptif denmesinin sebebi budur. Değişken koşulların tespiti, araç sayısına ilave olarak bir çok başka ölçümlene ve parametre ile çalışmayı gerektirir. Bu değişken koşulların tamamının çıkış yapan araçların (yani kavşaktan geçirilebilen araçların) istatistikleri ile anlaşılması mümkün değildir. Bu bilgiler kavşağa yaklaşan, yani kavşaktan geriye doğru ölçülecek talep değerlerinde ve birikmeye devam eden araçların istatistiklerinde gizlidir. Kavşakta trafik koşullarının olumlu veya olumsuz anlamda değiştiğinin tespit edilmesi için kuyruklanma karakteristiğine, trafik akış hızına ve bu değerlerin değişim trendlerine bakılır. Aşırı talep/yoğunluk veya kavşak kapasitesinin düşmesi (parklanma, trafik kazası vb.) etkisini uzayan kuyruk, trafik akış hızında düşme ve durkalk trafik olarak gösterir. Kuyruklanma, zirve saatler dışında 0-100 metre aralığında gezinirken, zirve saatler içinde yüzlerce metreyi bulabilir. Dolayısıyla erken ölçüm noktası için, zirve ve zirve dışı saatlerdeki kuyruklanmaya göre ve yoğunlukla kavşak dur çizgisinden 100 ila 200 metre önce bir lokasyon seçilir. Hatta birden fazla erken ölçüm noktası tesis edilmesi gereken durumlar olabilir. Erken ölçümlene, kavşaktan geriye doğru durumun ne olduğunun anlaşılabilmesi için zaruridir. Bahsi geçen bu

sistemler arası iletişimin önemi çok büyüktür ve en sağlıklı iletişim kaynağı olarak fiber optik altyapı ile sağlanması en verimli yöntemdir [40].



Şekil 2.11: Akıllı kavşak sistemi akış diyagramı [40].



Şekil 2.12: Akıllı kavşak sistemi saha uygulaması [40].

## 2.2 Mobil Cihazlar

Akıllı mobil cihazlar, günlük hayatta insanlarca tüm gün taşınan, hesaplama sistemi olan, üzerinde sensörler bulunan, eş zamanlı olarak da haberleşme sağlayan cihazlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu mobil cihazlarla ilk karşılaşıldığında sabit hatlı telefonların taşınabilir olanı şeklinde düşünülmüşse de teknolojideki hızlı değişim ve gelişim ile daha farklı kullanım alanları gün yüzüne gelmiştir. Akıllı mobil cihazları diğer cihazlardan farklı kılan özellikleri son kullanıcıların kendilerine göre özelleştirebilmesi olmaktadır. Çeşitli sensör donanımları ile bu cihazlardan ve çevresi ile alakalı birçok veri alınabilmektedir. Bu verilerin analiz edilmesi sayesinde kullanıcıların fiziksel hareketlilikleri hakkında bilgi edinilebilmektedir. Örneğin kullanıcıların “yürüyüş yapma”, “koşma” veya “sabit durma” gibi hareketliliklerinin algılanması bu sensörler vasıtasıyla mümkün olmaktadır. Bu sensörler üzerinde çalışmalar yapan uzmanlar; oyun, eğitim, sosyal medya ve sağlık gibi sektörlerde çeşitli uygulamalar geliştirmektedirler. Feng ve Timmermans isimli bilim insanlarının gerçekleştirdiği incelemede GPS, ivmeölçer gibi sensörlerden alınan veriler sayesinde seyahat hareketliliği tespit edilmiştir. Stenneth isimli bilim insanı ise mobil telefonların üzerindeki GPS vasıtasıyla seyahat hareketliliğini sınıflandırmada yeni bir bakış açısı bulmuştur. Kansız ve Güvensan isimli araştırmacılar ise cep telefonlarının sensörleri ile kullanıcıların günlük aktivitelerinde oluşan kazaları tespit ederek ilgili kurumlara bilgi veren bir uygulama oluşturmuşlardır.

Akıllı şehircilik kapsamında mobil cihazların kullanım alanlarına örnekler verecek olursak;

Şehirde oluşan anlık trafik durumunu mobil uygulamalarla vatandaşlara iletilmesi sağlanabilmektedir. Bu uygulamada; trafik durumunu kameralar ve yoğunluk haritasıyla alarak trafik durumuyla alakalı bilgilere ulaşılabilir. Yoğun güzergah bilgisi sayesinde vatandaşlara güzergah seçim imkanı sağlanmaktadır. Vatandaşlar bu uygulamayı etkin olarak kullandıklarında trafikteki sıkışıklık azaltılarak yaşanan stresin önüne geçilebilmektedir.

Şehirlerin en büyük sorunu olan otopark sorunu da yine mobil cihaz kullanımı ile çözülebilmektedir. Akıllı cihaz uygulamalarıyla kullanıcılar buldukları yere en yakın otoparkı bularak, navigasyonla bu otoparka zaman ve yakıt harcamalarını

minimum oranda tutarak ulaşmakta ve bunun yanı sıra otopark kapasiteleri , fiyatları ve doluluğu ile alakalı da bilgilere ulaşabilmektedir.

Yine mobil uygulama örneklerinden kent bilgi sistemlerinde bulunduğu konuma en yakın eczaneler, hastaneler, benzinlikler, bankamatikler, ibadet yerleri, eğitim kurumları, noterler, otopark alanları, bisiklet parkları, taksiler vb. gibi ihtiyaç duyulan birimlere rahatça ulaşabilmektedir.

Bir diğer uygulama örneği ise şehrin önemli tarihi eser barındıran bölgelerine ve en kalabalık, ulaşım için de en kilit bölgelerine yerleştirilen ibeaconlardır. Bu vericiler sayesinde, şehrin mobil uygulamasını mobil cihazında barındıran kişilere lokasyon bazlı anlık bildiri, video, resim, yazı iletilmesi sağlanmaktadır [41].

### **2.3 Büyük Veri (Big Data)**

Günümüzde daha çok veri ile karar verme süreçleri hem özel kuruluşların hem de kamunun bilgi işlem departmanlarının önemli görevlerinin başında gelmektedir. Daha önceleri kurum ve kuruluşların bilgi işlem bölümlerinin sorumlulukları çeşitli birimlerden gelen verileri saklama ve basit bir şekilde raporlamayla sınırlı iken artık karar almada büyük etkisi olan büyük verilerin analiz edilmesinde önemli roller üstlenmek olmuştur. Standart yazılımlar ve donanımlar ile analizi ve saklanması mümkün olmayan büyük verilerin bu işlemlerini yapabilmek için yeni teknolojiler yaratılmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde bu verileri daha ekonomik bir şekilde, ulaşılabilir olarak saklamak ve yönetmek mümkün hale gelmiştir.

Büyük Veri (Big Data) yirmi birinci yüzyılın başlarında ortaya çıkmıştır. Büyük veri ilk çıktığı dönemlerde yoğun olarak internet şirketleri tarafından kullanılmıştır. Bunların başında sosyal medya platformları, arama motorları ve internet üzerinden alışveriş siteleri bulunmaktadır. Bu şirketler bütünüyle büyük veri üstüne oluşturulmuş altyapılarla çalışmakta olup diğer standart bilgi teknolojileri sistemlerine sahip değildirler. İlk olarak büyük verinin tanımını yapmak gereklidir. Büyük veri mevcutta bulunan very tabanı yönetim altyapılarıyla ve standart veri işleme sistemleriyle analiz edilemeyen çok karmaşık ve büyük verilerin oluşturduğu sisteme denilir. Bu karmaşık yapının çözümünde verinin yakalanması, depolanması, aratılarak

bulunması, paylaşımının sağlanması, aktarılması, analizi ve görsel hale getirilmesi bulunmaktadır.

Günümüzde veriler çok büyük bir hızla çoğalmaya başlamıştır ve bu verilerin analiz edilmesi büyük önem arz etmektedir. RFID sistemlerden gelen verilerin, sensörler vasıtasıyla gelen verilerin ve akıllı sistemlerden gelen verilerin saklanarak anlamlandırılabilmesi gerekmektedir. Verilerin akışı esnasında cevaplandırmak çoğu sektörün sorunu olmaktadır. Bu kadar çeşitli verinin yönetimi, birleştirilmesi ve analiz edilebilmesi birçok kurumun şu anda en çok uğraştığı süreçtir. Bunun yanı sıra büyük verilerle alakalı iki tip özellikten daha bahsedilebilir. Birincisi verilerin akış hızında ve çeşitliliğinde oluşan değişimdir. İkincisi de bu verilerin yapısal olarak çok karmaşık olmasıdır. Bu büyük verilerin anlaşılabilir ve kullanılabilir duruma gelmesi veriyi yaratmada kullanılan enerjiden daha büyük boyutlara gelmiştir [42].

İnsan yaşamının dijitalleşmesi kentlerde ortaya çıkan bir örneklem değişime sebebiyet vermektedir. Bu durumun öncelikli sebeplerini internet, bilgisayarlar, akıllı cihazlar ve teknolojik gelişmeler oluşturmaktadır. Veriye çok hızlı bir şekilde ulaşılması ve internet ortamına devamlı olarak bağlı yaşamlar yeni devrimin teknoloji devrimi olduğunu bizlere kanıtlamaktadır. Bu devrime uyum sağlanması adına kentlerimizin de bu teknolojik akıma kendini adapte etmesi gerekmektedir.

Büyük veriler analiz edilerek şehirlerin yol haritası belirlenebilmektedir. Ticari olarak rakip şirketlerle arayı en çok açan şirketler büyük veriyi doğru bir biçimde analiz ederek kullananlardır. Bu durum şehirler için de aynı olacaktır. Fakat şehir yöneticileri büyük veri analizinin önemini hala tam olarak kavrayamamışlardır. Oysa bu bilgilerin doğru bir şekilde kullanılabilmesi hizmetlerdeki memnuniyet katsayısını artırabilmektedir. Kamera, anket, sosyal medya gibi veri kaynaklarından alınan bilgiler doğru bir şekilde analiz edildiğinde vatandaş memnuniyetinde artma, kaynakların etkin ve verimli bir şekilde harcanması ve modern kentlerin oluşturulması sağlanabilmektedir.

Akıllı şehirler oluşturulurken ölçülen verilerin önemi büyüktür. Sisteme dahil olan verilerin etkin ve verimli olarak kullanılması ancak bütüncül bir sistemle olmaktadır. Bu bilgileri elde etmek adına çok sayıda dağıtılmış kaynaktan veri toplama, veri akışı yönetimi, dağınık veri madenciliği, temizlenen verileri doğrulama gibi maddelerin desteklenmesi gerekmektedir [43].

## 2.4 Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin interneti (Internet of Things 'IoT') kavramı, Kevin Ashton isimli bilim insanınca ilk defa 1999 yılında Radyo Frekansıyla Tanımlama (Radio Frequency Identification 'RFID') teknolojisinin P&G şirketine kazandırdığı fayda anlatımında ortaya atılmıştır. Fakat tarihte ilk nesnelerin interneti uygulaması, 1991'de Cambridge Üniversitesi'nde bir grup akademisyence bir kamera vasıtasıyla kahve makinesinin görüntülenmesi ve bu görüntülerin internet ortamına aktarılması olmuştur.

Nesnelerin internetinin özü; konum, ağırlık miktarı, nem oranı, ışık şiddeti, sıcaklık değeri, nabız değeri, karbondioksit seviyesi, tansiyon , ph, ses oranı vb. gibi fiziksel değerlerin olduğu ortamı belirtir. Nesnelerin internetinin özünde tüm ölçülebilen veriler ham haliyle bulunmaktadır. Bu veriler cihazlar tarafından sayısal ya da analog sinyallere çevrilirler. Elde edilen bu verilerin anlamlandırılarak iletimi sağlanmalıdır. Bu iletim ise çeşitli iletişim protokolleri vasıtasıyla yapılmakta ve veri analiz merkezlerine gönderilmektedir. Küçük ölçekli olanları gömülü sistemlerle sağlanmakta olup büyük ölçekliler ise depolanmak için bulut sistemine iletilmektedir. Oluşan bu büyük verinin analizinin sağlanması gerekmektedir. Bu analiz için ise makine öğrenimi (machine learning) kullanılmaktadır.

Nesnelerin internet sistemi; enerjide, sağlıkta, ev otomasyonunda, hayvancılıkta, akıllı çevrede, tarımda, akıllı şehir oluşturmada, akıllı ölçümde, güvenlikte, acil durum yönetiminde, su sistemlerinde, alışverişte ve taşımacılık gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu alanlardaki uygulamalarda verimlilik ve üretimi arttırmak, kaliteli hizmet sağlamak amacıyla sensörlerden gelen veriler toplanarak analiz edilmektedirler. Analiz sonucunda ise sistemlerin daha etkin çalışmasına yardımcı olmaktadır.

Akıllı kentlerdeki öncelikli nesnelerin interneti uygulamalarını şu şekilde sıralayabiliriz; boş otoparkların yerini mobil uygulamalarla gösteren sistemler, köprü, bina, tarihi eserler gibi yapılarda yapı malzemesi koşulu ve titreşimini takip eden sistemler, şehrin gürültü haritasının belirlenmesi, baz istasyonlarının yarattığı elektromanyetik kirliliğinin ölçülmesi, hava koşulları ve kazalara bağlı olarak oluşan trafik yoğunluğunu analiz ederek farklı güzergahlar sunan trafik sistemi uygulamaları, aydınlık seviyelerine bağlı olarak kendini güncelleyen sokak ve yol aydınlatmaları,

çöp seviyelerinin belirlenmesi ve çöp toplama güzergahlarının en verimli şekilde oluşturulmasını sağlayan katı atık.

