

**T.C.**  
**İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**AKILLI SERA KONTROLÜ İÇİN FARKLI VERİ AKTARIM**  
**SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İzen ELMASLI**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**  
**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı**

**AĞUSTOS, 2022**

**T.C.**  
**İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**AKILLI SERA KONTROLÜ İÇİN FARKLI VERİ AKTARIM**  
**SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İzen ELMASLI**  
**(Y1913.100005)**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı**  
**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof.Dr. Murtaza FARSADI**

**AĞUSTOS, 2022**

## ONAY FORMU

## ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Akıllı Sera Kontrolü İçin Farklı Veri Aktarım Sistemlerinin Karşılaştırılması” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (18/07/2022)

İzen ELMASLI

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans bitirme projesi kapsamında hazırlanan bu çalışmada, Android ve bilgisayar ara yüzü ile kontrol edilebilen iletişim çağına uygun bir seranın otomatik ve manuel kontrolü gerçekleştirilerek otomasyon konusuna örnek teşkil edebilecek bir proje hazırlanmaya çalışılmıştır.

Hayatım boyunca her türlü desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen başta annem Emel Elmaslı ya ve babam İbrahim Elmaslı ya tecrübelerini aktarmada, bu tezin yazılmasında ve araştırmalarımnda, yardımlarını eksik etmeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Murtaza Farsadi'ye sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ağustos, 2022

İzen ELMASLI

# AKILLI SERA KONTROLÜ İÇİN FARKLI VERİ AKTARIM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

## ÖZET

Gelişen teknoloji ile otomasyon ve uzaktan kontrol sistemleri gün geçtikçe daha çok önem kazanmaktadır. Artan insan popülasyonu neticesinde verimin yüksek olması gereken alanlardan biri olan tarım sektöründe ise bu teknolojik gelişmeler yeteri kadar uygulanamamıştır. Bu çalışma seracılık ve tarım faaliyetleri yürüten çiftçilerin veya hobi kullanıcılarının ister manuel ister ise otomatik olarak seranın kontrol edilebilmesine imkân vermektedir. Bu sayede insan kaynaklı yaşanan kayıplar minimuma indirilebilecek ve daha verimli seracılık faaliyetleri yapılabilecektir.

Sera yapısı gereği içindeki bitkileri sıcaklık ve yağmur gibi faktörlerden korumaktadır. Fakat verimin artırılması için optimum değerlerde sulama da gerekmektedir. Sensörler yardımıyla toprak nemi, ortam sıcaklığı ve hava şartları gibi dış etkenlerin verileri algılandıktan sonra akıllı sera sistemiyle direkt müdahale edilebilmektedir. Otomasyon sistemleriyle kontrol edilerek tüm bu parametreler insan denetiminden çıkarılıp gerekli mikrodenetleyiciler ve sensörler ile veriler toplandıktan sonra komutların yerine getirilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada Arduino Mega 2560 ile toplanan veriler iki adet ESP32 mikrodenetleyici kartı kullanılarak biri bluetooth diğeri ise yerel ağ üzerinden parametreleri kullanıcı ile buluşturmaktadır. Sistem hem WiFi üzerinden bilgisayar ile hem de bluetooth üzerinden android uygulama ile kontrol edilebilir ve değerler görüntülenebilir. İstendiği takdirde eşik değerleri belirlenebilir ve sistem tamamen otomatik olarak belirlenen parametreleri kontrol ederek gerekli eylemleri gerçekleştirebilir. Böylece ESP32 mikrodenetleyici kartlarından birisi bluetooth ile diğeri ise WiFi ağı üzerinden haberleşip sistemdeki değerleri kullanıcıya ulaştırabilir. Bu çalışma sonucunda bluetooth ve WiFi olmak üzere farklı iki veri aktarım sistemlerinin farklılıkları incelenmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı sera, Arduino, Otomasyon, WiFi, Bluetooth

# **COMPARISON OF DIFFERENT DATA TRANSFER SYSTEMS FOR SMART GREENHOUSE CONTROL**

## **ABSTRACT**

With the developing technology, automation and remote control systems have gained more and more importance day by day. In the agricultural sector, which is one of the sectors where productivity should be the highest with the increasing human population, these technological developments cannot be applied sufficiently. This study allows hobby users or farmers who carry out greenhouse and agricultural activities to control the greenhouse either manually or automatically. In this way, human-induced losses will be minimized and more efficient greenhouse activities will be carried out.

Due to its structure, the greenhouse protects the plants in it from factors such as heat and rain. However, in order to increase the yield, irrigation at optimum values is also necessary. With the help of sensors, after the data of external factors such as soil moisture, ambient temperature and weather conditions are detected, direct intervention can be made with the smart greenhouse system. By controlling with automation systems, the commands were carried out after all these parameters were removed from human control and data were collected with the necessary microcontrollers and sensors.

In this study, the data collected via Arduino Mega 2560 is brought together with the user by using two ESP32 microcontroller boards, one via bluetooth and the other over the local network. The system can be controlled both with a computer over WiFi and with an android application via bluetooth, and the values can be displayed. If desired, threshold values can be determined and the system can perform the necessary actions by controlling the parameters determined completely automatically. Thus, one of the ESP32 microcontroller cards can communicate via bluetooth and the other via WiFi network and deliver the values in the system to the user. As a result of this study, it is aimed to examine the differences of two separate data transfer systems, bluetooth and WiFi.



**Keywords:** Smart Greenhouse, Arduino Mega, ESP32, Automation, WiFi, Bluetooth

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ONUR SÖZÜ .....	i
ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
<b>I. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
A. Tezin Amacı.....	2
B. Tezin Önemi .....	2
C. Tezin Kapsamı.....	4
D. Literatür Araştırması.....	5
<b>II. AKILLI SERA OTOMASYONU .....</b>	<b>10</b>
1. Otomasyon Tanımı.....	11
2. Otomasyonun Tarihçesi .....	11
3. Otomasyonun Avantajları .....	12
4. Otomasyon Çeşitleri.....	13
B. Sera .....	13
1. Seranın Tarihçesi .....	13
2. Sera Çeşitleri.....	14

3. Otomatik Seranın Avantajları .....	15
C. Sera Otomasyonu.....	15
1. Havalandırma .....	16
2. Soğutma .....	17
3. Sulama.....	17
D. WiFi Haberleşmesi .....	17
1. WiFi Çalışma Prensibi .....	18
2. WiFi Tarihçesi .....	18
E. Bluetooth Haberleşmesi.....	19
1. Bluetooth Çalışma Prensibi.....	19
2. Bluetooth Tarihçesi.....	20
<b>III. DONANIM.....</b>	<b>21</b>
A. Mikrodenetleyici Kartları .....	21
1. Arduino Mega 2560 Mikrodenetleyici Kartı .....	22
a. Arduino Mega 2560 Teknik Özellikleri .....	23
b. Arduino Mega 2560 Besleme .....	23
c. Arduino Mega 2560 Pin Bağlantıları.....	24
2. ESP32-WROOM-32D Mikrodenetleyici Kartı.....	27
a. ESP32-WROOM-32D Teknik Özellikleri .....	28
b. ESP32-WROOM-32D Besleme .....	31
c. ESP32-WROOM-32D Pin Bağlantıları.....	31
d. ESP32-WROOM-32D Haberleşme.....	33
B. Havalandırma Sistemi.....	34
1. SG90 Servo Motor .....	35
2. Yağmur Sensörü.....	36
C. Soğutma Sistemi .....	37

1. DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü.....	38
2. 12V Fan.....	39
D. Sulama Sistemi .....	40
1. Toprak Nem Sensörü .....	41
2. Su Motoru .....	42
<b>IV. YÖNTEM VE UYGULAMA .....</b>	<b>44</b>
A. Tasarım .....	44
1. Mekanik Tasarım .....	44
2. Elektriksel Tasarım .....	45
3. Yazılım ve Kontrol Paneli .....	47
a. Arduino Mega 2560 Yazılımı.....	47
b. ESP32-WROOM-32D WiFi Yazılımı ve Kontrol Paneli .....	48
c. ESP32-WROOM-32D Bluetooth Yazılımı ve Kontrol Paneli .....	50
B. Uygulamanın Amacı .....	52
C. Uygulamanın Analizi.....	52
<b>V. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>54</b>
<b>VI. KAYNAKÇA .....</b>	<b>56</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>60</b>

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>A</b>	: Amper
<b>ADC</b>	: Analog Dijital Çevirici
<b>Bit</b>	: 1 byte verinin sekizde biri
<b>BLE</b>	: Bluetooth Düşük Enerji
<b>CPU</b>	: Merkezi İşlem Birimi
<b>DAC</b>	: Dijital Analog Çevirici
<b>dBm</b>	: Desibel Miliwatt
<b>DC</b>	: Doğru Akım
<b>EPROM</b>	: Silinip Programlanabilir Salt Okunur Bellek
<b>GHz</b>	: Gigahertz
<b>GND</b>	: Toprak Hattı
<b>GSM</b>	: Mobil İletişim için Küresel Sistem
<b>IDE</b>	: Entegre geliştirme ortamı
<b>IOT</b>	: Nesnelerin İnterneti
<b>IoT</b>	: Nesnelerin İnterneti
<b>Kb</b>	: Kilobyte
<b>mA</b>	: Miliamper
<b>Mbps</b>	: Saniyede Aktarılan Verinin Megabit Cinsinden Değeri
<b>MHz</b>	: Megahertz
<b>mm</b>	: milimetre
<b>PCB</b>	: Baskı Devre Kartı
<b>PWM</b>	: Sinyal Genişlik Modülasyonu
<b>RF</b>	: Radyo Frekansı
<b>Rx</b>	: Alınan veri
<b>SMS</b>	: Kısa Mesaj Servisi
<b>SPI</b>	: Seri Çevresel Arayüz
<b>SRAM</b>	: Statik Rastgele Erişim Belleği
<b>Tx</b>	: Gönderilen veri
<b>UART</b>	: Evrensel Asenkron Alıcı Verici
<b>V</b>	: Volt

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 1. ESP32-WROOM-32D genel özellikleri.....	30
Çizelge 2. ESP32-WROOM-32D pin fonksiyonları .....	31
Çizelge 3. Android uygulama buton ve fonksiyonları .....	52
Çizelge 4. WiFi ve Bluetooth Karşılaştırması.....	55

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Genel sera yapısı.....	4
Şekil 2. Klasik sera .....	13
Şekil 3. Sera otomasyon sistemi .....	16
Şekil 4. Bluetooth teknolojisinin gelişimi .....	20
Şekil 5. Mikrodenetleyici kartların bağlantı şekli.....	22
Şekil 6. Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartı .....	23
Şekil 7. Arduino Mega 2560 R3 Pin bağlantıları .....	26
Şekil 8. ESP32-WROOM-32D mikrodenetleyici kartı.....	28
Şekil 9. Pin düzeni üstten görünüm .....	33
Şekil 10. Havalandırma sistemi .....	34
Şekil 11. SG90 Servo Motor.....	35
Şekil 12. Yağmur sensörü.....	37
Şekil 13. DHT11 Pin çıkışları.....	38
Şekil 14. DHT11 sıcaklık ve nem sensörünün uygulaması .....	39
Şekil 15. 12V DC fan.....	40
Şekil 16. Toprak nem sensörü görseli.....	41
Şekil 17. 12V DC su motoru görseli.....	42
Şekil 18. Sera prototipi için kullanılan yapı .....	45
Şekil 19. Arduino Mega bağlantı şeması .....	46
Şekil 20. Akıllı sera otomasyonunda kullanılan devre elemanları ve bağlantı şekli	47
Şekil 21. Arduino Mega kartına tanımlanan pinler ve anlamları.....	48

Şekil 22. ESP32-WROOM-32D WiFi kartı ağ ve şifre bölümü .....	49
Şekil 23. WiFi kontrol arayüzü.....	50
Şekil 24. Java programı ile hazırlanmış Android uygulamasının arayüzü .....	51



## I. GİRİŞ

Bilgisayar ile kontrol ve otomasyon teknolojinin gelişmesi insan hayatını her geçen gün daha da kolaylaştırmaktadır. Tarım sektöründe de bu otomasyon teknolojilerinin uygulanmasıyla birlikte kazancın artması, kalitenin artması, insan faktöründen kaynaklanan hataların minimize edilmesi, iş takibi kolaylığı ve kazalarının azaltılması gibi birçok avantaj sağlayabilmektedir. Bu nedenle günümüzde otomasyon ile kontrol ve denetleme her iş sektörü için kritik bir rol almaktadır.

Otomasyon sistemleri günümüz teknolojisinin ilerlemesiyle ortam koşullarına bağlı olarak on-off kontrol yapabilmesinin yanında insan gibi düşünen mikrodenetleyicilerle insan iş gücüne gerek kalmadan sistem kontrolü ve otomasyonu gerçekleştirilebilmektedir.

Günümüzde gerçekleştirilen sera faaliyetleri, seri bitki üretimi yapılan genişletilmiş kapasitelere sahip, süreçlerin büyük kısmında teknolojinin kullanılmasıyla dikkat çekmektedir. Seracılık alanında gelir kaynağı, seri ve hızlı bitki üretimi ve maliyet hesabı göz önünde bulundurularak üretim yapıldığında üretimde verimi yüksek tutmak ve ürün kalitesini iyileştirmek için sera iklimini belirlenen parametreler doğrultusunda kontrol etmek en önemli şeydir. Bahsedilen seracılık faaliyetlerinin uygulanabilmesi için bilgisayar, mikrodenetleyiciye sahip bir sistem tarafından kontrol edilip elde edilen verilerin düzgün bir şekilde işlenmesi gereksinimini doğurmaktadır.

Otomasyonun tüm sektörlerdeki önemi ve uygulanışı göz önüne alındığında tarım ve seracılık için de gayet kritik bir konuma sahiptir. Sera otomasyonunda da sıcaklık, bağıl nem gibi bazı temel parametrelerin verileri toplanıp gerekli çevre birimlerle haberleşmesi gereklidir. Bu haberleşme birçok veri aktarım sistemiyle gerçekleştirilebileceği gibi bu çalışmada Bluetooth ve WiFi ile haberleşmesinin bir modellenmesi yapılmış olup sera otomasyonu üzerinden Bluetooth ve WiFi gibi iki veri aktarım sisteminin farklılıkları incelenmiştir.

## **A. Tezin Amacı**

Sanayi devriminin gerçekleştiği 18. ve 19. yüzyıllarda dünya nüfusu 1 milyara yakındı. Aradan 150-200 yıl geçip tarihler 1970'leri gösterdiğinde, nüfusta 3 milyar artış olup dünya 4 milyar insana ev sahipliğini yaparken; aradan 40 yıl daha geçmiş ve dünya nüfusu bir 3 milyar daha artarak 2012 yılı itibariyle artık 7 milyarın üzerine çıkmıştır. Dünya nüfusundaki ivmenin bu şekilde artmasıyla tüketim artmış ve üretim alanındaki verim insanlık tarihi boyunca her zamankinden daha fazla önem kazanmıştır. Üretimin ve üretimdeki verimin yükseltilmesinin hedeflendiği bu hususta otomasyonun önemi büyük rol almaktadır. Bu çalışmada bir sera otomasyonu modelleyip bu model üzerinden sıcaklık, bağıl nem, ortam nemi ve yağmur durumu gibi iklimsel durumları kontrol eden bir sistem oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model bluetooth ve WiFi ortamında görüntülenip manuel veya tamamen otomatik olarak kontrol edilebilir bir sistem sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı kullanılan model üzerinden bluetooth ve WiFi arasındaki farklılıklar incelenip kıyaslamasının yapılmasıdır.

## **B. Tezin Önemi**

Günümüzde çoğu sektörde olduğu gibi günlük hayatımızda da otomasyonun yeri ve önemi artmaktadır. Kullanılan ekipmanların ve sistemlerin izlenebilmesi ve uzaktan kontrol edilebilmesi birçok araştırmacının ve kullanıcının ilgisini çekmektedir. 2019'dan itibaren Google verilerine göre "sera izleme" 1.560.000 kez, "sera otomasyonu" 131.000 kez ve "sera izleme ve otomasyonu" 53.200 kez aratılmıştır (Ardiansah, vd. 2020). Araştırmaların temel noktası tarımda da otomasyonun kullanılmasıdır. Sanayi sektöründeki otomasyon ile karşılaştırıldığında tarım sektöründe hala basit ve ilkel yöntemler kullanılmaktadır ve tarım sektörü ülke ekonomisini oluşturan temel sektörlerden biri olmakla birlikte son teknoloji sistemler için uygulanabilir bir alandır (Reddy, P. P. 2016:4-5).

Şehirleşmedeki hızlı artış ve verimli topraklardaki önemli ölçüdeki azalma sebebiyle seranın önemi artmaktadır. Seralarda genellikle cam, fiberglas veya plastik gibi malzemelerden yapılmaktadır. Sıcaklık ve nem bitkiler için önemli iki faktör olmasına karşın bu malzemeler ile oluşturulan bir serada sıcaklık

yükselecektir. Oluşan bu yüksek sıcaklık ve toprak nemi, havalandırma ihtiyacı, topraktaki besin değerleri, karbondioksit salınımı gibi parametrelerin kontrolü ve denetimi bilgisayarlar ile mümkündür. Böylece sensörler ve denetleyiciler yardımıyla seradaki iklim değerleri görüntülenebilir ve istenilen değerlerde tutulabilir. Böylece bitki kendi doğal ortamında olmamasına rağmen optimum değerlerdeki şartlarda daha hızlı hasat imkânı, uzun bitki ömrü, verim kalitesi, tarım arazilerinin sürdürülebilirliği ve bu arazilerin katlı sisteme sahip seralar ile aynı alanda yüksek verimli tarım yapabilme imkânı tanımaktadır. Seranın bu anlamda avantajları şu şekildedir:

- Mevsim dışı ekim olanağı,
- Yıl boyunca her bitkinin yetiştirilebilmesi,
- Bitkileri rüzgâr, don, yağış ve fırtına gibi dış etkilere karşı koruma,
- Katlı sera sistemleri ile verimli alan kullanımı,
- Suyun verimli kullanılması,
- Gübre atıklarının azaltılması,
- Hastalıkları ve zararlı etmenleri denetleyebilme,
- Kültür bitkileri için uygun ortam,
- Karbondioksit düzeyinin artmasıyla sonuçlanan daha yüksek fotosentez oranı,
- Bitki büyümesini ve meyve olgunlaşmasını teşvik,
- Verimsiz toprakların kullanılabilmesi, (Madan Kuman Jha, vd. 2019)



Şekil 1. Genel sera yapısı

Seralar genellikle tüm bu avantajların uygulandığı içerisine güneş ışınlarını geçiren küçük veya büyük çaplı yapılardır. Seranın yapısı gereği, planlanan iklim koşullarını sabit tutma amacıyla oluşturulmuştur. Belirli bir seviyede toprak nemi, güneş ışığı, nem ve sıcaklık gerektiren bitkilerin büyümesini sağlar. Klasik sera sistemleri, sürekli insan denetimi gerektiren, meşgul eden ve ayrıca sıcaklık ve nem uygun ve düzenli olarak sağlanmadığında verimde düşüşe neden olan insan tarafından gözlemlenen sistemlerdir. Bu durum sera otomasyonu kavramını ortaya çıkarmıştır. Veri aktarım sistemlerinin gelişmesi ve nesnelerin interneti teknolojisinin bir araya gelmesiyle oluşan sera otomasyonu, serada karşılaşılan sorunu ele almakta ve çiftçilerin değişmez yönetiminin yerini alarak sera ortamının otomatik olarak kontrol edilmesini ve izlenmesini sağlamaktadır. Böylelikle seralarda mikrodenetleyiciler yardımıyla nem, sıcaklık, ortam nemi gibi etkenleri algılamak için sensörlerin kullanılmasıyla sera ortamındaki verilerin kontrol edilmesi üretim hızını, verimi ve insan kaynaklı hataları en aza indirme için kullanılmaktadır

### C. Tezin Kapsamı

Bu çalışma gelişen teknolojiyle birlikte otomasyonun insan hayatına olan etkisini ve otomasyon sistemlerinin sera uygulamalarında kullanılmasını ele

almaktadır. Seralarda kullanılan otomasyon sistemlerinin basit bir modellemesi yapılmış olup bu model üzerinden veri aktarım sistemlerinin kıyaslamasının yapılmasını kapsamaktadır.

#### **D. Literatür Araştırması**

Tarım Türkiye ekonomisinin gelişmesinde önemli bir faktördür. TÜİK 2022 ilk çeyrek verilerine göre istihdam edilen kişilerin %16,1'i tarım sektöründe yer almaktadır (data.tuik.gov.tr, 2022). Bu da önemli bir iş gücünün bu sektörde faaliyet gösterdiğini ve tarım alanında yapılacak kalite ve üretim artışı, maliyetin minimuma indirilmesi, alınacak risklerin azaltılması gibi iyileştirmelerin ülke ekonomisine katkısının çok daha büyük olacağını göstermektedir.

Tarım alanındaki yeniliklerin ve otomasyonun verimi arttırabileceğini düşünenlerden olan Belsare ve arkadaşları 2014 yılında çiftçilerin hava durumundan haberdar olamama veya hava durumunun ani değişimlerini hesaba katamadıklarını ve gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerin duygu ve klasikleşmiş tecrübelerle dayandığını ve bu durumda her zaman doğru sonuçlar vermeyeceğini ifade etmişlerdir. Bunun sonucunda ise sera ortamının sıcaklık, nem, toprak nemi gibi parametrelerini izlemek için manuel ve otomatik olarak kontrol edilebilen bir kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Bu kontrol sistemi mikroişlemciye seri haberleşme yoluyla bağlı olarak izlenmekte ve kontrol edilmektedir. Kontrol sisteminde klasik Arduino değil 8051 mikroişlemcisi kullanılmıştır. AT8051, 4K bayt programlanabilir ve silinebilir salt okunur belleğe (EPROM) sahip düşük güç tüketimine sahip, yüksek performanslı bir CMOS 8 bit mikro bilgisayardır. Mikroişlemci çeşitli sensörlerle sürekli iletişim halinde olarak Android cep telefonu üzerinden görüntülenip kontrol edilmektedir. Böylece sera içerisindeki iklimsel parametreler anlık olarak korunmaktadır (Belsare, vd. 2014).

Sera otomasyonunun düşük maliyet ile yüksek verim elde etmeye yardımcı olduğunu savunmuşlardır. Ürün yetiştirmek için optimum koşullar, düzenli olarak sistemin denetlenmesi ile kontrol edilen sensörler sayesinde sağlanabilir. Sistemin tasarımı için nem seviyesi, sıcaklık ve ışık gibi üç önemli iklimsel parametre dikkate alınır. Bunlar dikkate alınarak tasarlanan çalışmada, sensörlerden elde edilen sinyaller incelenmiştir. Sensörlerden alınan sinyaller Arduino tarafından işlenmeden önce gürültüyü azaltmak için izole edilmiş ve

filtrelenmiştir. Sinyallerin dalga form analizi için LabView programı ve Fourier kullanılmıştır (Basnet, vd. 2016).

2014 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada ise çeltik tarlasında sıcaklık, basınç, nem, su seviyesi, pH gibi fiziksel parametreler sürekli olarak izlenmektedir. Ekin tarlasının çeşitli yerlerinden algılanan veriler, merkezi Global System of Mobile (GSM) ile iletilir. GSM, sensörden alınan verileri veri tabanına gönderilir. Daha önce yazılımda gömülü olarak saklanan sıcaklık, su seviyesi, Ph seviyesi minimum ve maksimum eşik değerlerine sahip veri tabanına bağlanır. Algılanan veriler, veri tabanındaki eşik değerlerine erişirse, alarm ünitesi çiftçiye alarm sesi verecektir. Alarmlar, kullanıcıların cep telefonların GSM modemden gönderilen SMS şeklinde de olabilir (Patil ve Malviya, 2014).

Finlandiya'da gerçekleştirilen Cropinfra projesi kapsamında nesnelere interneti tabanlı tarım alanının verimliliği arttırmayı hedefleyen bulut tabanlı çok katmanlı bir tasarım geliştirilmiştir. Çok katmanlı sensörler, veri toplama ve makine kontrolü, veri depolama gibi alt-servisler ile hava durumu ve olumsuz durum tahmini işlerini yapan dış servislerden oluşmuştur. Oluşturulan bu tasarımın dört açıdan faydalı olduğu düşünülmüştür. Güvenlik, kontrol işlevi, genel veri kullanımı ve veri alışverişi. Gerekli güvenlik önlemleri alındığında tasarımın tarım alanında başarılı olacağı gösterilmiştir (Pesonen, vd. 2014).

Akıllı sera otomasyonu tasarımları sera ortamının izlenmesinin ve kontrolünün gözler önüne seren teknik bir yaklaşımdır. Teknolojideki ilerlemeyle birlikte IoT sistemlerinin önemi artmakta ve bu kablosuz veri aktarım sistemleri seraların kontrolünü kolaylaştırmıştır. Bitki büyümesinin kalitesi ve üretimdeki artışı etkileyen en önemli faktörlerden olan aydınlatma, toprak nemi ve ortamdaki CO2 salınımıdır. Bu iklimsel parametrelerin sürekli olarak izlenmesi ve kontrol altında tutulması üretime direkt olarak etkisi hakkında bilgi verir. Bu projede Arduino kullanılmış ve akıllı seraların ekin üretime direkt katkısı gözlemlenmiştir (Kamplé, vd. 2017).

Güneş enerjisi ile çalışan bitki sulama sistemi tasarımı yapılmıştır. Sistemin kontrolünde Arduino Uno mikrodenetleyici kartı kullanılmıştır. Çalışmanın amacı bitkiye fazla su vermeyip toprak nemini sürekli optimum seviyede tutmaktır. Lcd üzerinden değerler belirlenip sulama otomatiğe bırakıldıktan sonra Raspery Pi ile

bitkinin fotoğrafı çekilip kullanıcının mailine gönderilmiştir. Nem oranı belirlenen eşik seviyesine geldiğinde sulama işlemi sonlandırılmıştır. Nem seviyesi istenen seviyeye geldiği durumda ise sulamanın bittiği haldeki fotoğrafı kullanıcının mailine gönderilmiştir. Sistemin tüm enerjisi güneş paneli yardımıyla sağlanmış olup sistemde bulunan akünün şarj edilmesiyle kullanılmıştır (Ersin, 2015).

Japonya’da 2018 yılında yapılan bir çalışmada ise birden fazla serada farklı iklimsel koşulları denetleyip kontrol mekanizması geliştirilmiştir. Birden fazla yaş aralığındaki çiftçiler üzerinde yürütülen bir projede çeşitli zorluklar saptanmıştır. Yaş arttıkça kontrol panelinin kullanımındaki zorluklar vurgulansa da akıllı sera yönetiminin ülke ekonomisine katkısı açıklanmıştır (Lee, vd. 2018).

Bir seranın amacı optimum seviyede ışık şiddeti sağlamak ve bitkileri, bitki büyümesi için optimum ortam sunmak ve olumsuz etkilerden korumaktır. Çevre kontrolünü sağlayan özel bir akıllı sera inşa edilmiştir. Seraya kurulan akıllı sistem, sıcaklık ve hava nemi gibi ortam parametrelerini ölçen birçok sensörden oluşmaktadır. Çevresel kritik parametrelerden biri de sıcaklıktır. Sistem, bitki büyümesi için uygun sıcaklığı sağlamak için bu parametreyi kullanır. Ölçülen veriler, Nesnelerin İnterneti (IoT) mimarisi üzerinden Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protokolü kullanılarak veri sunucusuna gönderilir. Akıllı sistem, parametreleri ölçmeyi başarmış ve çevre mühendisliği yapmıştır. Sıcaklık ve hava nemi sensörleri, 0,9 santigrat derece ve yüzde 7,22 değerleriyle ortalama hata ölçümlerine sahiptir. Ayrıca cihaz, ölçülen verileri MQTT protokolünü kullanarak iletmede başarılı olmuştur (Sofwan, vd. 2020).

Uzaktan erişilebilirliğe sahip veri toplayan sistemler, endüstri ve tüketici uygulamalarında büyük talep görmektedir. Bazı uygulamalarda beşerî faktörlerin yerini veri toplayacak ve veriyi geri iletecek insansız cihazlar almıştır. Uygulamaya uzaktan erişim imkânı ile uygulamayı gerçekleştirecek ekstra birine gerek duymayacak ve böylece işçilik, zaman ve paradan tasarruf edebilir. Seçilen gömülü ağın uygulanması, gömülü web sunucusu aracılığıyla sağlanır. Bir web sunucusu, istemci isteğine göre IP ataması yaparak cihazlara erişim sağlar. Yapılandırılan IP adresi web tarayıcısına girildiğinde kullanıcının sensör durumunu uzaktan izleyebileceği önceden tasarlanmış HTML web sayfaları görüntülenir. İletişimin merkezi TCP/IP protokolüdür. Ağ iletişimi IEEE802.3

Ethernet standardı ile gerçekleştirilir. ARM7 işlemci, web sunucusunun beyni gibidir. ARM İşlemcisinin seçilme amacı ise veri işleyebilme hızının yüksektir. Aynı zamanda çok parametrelili toplama ve çok seviyeli izleme ve ağ oluşturma özelliğine sahiptir. ARM tabanlı web üzerinden kontrol edilebilen bir sistem tasarlanmıştır (Gawali ve Gajbhiye, 2014).