Akıllı kentlerin altyapısında bulunan kablosuz sistemler özellikle ulaşım, çevre ve sağlık takibi uygulamalarıyla birlikte yılın her günü büyük verilerin üretilmesine imkan vermiştir. Çoğalan bu verilerin analizini yaparak sistem ve kaynakları etkin kullanmak çok büyük bir önem arz etmektedir.

Bu dönemde akıllı şehirler kurulmaya başlamıştır. Bu şehirlerden bazıları veri bağlantısına ihtiyaç duyan, tüm bakım hizmetleri ve şehir yönetimi için yerel yönetim erişim sistemleriyle dağıtım fırsatı bulmaktadır. Nesnelerin İnternetinin veri erişim sistemleri, CBS, bütünleştirici optimizasyon ve elektrik-elektronik mühendisliğin entegre edilmesi ile şehirlerin yönetiminin gelişimine ne şekilde katkı sağlayacağını bulunulabileceğini göstermektedir. Hayata geçirilen bir çalışmayla internet üstünden çöp miktarı verilerini okuyarak, analiz ederek ve sensörlerle donatılmış bir IoT sistemi kullanılarak, çöp konteynırları ile iletişime dayalı bir atık toplama sistemi geliştirilmiştir. Oluşturulan veriler bir uzay-zamansal sisteme entegre edilir ve bu veriler hareketli ve verimli atık toplama sistemlerini yönetmekte kullanılabilir. Ekonomik değişkenler göz önünde bulundurularak, geleneksel atık toplama sistemlerine göre bu şekildeki sistemlerin faydalarını irdelemek adına deneyler yapılmıştır. Kopenhag kentinden açık kaynaklı veriler elde edilerek gerçek hayata uygun bir senaryo oluşturulmuş ve 3. şahıslara akıllı şehir çözümleri üretmek adına bu şekildeki uygulamaların oluşturduğu fırsatlar gözler önüne serilmiştir.

Santander şehrinde oluşturulmuş nesnelerin interneti sistemini irdeleyen bir araştırma yapılmıştır. Avrupa Birliğince takip edilen, gelecekte karşılaşılabilecek internet tabanlı sistem projelerinden olan “SmartSantander Projesi”, normal bir dünya şehri ölçeğinde araştırma tesisi olarak emsalsiz bir tesistir. Bunun yanı sıra akıllı şehir sistemlerinin bütün uygulamalarını destekler yapıdadır. Tesiste sensörler vasıtasıyla akıllı kent simülasyonu sağlayan pek çok IoT cihazı bulunmaktadır. Bunu yanı sıra gerekli deneylerin yapıldığı çeşitli uygulamalarla oluşturulan çözümler yer için benimsenen çözümler kabataslak olarak yer almaktadır. Oluşturulan bu tesiste IoT'nin gerçek hayat koşullarında deneyleri yapılarak değerlendirilmesi ve analiz edilmesi öngörülmüştür [44].

## 2.5 Makineler Arası İletişim (Machine To Machine, M2M)

Makineler arası iletişim kavramı direk bir şekilde herhangi bir teknolojiyi belirtmemekte olup tüm protokol ve teknolojik sistemleri kapsayacak biçimde kullanılmaktadır. Örnek olarak Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) M2M kavramını; “kablolu ve kablosuz şebekeler üzerinden sürekli iletişimde olan ancak bilgisayar sınıfına girmeyen cihazlar aracılığıyla genellikle internet ve benzeri yapılar üzerinden gerçekleştirilen iletişim” olarak nitelendirirken ITU ise bu kavramı; “iki ya da daha fazla makinenin insan ihtiyacı olmadan ya da minimum insan ihtiyacıyla birbiriyle haberleşmesi” olarak nitelendirmektedir. Kablosuz haberleşme olanakları; gelişen bilişim teknolojileri, azalan yatırım maliyetleri ve kullanıcılardan gelen talepler sebebiyle özellikle 2000’li yıllardan itibaren hızlanması haberleşmenin diğer çeşitlerinde olduğu gibi makineler arası iletişim konusunda da kablosuz sistemleri öne çıkarmıştır. Böylece bu sistemlerin son kullanıcılara getirdiği esneklik ile birlikte makineler arası iletişim sistemlerinin çeşitlenerek çoğalmasını getirmiştir. Makineler arası iletişimin geçmişi endüstrilerdeki otomasyon sistemlerine dayanmaktadır. Özellikle otomobil sektöründe bu tip M2M uygulamalarının tarihi 1970’li zamanlara kadar uzanmaktadır. Gelişen teknoloji ile ortaya çıkan internet tabanlı sistemler ve veri haberleşmesinin hızını arttıran şebekeler sayesinde, bu endüstride kullanılan pahalı ve hantal makineler devreden çıkmaya başlamış, yerlerine IP tabanlı birbiriyle haberleşen ucuz maliyetli cihazlar gelmeye başlamıştır. Makineler arası iletişim sistemi ana olarak 3 kısımdan oluşmaktadır; birincisi uygulama bölgesi olarak adlandırılan sistemin başlangıç noktasıdır. Bu sistemde göre makineler arası iletişimde kullanılan cihazlardan biri otonom bir şekilde veya kullanıcıların harekete geçirmesiyle talepte bulunulan hizmet için ihtiyaç duyulan girdiyi oluşturmaktadır. Mevcut altyapı sistemleri ile dijital hale getirilen veri ikinci kısım olan yönetim tarafına taşınmaktadır. Bu kısımda iletilecek veri diğer makinelere ulaştırılmaktadır.

Makineler arası iletişim akıllı şehircilik çalışmalarında sıklıkla başvurulan yöntemlerden biridir. Kentteki gelişmelerden haberdar olan ve kullanıcılarla iletişim halinde olan uygulamalar, otopark yeri gösteren uygulamaları, atık yönetimi uygulamaları, kent rehberi uygulamaları, kentin çeşitli yerlerinde dokunmatik ekran sistemleri, ulaşımda ve kamusal alanlarda ücretsiz WİFİ hizmeti, akıllı bina



sistemleri, acil ikaz ve kriz merkezi uygulamaları, kolluk kuvvetlerinin gerçek zamanlı verileri kullanarak alan izlemesi yapması ve suç engelleyici sistem uygulamaları, akıllı ulaşım sistemleri, güneş enerjisi ile şarj olan istasyonlar, güneş enerjisi kullanan konutlar, ortak bisiklet kullanım sistemleri, konutlarda ve ofislerde akıllı ısı kontrolü sistemleri, akıllı trafik uygulamaları, akıllı su sistemleri, mobil ödeme sistemleri gibi bir sürü akıllı şehircilik uygulamalarında makineler arası iletişim kullanılmaktadır [45].

### **3. MATERYAL YÖNTEM**

Akıllı şehircilik uygulamalarının temel öğelerinden biri olan akıllı yaşam ve akıllı yönetim kapsamında gerçekleştirilen çalışmada IoT tabanlı atmel AVR mikrodenetleyicili, programlanabilen bir giriş-çıkış kartı kullanılarak mevcut bir kamu binasını sensörler vasıtasıyla takip ederek ışık seviyesi, hava kalitesi, sıcaklık ve nem ölçümleri yapılmıştır.

Metodolojik olarak iki aşamadan oluşan çalışmada sensörler vasıtasıyla ölçümlenmeleri yapılan veriler ikinci aşamada çalışmadan elde edilen verilerin internet üzerinden takibi ve değerlendirmesi yapılmak üzere bir büyük veri ve bulut bilişim sunucusuna aktarılmaktadır. Sensörler vasıtasıyla ölçülerek anlık olarak buluta ve buradan da internet ortamına aktarılan bu bulgular değerlendirilerek enerji verimliliği, en uygun çalışma ve yaşama ortamı sağlamada ne gibi adımlar atılabileceği tartışılmıştır.

#### **3.1 Donanım Bileşenleri**

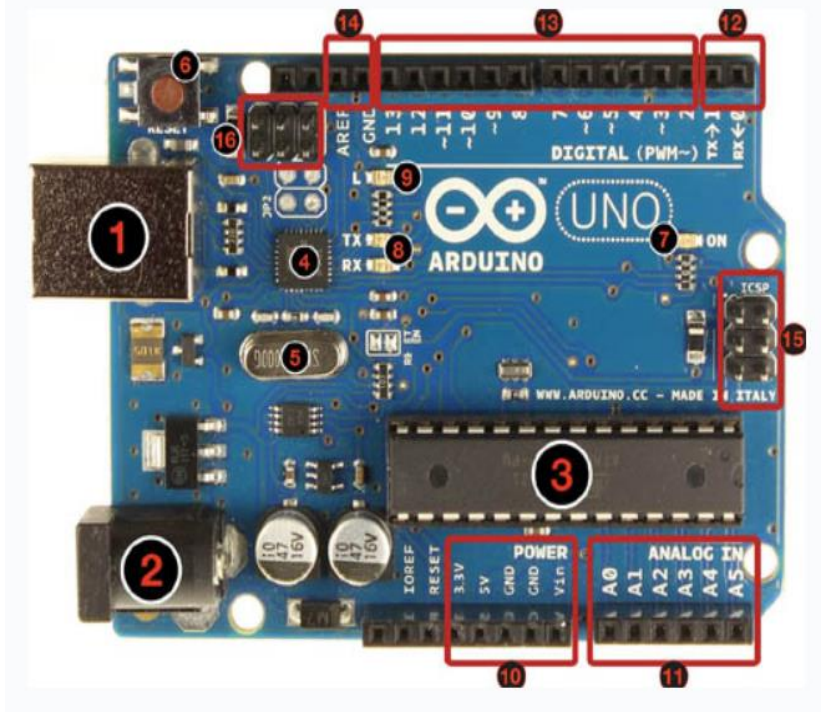
Bu bölümde materyal yöntemimizde kullanacağımız donanım bileşenlerine yer verilmiştir.

##### **3.1.1 Arduino UNO**

Arduino Uno ATmega328 mikrodenetleyici içeren bir Arduino kartıdır. Arduino 'nun en yaygın kullanılan kartı olduğu söylenebilir. Arduino Uno 'nun ilk modelinden sonra Arduino Uno R2, Arduino Uno SMD ve son olarak Arduino Uno R3 çıkmıştır.

Arduino Uno 'da 14 adet dijital giriş-çıkış pini bulunmaktadır. Bunlardan 6 adedi PWM çıkışı olarak kullanılabilir. Ayrıca 6 adet analog giriş, 1 adet 16 MHz kristal osilatör, USB çıkışı, power jak, ICSP başlığı ve reset butonuna sahiptir.

Arduino Uno bir mikrodenetleyiciyi desteklemek adına gerekli olan bileşenlerin tamamını içermektedir. Arduino Uno'yu bir bilgisayara USB girişinden bağlayarak, bir adaptör vasıtasıyla veya bir pil yardımıyla çalıştırabilmekteyiz. Şekil 3.1'de Arduino Uno R3 'ün bölümleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Arduino UNO R3 kısımları [46].

- 1 : USB girişi
- 2 : Güç girişi (7-12 V DC)
- 3 : Mikrodenetleyici ATmega 328
- 4 : Haberleşme çipi
- 5 : 16 MHz kristal
- 6 : Reset butonu
- 7 : Power ledi
- 8 : TX / NX ledleri
- 9 : Led
- 10 : Power pinleri
- 11 : Analog girişler
- 12 : TX / RX pinleri
- 13 : Dijital giriş / çıkış pinleri (yanında ~ işareti olan pinler PWM çıkışı olarak kullanılabilir.)
- 14 : Ground ve AREF pinleri

15 : ATmega328 için ICSP

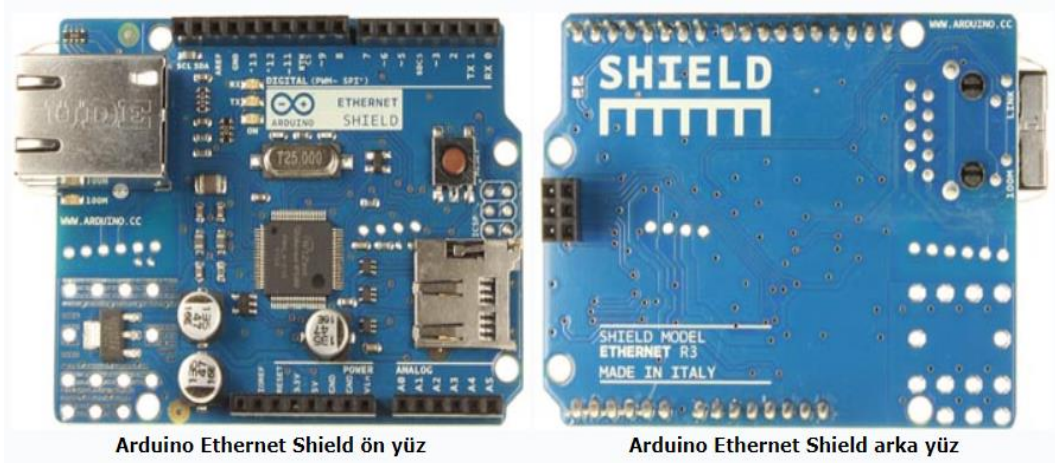
16 : USB arayüzü için ICSP

Arduino Uno bir bilgisayar ile, başka bir Arduino ile ya da diğer mikrodenetleyiciler ile haberleşme için çeşitli imkanlar sunmaktadır. ATmega328 mikrodenetleyici, RX ve TX pinlerinden erişilebilen UART TTL (5V) seri haberleşmeyi desteklemektedir. Kart üzerindeki bir ATmega16U2 seri haberleşmeyi USB üzerinden kanalize eder ve bilgisayardaki yazılıma sanal bir com portu olarak görünür. 16U2 standart USB com sürücülerini kullanır ve harici sürücü gerektirmez. Ancak, Windows 'ta bir .inf dosyası gereklidir. Kart üzerindeki RX ve TX ledleri USB den seri çipe ve USB den bilgisayara veri giderken yanıp söner. SoftwareSerial kütüphanesi Arduino Uno 'nun digital pinlerinden herhangi biri üzerinden seri haberleşmeye imkan sağlamaktadır. Ayrıca ATmega328 I2C (TWI) ve SPI haberleşmelerini de desteklemektedir.