Seralarda girdi çıktı kontrolünün ve ortam sıcaklığının önemi, bu parametrelere ait verilerin işlenmesi ve internet üzerinden kontrolüne yönelik çalışmalar devam etmektedir. Ortamda internet erişimi olan birbiriyle haberleşebilen akıllı sistemlerin kullanılmasıyla su, gübre, enerji ve kaynakların verimli kullanılması sağlanmaktadır. Ortamdaki sıcaklık değişimlerinin ölçümü ve bunların kablosuz olarak Web ortamına aktarılabilen bir prototip geliştirilmiştir. Sıcaklık ölçümü yapabilen ve internete bağlanabilen iki kablosuz sensör düğümü kullanılmıştır. Kullanılan düğümler Raspberry Pi 2, WiFi adaptörü ve 2 adet DS18B20 sıcaklık sensöründen oluşmaktadır. Akıllı sistem, ortamdaki hava, toprak ve su sıcaklığı gibi verileri Web ortamında izlemeyi ve kontrol etmeyi sağlamaktadır (Türker, vd. 2016).

Çiftçilerin çok fazla manuel kontrol yöntemi kullanmadan bir çiftlikteki işi otomatik olarak gerçekleştirmelerine yardımcı olan bir akıllı sera modeli sunmaktadır. Sera, kapalı bir yapı olduğundan bitkileri rüzgâr, fırtına, ultraviyole radyasyon, böcek ve haşere saldırıları gibi olumsuz durumlardan korur. Tarım alanının sulanması, bitkilere optimum miktarda su verilmesi için buna göre belirlenen toprak nem eşiğine göre çalışan otomatik damla sulama ile gerçekleştirilir. Toprak sağlık kartından alınan verilere göre uygun miktarda azot, fosfor, potasyum ve diğer mineraller damlama yöntemiyle uygulanabilir. Sisteme uygun büyüklükte su tankları temin edilir ve ultrasonik sensör ile mevcut su seviyesi ölçülerek su ile doldurulur. Bitkilere ayrıca gece boyunca büyüyen ışıklar kullanılarak gerekli dalga boyunda ışık sağlanır. GSM modülü (SMS yolu ile) kullanılarak kontrol edilir (Kodali, vd. 2016).

Kablosuz sensörler yardımıyla oluşturulan bir başka tasarım ise 2016 yılında gerçekleştirildi. Temel olarak seralar dış etkilerden ortamdaki bitkileri korumaya yaramaktadır. Bu çalışmada da sıcaklık, bağıl nem, toprak nemi ve ışık gibi iklimsel parametrelerin kablosuz olarak kontrolü mümkündür. Sistemde aynı bu çalışmadaki gibi Arduino Mega 2560 R3 ana kontrolör olarak kullanılmıştır.



SHT-11 ve YL-69 ile sera ortamı kontrol edilmiştir. SHT-11 sıcaklık verisini elde etmek için kullanılırken, YL-69 toprak nemini ölçmek için kullanılmıştır. Sistemde havalandırma, sulama, ortam nemi gibi parametreler su pompası gibi motorlarla istenilen dengenin sağlanmasında kullanılmıştır. Sistemde kablosuz veri aktarımı sağlanmış ve uzaktan kontrol imkânı sunulmuştur (Lomo, 2016).

## **II. AKILLI SERA OTOMASYONU**

Bitki üretimi yapan fabrikalar ve seralar için yetiştirilme ortamının denetimi ve kontrolü ile kaliteli üretim yapılarak kapalı alan çiftçiliğinde yüksek verim elde edilebilir. Tarım sektörü, devletler ve halklar için gıda sektörünün temelini oluşturan bir alan olmasına rağmen, çiftçilerin tahmini hareket etmesi ve iş gücünün verimli bir şekilde kullanamamasından kaynaklı zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Çiftçilik, tecrübeli insanların sezgilerine genel olarak bağlıdır ve tarım sektöründe yeni olan bireylerin istekleri bu doğrultuda kırılmaktadır.

Bu sebeple daha öngörülebilir ve denetimi yüksek kapalı alan çiftçiliği yapılabilmesi için birçok akıllı sera projesi yürütülmektedir. Akıllı sera, çiftçilerin yükünü azaltmak ve üretimde süreklilik sağlamak amacıyla geliştirilen tarım sektöründeki kaynakların ve iş gücünün verimli kullanılmasını hedefleyen projelerdir. Akıllı sera kullanıcıları, bitkinin bulunduğu ortamdaki sıcaklık ve nem seviyelerinin yanı sıra optimum su seviyesini bitkiye uygun olacak şekilde ayarlayabilir ve üründen ürüne özelleştirerek verim artışı gözlemleyebilir. Bu sadece tarım sektöründe yeni olan üreticilere yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda bu sektörde hali hazırda faal olarak hizmet veren kullanıcıların da iş gücünü azaltır. Elde edilen veriler ile daha öngörülebilir bir tarım gerçekleştirilebilir.

### **A. Otomasyon**

Artan insan nüfusu ve teknolojideki gelişmelerle birlikte otomasyon sistemlerinin insan hayatındaki etkisi her geçen gün daha da artmaktadır. Seracılık alanında yapılan teknolojik gelişmeler de iş gücünde yüksek verimliliğe ve böylece maliyetin düşürülmesine neden olmuştur. İnsanlık tarihi boyunca var olan tarım sektörü bu iyileştirmelerle birlikte bitkinin üretimi ve süreçlerinde önemli bir yer tutmaktadır. Yetiştirilen ürünün verimli olması için verimli sulama ve bitkinin yetişebileceği optimum çevresel faktörler önemlidir.

Seralar, bitki üretimin endüstriyel olarak yapıldığı, gelişmiş teknolojilerin uygulanabildiği kapalı tarım alanlarıdır. Akıllı sera otomasyonu, ziraat, otomasyon mühendisliği, inşaat mühendisliği ve makine mühendisliği ve benzeri dalların ortaklaşa çalışması olarak ortaya çıkmış son nesil teknolojinin kullanılabileceği bir uygulama alanıdır. Sera ortamındaki iklimin optimum seviyede tutulması için öncelikli olarak sera yapısına ve donanım özelliklerine dikkat edilmelidir. Sera çevre birimleri toprak nemi, sıcaklık, ortam nemi, sulama gibi sistemlerden oluşur. Tüm bu çevre birimlerin birbiriyle haberleşmesi ve merkezi bir sistemden kontrol edilmesi otomasyon ile mümkündür.

## **1. Otomasyon Tanımı**

Artan insan popülasyonu ve ilerleyen teknolojiyle birlikte dünya nüfusuna ve nüfusun ihtiyaçlarına karşılık üretimin artırılması ve hızlandırılması, girdi maliyetinin azaltılması ve kaynakların verimli kullanılması ihtiyacıyla birlikte ortaya otomasyon kavramı çıkmıştır.

Otomasyon, üretim yapılan kurumda ham maddenin veya yarı mamulün girdisini, işlenmesini ve çıkışını takip edip her yeni girdiye otomatik cevap üretebilen, üretim sürecine insanın müdahalesini en aza indirip endüstriyel cihazlar ve makineler arasında haberleşmeyi sağlayan, iş paylaşımı yapılmasına dayanan bir yöntemdir. Dünyanın birçok yerinde, seri üretim yapan, ürün girdi-çıkışı sirkülasyonu hızlı olan firmalarda otomasyon teknolojisine önem verilmektedir. Ayrıca otomasyon insanın yapabileceğinden daha hızlı, daha az hata yapan ve üretimde sürekliliği arttırmaya yarayan, insandan fiziksel anlamda değil daha çok kontrolör anlamında kullanılmasına olanak tanıyan bu sayede insan bedenini yıpratmayan bir yöntemdir.

## **2. Otomasyonun Tarihçesi**

Sanayi devrimiyle birlikte buhar gücünün gelişimi mekanik sistemlerin istendiği düzende hareket etmesini ve hataları kontrol eden bir denetim kavramı ortaya çıkmıştır. Elektriğin keşfinden önceki sistemlerin tamamı mekanik olarak tasarlanmıştır.

Elektriğin keşfedilmesiyle birlikte elektriğe dayalı sistemler ve bunların kontrolü, gelişmiş mekanik sistemlerin denetim fonksiyonlarının dahi elektriksel

yöntemlerle yapılması sağlanarak çok daha karmaşık sistemlerin denetimi ve kontrolü mümkün kılınmıştır.

Kontrol uygulamalarında elektronik devrelerin kullanılmasıyla basitleşen denetim sistemleri sayesinde teorik araştırmalar hız kazanmıştır. Batı dünyası frekans domeninde araştırmalar gerçekleştirmiş, Bode, Nyquist gibi alanının önde gelen teorisyenlerini yetiştirmiştir. Doğu bloğundaki çalışmalar ise bu dönemde hala zaman domeninde gerçekleştirmektedir. Frekans domenindeki gelişmeler ikinci dünya savaşından sonra da devam etmiş, karmaşık frekans "s değişkeni" yaklaşımı ve Laplace değişkeni yöntemi kullanılmıştır. Sistem kararlılığını test eden Kök Yer Eğrisi yaklaşımı geliştirilmiştir. Sanayileşmenin hızlanmasıyla birlikte işçi haklarına gösterilen önem artmış ve daha az maliyetle daha çok iş yapmanın yolları aranmıştır. Üretim bantlarında en az iş gücüyle robot ve makineleşmenin yolları aranmıştır. 1980'lerde yaşanan bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve boyut olarak bilgisayarların küçülmesi daha karmaşık işlemlerin daha az yer kaplayarak yapılması sağlanmıştır. Bu şekilde yapılan hataları kendi kendine denetleyen ve düzenleyen sistemler oluşturulmaya başlanmıştır.

1990'lara gelindiğinde ise robot denetimlerinden tıp alanına, uzay denetimlerinden insan erişiminin olmayacağı yerlere kadar gelişmiş teknolojilerle otomatik kontrol sistemlerinin uygulandığı gözlemlenmiştir (Salğar, G., 2010).

### **3. Otomasyonun Avantajları**

- Ürün kalitesinde artış
- Üretim maliyetinin düşmesi
- İş ve işçi kazalarının azaltılması
- Üretim zamanının kısaltılması
- Yapılan rutin kontrollerin minimuma indirilmesi
- Verimliliğin artırılması
- Rekabet gücünü diri tutması

#### 4. Otomasyon Çeşitleri

- Sera otomasyonu
- Akıllı ev otomasyonu
- Endüstriyel makine otomasyonu
- PLC otomasyonu
- Fabrika otomasyonu
- Aydınlatma otomasyonu

#### B. Sera

Sera, bitki yetiştiriciliği için oluşturulan kapalı tarım alanına denir. Örtü altı yetiştiricilik adı da verilmektedir. Cam, naylon ve plastik gibi çeşitli türleri bulunmaktadır. Dış etkenlerden izole bir ortamda bitki yetiştiriciliği gerçekleştirildiği için içerideki iklimsel parametreler çok daha kolay bir şekilde istenen seviyede tutulabilir.



Şekil 2. Klasik sera

#### 1. Seranın Tarihçesi

Tarihte karşılaşılan ilk sera çalışmaları Romalılar döneminde İtalya'nın güney yamaçlarında görülmüştür. Açılan çukuların üstü şeffaf malzemelerle kapatılarak örtü altı meyve ve sebze yetiştiriciliği başlamıştır. Roma

imparatorluğunun yok olmasıyla birlikte bu tekniklerin çoğu ortadan kaybolmuştur. Sera çalışmalarının tekrar başlaması 15. ve 18. Yüzyılları bulmuştur. 1545'te Padua'da ilk botanik bahçesinin açılmasının ardından sera çalışmaları tekrar başlamıştır. Fransa, İngiltere ve Hollanda'da evlerin güney cephelerinde uygulanmıştır ve kış aylarında bitkiler bu alanda tutulmaktaydı. Fakat bu sera yapısı tuğla ve taştan oluşmaktaydı ve pencere kullanılmamıştı. Bu da güneş enerjisinden yeterli verim alınamamasına sebep olmaktadır. Zamanla pencere alanları genişletilmiş ve çatıdan başka duvarlara pencereler açılmıştır (Von Elsner, vd. 2000).

Ticari amaçlı seralar ilk kez 19. yüzyıllarda ortaya çıkmıştır. Birinci dünya savaşından sonra ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte büyük ivme kazanmıştır. Otomasyon sistemlerinin de geliştirilmesi seracılık faaliyetlerini arttırmış ve otomatik sulama, gübreleme, ısı, nem, aydınlatma, pencerelerin açılması, yağmur bilgisi gibi iklimsel etkileri kolaylıkla kontrol edip reaksiyon almaya sebep olmuştur.

## 2. Sera Çeşitleri

Sera, ihtiyaçlar doğrultusunda kullanım alanı, sıcaklık, ürün yetiştirme çeşidi ve kullanım amacı gibi birden fazla ihtiyaca göre yapılandırılabilir.

**Sıcak sera:** Sıcaklığı seven Ekvator ve tropik bitkilerin yetiştirildiği sera çeşididir. Bu seralarda sıcaklık genellikle 30°C ve civarında tutulur. Sıcaklığın 18°C'nin altına düşmesi tehlikeli olduğundan sağlıklı bir ısıtma sistemi gerektirmektedir. Aynı zamanda ortam neminin de belirli bir seviyede tutulabilmesi için bol suya ihtiyaç duymaktadır.

**Ilık sera:** Sıcaklığın 10°C ile 20°C arasında tutulduğu sera tipidir. Avusturya ve Güney Çin bölgelerindeki bitki çeşitleri için uygundur.

**Soğuk sera:** Don etkilerinden ve sıcaktan etkilenen bitkilere uygun sera türüdür. Sıfırın hemen üstündeki sıcaklıklarda muhafaza edilir. Soğuk seralar tohumculukta soğuklatmak ve yapay yoldan çiçek açtırmak için kullanılır. Sera içi sıcaklığı 0°C ile 10°C arasında değişmektedir.

**Toprak içi sera:** Genellikle üretim amaçlı seralarda bu tip sera kullanılır.

**Üretim seraları:** Fide ve bitki yetiştiriciliğinin sık yapıldığı yerlerde rastlanmaktadır. Isıtma işlemi böyle seralarda genellikle sera altından yapılmaktadır. Çoğunlukla cam ile çevrelenmiş yapılardan meydana geldiğinden kurulum maliyeti yüksektir. Halk arasında camekan olarak bilinen eğik cam yapılarda bitki yetiştiriciliği yapılmaktadır.

### **3. Otomatik Seranın Avantajları**

Bu tür seraların kurulum maliyeti yüksek olmasına karşın üretimdeki verime direkt katkısı, işçi maliyeti, enerjinin verimli kullanılması, zamandan tasarruf gibi parametreler göz önüne alındığında üretici için büyük avantajlar sağlamaktadır.

Ayrıca otomatik kontrol moduna alındığında seraya günlerce uğranmasa dahi otomasyon sistemi devrede olacağından herhangi bir aksaklık yaşanmayacaktır. Eşik değerleri değiştirilmek istendiği takdirde bluetooth veya Wifi ağı üzerinden sisteme bağlanıp eşik değerleri değiştirilebilir ve tekrar sera otomasyonuna kontrol bırakılabilir.

Sera içindeki bitkiler kaynaklardan optimum derecede faydalanacağı için verim de yüksek olacaktır. Sıcaklık, nem, ortam nemi gibi kritik parametrelere anlık tepki verebilmesi sayesinde insan kaynaklı hatalardan kurtulup hata oranını minimize etmektedir. Bu sayede akıllı sera otomasyonuna sahip seralar klasik tarıma göre 10 kat daha fazla verime sahip olmaktadır (Ciğer, 2010).

### **C. Sera Otomasyonu**

Üretimi belirlenen ürün için ekim, çimlenme ve gelişme gibi aşamalarda istenen sıcaklık, toprak nemi, ortam nemi ve sulama sıklığı değerleri bellidir. Ortam parametrelerini istenen değerlerde tutmak için sensörlerden ve bu sensörlerin sinyal gönderip tetiklediği su pompası, fan ve servo motor gibi ekipmanların yer aldığı ve mikrodenetleyici vasıtasıyla kontrol edildiği seralar için özel geliştirilen sistemlerdir.

Serada üretimi gerçekleştirilen bitkinin ekimden ürünün toplanma aşamasına kadar olan zaman diliminde ortamın optimum iklimsel değerlerde kalmasını sağlamaktadır. Bu iklimsel değerlerin optimum değerlerde tutulması

için sıcaklık, nem ve sulama sıklığı gibi değerlerin sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Sera ortamında bulunan sensörlerden elde edilen verileri algılayıp su pompası, fan ve servo motor gibi ekipmanların devreye girip çıkmasını sağlayan ve ortam değerlerini kontrol altında tutmaya yarayan yazılımsal ve donanımsal sistemlere sera otomasyonu adı verilmektedir.



Şekil 3. Sera otomasyon sistemi

### 1. Havalandırma

Toprağın sulanmasıyla birlikte içeride oluşan su buharı ortamdaki nem miktarını arttırmaktadır. Ortamdaki nem miktarı belirli bir seviyeye kadar bitki için olumlu etki yaratsa da belirli bir seviyeden sonraki nem hem ortam sıcaklığını fazla yükseltmektedir hem de bakteri ve mantar üremesine sebep olmaktadır.

Bu sebeple yetiştirilen bitkinin türüne göre nem ve sıcaklık eşik değerleri belirlendikten sonra sensörlerden elde edilen veriler doğrultusunda fan devreye girecektir ve ortam nemini ve sıcaklığını dengeleyecektir.



Ayrıca bir miktar esinti bitki için faydalı olmaktadır. Bitkinin yapraklarını hareketlendirecek yaprak bulunan dallarını kıpırdatan ufak esintiler bitki gelişimi için olumlu etki yaratacaktır.

## **2. Soğutma**

Sera, genel olarak kendi sıcaklığını koruyan kapalı tarım alanı olarak tanımlanabilmektedir. Fakat özellikle güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak ve sıcak yaz aylarında sera içi ortam sıcaklığının fazla yükselmesiyle ortamın pencere yardımıyla havalandırılıp sıcaklık dengesinin korunması gerekmektedir. Pencere normal şartlar altında açık kalabileceği gibi sera dışında bulunan yağmur sensörü vasıtasıyla dış ortamda gözlemlenen bir yağmur durumunda pencereleri otomatik olarak kapatmaktadır. Böylece sera sulama için belirlenen değer dışında ekstra bir sulama yapılmayacak ve ortamdaki sıcaklık dengesi sağlanacaktır.

## **3. Sulama**

Doğa üzerinde var olan tüm canlıların suya ihtiyaç duyduğu düşünülürse büyük bir kısmı sudan oluşan bitkiler için de durum aynı olmaktadır. Bitki gelişimi için suyun ve optimum sulamanın önemi büyüktür.

Tüm bitkiler için önemli olan sulama işlemi her bitki için eşit değildir. Üretimi yapılacak bitki için belirlenen toprak nemi değerine göre sulama yapılmaktadır. Seçilen su pompası yardımıyla bitki için belirlenen toprak nemi eşik değeri sağlanana kadar bitki sulanacaktır. Böylece optimum derecede sulama yapılacak ve böyle hem sudan tasarruf yapılacak hem de bitkinin ihtiyacından fazla sulama önlenmiş ve bitkinin çürümesinin önüne geçilmiş olacaktır.

Dünya nüfusunun hızla artması sonucu tüketim artmakta ve temel yaşam kaynağı olan suyun tüketimi de artmaktadır. Suyun verimsiz kullanılması ve israf edilmesinin önüne geçilmektedir.

## **D. WiFi Haberleşmesi**

Akıllı sera otomasyon sisteminin kontrolünün gerçekleşeceği veri aktarım ortamlarından biri lokal WiFi ağıdır. Mikrodenetleyici kart üzerinden ortamda bulunan WiFi ağına bağlanan kontrol sistemi sayesinde internet tarayıcısı

üzerinden tüm veriler kontrol edilebilir ve istendiği takdirde tam otomatik veya manuel olarak çalıştırılabilir.

## **1. WiFi Çalışma Prensipleri**

Bir kablosuz bağlantı ağı olan Wi-Fi sistemi, radyo frekansı ile çalışmaktadır. Cihazlar arasında WiFi bağlantısının sağlanabilmesi için modem veya ağ oluşumunu destekleyen benzeri bir cihaz gerekmektedir. Bilgisayar, telefon ve tablet gibi cihazlar, gelen sinyali çözümleyerek veri oluştururlar. Wi-Fi ise ortamda bulunan cihazların çözümleyebileceği frekansta sinyal yayarak kablosuz ağ oluşturmaktadır. Böylece WiFi ağına bağlanabilen cihazlar arasında bir bağlantı oluşturmaktadır. WiFi ile bağlantı yapılırken cihazlar arası iletişimin korunması için şifreleme gerekmektedir ve bu şifreleme işlemi güvenlik protokolleri sayesinde yapılmaktadır. Şu an en çok kullanılan ve güvenli bulunan şifreleme metodu ise WPA2'dir.

## **2. WiFi Tarihi**

1970'lerin başlarında Hawaii Üniversitesi'nde oluşturulan ALOHAnet bu bağlamdaki ilk ağıdır. Kablosuz haberleşme teknolojisinin geliştirilmesi için kablosuz ağ sisteminin temelleri atılmıştır. 1997 yılında 802.11 standardı piyasaya sürülmüştür. 1999 yılında Cisco firmasına ait Aironet ve diğer 5 firma ile toplam 6 adet teknoloji şirketi Kablosuz Ethernet Uyumluluk İttifakı'nı (WECA) oluşturdu. 2002'de WECA adını Wi-Fi Alliance olarak değiştirdi. 1999'da Wi-Fi standardı olarak kullanılacak ilk standart 802.11b tanıtıldı. Kullanım ve hız bakımından 802.11'den daha iyi olduğu kabul edilen 802.11b WiFi için dönüm noktası olarak öngörülmüştür. 1999-2000 yıllarında ticari olarak kullanılmaya başlanmış ve bilgisayarlarda özellik olarak eklenmiştir. 2002 yılında Cisco firması diğer ürünlerinkendi kablosuz ağıyla birlikte sorunsuz bir şekilde çalışabilmesi için Cisco Uyumlu Uzantılar Programı (The Cisco Compatible extensions free license program) piyasaya sürdü. 2004 yılında yolculara WiFi imkânı sunan ilk uçuş gerçekleştirildi. 802.11n standardı 2009 yılında Wi-Fi 4 teknolojisi ile uyumlu olacağı açıklandı. 802.11n, MIMO teknolojisiyle birlikte aktarım hızlarında artış sağladı. Bu sayede daha fazla antenin daha fazla veri aktarımına olanak sunmaktadır. Maksimum aktarım hızı da yaklaşık olarak 9 katına çıktı. (54-450 Mbps) 2010'da Cisco CleanAir teknolojisini, Aironet 3500

Access Point serisine monte etti. Bu sayede kullanıcılar uygun olan kanallara yönlendirildi ve iletişimdeki parazitlerin algılanması kolaylaştırıldı. 2011 yılında dünya çapındaki “Wi-Fi hotspot” (kamusal alanda kablosuz yerel ağdan internete erişim sağlayan bölge) sayısı 1 milyonu aştı. 2012 yılında ise artık her dört evden biri WiFi ağına bağlı hale geldi. 2013’te ise 1 Gbps’in üzerine çıkan 802.11ac standardı tanıtıldı. 2015 yılında ise bağlantısının insan ve gündelik yaşam için önemi gözler önüne serildi. International Data Corporation’ın araştırmasında, Wi-Fi gıdadan sonra insanların en büyük ihtiyacı olan ikinci şey çıktı. Katılımcıların yüzde 18’lik bir kısmı ise WiFi’yı birinci tercih olarak belirtmiştir. 2018’de Wi-Fi teknolojisinin küresel ekonomik değeri 2 trilyon dolara ulaştı ve dünya çapındaki WiFi cihazı sayısı 13 milyar olarak ölçülmüştür. Bu da kişi başına neredeyse 2 Wi-Fi cihazı düşmesi anlamına geliyordu. 2019 yılında 5 Gbps hızlara ulaşan Wi-Fi 6 tanıtıldı. 5G ağları ile aynı temel üzerine inşa edilen ve tamamlayıcı teknolojiler olarak tanımlanan Wi-Fi 6, daha kolay bir kullanım sunmakla birlikte internet bağlantısı yapabilen cihazların bataryalarını da korumaktadır. Hemen ardından Cisco hücresel ağ ve WiFi ağı arasında problemsiz geçiş yapabilen “OpenRoaming” projesini tanıttı. 2021 yılında Cisco’nun araştırmalarına göre dünya çapında hotspot sayısı 2 yıl içerisinde 500 milyonu geçmesi düşünülmektedir. Tahmin edilen bu sayı 10 yıl öncesindeki hotspot sayısının 500 katı olmaktadır. Günümüzde ortalama bağlantı hızları ise 54,2 Mbps olarak ölçülürken bu değer 2017’de 24,4 Mbps olarak ölçülmüştü (hürriyet.com.tr, 2022).

## **E. Bluetooth Haberleşmesi**

Akıllı sera otomasyon sisteminin kontrolünün yapılacağı bir diğer veri aktarım ortamı ise Bluetooth teknolojisidir. Tamamen aynı özelliklere sahip bir diğer mikrodenetleyici kart ile bluetooth ortamında android telefon üzerinden sisteme bağlandıktan sonra sistemin otomatik veya manuel olarak çalıştırabilir, üretimi yapılacak her bitki için farklı eşik değerleri belirlenebilir.

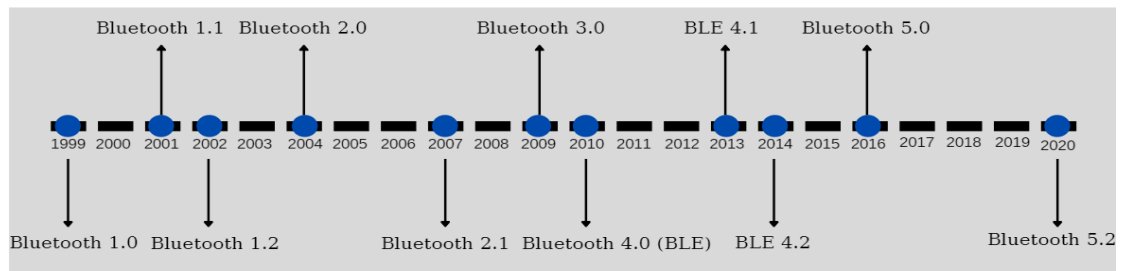
### **1. Bluetooth Çalışma Prensipleri**

Bluetooth kablosuz bir şekilde RF (Radyo frekansı) sayesinde cihazların birbiriyle haberleşmesine imkân tanıyan bir teknolojidir. Bluetooth 2.4 GHz

frekans bandında çalışmaktadır. Bluetooth özelliği olan cihazlar arasında senkronizasyon sağlamak ve veri aktarımı yapmak için kullanılmaktadır Bluetooth teknolojisi sayesinde ortamda bluetooth özelliği bulunan cihazlar ile telefon, bilgisayar gibi kontrol ekipmanlarıyla iletişim halinde olabilir ve bu sayede kablosuz bir şekilde kontrol imkânı sağlamaktadır.

## 2. Bluetooth Tarihçesi

Bluetooth teknolojisinin ilk spesifikasyonu 1999 yılında ortaya çıkmıştır. SIG (Special Interest Group) 'nin ilk önceliği bu ilk versiyonu geliştirmektir. Bluetooth teknolojisinin ilk versiyonları 1.1 ve 1.2 arka arkaya 2001 ve 2002'de tanıtılmıştır. Uzun süre kullanılacak olan Bluetooth 2.0 ise 2004 yılında kullanıcıyla buluşmuştur. Günümüzde bu versiyon özelliğiyle çalışan Bluetooth kulaklık benzeri cihazlar bulunmaktadır. 2009 yılına kadar kullanılan bu versiyondan sonra Bluetooth 3.0 tanıtılmıştır fakat bu versiyondan hemen sonra Bluetooth 4.0 versiyonu piyasa sürülmüştür. 2010 yılında ise IoT teknolojisi için büyük bir adım olan Bluetooth Low Energy (BLE) tanıtılmıştır. Düşük güç tüketimi sayesinde küçük çaplı projelerde dahi Bluetooth kullanımına imkân tanımıştır. 2013 yılına gelindiğinde BLE 4.1 ve 2014 yılında ise BLE 4.2 versiyonu tanıtılmıştır. Bluetooth 5.0 versiyonu ise büyük değişiklikleriyle birlikte 2016 yılında tanıtılmıştır. Son olarak 2020 yılında Bluetooth 5.2 versiyonu kullanıcıyla buluşturulmuştur ve güncel son versiyon da Bluetooth 5.2 versiyonudur (Ergün, 2019).