Arduino Uno üzerindeki ATmega328'e önceden bir bootloader yüklenmiştir. Bu bootloader sayesinde arduino programlama için harici bir programlayıcı donanımına ihtiyaç duymaz. Orjinal STK500 programını kullanarak haberleşir. Ayrıca Arduino ISP kullanarak Arduino 'nun bootloaderını devre dışı bırakabilir ve mikrodenetleyiciyi ICSP (In Circuit Serial Programming) pini üzerinden programlanabilir.

### **3.1.2 Arduino Ethernet Shield**

Arduino Ethernet Shield, Wiznet W5100 ethernet çipine sahip elektronik bir karttır. Bu kartı bir arduino'nun üstüne takarak RJ45 ile bir internet ağına bağlantı sağlayınca küçük birkaç işlem sonrası Arduino kartı internete açılabilir. Diğer bütün arduino cihazları gibi bu kart da açık kaynak kodlu bir karttır. Arduino ethernet shield TCP ve UDP uyumlu olarak çalışabilmektedir. Bunların yanı sıra arduino ethernet shield 4 cihaza kadar soket bağlantısını destekleyebilmektedir. Ethernet kütüphanesi kullanılarak arduino ethernet shield vasıtasıyla ethernet üstünden internet bağlantılı uygulamalar geliştirmek mümkün olmaktadır (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2:** Arduino Ethernet shield [46].

Arduino ethernet shield işletiminin en son versiyonu olan arduino 1.0 pinout sistemine sahip olduğundan bütün arduino cihazlarıyla uyumlu olarak çalışabilmektedir. Üstünde yerleşik olan micro SD kart okuyucusuna SD kütüphanesinden ulaşılabilir. Arduino ethernet shield'ın üzerinde enerji verildiği zaman doğru bir biçimde resetlenmiş olup olmadığının denetlenmesi için reset denetleyicisi bulunmaktadır. Önceki versiyonlarda bu uyumluluk olmayıp güç verilmesinin ardından manuel olarak resetlenmesi gerekmektedir.

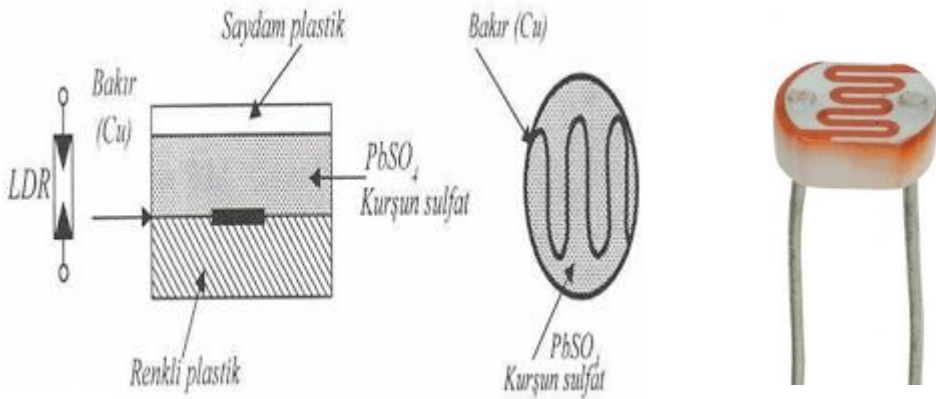
Arduino, W5100 ve SD kartla haberleşmesini SPI yolu ile yapmaktadır. Bunlar, Arduino Uno üzerinde bulunan dijital 10, 11, 12 ve 13. Pinler, mega üzerinde ise dijital 50, 51 ve 52. pinlerdir. Her iki kart üzerindeki 10. pin W5100 'ı seçmek için, 4. Pin de SD kartı seçmek için kullanılmaktadır. Budan dolayı arduino ethernet shield ile birlikte kullanıldığında, bu pinler genel amaçlı giriş-çıkış pinleri olarak kullanılamazlar. Hem W5100 hem de SD kart SPI yolunu kullanmakta olduğu için her ikisi aynı anda aktif olamaz. Eğer programınızda iki çevresel birimi de kullanıyorsanız bunların seçimlerini ayrı ayrı kaldırmanız gerekir. Bunu SD kart ile yapmak için, pin 4 çıkış olarak yazılıp HIGH verilir. Aynıını W5100 ile yapmak için ise pin 10 çıkış olarak yazılarak HIGH verilir. Arduino ethernet shield üzerinde bulunan reset butonu eşzamanlı olarak arduino'yu ve arduino ethernet shield'ı resetlemektedir [46].

### 3.1.3 Işık Seviyesi Ölçüm Sensörü (LDR-Fotodirenç)

LDR (Light Dependent Resistor), Türkçede “ışığa bağımlı direnç” anlamına gelmektedir. Bir diğer adı da foto dirençtir. LDR her ne kadar bir direnç çeşidi olsa da aynı zamanda pasif bir sensördür. LDR’ler buldukları devrelerde değişen direnç değerleri ile bir çıkış sağlarlar fakat bu işlemi dış ortamdan aldıkları fiziksel bir değişim ile gerçekleştirdiklerinden dolayı bir sensör görevi görmüş olurlar (Şekil 3.3).

Tam aydınlık bir bölümde ya da üstüne gün ışığı düşüyorken direnç değeri 5-10  $\Omega$  gibi değerlere kadar düşebilir. Tam karanlık bir ortamda ya da üzerine çok az miktarda veya hiç ışık gelmezken direnci 200 M $\Omega$  gibi çok büyük direnç değerlerine ulaşabilir. Özetle LDR foto direnç, üstüne düşen ışık miktarı arttıkça direnci lineer olmayan bir biçimde azalmaktadır. Bu sebepten ışık şiddetinin artması direnç değerinin azalmasına, ışık şiddetinin azalması da direnç değerinin artmasına sebebiyet vermektedir.

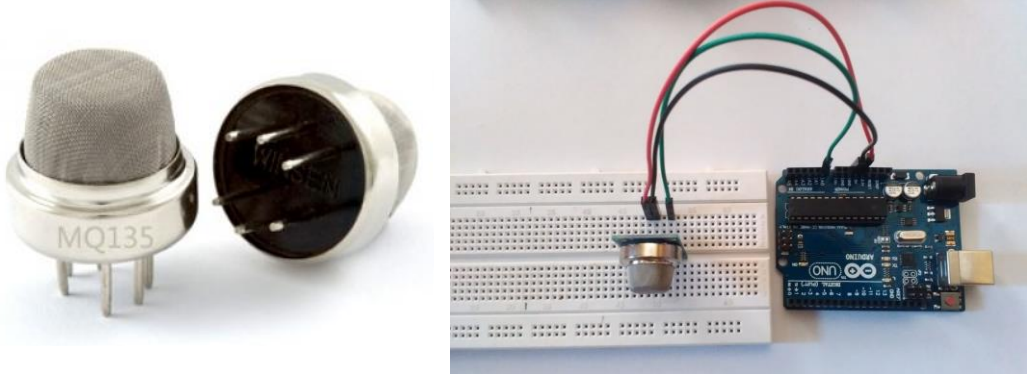
Kalsiyum sülfat ve kadmiyum selenid gibi bazı maddeler üzerlerine düşen ışık ile ters orantılı olarak direnç değişimi gösterdiklerinden dolayı foto direnç (ldr) yapımında kullanılırlar. Bu maddeler yalıtkan bir taban üzerine yerleştirildikten sonra üst kısmına ince sarmallar halinde iletken bir tel geçirilir. Geçirilen iletken tel için çoğunlukla bakır tercih edilir. Bu iletkenin her iki ucu bir biri ile kısa devre etmeyecek şekilde dışarıya çıkartılarak elemanın ayakları teşkil edilmiş olur. Son olarak elemanın yüzeyi plastik gibi saydam ve dayanıklı bir madde ile kaplanır ki ışığı geçirirken dış çevre faktörlerine karşı sağlamlaştırılmış olur [47].



Şekil 3.3: LDR (light dependent resistor) [47].

### 3.1.4 Hava Kalitesi Ölçüm Sensörü (MQ-135)

Ortam hava kalitesini NH<sub>3</sub>,NO<sub>x</sub>, alkol buharı, benzen, duman ve CO<sub>2</sub> gazlarının miktarını ölçerek hesaplayan gaz sensörüdür. Sensörün ısıtıcısı 5V ile çalışır. Hava kalitesini kontrol eden sistemlerde kullanılan ekipmanlarda sıklıkla kullanılır (Şekil 3.4) [48].



Şekil 3.4: Hava kalitesi ölçüm sensörü [48].

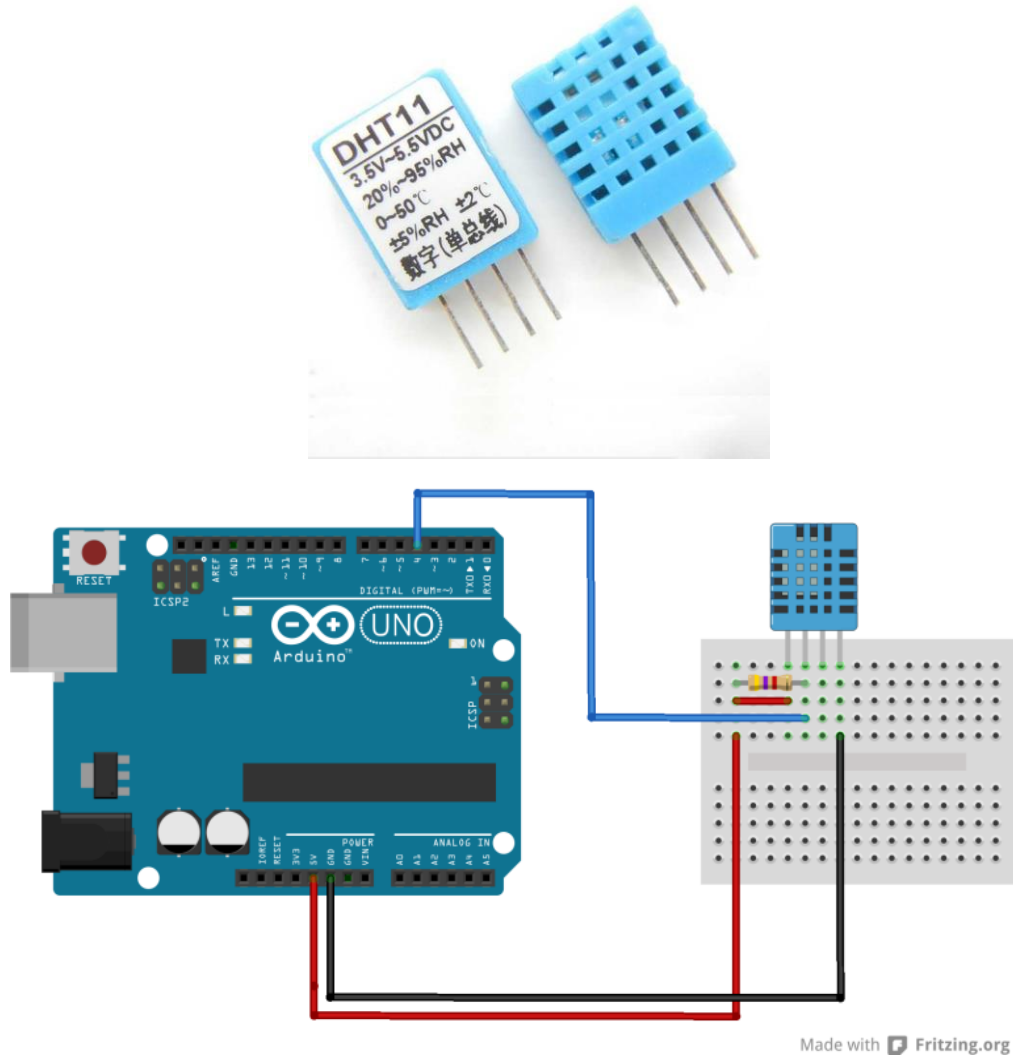
Çalışma voltajı 5V DC'dir. Mikroprosesör uyumlu TTL ve analog çıkışı olup çıkış voltajı, havadaki gaz konsantrasyonuna orantısal olarak değişir. Yüksek hassasiyetlidir. Sülfür, benzen, su buharı, duman ve diğer zararlı gazların (NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, Alkol, CO<sub>2</sub> vb) konsantrasyonunu hassas bir şekilde ölçer. Uzun bir çalışma ömrü ve kararlılığa sahiptir. Hızlı cevap süresi özelliğine sahiptir. Soketli problarla test için tak/çıkart kolaylığı olup arduino ve diğer geliştirme kartları ile uyumlu çalışır [49].