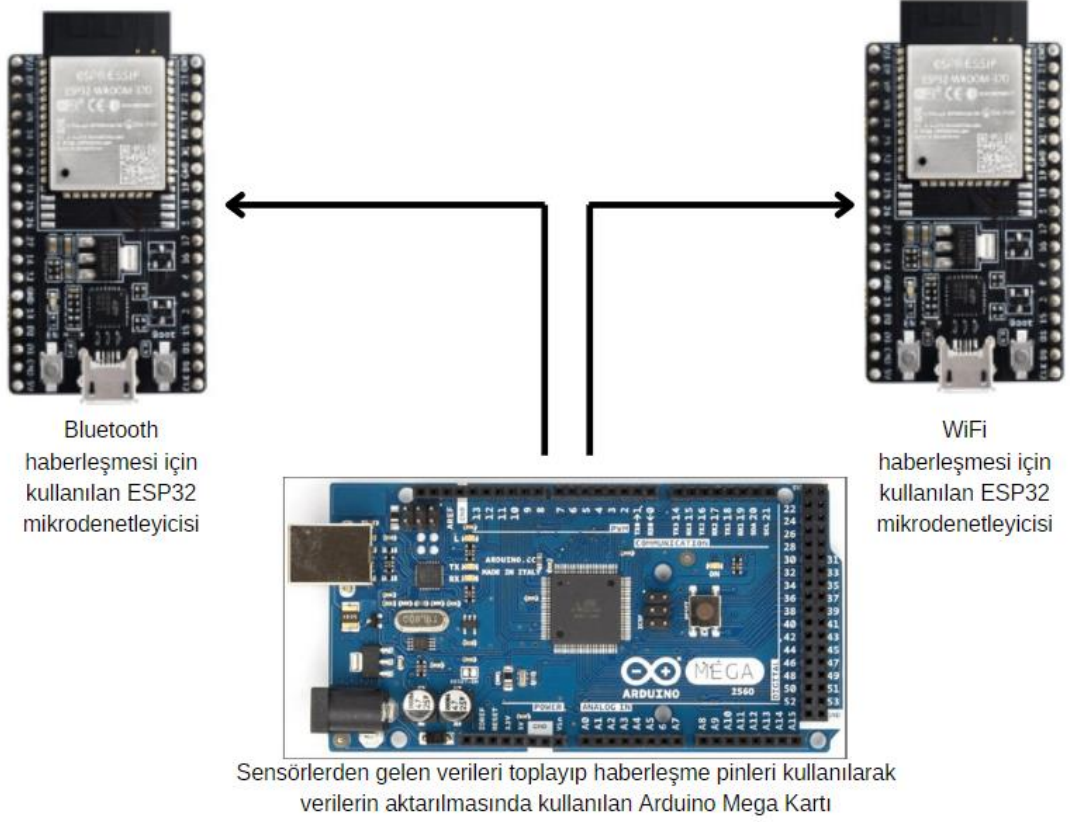
Şekil 4. Bluetooth teknolojisinin gelişimi

### **III.DONANIM**

İki farklı veri aktarım sisteminin kıyaslanabilmesi için bu veri aktarım sistemlerinin kullanıldığı bir prototip oluşturulması gerekir. Bu bölümde oluşturulan prototipte kullanılan donanım ve devre tasarımlarının tanıtımı, açıklamaları ve devrede kullanım şekilleri gösterilmektedir.

#### **A. Mikrodenetleyici Kartları**

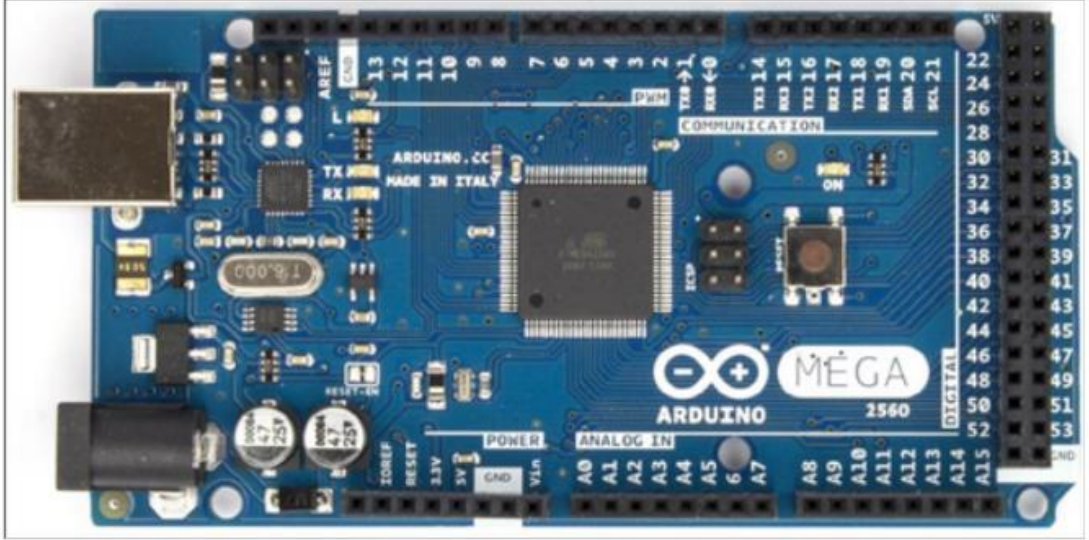
Oluşturulan devrede iki farklı veri aktarım sisteminin kıyaslaması yapılacağı için kullanılan veri aktarım sistemleri dışındaki parametrelerin eşit olması gerekmektedir. Bu sebeple sensörlerden elde edilen verileri Arduino Mega 2560 kartı ile topladıktan sonra bu verileri 2 adet tamamen aynı özellikte ESP32-WROOM-32D mikrodenetleyici kartı ile paylaşmaktadır. Seri haberleşme pinleri olan RX ve TX pinleri üzerinden aldığı verileri biri içerisindeki yazılım sayesinde bluetooth ortamında kullanıcı ile buluştururken bir diğer mikrodenetleyici kartı WiFi ağına bağlanıp kullanıcı ile buluşturmaktadır. Bu nedenle sistemde verileri toplamak için 1 adet Arduino Mega 2560 ve 2 adet ESP32-WROOM-32D mikrodenetleyici kartı kullanılmıştır.



Şekil 5. Mikrodenetleyici kartların bağlantı şekli

### 1. Arduino Mega 2560 Mikrodenetleyici Kartı

Arduino Uno ile kıyaslandığında çok daha fazla pin sayısına ve veri aktarım pinine sahip Arduino serisine ait bir mikrodenetleyici kartıdır. Oluşturulan prototipte Arduino Uno kartı yerine Arduino Mega 2560 kartının kullanılmasının sebebi Arduino Uno seri haberleşme pini olan RX ve TX pinlerine 1 adet sahip olmasıdır. Projede 1 adet WiFi ortamında 1 adet Bluetooth ortamında veri aktarımı yapılacağı için bu pinlerden en az 2 adet olması gerekmektedir. Bu sebeple Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartı seçilmiştir.



Şekil 6. Arduino Mega 2560 mikrodnetleyici kartı

#### a. Arduino Mega 2560 Teknik Özellikleri

- Mikrodnetleyicisi: ATmega2560
- Uygun çalışma gerilimi: +5 V DC
- Tavsiye edilen besleme gerilimi : 7 - 12 V DC
- Besleme geriliminin sınırları: 6 - 20 V
- Dijital pinler : 54 adet (15 tanesi PWM çıkışı desteği sunar)
- Analog pinler: 16 adet
- Pin başına DC akım: 40 mA
- 3,3 V pini için maks akım: 50 mA
- Flash hafıza : 256 KB
- SRAM : 8 KB
- EEPROM : 4 KB
- Frekans : 16 MHz

#### b. Arduino Mega 2560 Besleme

Arduino Mega 2560 mikrodnetleyici kartı bir USB kablo ile bilgisayardan veya DC bir güç kaynağı sayesinde bunun için belirlenen pinlerden veya güç girişlerinden beslenebilir. DC güç kaynağı kullanılacaksa pozitif-negatif

kutuplara dikkat edilip doğru bağlantı yapıldıktan sonra Arduino Mega 2560'ın güç girişinden besleme yapılabilir. Pil veya batarya kullanılacaksa kutup uçları güç konnektörünün GND ve Vin pinlerine bağlanmalıdır. Arduino Mega 2560, 6 V- 20 V sınırları arasında bir güç kaynağı ile enerjilendirilebilir. Fakat 7V ve altında bir voltaj ile kartı beslemek kart içerisinde bulunan gerilim regülatörlerinin düzgün çalışmamasına sebep olabilir ve 5V pininden 5V'tan daha düşük değerler görülebilir. Aynı zamanda 12V ve üzeri bir voltajla kartı beslemekte kartta regülatörlerde fazla ısınmaya sebep olabilir ve karta zarar verebilir. Bu sebeple herhangi bir problemle karşılaşmamak için önerilen gerilim 7-12V aralığı olarak belirlenmiştir.

**Vin** : Arduino Mega 2560 kartına dışarıdan güç verilerek çalıştırılacağı durumlarda kullanılan pindir.

**5V** : Arduino içerisinde bulunan gerilim düzenleyici sayesinde 5V çıkış vermektedir. Güç girişinden 7-12V DC, USB girişinden 5 V ile ya da **Vin** pininden 7-12 V ile beslenebilmektedir. **5V** ve **3.3V** pininden gerilim beslemesi yapmak kart için zararlı olabileceği gibi tavsiye edilmemektedir.

**3.3V** : 5V pini gibi gerilim düzenleyici sayesinde 3,3V çıkış verebilmektedir. Bu pinde en çok 50mA akım çekilebilmektedir.

**GND** : Topraklama hattının olduğu pindir.

**IOREF** : Kart üzerinde bulunan bu pin mikrodenetleyicinin çalışma gerilimini referans olarak çalışmaktadır. Ayarlamaları yapılmış bir shield IOREF pin gerilimini algılayarak uygun beslemeyi belirtebilir veya Arduino üzerinde bulunan 3,3V ve 5V gerilim düzenleyicilerini aktif edebilmektedir.

### c. c. Arduino Mega 2560 Pin Bağlantıları

Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartının üzerinde 54 adet dijital giriş-çıkış pini bulunmaktadır. Bu pinlerin tamamı, pinMode(), digitalWrite() ve digitalRead() komutlarıyla yazılımsal olarak giriş veya çıkış olarak tanıtılabilir. Bu pinlerin tamamı 5V ile çalışabilir ve tüm pinler maksimum 40 mA sağlayabilmektedir. 20-50 KOhm dahili pull - up dirençleri vardır. Ayrıca bazı pinlerin özel fonksiyonları vardır:

- **Serial:** Rx (0 pini) Tx (1 Pini)



- **Serial 1:** Rx (19 pini) Tx (18 Pini)
- **Serial 2:** Rx (17 pini) Tx (16 Pini)
- **Serial 3:** Rx (15 pini) Tx (14 Pini)

Bu pinler projede de kullanıldığı üzere seri veri aktarımı için tasarlanmıştır. Receive X pinleri veri almak için Transmission X pinleri veri göndermek için kullanılır.

**PWM: 2 - 13 , 44 - 46 :** analogWrite () komutuyla birlikte istendiği takdirde 8-bit PWM aralığı sunabilmektedir.

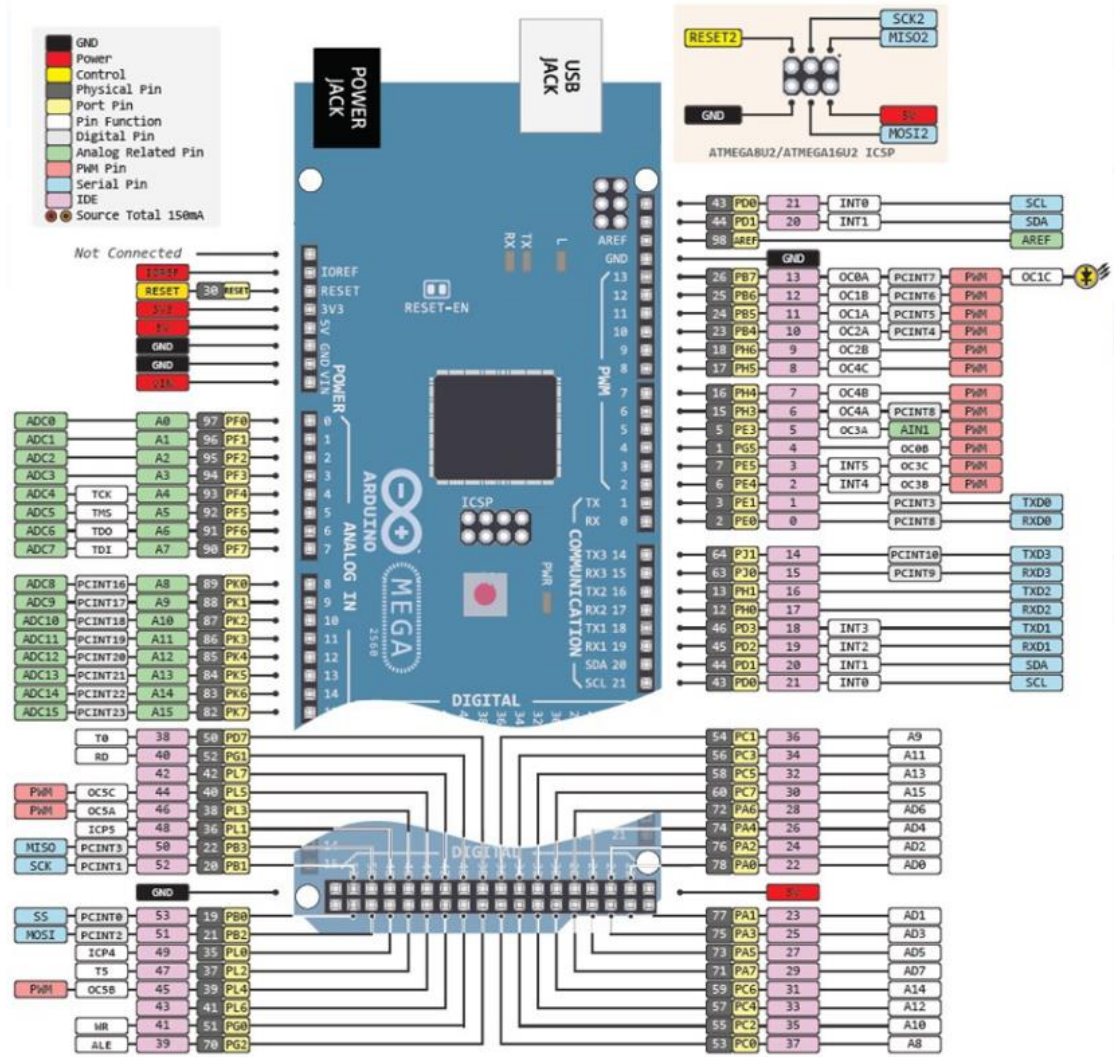
**SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) :** SPI kütüphanesi yardımıyla SPI haberleşmesinde kullanılmaya uygun pinlerdir.

**LED 13 :** 13. Pine bağlı bir led olarak görev yapmaktadır. Pin High komutuyla aktif edildiğinde bu led yanacaktır. Low komutuyla ise sönecektir.

**TWI : 20 SDA 21 SCL :** Kütüphanesi eklenerek TWI haberleşmesi oluşturulabilir. Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartının 16 adet analog girişi olmasına karşın tamamı 10 bit çözünürlüğü sunmaktadır. AREF pini ve analogReference() komutuyla birlikte normalde 5V'a kadar olan üst limit ayarlanabilmektedir.

**AREF :** analogReference() komutuyla birlikte kullanılan pindir. Analog pinler için referans gerilimi belirler.

**RESET :** Arduino kartını resetlemek için kullanılır. Projede kullanılma durumuna göre reset butonu eklenerek uygun yerleşim yapılabilir.



Şekil 7. Arduino Mega 2560 R3 Pin bağlantıları

#### d. Arduino Mega 2560 Haberleşme

Arduino Mega 2560 bir kontrolör ile başka bir Arduino mikrodenetleyici kartı ile veya bu projede kullanıldığı gibi başka mikrodenetleyici kartlarla haberleşebilmektedir. ATmega2560 mikrodenetleyicisi TTL (5V) için 4 adet seri haberleşme pini olan UART'a sahiptir. 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. Kart üzerindeki RX ve TX ledleri USB den seri çipe ve USB den bilgisayara veri giderken yanıp söner. ATmega2560, TWI ve SPI haberleşme protokollerini desteklemektedir.

## 2. ESP32-WROOM-32D Mikrodenetleyici Kartı

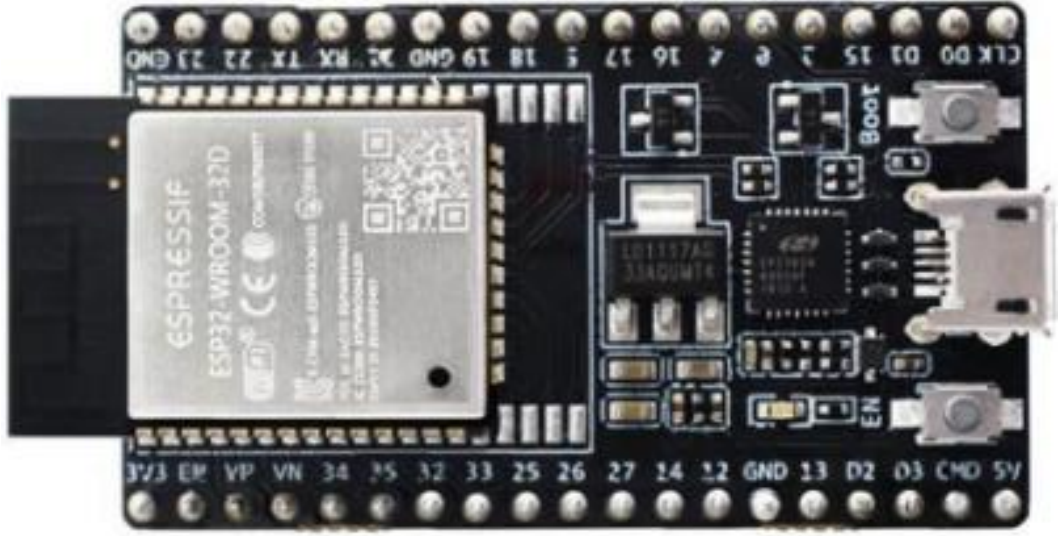
ESP32-D0WD yongası ESP32 serisinin tamamında olduğu gibi bu kartta da bulunmaktadır. İçerisinde bulunan çip ölçeklendirilebilir ve uyarlanabilir bir yapıdadır. Her biri ayrı ayrı kontrol edilebilen çift çekirdekli bir yapıya sahip olmakla birlikte CPU saat frekansı 80 MHz ile 240 MHz arasında değiştirilebilir. İstendiği takdirde CPU'yu kapatabilir ve çevre birimlerini eşiklerin değişmesi veya geçmesi için sürekli olarak izlemek adına düşük güçlü yardımcı işlemciden yararlanabilir. ESP32, dokunmatik kapasitif sensörler, Hall sensörleri, SD kart arayüzü, Ethernet, yüksek hızlı SPI, UART, I<sup>2</sup>S ve I<sup>2</sup>C'den oluşan zengin bir çevre birimi setine sahiptir.

Bluetooth, Bluetooth LE ve Wi-Fi entegrasyonu, geniş bir uygulama yelpazesinin hedef alınabilmesini ve modülün her yönden gelmesini sağlar: Wi-Fi kullanımı, geniş bir fiziksel menzile izin verir ve bir Wi-Fi üzerinden internete doğrudan bağlantı sağlar. Wi-Fi yönlendirici, Bluetooth kullanırken, kullanıcının telefona rahatça bağlanmasına veya algılanması için düşük enerjili işaretler yayınlamasına olanak tanır. ESP32 çipinin uyku akımı 5 AA'dan düşüktür ve bu durum pille çalışan ve giyilebilir elektronik uygulamalar için uygundur. Modül, en geniş fiziksel menzili sağlamak için antende 150 Mbps'ye kadar veri hızını ve antende 20 dBm çıkış gücünü destekler. Bu şekilde modül, endüstri lideri özellikler, elektronik entegrasyon, aralık, güç tüketimi ve bağlantı için en iyi performansı sunar.

ESP32 için seçilen işletim sistemi LwIP'li freeRTOS'tur; Donanım ivmesi ile TLS 1.2 de yerleşiktir. Havadan güvenli (şifreli) (OTA) yükseltme de desteklenir, böylece kullanıcılar ürünlerini piyasaya sürdükten sonra bile minimum maliyet ve eforla yükseltebilirler (empastore.com, 2022).

Devrede bu mikrodenetleyici kartın seçilmesinin de temel sebebi hem bluetooth bağlantısını hem de WiFi bağlantısını desteklemesidir. Hızlı veri aktarımına olanak sağlamasıyla birlikte kıyaslaması yapılacak iki kablosuz veri aktarım ortamını desteklemesi ve diğer tüm parametreleri eşitleyip tek farkın veri aktarım türünün farkını incelemeye olanak sağlamasıdır. Bu sayede veri aktarım hızı ve sistem tasarımındaki farklılıklar mikrodenetleyici seçimi kaynaklı

olmayacaktır. Projenin temel amacı olan iki farklı veri aktarım sistemi çok daha rahat incelenebilecektir.



Şekil 8. ESP32-WROOM-32D mikrodenetleyici kartı

#### a. ESP32-WROOM-32D Teknik Özellikleri

Üretici: Espressif

Ürün Kategorisi: WiFi Modülleri (802.11)

Desteklenen Protokol: 802.11 b / g / n

Çalışma Frekans: 2,4 GHz - 2,5 GHz

Veri Hızı: 150 Mb / s

Arayüz Türü: Seri

Çıkış Gücü: 20 dBm

Çalışma Besleme Gerilimi: 2,7 V - 3,6 V

Minimum Çalışma Sıcaklığı: -40 C°

Maksimum Çalışma Sıcaklığı: + 85 C

Boyutlar: 18 mm x 25,5 mm x 3,1 mm

Güvenlik: WPA, WPA2, WPA2-Enterprise, WPS

Seri: ESP32-WROOM

Marka: Espressif Sistemleri

Anten Bağlayıcı Tipi: PCB

Neme Duyarlı: Evet

Ürün Tipi: WiFi Modülleri

Alt kategori: Wireless ve RF Modülleri

### **CPU ve Dahili Bellek**

ESP32-D0WD, çift çekirdekli Xtensa® 32-bit LX6 MCU'ya sahiptir. Dahili hafıza şunları içerir:

- Önyükleme ve çekirdek işlevler için 448 KB ROM.
- Veri ve talimatlar için 520 KB yonga SRAM.
- RTC'de 8 KB SRAM (RTC HIZLI Bellek olarak adlandırılır) ve veri depolama için kullanılabilir; Derin uyku modundan RTC Önyüklemesi sırasında ana CPU tarafından erişilir.
- RTC'de 8 KB SRAM, buna RTC SLOW Bellek adı verilir ve Derin Uyku modunda ortak işlemci tarafından erişilebilir.
- 1 Kbit eFuse: Sistem için 256 bit kullanılır (MAC adresi ve yonga yapılandırması) ve kalan 768 bit, flash şifreleme ve yonga kimliği de dahil olmak üzere müşteri uygulamaları için ayrılmıştır.

### **Harici Flaş ve SRAM**

ESP32 birden fazla harici QSPI flaşı ve SRAM yongasını destekler. ESP32 ayrıca, geliştiricilerin programlarını ve flash verilerini korumak için AES tabanlı donanım şifrelemesini / şifre çözme işlemlerini de destekler.

ESP32, harici QSPI flaşa ve SRAM'a yüksek hızlı önbelleklerle erişebilir.

- Harici flaş CPU talimatı hafıza alanına ve aynı anda salt okunur hafıza alanına eşlenebilir.

- Harici flaş CPU talimatı hafıza alanına eşlendiğinde, bir defada 11 MB + 248 KB'a kadar haritalanabilir. 3 MB + 248 KB'den fazla eşlenirse, CPU tarafından spekülatif okumalar nedeniyle önbellek performansının düşeceğini unutmayın.

- Harici flaş salt okunur veri belleği alanına eşlendiğinde, bir seferde 4 MB'a kadar haritalanabilir. 8 bit, 16 bit ve 32 bit okumalar desteklenir.

• Harici SRAM, CPU veri belleği alanına eşlenebilir. Bir seferde 4 MB'a kadar haritalanabilir. 8 bit, 16 bit ve 32 bit okur ve yazar desteklenir.

### Kristal Osilatörler

Modül, 40 MHz kristal osilatör kullanır.

Çizelge 1. ESP32-WROOM-32D genel özellikleri

Kategori	Birimler	Özellikler
Sertifikalar	RF sertifikası	FCC/CE-RED/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC
	Wi-Fi sertifikası	Wi-Fi Alliance
Test	Bluetooth sertifikası	BQB
	Yeşil sertifika	RoHS/REACH
Wi-Fi	Güvenilirlik	HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD
	Protokoller	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) A-MPDU ve A-MSDU arasında 0.4 $\mu$ s koruma aralığı
Bluetooth	Frekans aralığı	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
	Protokoller	Bluetooth v4.2 BR/EDR ve BLE özelliklerinde cihazlar
Donanım	Radyo	-97 dBm hassasiyetli NZIF alıcı Sınıf-1, sınıf-2 ve sınıf-3 verici AFH
	Ses	CVSD ve SBC
Donanım	Modül Arayüzü	SD kart, UART, SPI, SDIO, I <sup>2</sup> C, LED PWM, Motor PWM, I <sup>2</sup> S, IR, pulse sayıcı, GPIO, kapasitif dokunmatik sensör, ADC, DAC, iki bağlantılı otomotiv arayüzü (TWAI <sup>®</sup> , ISO11898-1 belgesi ile uyumlu)
	Çip üstündeki sensör	Hall sensör
	Entegre kristal	40 MHz
	Entegre SPI flash bellek	4 MB
	Çalışma gerilimi / güç beslemesi	3.0 V ~ 3.6 V
	Çalışma akımı	Ortalama: 80 mA
	Güç kaynağı tarafından sağlanan minimum akım	500 mA
	Önerilen çalışma sıcaklığı aralığı	-40 °C ~ +85 °C
	Ürün boyutları	(18.00±0.10) mm × (25.50±0.10) mm × (3.10±0.10) mm
	Nem hassasiyet seviyesi (MSL)	3.seviye

Kaynak. (ESP32 Datasheet, 2022)

## b. ESP32-WROOM-32D Besleme

Üzerinde bulunan mikro USB girişinden besleme yapıp bilgisayara bağlayıp yazılım yüklemesi yapılabilmektedir. Mikrodenetleyici kart üzerinde 3.3V ve 5V olmak üzere 2 adet pin bulunmaktadır. Tavsiye edilmese de 5V üzerinden besleme yapılabilmektedir. Sistemde birden fazla mikrodenetleyici mevcutsa ortak 5V gerilim kaynağından bu pinlere ve GND pinine besleme verilebilmektedir. Tavsiye edilen çalışma gerilimi 3-3.6V aralığındadır.

## c. ESP32-WROOM-32D Pin Bağlantıları

Toplam 38 adet pine sahiptir. Bu pinlerin tamamı Çizelge 1’de açıklamalarıyla birlikte gösterilmiştir.