### 3.1.5 Sıcaklık ve Nem Ölçüm Sensörü (DHT-11)

DHT-11, dijital bir sıcaklık ve nem sensörüdür. Çevresindeki havayı ölçmek için içerisindeki kapasitif nem sensörünü ve termistörü kullanır. Bu sensörlerin verilerini dijital çıkış pinine aktarır. Sensör, 2 saniyede bir çıkış verir. Üzerinde kendi işlemcisi (8 bit) bulunmaktadır. Bu sensörün artısı, sıcaklığın yanında bize ortam nemini de vermesidir. Yani nem ve sıcaklık ilişkisi ile alakalı, hissedilen sıcaklığın

lazım olduğu projelerde bizim için ideal bir sıcaklık sensörüdür. DHT11 düşük fiyatıyla bir çok arduino projesi için tercih edilen bir sensördür. Sadece sensör olarak satıldığı gibi bir modüle entegre edilmiş olarak da satılmaktadır [50].

DHT-11 sıcaklık ve nem sensörü; 3-5V giriş çıkış gerilimine sahiptir. Maksimum çalışma akımı 2.5 mA'dır. %20-80 nem oranı için %5 hassasiyet ile çalışmaktadır. 0-50 C derecede ölçüm yapabilmektedir. 15.5mm x 12mm x 5.5mm ve 2.54mm pin aralığına sahiptir (Şekil 3.5) [51].



Şekil 3.5: Sıcaklık ve nem sensörü (DHT-11).



## 3.2 Yazılım Bileşenleri

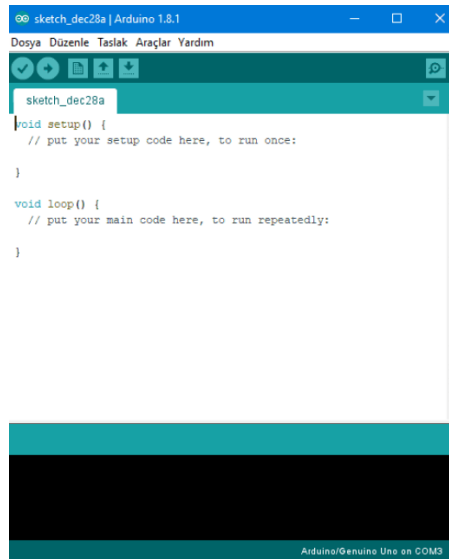
Bu bölümde materyal yöntemimizde kullanacağımız yazılım bileşenlerine yer verilmiştir.

### 3.2.1 Arduino IDE

Arduino'nun bir diğer önemli unsuru da IDE (Integrated Development Environment / Bütünleşik Geliştirme Ortamı)'dır. Arduino IDE, yazılımının birden fazla işletim sistemi tarafından desteklendiği (multi-cross platform) bir yazılım arayüzüdür. Programcının bilgisayar ortamında oluşturacağı programı yazmasına, programda değişiklik yapmasına, programı derlemesine ve donanıma yüklemesine yardımcı olur.

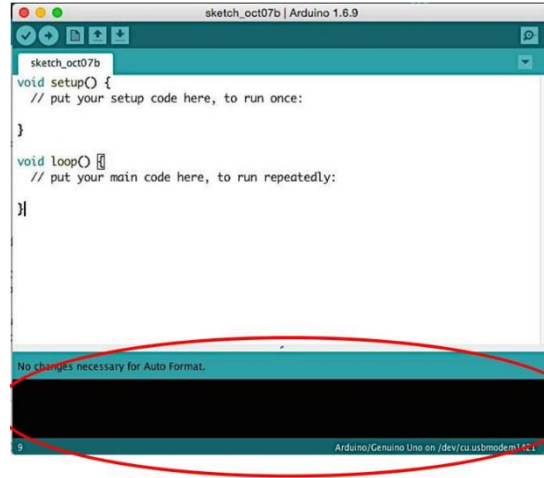
Arduino IDE'de standart kütüphaneler çoğunlukla C ve C++ programlama dilleri kullanılarak oluşturulmuştur. Program taslakları farklı şekillerde derlenebilir. (Program kodunun makine diline çevrilmesi). Bunlardan en aygın ve kolay olanı taslakların arduino IDE içerisinde derlenmesidir.

Arduino yazılım arayüzünü oluşturan kısımlardan ilki metin düzenleyicisidir. Programlama satır satır bu alana yazılmaktadır. Yazılan programlar taslak 'sketch' olarak adlandırılır ve .ino uzantılı olarak kaydedilir (Şekil 3.6).



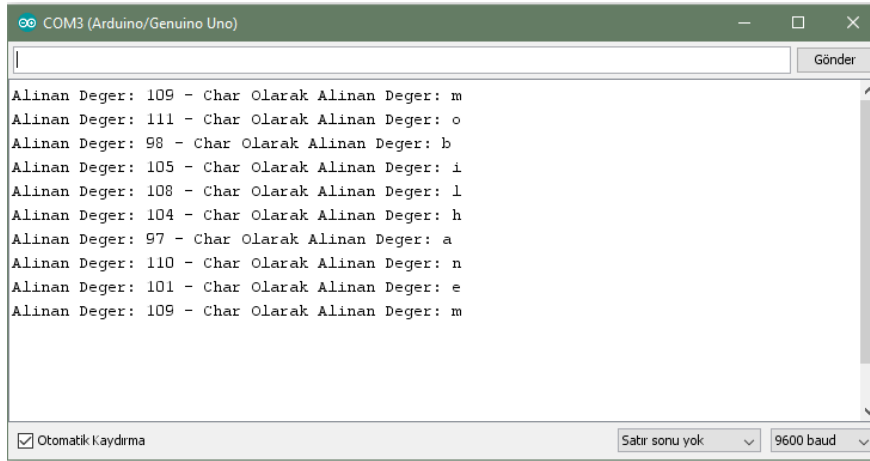
Şekil 3.6: Arduino IDE metin düzenleyici [52].

Oluşturulan taslakları kaydederken ya da yüklerken geri bildirim verilen ve muhtemel hataları gösteren kısım mesaj alanı olarak adlandırılır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Arduino IDE mesaj alanı [52].

Bir diğer kısım ise seri port ekranıdır. Bu ekranda arduino'dan bilgisayara ya da bilgisayardan arduino'ya gönderilen veriler gösterilmektedir. Programda istenilen değerlerin ve metinlerin de yazılabildiği bu ekranda ayrıca başka programlama dilleri ile arduino'nun haberleşmesi de sağlanabilmektedir (Şekil 3.8) [52].



Şekil 3.8: Arduino IDE seri port ekranı [52].

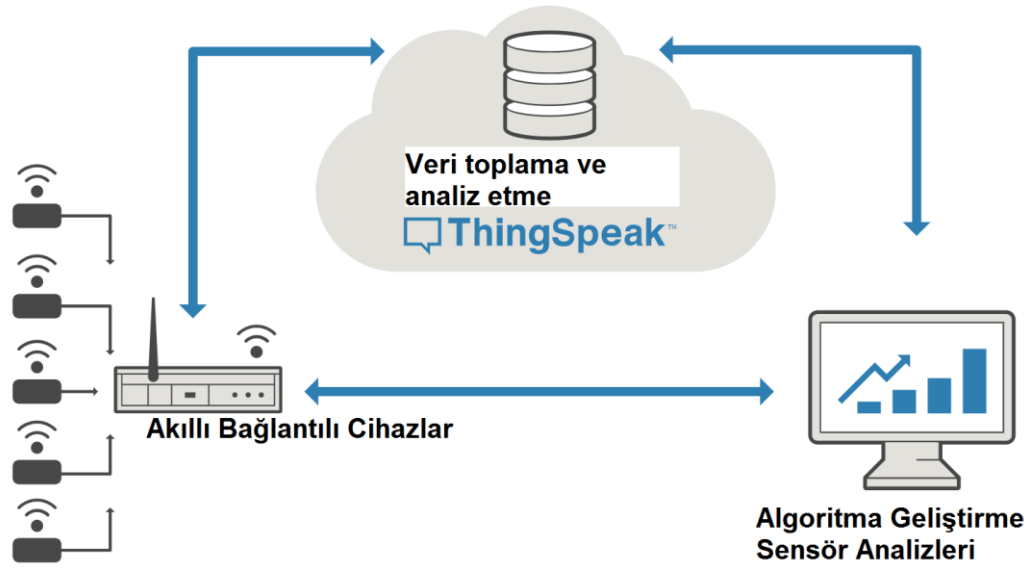
### 3.2.2 Thingspeak Platformu

ThingSpeak, buluttaki canlı veri akışlarının toplanmasını, görselleştirilmesini ve analiz edilmesini sağlayan bir IoT analitik platform hizmetidir. ThingSpeak,

cihazlar tarafından ThingSpeak'e gönderilen verilerin anında görselleştirilmesini sağlar. ThingSpeak'te MATLAB kodunu çalıştırma özelliği sayesinde, içerik girildiği sırada çevrimiçi analiz ve verilerin işlenmesi yapılabilir. ThingSpeak, analitik gerektiren IoT sistemlerinin prototiplenmesi ve ispatlanması için sıklıkla kullanılmaktadır.

Nesnelerin İnterneti (IoT), çok sayıda gömülü cihazın (nesnelerin) internete bağlı olduğu ortamı tanımlamaktadır. Bu bağlı cihazlar, insanlarla ve diğer nesnelerle iletişim kurarak, önemli bilgiler edinmek için verilerin işlendiği ve analiz edildiği bulut depolama ve bulut bilgi işlem kaynaklarına sensör verileri sağlamaktadır. IoT çözümleri çevresel izleme ve kontrol, sağlık izleme, araç filosu izleme, endüstriyel izleme ve kontrol ve ev otomasyonu gibi birçok dikey uygulama için üretilmiştir.

Yüksek bir seviyede, Şekil 3.9'daki diyagram kullanılarak birçok IoT sistemi tanımlanabilmektedir.



Şekil 3.9: Thingspeak platform analiz şeması [53].

Şekil 3.9'da solda, ağda bulunan akıllı cihazlar (IoT'deki “nesneler”) bulunmaktadır. Bu cihazlar veri toplayan giyilebilir cihazlar, kablosuz sıcaklık sensörleri, kalp atış hızı monitörleri, hidrolik basınç sensörleri ve fabrikalardaki makineler gibi nesneler içerir.

Ortada, bu kaynaktan elde edilen verilerin bir araya getirildiği ve gerçek zamanlı olarak analiz edildiği, bu amaç için tasarlanmış bir IoT analitik ve bulut platformudur.

Şekil 3.9'un sağ tarafı, IoT uygulamasıyla iliŐkili algoritma geliŐtirmesini göstermektedir. Burada bir mühendis veya veri bilimcisi, veriler üzerinde tarihsel analizler yaparak toplanan veriler hakkında bilgi edinmeye çalışır. Bu durumda, mühendis ya da bilim insanının sonunda bulutta veya akıllı aygıtın kendisinde gerçekleŐtirebilecek prototip algoritmaları yapmasını sağlamak için veriler IoT platformundan bir masaüstü yazılım ortamına çekilir.

Bir IoT sistemi tüm bu unsurları içerir. ThingSpeak, diyagramın bulut kısmında bulunmakta ve internete bağlı sensörlerden veri toplamak ve analiz etmek için bir platform sağlamaktadır [53].

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Akıllı yönetim ve yaşam uygulaması kapsamında Arduino UNO, Arduino Ethernet shield ve LDR ışık seviyesi ölçüm sensörü ile oluşturulan sistemde bir kamu binasının ofis ortamında gün içerisindeki aydınlık seviyeleri takip edilmiştir. Bu verilerin internet üzerinden takibi ve değerlendirilmesi yapılmak üzere bir büyük veri ve bulut bilişim sunucusu olan thingspeak platformuna aktarılmıştır.

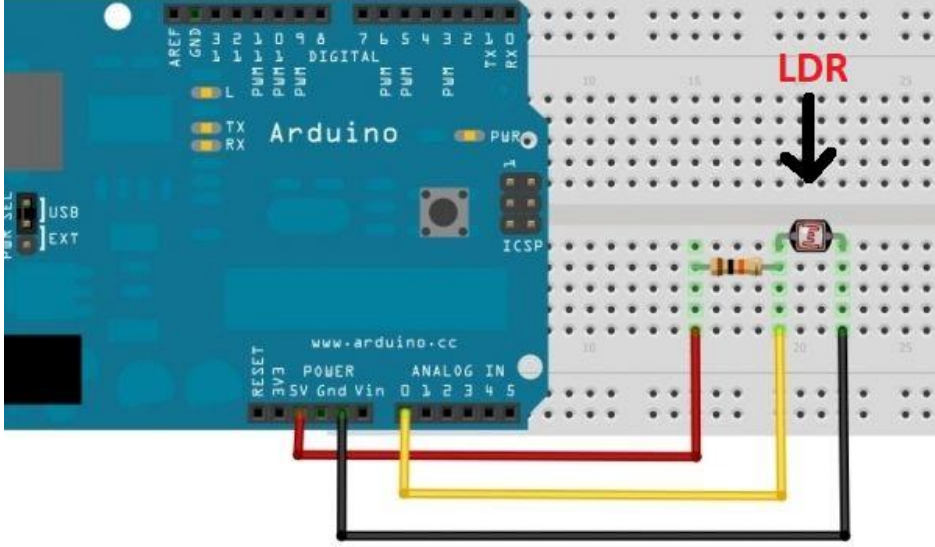
Aydınlatma, çalışanların hızlı, güvenli ve doğru görebilmesi adına çok önemli bir faktördür. Çalışanların performansları, sağlığı ve davranış biçimleri üzerinde etkisi olduğu bilimsel araştırmalarla kanıtlanmıştır. Aydınlatmanın yetersiz olması ya da fazla olmasından kaynaklı parlamalar kötü aydınlatmaya birer örnektir. Kötü bir aydınlatma ise çalışma ortamındaki güvenliği tehlikeye atmasının yanı sıra görmede bulanıklık, gözlerde ağrı ve yorgunluk, göz kuruması ve baş ağrısı gibi sağlık problemleri ortaya çıkarabilmektedir. Özetle düzgün bir aydınlatma sistemi ile ekonomiklik sağlanmakta, iş verimi artmakta, yaşanabilecek kazaların önüne geçilmekte, çalışma ortamı konforu sağlanmakta ve en önemlisi insan sağlığı korunmaktadır.