Çizelge 2. ESP32-WROOM-32D pin fonksiyonları

İsim	No.	Türü	Fonksiyonu
GND	1	P	Topraklama
3V3	2	P	Güç Beslemesi
EN	3	I	Modül etkinleştirme sinyali. High aktif anlamına gelir.
SENSOR_VP	4	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_VN	5	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
IO34	6	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
IO35	7	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
IO32	8	I/O	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768 kHz kristal osilatör girişi), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
IO33	9	I/O	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768 kHz kristal osilatör çıkışı), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
IO25	10	I/O	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
IO26	11	I/O	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RXD1
IO27	12	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
IO14	13	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, EMAC_TXD2
IO12	14	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, EMAC_TXD3
İsim	No.	Türü	Fonksiyonu
GND	15	P	Topraklama
IO13	16	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, EMAC_RX_ER
SHD/SD2*	17	I/O	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
SWP/SD3*	18	I/O	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD

Çizelge 2. (devamı) ESP32-WROOM-32D pin fonksiyonları

İsim	No.	Türü	Fonksiyonu
SCS/CMD*	19	I/O	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
SCK/CLK*	20	I/O	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
SDO/SD0*	21	I/O	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
SDI/SD1*	22	I/O	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
IO15	23	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD, SD_CMD, EMAC_RXD3
IO2	24	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
IO0	25	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, RTC_GPIO11, CLK_OUT1, EMAC_TX_CLK
IO4	26	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
IO16	27	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
IO17	28	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
IO5	29	I/O	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
IO18	30	I/O	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
IO19	31	I/O	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
NC	32	-	-
IO21	33	I/O	GPIO21, VSPIHD, EMAC_TX_EN
RXD0	34	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
TXD0	35	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
IO22	36	I/O	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
IO23	37	I/O	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
GND	38	P	Topraklama

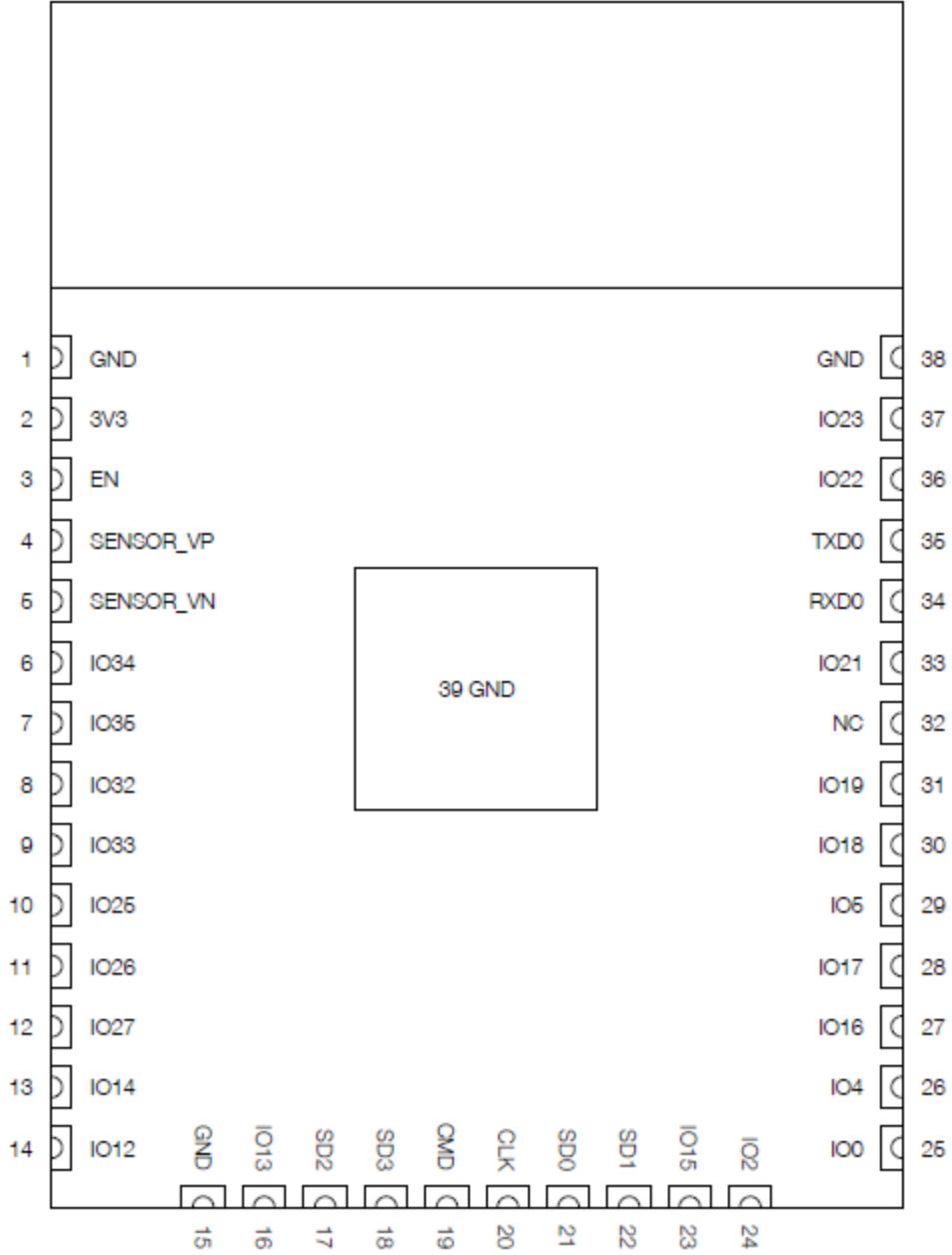
P: Power güç beslemesi

I: Input Giriş Pini

O: Output Çıkış Pini

Kaynak: (espressif.com, 2022)





Şekil 9. Pin düzeni üstten görünüm

#### d. ESP32-WROOM-32D Haberleşme

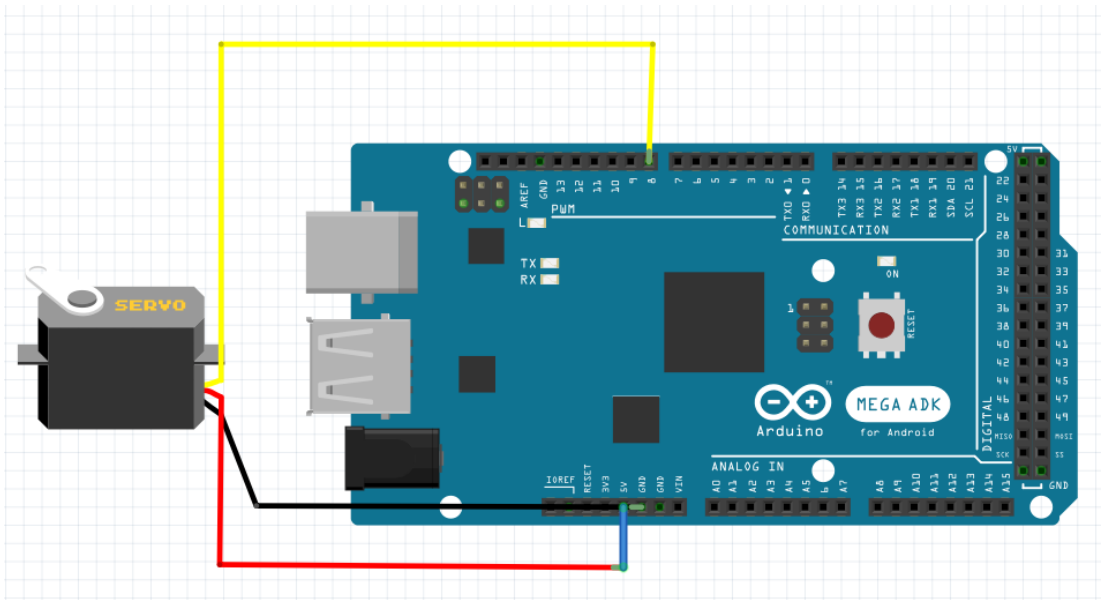
Seri haberleşmeyi destekleyen ESP32 mikrodnetleyicisi kendi türü ve diğer mikrodnetleyici kartlarla haberleşebilmektedir. Bu projede de Arduino Mega kartı ile haberleşebildiği gibi kullanılmıştır. Hızlı veri aktarımı ve çift çekirdekli olması sayesinde gelişmiş projelerde dahi kullanılabilir durumdadır.

Arduino'da da mevcut olan ADC, SPI, I2C ya da DAC gibi donanımlar ESP32-WROOM-32D üzerinde de bulunmaktadır. I2C haberleşmesi için mikrodnetleyici kartın üzerindeki tüm pinler kullanılabilir durumdadır. Ancak

Arduino IDE kullanılırken GPIO21 ve GPIO22 tanımlanmış I2C pinleri olarak ayarlanmıştır. Değiştirmek istendiği takdirde “Wire.begin()” fonksiyonuna kullanılmak istenen pinlere değer atanmalıdır. Atanan parametre Çizelge 2 üzerinden kontrol edilmelidir. GPIO36 gibi bazı pinler sadece giriş pini olarak atandığından kullanım sırasında problem çıkmaktadır.

## B. Havalandırma Sistemi

Sera ortamındaki nemin zamanla artması ve buna bağlı olarak ortam sıcaklığının sürekli yükselmesi belirli aralıkta kalması gereken ortam sıcaklığını olumsuz etkilemektedir. Havalandırmanın gerektiği bu tarz durumlarda veya kullanıcının isteği doğrultusunda havalandırmak için pencere veya havalandırma kapağı kullanılabilir. Fakat sistem otomatik kontrol moduna bırakılacaksa pencere veya havalandırma kapağının sürekli kontrolsüz açık kalması yağmur, fırtına gibi olumsuz hava şartlarında seraya zarar verebilmektedir. Bu sebeple akıllı sera otomasyon sistemine yağmur sensörü eklenmiştir. Bu sayede eğer kullanıcı otomatik kontrol modunda kullanmak isterse sistem yağmur algıladığı anda pencereleri kapatacak ve bu şekilde serayı koruyacaktır. İstendiği takdirde manuel olarak pencere açılıp kapatılabilir. Havalandırma işleminin gerçekleşebilmesi için prototip sistemde bir adet SG90 servo motor ve bir adet yağmur sensörü kullanılmıştır.



Şekil 10. Havalandırma sistemi

## 1. SG90 Servo Motor

Havalandırma işleminin yapılabilmesi için pencerenin kontrol edilebilebilmesi gerekmektedir. Servo motor yardımıyla pencere kontrolü yapılmaktadır. Akıllı sera otomasyonunun basit bir prototipi gerçekleştirildiğinden yüksek değerlerde tork gerektiren bir servo motora ihtiyaç duyulmamıştır. Genel olarak SG90 servo motorun özellikleri şöyledir:

- Tork: 0-5kg/cm
- Ürün Boyutları: 23 x 12 x 29 mm
- Ürün Ağırlığı: 9 gram
- Uygun çalışma voltajı: 4.8- 6.0 VDC
- Hızı: 4.8V: 0.1 sn/60°
- Zorlanma Torku: 6V: 1.8 kg.cm
- Dişli yapısı: Plastik
- Dönebildiği açı limitleri: 0-180°
- PWM sinyali: 500-2400  $\mu$ s

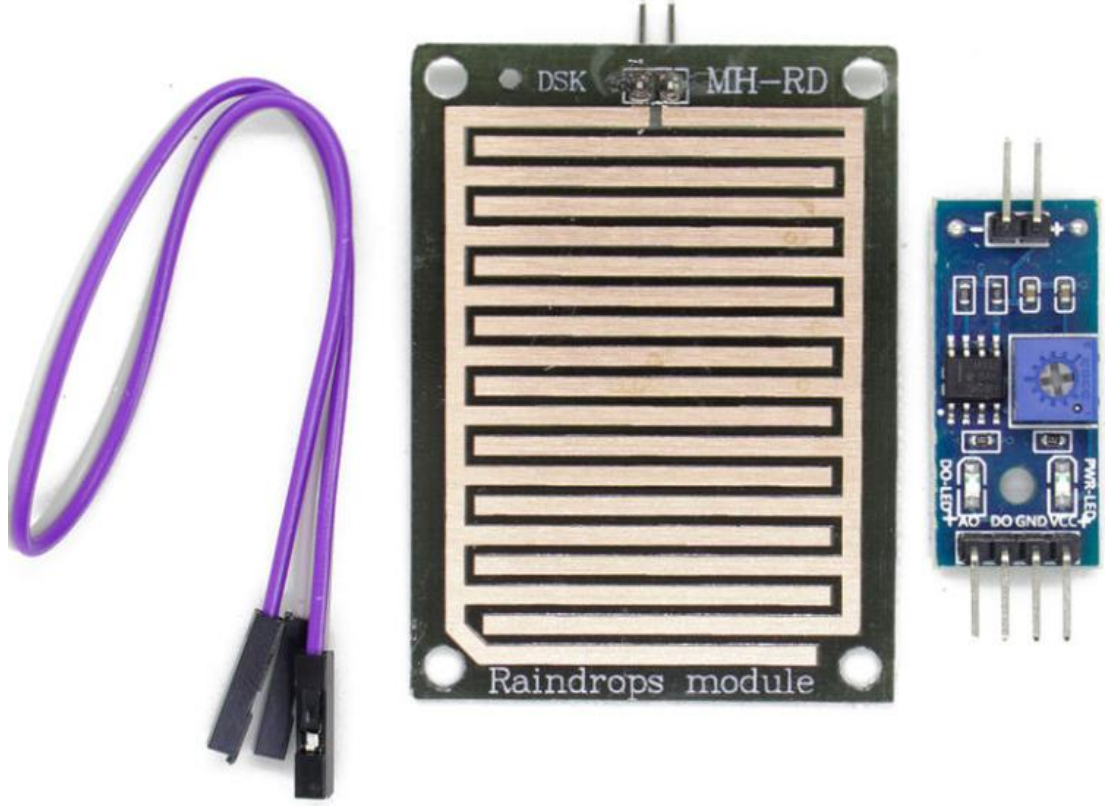


Şekil 11. SG90 Servo Motor

## 2. Yağmur Sensörü

Yağmur sensörü, üzerinde bulunan iletken yolların su ile teması sonucunda çıkışında oluşan analog bir değer ile sinyal göndermektedir. Bu çalışmada Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartı ile çalıştırılmış olsa da birçok kart ile çalışabilmektedir. Kullanılan modül sayesinde hem analog hem de dijital çıkış verebilmektedir. Kullanılmak istenen duruma göre istenirse A0 pini kullanılarak analog değer istenirse D0 gibi bir dijital pin kullanılarak dijital değer elde edilebilir. Bu sayede yağmur sensörü üzerindeki yağmuru ve şiddeti ölçülebilir. Modül üzerinde bulunan pot sayesinde sensör hassasiyeti ayarlanabilir. Yağmur sensörünün teknik özellikleri şu şekildedir:

- Çalışma akımı 20 mA'den azdır
- Kullanım süresi uzundur
- Üzerinde bulunan pot ile hassasiyet ayarı yapılabilir
- Tavsiye edilen çalışma gerilimi: 3.3V-5V
- Çıkış: Analog A0 ve Dijital 0 ve 1 olarak alınabilir
- Sabitlemek için boşluklar
- PCB boyutu: 3.2cm x 1.4cm



Şekil 12. Yağmur sensörü

### C. Soğutma Sistemi

Akıllı sera sistemlerinde belirlenen ortam sıcaklığının korunması en önemli unsurlardan biridir. Tüm bitkiler için eşit şartlar yeterli olmadığı gibi yüksek sıcaklık her bitkiye zarar vermektedir. Aynı zamanda sulamadan kaynaklı ortamda bulunan nemin artacağı hesaba katılırsa nemden kaynaklı bir sıcaklıkta meydana gelecektir. Ortam sıcaklığını ve nemini tek bir sensörde ölçebileceğimiz için bu çalışmada DHT11 sıcaklık ve nem sensörü kullanılmıştır. Böylece kullanıcı ortam sıcaklığına göre fan durumunu belirleyebilirken ortam nemini de güncel olarak belirlenen arayüzlerden kontrol edebilecektir. Kullanıcının Android program aracılığıyla belirlediği eşik değeri bu konuda belirleyici olacaktır. Bitkiden bitkiye değişkenlik göstereceği için kullanıcıya eşik değeri tanımla opsiyonu tanımlanmıştır. Ortam sıcaklığı belirlenen bu eşik değerine ulaştığında akıllı sera sistemini soğutma işlemi gerekmektedir. Bu işlem de 12V 60x60x25 mm 0,2 A fan yardımıyla yapılmaktadır. Bu sayede ortamdaki sıcaklık kullanıcının belirlediği sıcaklık aralığında kalacak ve bitkiye zarar vermeyecektir.