Aydınlık düzeyi yüksek bir ortamda LDR ışık sensörünün direnç değeri 5-10  $\Omega$  değerleri arasında olmaktadır. Aydınlık düzeyi düşük bir ortamda ise direnç değeri 200 M $\Omega$  gibi oldukça yüksek bir direnç değerleri almaktadır. LDR, üzerine düşen ışık miktarı arttıkça direnç değeri lineer olmayan bir şekilde azalır. Bu yüzden ışık şiddetinin artması direnç değerinin düşmesine, ışık şiddetinin azalması ise direnç değerinin artmasına sebep olur.

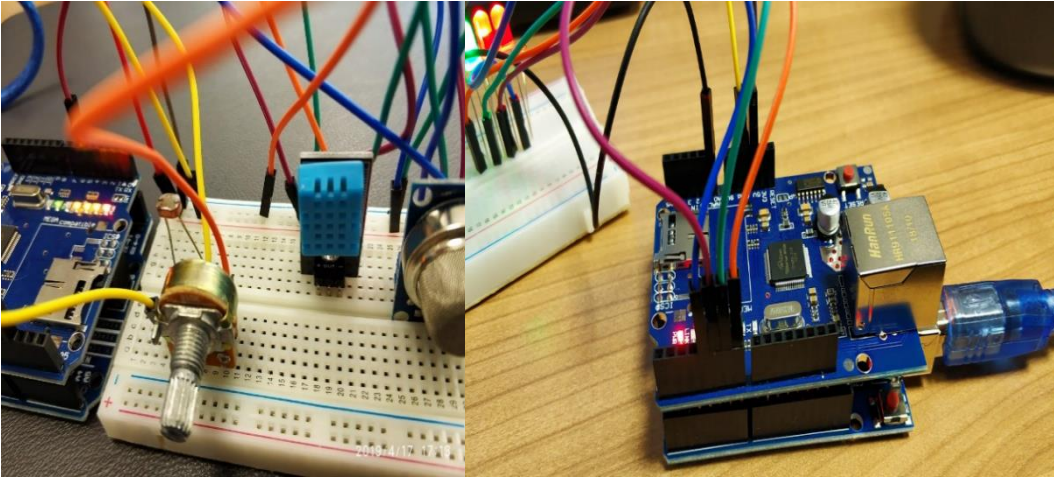
Gerçekleştirilen bu deneyde ışık seviyesi ölçüm sensöründen elde edilen veriler Arduino IDE vasıtasıyla oluşturulan kod bloğunda “lüks” birimine dönüştürülmüş. Lüks; bir metre yarıçaplı bir adet kürenin merkezindeki, 1 candela şiddetindeki ışık kaynağının bir metre karelik kürenin yüzeyindeki aydınlatma şiddeti birimidir. Genel ofis alanlarında olması gereken aydınlık düzeyi 500 lüks olarak belirlenmiş olup gün içerisinde takip edilen verilerin değerleri internet üzerinden günün hangi saatlerinde ve ne kadar süre ile bu değer üzerine çıktığı belirlenmiştir (Şekil 4.1).

Oluşturulan sistemde;

- 1 adet Arduino UNO,
- 1 adet Arduino Ethernet Shield,
- 1 adet 10k ohm direnç,
- 1 adet LDR ışık seviyesi ölçüm sensörü,
- 1 adet breadboard kullanılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1: Işık seviyesi ölçümü devre şeması.



Şekil 4.2: Işık seviyesi ölçüm devresi.

Yine akıllı yönetim ve yaşam uygulaması kapsamında Arduino UNO, Arduino Ethernet shield ve hava kalitesi ölçüm sensörü (MQ-135) ile oluşturulan sistemde bir kamu binasının ofis ortamında gün içerisindeki hava kalitesi takip edilmiştir. Aynı şekilde bu sensör vasıtasıyla elde edilen veriler analiz yapılmak üzere bulut bilişim sunucusuna aktarılmıştır. Elde edilen veriler ışığında ofiste oluşan kaliteli ve temiz hava gereksinimine mesai saatleri içerisinde hangi dönemlerde ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.

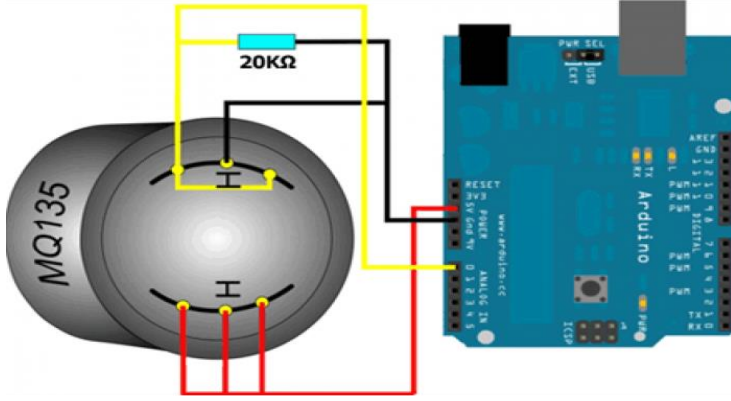
MQ-135 hava kalitesi ölçüm sensörü, mikroprosesör uyumlu TTL ve analog çıkışıdır. Çıkış voltajı, havadaki gaz konsantrasyonuna orantısal olarak değişir. Yüksek hassasiyetlidir. Sülfür, benzen, su buharı, duman ve diğer zararlı gazların (NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, Alkol, CO<sub>2</sub> vb) konsantrasyonunu hassas bir şekilde ölçer. Uzun bir çalışma ömrü ve kararlılığa sahiptir. Hızlı cevap süresi özelliğine sahiptir.

Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) iç ortam hava kalitesini denetlemek adına ön planda olan önemli bir iç ortam hava kirleticisidir. Atmosferde hacimsel olarak %0.03 CO<sub>2</sub> bulunmaktadır. Dış ortamlarda ise çevresel etkilere göre 330-500 ppm arası CO<sub>2</sub> bulunabilmektedir. Normal şartlar altında da iç ortamlarda CO<sub>2</sub> bulunmakta olup, zehirli bir gaz olmamasına rağmen oksijen yetersizliği yaratarak boğulma risklerini arttırabilmektedir. CO<sub>2</sub> konsantrasyonun 35.000 ppm'i geçmesi durumunda nefes sinir alıcıları tetiklenerek nefes yetersizliğine yol açar. İç ortam hava kalitesine bağlı olarak çeşitli rahatsızlıklar meydana gelebilir. Bunlar; “kapalı bina sendromu, hasta bina sendromu ve bina bağlantılı hastalıklar” olarak tanımlanmaktadır.

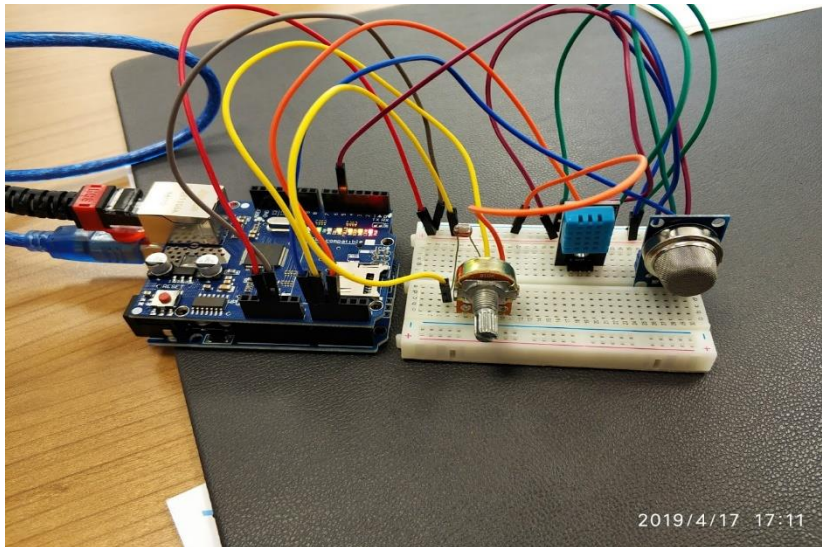
Bina kullanıcıları her nefes alıp vermelerinde ortama karbondioksit salarlar. Normal bir görevde olan kişi bir saatte 20 litre CO<sub>2</sub> üretmektedir. Çalışan insan sayısı arttıkça ortama verilen CO<sub>2</sub> miktarı da artmaktadır. Bu oranın artması ile ortamdaki insanlarda uyku durumu, yorgunluk ve bıkkınlık gibi sendromlar görülmeye başlar. Çalışılan ortamın konforlu hale getirilmesi ve çalışanların sağlık problemleriyle karşılaşmaması adına bu ortamın düzenli bir şekilde havalandırılması gerekmektedir. Bundan ötürü hizmet binalarında ortama temiz ve kaliteli hava sağlamak için merkezi sistemler oluşturulmuştur. Ancak bu havalandırma cihazları yüksek seviyelerde enerji sarfiyatına yol açabilmektedir.

Oluşturulan sistemde;

- 1 adet Arduino UNO,
- 1 adet Arduino Ethernet Shield,
- 1 adet MQ-135 hava kalitesi ölçüm sensörü,
- 1 adet breadboard kullanılmıştır (Şekil 4.3, Şekil 4.4).



Şekil 4.3: Hava kalitesi ölçümü devre şeması.



Şekil 4.4: Hava kalitesi ölçüm devresi.



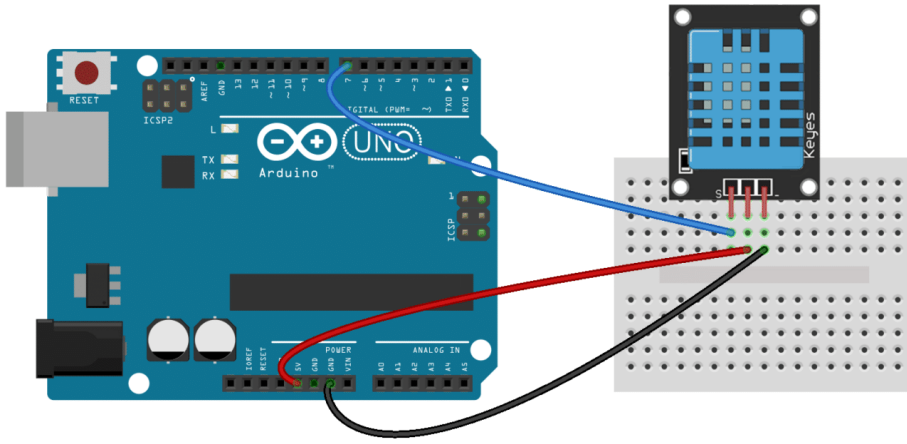
Bir diğerk akıllı yönetim ve yaşam uygulamasında ise Arduino UNO, Arduino Ethernet shield ve sıcaklık e nem ölçüm sensörü (DHT-11) ile oluşturulan sistemde bir kamu binasının ofis ortamında gün içerisindeki sıcaklık ve nem değışiklikleri takip edilmiştir. DHT-11 sensörü ile elde edilen veriler analiz yapılmak üzere bulut bilişim sunucusuna aktarılmıştır. Verilerden elde edilen bulgular vasıtası ile ofisteki sıcaklık ve nem değışikliklerine bağılı olarak ısıtma ve soğutma sistemlerinin gün içerisinde hangi periyotlarda devreye gireceğı veya devreden çıkması gerektiğı bulguları irdelenmiştir.

DHT-11 dijital sıcaklık ve nem sensörü bulunduğu ortamdaki havayı ölçmek için içerisindeki kapasitif nem sensörünü ve termistörü kullanır. Bu sensörlerin verilerini dijital çıkış pinine aktarır. Üzerinde kendi işlemcisi (8 bit) bulunmaktadır. Bu sensörün artısı, sıcaklığın yanında bize ortam nemini de vermesidir. Yani nem ve sıcaklık ilişkisi ile alakalı, hissedilen sıcaklığın lazım olduğu projelerde ideal bir sensördür.

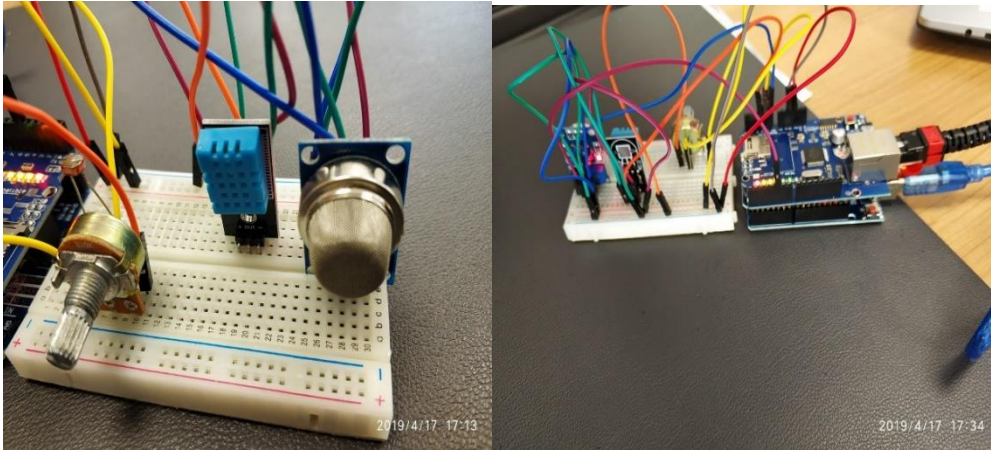
Yönetim ve yaşam alanlarının çok büyük bir kısmında merkezi bir ısıtma-soğutma sistemi bulunmaktadır. Ancak merkezi sistemlerde birbirine komşu iki ofisin bile arasında sıcaklık farklarının oluştuğı bilinmektedir. Aynı iç sıcaklığa sahip olunsada kullanıcıların ısı algıları birbirlerinden farklı olabilmektedir. Örnek vermek gerekirse 22 derecede bir çalışan ofisin sıcak olduğunu, bir diğeri ise soğuk olduğunu söyleyebilmektedir. Bu durumdan da anlaşılacağı üzere termostat olmasına rağmen kullanıcıların sıcaklık konfor anlayışlarının farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Neticede kuru termometrelerin yalnızca belirli ısı değerlerine göre konfor durumunu göz önünde bulundurmadan sıcaklık durumunu ayarladığı görülmektedir. Oda termostatlarında sıcaklık ayarının belli standartlara göre oluşturulmaması enerji verimliliğı kapsamında dezavantajlı durum yaratmaktadır. Kullanıcılar gerçekleştirdiğı aktivite durumuna göre terleme yoluyla ortama ısı vererek serinlemektedirler. Bu da ortamdaki nem miktarına etki etmekte ve ortamdaki bağılı neme göre hissedilen sıcaklıklarda farklılıklar yaratmaktadır.

Oluşturulan sistemde;

- 1 adet Arduino UNO,
- 1 adet Arduino Ethernet Shield,
- 1 adet NHT-11 sıcaklık ve nem ölçüm sensörü,
- 1 adet breadboard kullanılmıştır(Şekil 4.5, Şekil 4.6).



Şekil 4.5: Sıcaklık ve nem ölçümü devre şeması.

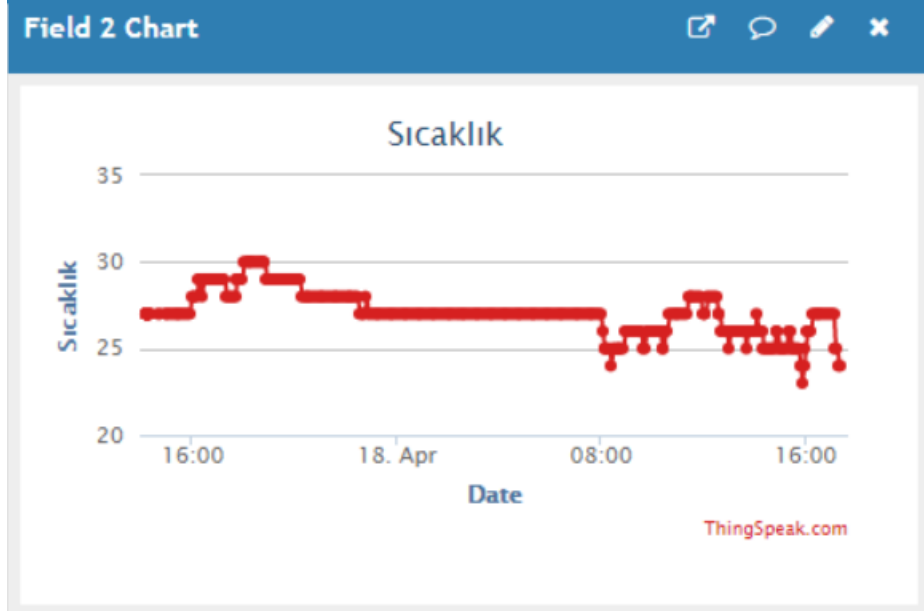


Şekil 4.6: Sıcaklık ve nem ölçümü devresi.



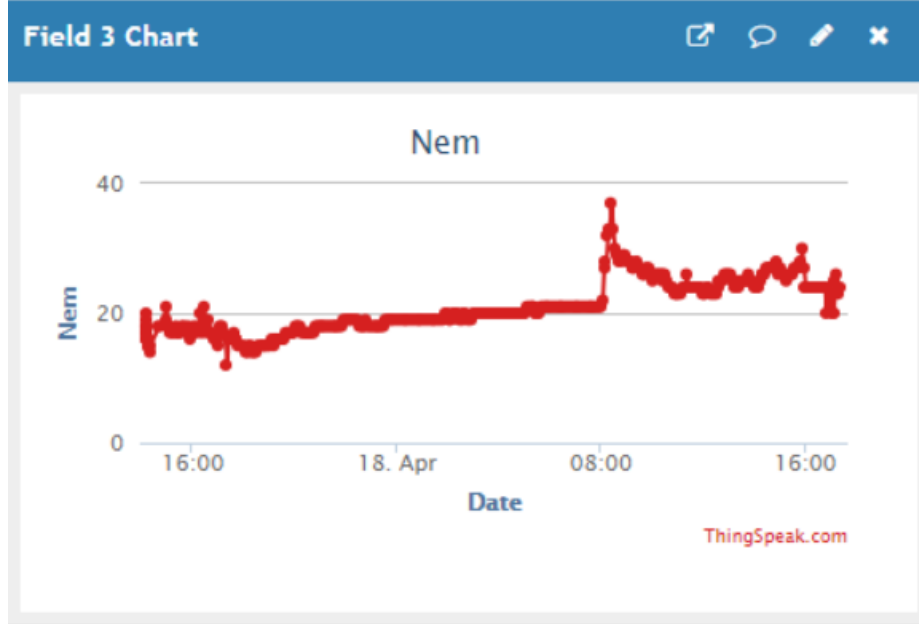
Şekil 4.7: Aydınlık seviyesi ölçümlenen veriler.

Şekil 4.7’de yapılan incelemede rastlanılan bulgularda; çalışma ortamında mesai saatleri içerisinde büyük çoğunlukla aydınlanma düzeyi 500 lüks değerinin üzerindedir. Bu değer altına çalışma saatleri haricinde ve öğlen arası yemek vaktinde düştüğü anlaşılmaktadır.



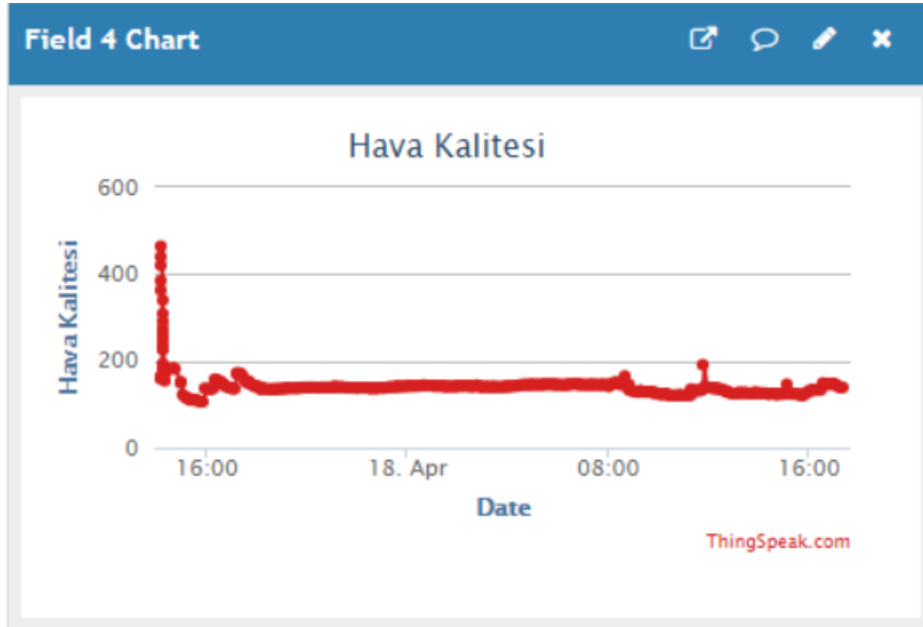
Şekil 4.8: Sıcaklık ölçümlenen veriler.

Şekil 4.8’de yapılan inceleme sonucu; ölçümlenmesi yapılan ofis ortamında sıcaklık değerleri büyük bir zaman diliminde 25 derecenin üzerindedir. Ancak bunda veri alınan ofis ortamının güneş gören cephe olmasının da etkisi bulunmaktadır. Bununla birlikte mevsimsel koşulların da etkisi ile ısıtma sisteminin tüm binada devrede olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9: Nem ölçümlenen veriler.

Şekil 4.9’da yapılan incelemede elde edilen nem oranındaki değişiklikler gözlemlenmiştir. Nem oranı verilerinin %25-%30 bandında seyrettiği görülmüştür.



Şekil 4. 10: Hava kalitesi ölçümlenen veriler.

Şekil 4.10'da ise hava kalitesi ölçüm sensöründen bulut sistemine gönderilen veriler gösterilmektedir. Şekil üzerinden yapılan analizde gün içerisinde havadaki zararlı gaz miktarının 200 ppm değerinin biraz altında yer aldığı görülmüştür.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında “akıllı şehir” kavramının başlangıcından sonuçlarına kadar tanımlaması yapılmış; akıllı şehircilik hizmetlerinin gerekliliğine değinilmiş, akıllı şehrin sosyal ve ekonomik faydaları ortaya konulmuştur. Akıllı şehrin paydaşları olan yerel yönetimler, haberleşme şirketleri ve kullanıcıların akıllı şehir olma yolundaki rollerinden bahsedilmiştir. Dünya’da akıllı şehir örnekleri olan Amsterdam, Kopenhag, Barselona gibi şehirlerin akıllı şehirler olma yolunda oluşturduğu sistemler ve hizmetlere değinilmiştir. Türkiye’de akıllı şehircilik adına atılan adımlar araştırılmıştır. Akıllı şehrin temel öğeleri olan ulaşım, enerji, çevre, yaşam ve yönetim alanlarında akıllı şehircilik uygulamaları incelenmiştir. Akıllı şehirlerde kullanılan teknolojilerden olan fiber optik altyapılara değinilmiş, bu altyapılarla oluşturulacak akıllı ulaşım sistemleri, akıllı duraklar, ücretsiz internet hizmetleri, akıllı şehir kameraları, uçtan uca internet hizmetlerinin detayları anlatılmıştır. Büyük verinin, nesnelerin internetinin, mobil cihazların, makineler arası iletişimin akıllı şehir oluşumlarındaki yerlerinden bahsedilmiştir.

Akıllı şehircilik uygulamalarının temel öğelerinden biri olan akıllı yaşam ve akıllı yönetim kapsamında gerçekleştirilen çalışmada IoT tabanlı Arduino UNO ve Arduino Ethernet shield kullanılarak mevcut bir kamu binasını sensörler vasıtasıyla takip ederek ışık seviyesi, hava kalitesi, sıcaklık ve nem ölçümleri yapılmıştır.

Metodolojik olarak iki aşamadan oluşan çalışmada sensörler vasıtasıyla ölçümlenmeleri yapılan veriler ikinci aşamada çalışmadan elde edilen verilerin internet üzerinden takibi ve değerlendirmesi yapılmak üzere bir büyük veri ve bulut bilişim sunucusuna aktarılmaktadır. Sensörler vasıtasıyla ölçülerek anlık olarak buluta ve buradan da internet ortamına aktarılan bu bulgular değerlendirilerek enerji verimliliği, en uygun çalışma ve yaşama ortamı sağlamada ne gibi adımlar atılabileceği tartışılmıştır.

Oluşturulan sistemde ışık seviyesi ölçüm sensörü LDR’den elde edilen veriler neticesinde aydınlık düzey gereksinimi 500 lüks olan bir yaşam ve kamu binasında günün büyük bir bölümünde bu değerin üzerinde bir aydınlık düzeyin olduğu görülmüştür. Takibi yapılan ortam gün içerisinde aydınlanmanın yüksek olduğu bir

bölümdür. Oluşturulabilecek bir aydınlatma kontrol sistemi ile gün içerisindeki aydınlık düzeylerinin değişimlerine göre aydınlatma elemanlarının açılması, kapanması veya azaltılması işlemleri yapılarak büyük ölçüde enerji verimliliği sağlanabileceği anlaşılmaktadır.

Bir diğer analizi yapılan sistemde, sıcaklık ve nem sensörlerinden gelen veriler incelenmiştir. Kamu binasında oluşturulan sistemde takip edilen nem ve sıcaklık değişiklikleri gözlemlenmiştir. Sıcaklık değerleri günün büyük bölümünde 25 derecenin üzerindedir. Ancak bunda veri alınan ortamın güneş gören cephe olmasının da etkisi bulunmaktadır. Bununla birlikte mevsimsel koşulların da etkisi ile ısıtma sisteminin tüm binada devrede olduğu görülmüştür. Nem oranına bakıldığında ise %30 ortamın nemli olduğu görülmektedir. Ortamdaki hissedilen sıcaklığın optimum olması adına ortam neminin %50-55'ler aralığında olması idealdir. Bunun yanında özellikle mevsim geçişlerinde ısıtma sistemlerinin devrede olmasından dolayı enerji sarfiyatının gereksiz yere arttığı gözlemlenmiştir. Uzaktan takip ve kontrol sistemleriyle gün içerisindeki sıcaklık ve nem değişikliklerine adapte bir akıllı yönetim sistemi oluşturulması halinde enerji verimliliğinde etkin bir yol oluşturulabileceği anlaşılmaktadır.

Hava kalitesi ölçüm sensörü ile yapılan yöntemde ise yine gün içerisinde ofis ortamındaki hava kalitesi takip edilmiş ve günün hangi periyotlarında ortamdaki havanın havalandırma sistemi kullanılarak temizlenmesi gerektiği irdelenmiştir. Bulgular analiz edildiğinde ortamdaki hava değerlerinin 200 ppm değerlerinde seyrettiği gözlemlenmiştir. 400 ppm değeri ortam havası için kritik değer olarak belirlenmiş olup gün içerisinde veriler ışığında bu değerlere ulaşmadığı görülmüştür. Bu oranın artması ile ortamdaki insanlarda uyku durumu, yorgunluk ve bıkkınlık gibi sendromlar görülmeye başlayabilmektedir. Havalandırma cihazları yüksek seviyelerde enerji sarfiyatına yol açtığından bu veriler ışığında havalandırma sistemlerinin devreye alınacağı ve devreden çıkarılacağı zamanlar belirlenerek enerji verimli akıllı bina çözümleri oluşturulabileceği sonucuna varılmıştır.

Oluşturulan bu akıllı yönetim sisteminin tüm kamu ve özel kurum, kuruluşlarına uygulanması halinde enerji verimliliği yüksek, doğal kaynaklarını verimli kullanabilen, insanların sağlıklı ve konforlu bir şekilde kullanabildiği, sürdürülebilir alanlar yaratılabilecektir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] [online], (10 Ekim 2018), [http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1059](http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059)
- [2] [online], (11 Ekim 2018), [https://recturkey.files.wordpress.com/2017/08/surdurulebilirakillisehirlercalistayi\\_kitapcik\\_vf.pdf](https://recturkey.files.wordpress.com/2017/08/surdurulebilirakillisehirlercalistayi_kitapcik_vf.pdf)
- [3] Elvan, L., “Akıllı Şehirler: Lüks Değil İhtiyaç”, *İTÜ Dergisi*, 77, 6-9, (2017).
- [4] [online], (15 Kasım 2018), [http://tbv.org.tr/Turkiye\\_Akilli\\_Sehirler\\_Degerlendirme\\_Raporu-Web.pdf](http://tbv.org.tr/Turkiye_Akilli_Sehirler_Degerlendirme_Raporu-Web.pdf)
- [5] Sayılğan, H.C., “Enerji ve Akıllı Şehirleşme”, [online], (15 Kasım 2018), [www.futurenotes.org/enerji-akilli-sehirlesme/](http://www.futurenotes.org/enerji-akilli-sehirlesme/)
- [6] [online], (16 Kasım 2018), [www.sehirsizin.com/sehirlerden-projeler/akilli-sehir-nedir](http://www.sehirsizin.com/sehirlerden-projeler/akilli-sehir-nedir)
- [7] [online], (16 Kasım 2018), <https://www.vodafone.com.tr/Is-Ortagim/iot/pdf/akilli-sehir-yol-haritasi.pdf> -2016
- [8] [online], (20 Kasım 2018), <https://issuu.com/akillibinam/docs/akilli-binam-dergisi-temmuz-agustos>
- [9] Köseoğlu, Ö. ve Demirci, Y. “Akıllı Şehirler ve Yerel Sorunların Çözümünde Yenilikçi Teknolojilerin Kullanımı”, *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 40-54, (2018).
- [10] Genç Yılmaz, S. ve Orhan, A. “Bilişim Teknolojisindeki Gelişmenin Sosyoekonomik Etkileri”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16, 264-275, (2018).
- [11] Doğan, M., “Akıllı Şehirler ve Dünya Şehirlerinin Geleceği”, *İTÜ Dergisi* 77, 32-35, (2017).
- [12] [online], (20 Kasım 2018), [www.akillisehirler.org](http://www.akillisehirler.org)
- [13] Yılmaz, Ö., “Karayolu Ulaşımında Akıllı Ulaştırma Sistemleri”, Uzmanlık Tezi, *T.C. Kalkınma Bakanlığı*, (2012).
- [14] Kırmızıoğlu, E., “Akıllı Şebeke Stratejileri ve Örnek Projeler”, *Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı*, (2015).
- [15] Onaygil, S., Dursun, Y., Büyükkancı, B., Güler, Ö., Yurtseven, B. ve Çelik, H., “Akıllı Yol Aydınlatması Projesi”, *İTÜ Enerji Enstitüsü*, (2014).



- [16] Karagöl, B., “Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Verimliliğine Katkısı”, Uzmanlık Tezi, *T.C. Kalkınma Bakanlığı*, (2013).
- [17] Durguter, H., “Kent Modelleri ve Sürdürülebilir Kent Yönetimi”, *Turkish Studies* 7(3), 1053-1065, (2012).
- [18] [online], (25 Kasım 2018), <https://www.sehirsizin.com/Documents/Deloitte-Vodafone-Akilli-Sehir-Yol-Haritasi.pdf>
- [19] Uçar, A., Şemşit, S. ve Nergiz, N., “Avrupa Birliği Akıllı Kent Uygulamaları ve Türkiye’deki Yansımaları”, Makale, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22, 1785-1798, (2017)
- [20] [online], 25.11.2018, <https://www.sehirsizin.com/Documents/Deloitte-Vodafone-Akilli-Sehir-Yol-Haritasi.pdf>
- [21] Kayapınar, Y.E., “Akıllı Şehirler ve Uygulama Örnekleri”, *İTÜ Dergisi* 77, 14-19, (2017).
- [22] Uçar, A., Şemşit, S. ve Nergiz, N., “Avrupa Birliği Akıllı Kent Uygulamaları ve Türkiye’deki Yansımaları”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22, 1785-1798, (2017)
- [23] Uçar, A., Şemşit, S. ve Nergiz, N., “Avrupa Birliği Akıllı Kent Uygulamaları ve Türkiye’deki Yansımaları”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22, 1785-1798, (2017)
- [24] [online], (25 Kasım 2018), <https://www.sehirsizin.com/Documents/Deloitte-Vodafone-Akilli-Sehir-Yol-Haritasi.pdf>
- [25] Uçar, A., Şemşit, S. ve Nergiz, N., “Avrupa Birliği Akıllı Kent Uygulamaları ve Türkiye’deki Yansımaları”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22, 1785-1798, (2017)
- [26] Tufan, H., “Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamaları ve Türkiye İçin Bir AUS Mimarisi Önerisi” Uzmanlık Tezi, *T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı*, (2014).
- [27] Karagöl, B., “Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Verimliliğine Katkısı”, Uzmanlık Tezi, *T.C. Kalkınma Bakanlığı*, (2013).
- [28] Kırmızıoğlu, E., “Akıllı Şebeke Stratejileri ve Örnek Projeler”, *Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı* (2015).
- [29] Karagöl, B., “Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Verimliliğine Katkısı”, Uzmanlık Tezi, *T.C. Kalkınma Bakanlığı*, (2013).

- [30] Kızılböğe Özasan, R. ve Akıllı, H., “ Su Kayıplarının Önlenmesinde Teknoloji Kullanımı: Büyükşehir Belediyelerinde SCADA Uygulaması” *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22, 1599-1618, (2017).
- [31] Söylemez, A., Tekin, Ö.F., “ Akıllı Kentlerde Katı Atık Yönetimi Üzerine Bir Değerlendirme”, *Uluslararası Su ve Çevre Kongresi*, (2018).
- [32] Karagöl, B., “Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Enerji Verimliliğine Katkısı”, Uzmanlık Tezi, *T.C. Kalkınma Bakanlığı*, (2013).
- [33] [online], (05 Aralık 2018), <https://mistik.ikg.gov.tr/upload/2017-10/6635708a-212c-453e-b92c-981fb966fe56.pdf>
- [34] Yetim, S. “ Fiber Optik Kablolar ve Uygulama Alanları”, Yüksek Lisans Tezi, *Tunceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilimdalı*, (2011).
- [35] [online], (27 Kasım 2018), [www.kureselbeta.com/dark-fiber](http://www.kureselbeta.com/dark-fiber)
- [36] [online], (10 Aralık 2018), [www.isnet.net.tr](http://www.isnet.net.tr)
- [37] [online], (10 Aralık 2018), <https://tr.wikipedia.org/wiki/Wİ-Fİ>
- [38] [online], (15 Aralık 2018), [www.elektrikport.com](http://www.elektrikport.com)
- [39] Eken, S. ve Sayar, A., “ Web Tabanlı Bir Akıllı Durak Sisteminin Gerçeklenmesi”, *Selçuk Üniversitesi Bilim ve Teknik Dergisi*, 2(1), 57-63, (2014).
- [40] Şenel, D., “ Tam Adaptif Akıllı Kavşak Yönetim Sistemi” *Tekobel Teknoloji Hizmetleri Sunumu*, (2017).
- [41] Sağbaş, E.A. ve Ballı, S., “ Akıllı Telefon Sensörlerinin Kullanımı ve Ham Sensör Verilerine Erişim”, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilişim Sistemleri Mühendisliği*, 2(1), 180-186, (2017).
- [42] Özbilgin, İ.G., “ Kamuda Büyük Veri ve Uygulamaları” Makale, *Türk Hava Kurumu Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü*, (2015).
- [43] Akdamar, E., “ Akıllı Kent İdealine Ulaşmada Büyük Verinin Rolü”, *Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi*, 10(2), 200-215, (2017).
- [44] Görkem, L. ve Bozuklu, M., “ Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum”, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13, 47-68, (2016).
- [45] [online], (13 Ocak 2019), [https:// www.btk.gov.tr /uploads /pages/slug/makineler-arasi-iletisim-m2m.pdf](https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/slug/makineler-arasi-iletisim-m2m.pdf)

- [46] [online], (13 Ocak 2019), <http://www.robotiksistem.com/sensorler.html>
- [47] [online], (20 Ocak 2019), <https://teknokoliker.com/2011/12/fotodirenc.html>
- [48] [online], (14 Ocak 2019), <https://www.robotistan.com/hava-kalite-sensuru-mq-135>
- [49] [online], (24 Ocak 2019), <http://www.sahinyagli.com/mq-135-kullanarak-hava-kalitenizi-olcun/>
- [50] [online], (04 Mart 2019), <https://projeyenilik.com/dht11-sensuru-ile-sicaklik-olcumu.html>
- [51] [online], (04 Mart 2019), <http://www.roboweb.net/dht-11-sicaklik-ve-nem-sensuru-rw-ml-1584.html>
- [52] Gümüş, N. “ Arduino Eğitimi”, *Erzurum Teknik Üniversitesi RobETÜ Kulübü Robot Eğitimi*, (2016).
- [53] [online], (09 Mart 2019), [https://thingspeak.com/pages/learn\\_more](https://thingspeak.com/pages/learn_more)

## 7. EKLER

### Ek-A: Kaynak Kodları

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include "dht.h"
#define dht_apin A2 // Analog Pin sensor is connected to
#define ldr_pin A1 // ldr pin
#define gazd_pin 5 // gaz digital pin
#define gaza_pin A0 // gaz analog pin
#define led 13 // led
dht DHT;
int gazAnalogValue;
int gazDigitalValue;
int ldrValue;
float sicaklik;
float nem;

char thingSpeakAddress[] = "api.thingspeak.com";
String writeAPIKey = "EJGPEN85JSQH6PK0";

// Set the static IP address to use if the DHCP fails to assign
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED }; // BIA or Physical mac
address of W5100 Shield
```

```

IPAddress ip = { 192, 168, 110, 173 };           // IP ADDRESS of your device
IPAddress gateway = { 192, 168, 110, 254 };     // internet access via router
IPAddress subnet = { 255, 255, 255, 0 };
IPAddress adns = { 8, 8, 8, 8 }; // 24bit Subnet Mask

EthernetClient client;

void setup()
{
  pinMode(gaza_pin, INPUT);
  pinMode(gazd_pin, INPUT);
  pinMode(ldr_pin,INPUT);
  pinMode(dht_apin,INPUT);
  Serial.begin(9600);

  // Open serial communications and wait for port to open:
  Serial.println("DHCP Adress alma deneniyor.");

  if (Ethernet.begin(mac) == 0) {
    Serial.println("Failed to configure Ethernet using DHCP");

    Ethernet.begin(mac, ip,adns, gateway, subnet);
  }

  // give the Ethernet shield a second to initialize:
  delay(1000);
  Serial.println("connecting...");
  baglantisagla();

```

```

}

void loop()
{
    // if the server's disconnected, stop the client:
    if (!client.connected()) {
        Serial.println();
        Serial.println("disconnecting.");
        client.stop();
        baglantisagla();
    }else
    {

//ışık sensörü

        ldrValue = Light(analogRead(ldr_pin));
        delay(100); // wait 100ms for next reading
        Serial.println("Aydınlık Seviyesi"+String(ldrValue));

//sıcaklık nem sensörü

        delay(100); // wait 100ms for next reading
        DHT.read11(dht_apin);
        delay(100); // wait 100ms for next reading
        nem = (float)DHT.humidity;
        delay(100); // wait 100ms for next reading
        sicaklik=(float)DHT.temperature;

```

```

delay(100); // wait 100ms for next reading

Serial.println("Current humidity = "+String(nem)+"% ");

delay(100); // wait 100ms for next reading

Serial.println("temperature = "+String(sicaklik)+"C ");

delay(100); // wait 100ms for next reading

//gaz sensörü

gazAnalogValue = analogRead(gaza_pin); // read analog input pin 0
delay(100); // wait 100ms for next reading
gazDigitalValue = digitalRead(gazd_pin);
delay(100); // wait 100ms for next reading
if(gazAnalogValue>400)
{
digitalWrite(led, HIGH);
}
else{
digitalWrite(led, LOW);}

Serial.println("Gaz Sensörü Analog="+String(gazAnalogValue)); // prints the value
read
delay(100); // wait 100ms for next reading

Serial.println("Gaz sensör digital="+String(gazDigitalValue));

delay(100); // wait 100ms for next reading

```

```

//Data Gönderme

String
tsData="field1="+String(ldrValue,DEC)+"&field2="+String(sicaklik,DEC)+"&field
3="+String(nem,DEC)+"&field4="+String(gazAnalogValue,DEC);

client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+ writeAPIKey +"\n");
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(tsData.length());
client.print("\n\n");
    client.print(tsData);

Serial.println("Veri gönderildi");

delay(120000);
}
delay(1000);
}

double Light (int RawADC0)
{
    double Vout=RawADC0*0.0048828125;

    int lux=500/(5*((5-Vout)/Vout));//use this equation if the LDR is in the upper part
of the divider

// int lux=(2500/Vout-500)/10;

```



```
return lux;
}
void baglantisagla()
{
    if (client.connect(thingSpeakAddress, 80)) {
        Serial.println("Bağlantı sağlandı");
    }
    else {

        Serial.println("connection failed");
        delay(3000);
        baglantisagla();
    }
}
```

## **Ek-B: Sensör verileri (1 saatlik)**

14:57:58.083 -> DHCP Adress alma deneniyor.  
14:58:58.798 -> Failed to configure Ethernet using DHCP  
14:58:59.776 -> connecting...  
14:59:00.956 -> Bağlantı sağlandı  
14:59:01.056 -> Aydınlık Seviyesi675  
14:59:01.462 -> Current humidity = 19.00%  
14:59:01.563 -> temperature = 27.00C  
14:59:01.864 -> Gaz Sensörü Analog=152  
14:59:01.965 -> Gaz sensör digital=1  
14:59:02.066 -> Veri gönderildi  
15:01:03.187 -> Aydınlık Seviyesi687  
15:01:03.630 -> Current humidity = 19.00%  
15:01:03.731 -> temperature = 26.00C  
15:01:04.034 -> Gaz Sensörü Analog=149  
15:01:04.103 -> Gaz sensör digital=1  
15:01:04.205 -> Veri gönderildi  
15:03:05.233 ->  
15:03:05.233 -> disconnecting.  
15:03:06.950 -> Bağlantı sağlandı  
15:03:08.066 -> Aydınlık Seviyesi669  
15:03:08.506 -> Current humidity = 18.00%  
15:03:08.573 -> temperature = 27.00C  
15:03:08.874 -> Gaz Sensörü Analog=122  
15:03:08.976 -> Gaz sensör digital=1  
15:03:09.079 -> Veri gönderildi  
15:05:10.201 -> Aydınlık Seviyesi669

15:05:10.641 -> Current humidity = 19.00%  
15:05:10.743 -> temperature = 27.00C  
15:05:11.047 -> Gaz Sensörü Analog=119  
15:05:11.114 -> Gaz sensör digital=1  
15:05:11.214 -> Veri gönderildi  
15:07:12.232 ->  
15:07:12.232 -> disconnecting.  
15:07:13.951 -> Bağlantı sağlandı  
15:07:15.061 -> Aydınlık Seviyesi693  
15:07:15.465 -> Current humidity = 17.00%  
15:07:15.566 -> temperature = 27.00C  
15:07:15.871 -> Gaz Sensörü Analog=117  
15:07:15.970 -> Gaz sensör digital=1  
15:07:16.074 -> Veri gönderildi  
15:09:17.172 -> Aydınlık Seviyesi669  
15:09:17.611 -> Current humidity = 17.00%  
15:09:17.713 -> temperature = 27.00C  
15:09:18.016 -> Gaz Sensörü Analog=115  
15:09:18.096 -> Gaz sensör digital=1  
15:09:18.236 -> Veri gönderildi  
15:11:19.206 ->  
15:11:19.206 -> disconnecting.  
15:11:20.628 -> Bağlantı sağlandı  
15:11:21.710 -> Aydınlık Seviyesi664  
15:11:22.150 -> Current humidity = 17.00%  
15:11:22.253 -> temperature = 27.00C  
15:11:22.556 -> Gaz Sensörü Analog=114

15:11:22.624 -> Gaz sensör digital=1  
15:11:22.725 -> Veri gönderildi  
15:13:23.857 -> Aydınlık Seviyesi647  
15:13:24.293 -> Current humidity = 17.00%  
15:13:24.395 -> temperature = 27.00C  
15:13:24.698 -> Gaz Sensörü Analog=115  
15:13:24.767 -> Gaz sensör digital=1  
15:13:24.868 -> Veri gönderildi  
15:15:25.897 ->  
15:15:25.897 -> disconnecting.  
15:15:28.491 -> Bağlantı sağlandı  
15:15:29.572 -> Aydınlık Seviyesi414  
15:15:30.008 -> Current humidity = 17.00%  
15:15:30.110 -> temperature = 27.00C  
15:15:30.411 -> Gaz Sensörü Analog=114  
15:15:30.512 -> Gaz sensör digital=1  
15:15:30.613 -> Veri gönderildi  
15:17:31.722 -> Aydınlık Seviyesi412  
15:17:32.159 -> Current humidity = 18.00%  
15:17:32.262 -> temperature = 27.00C  
15:17:32.566 -> Gaz Sensörü Analog=113  
15:17:32.668 -> Gaz sensör digital=1  
15:17:32.769 -> Veri gönderildi  
15:19:33.752 ->  
15:19:33.752 -> disconnecting.  
15:19:35.236 -> Bağlantı sağlandı  
15:19:36.347 -> Aydınlık Seviyesi412

15:19:36.785 -> Current humidity = 18.00%  
15:19:36.852 -> temperature = 27.00C  
15:19:37.156 -> Gaz Sensörü Analog=112  
15:19:37.257 -> Gaz sensör digital=1  
15:19:37.358 -> Veri gönderildi  
15:21:38.474 -> Aydınlık Seviyesi419  
15:21:38.915 -> Current humidity = 18.00%  
15:21:39.016 -> temperature = 27.00C  
15:21:39.317 -> Gaz Sensörü Analog=111  
15:21:39.419 -> Gaz sensör digital=1  
15:21:39.520 -> Veri gönderildi  
15:23:40.505 ->  
15:23:40.505 -> disconnecting.  
15:23:41.717 -> Bağlantı sağlandı  
15:23:42.826 -> Aydınlık Seviyesi419  
15:23:43.263 -> Current humidity = 17.00%  
15:23:43.364 -> temperature = 27.00C  
15:23:43.667 -> Gaz Sensörü Analog=110  
15:23:43.768 -> Gaz sensör digital=1  
15:23:43.869 -> Veri gönderildi  
15:25:44.961 -> Aydınlık Seviyesi414  
15:25:45.399 -> Current humidity = 17.00%  
15:25:45.501 -> temperature = 27.00C  
15:25:45.806 -> Gaz Sensörü Analog=110  
15:25:45.907 -> Gaz sensör digital=1  
15:25:46.008 -> Veri gönderildi  
15:27:47.007 ->

15:27:47.007 -> disconnecting.  
15:27:48.286 -> Bağlantı sağlandı  
15:27:49.404 -> Aydınlık Seviyesi230  
15:27:49.807 -> Current humidity = 17.00%  
15:27:49.908 -> temperature = 27.00C  
15:27:50.211 -> Gaz Sensörü Analog=110  
15:27:50.313 -> Gaz sensör digital=1  
15:27:50.415 -> Veri gönderildi  
15:29:51.525 -> Aydınlık Seviyesi412  
15:29:51.962 -> Current humidity = 17.00%  
15:29:52.064 -> temperature = 27.00C  
15:29:52.369 -> Gaz Sensörü Analog=108  
15:29:52.436 -> Gaz sensör digital=1  
15:29:52.537 -> Veri gönderildi  
15:31:53.543 ->  
15:31:53.543 -> disconnecting.  
15:31:54.955 -> Bağlantı sağlandı  
15:31:56.038 -> Aydınlık Seviyesi412  
15:31:56.474 -> Current humidity = 17.00%  
15:31:56.573 -> temperature = 27.00C  
15:31:56.877 -> Gaz Sensörü Analog=110  
15:31:56.978 -> Gaz sensör digital=1  
15:31:57.080 -> Veri gönderildi  
15:33:58.185 -> Aydınlık Seviyesi404  
15:33:58.622 -> Current humidity = 18.00%  
15:33:58.724 -> temperature = 27.00C  
15:33:59.028 -> Gaz Sensörü Analog=111

15:33:59.127 -> Gaz sensör digital=1  
15:33:59.227 -> Veri gönderildi  
15:36:00.210 ->  
15:36:00.210 -> disconnecting.  
15:36:01.830 -> Bağlantı sağlandı  
15:36:02.945 -> Aydınlık Seviyesi406  
15:36:03.380 -> Current humidity = 18.00%  
15:36:03.480 -> temperature = 27.00C  
15:36:03.782 -> Gaz Sensörü Analog=110  
15:36:03.883 -> Gaz sensör digital=1  
15:36:03.986 -> Veri gönderildi  
15:38:05.076 -> Aydınlık Seviyesi406  
15:38:05.512 -> Current humidity = 18.00%  
15:38:05.612 -> temperature = 27.00C  
15:38:05.917 -> Gaz Sensörü Analog=108  
15:38:06.019 -> Gaz sensör digital=1  
15:38:06.119 -> Veri gönderildi  
15:40:07.103 ->  
15:40:07.103 -> disconnecting.  
15:40:08.690 -> Bağlantı sağlandı  
15:40:09.800 -> Aydınlık Seviyesi409  
15:40:10.237 -> Current humidity = 18.00%  
15:40:10.340 -> temperature = 27.00C  
15:40:10.644 -> Gaz Sensörü Analog=107  
15:40:10.712 -> Gaz sensör digital=1  
15:40:10.813 -> Veri gönderildi  
15:42:11.945 -> Aydınlık Seviyesi412

15:42:12.383 -> Current humidity = 17.00%  
15:42:12.452 -> temperature = 27.00C  
15:42:12.756 -> Gaz Sensörü Analog=107  
15:42:12.859 -> Gaz sensör digital=1  
15:42:12.962 -> Veri gönderildi  
15:44:13.972 ->  
15:44:13.972 -> disconnecting.  
15:44:15.415 -> Bağlantı sağlandı  
15:44:16.521 -> Aydınlık Seviyesi392  
15:44:16.925 -> Current humidity = 17.00%  
15:44:17.026 -> temperature = 27.00C  
15:44:17.327 -> Gaz Sensörü Analog=106  
15:44:17.428 -> Gaz sensör digital=1  
15:44:17.528 -> Veri gönderildi  
15:46:18.630 -> Aydınlık Seviyesi404  
15:46:19.067 -> Current humidity = 17.00%  
15:46:19.168 -> temperature = 27.00C  
15:46:19.471 -> Gaz Sensörü Analog=106  
15:46:19.573 -> Gaz sensör digital=1  
15:46:19.675 -> Veri gönderildi  
15:48:20.681 ->  
15:48:20.681 -> disconnecting.  
15:48:22.272 -> Bağlantı sağlandı  
15:48:23.386 -> Aydınlık Seviyesi626  
15:48:23.795 -> Current humidity = 18.00%  
15:48:23.895 -> temperature = 27.00C  
15:48:24.200 -> Gaz Sensörü Analog=106



15:48:24.301 -> Gaz sensör digital=1  
15:48:24.403 -> Veri gönderildi  
15:50:25.510 -> Aydınlık Seviyesi675  
15:50:25.952 -> Current humidity = 18.00%  
15:50:26.052 -> temperature = 27.00C  
15:50:26.354 -> Gaz Sensörü Analog=105  
15:50:26.454 -> Gaz sensör digital=1  
15:50:26.557 -> Veri gönderildi  
15:52:27.551 ->  
15:52:27.551 -> disconnecting.  
15:52:29.531 -> Bağlantı sağlandı  
15:52:30.645 -> Aydınlık Seviyesi652  
15:52:31.080 -> Current humidity = 16.00%  
15:52:31.181 -> temperature = 27.00C  
15:52:31.482 -> Gaz Sensörü Analog=106  
15:52:31.584 -> Gaz sensör digital=1  
15:52:31.685 -> Veri gönderildi  
15:54:32.773 -> Aydınlık Seviyesi669  
15:54:33.215 -> Current humidity = 17.00%  
15:54:33.316 -> temperature = 28.00C  
15:54:33.616 -> Gaz Sensörü Analog=106  
15:54:33.717 -> Gaz sensör digital=1  
15:54:33.818 -> Veri gönderildi  
15:56:34.821 ->  
15:56:34.821 -> disconnecting.  
15:56:36.103 -> Bağlantı sağlandı  
15:56:37.211 -> Aydınlık Seviyesi687