İstendiği takdirde manuel olarak çalıştırılabileceği gibi otomatik kontrol modunda da belirlenen aralıklarda işlevini yerine getirecektir.

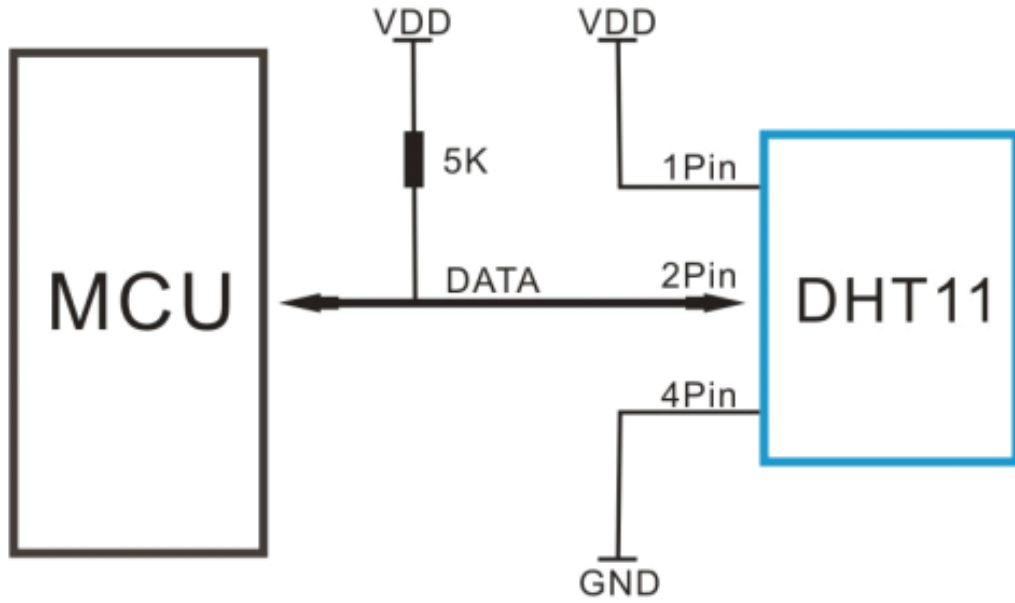
## 1. DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü

Bu çalışmada ortam sıcaklığını kontrol edebilmek adına D-Robotics firmasına ait DHT11 sensörü kullanılmıştır. Bunun temel sebebi bitkiler için sıcaklığın kritik bir rol oynamasının yanı sıra aynı zamanda ortam nemi de çok önemli bir faktördür. Bu sensör sayesinde aynı anda hem ortam sıcaklığı hem de ortam nemi kullanıcıya anlık olarak bildirilebilecektir. Ortam sıcaklığı kritik seviyelere çıkmasa da kullanıcı ister web tarayıcısından isterse Android uygulama üzerinden ortamın nem takibini de yapabilecek ve bu sayede istediği zaman manuel olarakta fanı çalıştırıp ortamın i dengesini koruyabilecektir.



şekil 13. DHT11 Pin ıkışları

- Ortam sıcaklığını ve nemini ölçebilir
- Sıcaklık aralığı: 0 ile 50 °C
- Nem aralığı: % 20-90
- Akım aktifken: 0.5mA (2.5mA max.)
- Akım bekleme modundayken: 100uA (150uA max.)
- Çalışma Gerilimi: 5V
- Ürün boyutu: 25x16x7 mm
- Ürün ağırlığı: 9 gram



Şekil 14. DHT11 sıcaklık ve nem sensörünün uygulaması

Kaynak: (DHT11 Datasheet, 2022)

## 2. 12V Fan

DHT11 sıcaklık ve nem sensörü ile algılanan veriler sonrasında eğer akıllı sera otomasyonu otomatik kontrol modundaysa belirlenen eşik değerine ulaştığı an 12V DC fan çalışmaya başlayacaktır. Çalışma prototip olduğundan çok büyük fanlara ihtiyaç duyulmamış ve bu fan ile fan sıcaklığının korunabildiği gözlemlenmiştir. Kullanıcı istediği takdirde fanı manuel olarak çalıştırabileceği gibi otomatik kontrol modunda belirlenen sıcaklık değerine ulaştığında kendisi de aktif olacaktır. Fanın çalışması ortam sıcaklığına bağlı olduğundan çalışmanın soğutma sisteminde 12V DC fan ve DHT11 sıcaklık sensörü birlikte görev almaktadır.



Şekil 15. 12V DC fan

- Çalışma gerilimi: 12V DC
- Çalışma akımı: 0,2A
- Boyutları: 60x60x25mm
- Fırçasız fan

#### **D. Sulama Sistemi**

Sera sistemlerinin en kritik noktası sulama olabilmektedir. Akıllı sera için de klasik seralar için de sulama ortamdaki bitkiler için en kritik faktör olmaktadır. Akıllı sera otomasyonlarında ise ayrıca sulama sürekli ve sabit hızda olacağından bitkinin bulunduğu toprağın neminin sürekli aynı değerde kalması hedeflenmektedir. Sulama işleminin kontrolü bu çalışmada toprak nem sensörü sayesinde yapılmaktadır. Bitki için belirlenen toprak nemi sensör yardımıyla ölçülerek mikrodenetleyici karta gönderilmektedir. Kartta belirlenen eşik değeriyle kıyaslaması yapılan değer eksik görüldüğü takdirde su motoru vasıtasıyla sulama işlemini gerçekleştirmektedir. Belirlenen değere kadar sulama yapıldıktan sonra toprak neminin istenen değere ulaştığı tespit edildiğinde sulama işlemi durdurulacaktır. Bu işlem kullanıcı istediği zaman manuel olarak gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca her bitki için nem seviyesi eşit olmadığından



kullanıcı toprak nemini kullanıcı arayüzünden belirleyebilir ve sistemi belirlenen eşik değerine göre otomatik sulamaya bırakabilir. Manuel olarak istendiği zaman tekrar sulama yapılabileceği gibi eşik değeri her zaman değiştirilebilir ve tekrar otomatik kontrol moduna alınabilir. Böylece gereksiz sulama yapılmasının önüne geçilebilmekte ve sulamadan kaynaklı bitkinin zarar görme ihtimali minimuma indirilmektedir. Bu sayede suyun israf olmasının önüne geçilir ve bitki üretiminde verim yükseltilebilmektedir.

## 1. Toprak Nem Sensörü

Toprak nem sensörü, toprak içerisindeki nem oranını algılayabilmek için kullanılan bir sensördür. Sensörün ucu sivri kısmı toprağa batırılarak toprak nemini algılaması prensibiyle çalışmaktadır. Kapasitif bir nem sensörü olduğu kapasitif algılama ilkesiyle çalışmaktadır. Klasik dirençli toprak nemi algılama sensörlerine oranla çok daha uzun ömürlüdür ve aşınmaya maruz kalmaz. Basitçe bağlanabilmesinin yanında Arduino ile tamamen uyumludur ve diğer mikrodenetleyici kartlarla birlikte çalışabilmektedir. Sensör Arduino çıkış pinleri olan 3,3V ve 5V ile çalışabileceği geniş bir çalışma gerilimi aralığına sahiptir. Raspberry Pi gibi ufak bir kontrolör ile çalışabilmesi için ADC (dijital sinyal için analog sinyal) dönüştürme komponenti gereklidir. Sensör analog çıkış verdiği için dolayı bu çalışmada analog pin girişiyle birlikte kullanılmıştır.



Şekil 16. Toprak nem sensörü görseli

### Kapasitif Toprak Nem Sensörü Özellikleri

- Çalışma gerilimi: 3,3V-5V DC

- Çıkış gerilimi: 0-3V DC
- Ürün Arayüzü: PH2.54-3P
- Ürün boyutu: 98x23mm

## 2. Su Motoru

12V DC su motoru su deposundan sisteme su aktarmak için kullanılmaktadır. Arabalarda sileceklerde kullanılan su motorunun aynısıdır. Sistem otomatik kontrol moduna alındığı zaman toprak nem sensörünün algıladığı veriyle birlikte hareket etmektedir. Topraktaki nem oranıyla kullanıcının belirlediği nem değerinin kıyaslanmasından sonra toprak nem oranı düşük algılanması halinde sistemde bulunan su deposundan bitkinin bulunduğu toprağa su akışı gerçekleştirir. Röle üzerinden istendiği takdirde manuel olarak sulama yapma imkanı tanımaktadır.



Şekil 17. 12V DC su motoru görseli

- Çalışma gerilimi: 12 V DC
- Akım bekleme modundayken: 300 mA
- Güç: 4.5 W
- Motor giriş-çıkış boyutları: 18.8/5 mm
- Su aktarım hızı: Saatte 520 L

- Ürün çapı: 27 mm
- Ürün uzunluğu: 28 mm
- Ürün Ağırlığı: 72 gram

## **IV. YÖNTEM VE UYGULAMA**

Bu bölümde üçüncü bölümde anlatılan sistemler ve donanımlar birleştirilerek oluşturulan akıllı sera sistemi otomasyonu anlatılmıştır. Tasarımın detayları, amacı ve analizi olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

### **A. Tasarım**

Tasarım aşaması üç kısımdan oluşmaktadır. Sera prototipinin kurulmasının yapılacağı mekanik tasarım, elektronik devrelerin ve bağlantılarının olduğu elektriksel tasarım ve son olarak bunları kontrol etmeyi sağlayan yazılımsal tasarım. Bu üç tasarımın neticesinde ortaya akıllı sera otomasyonu çalışması çıkmıştır.

#### **1. Mekanik Tasarım**

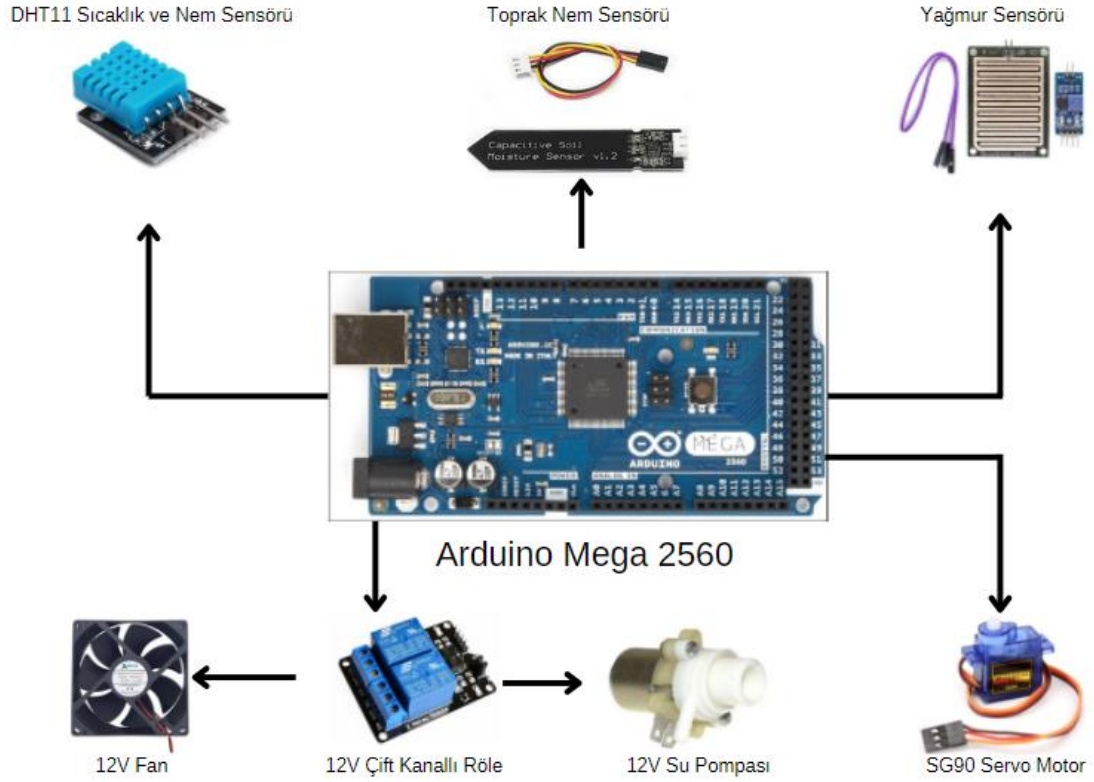
Akıllı sera otomasyonunun prototipi oluşturulurken üst tarafı tamamen cam kaplı ve pencere yapımına uygun tek tarafı açık sera prototipine uygun bir yapı seçilmiştir. Ayrıca fan, yağmur sensörü gibi seranın dışarısında veya yüzeyinde bulunması gereken elektronik elemanların montajına da uygundur.



Şekil 18. Sera prototipi için kullanılan yapı

## 2. Elektriksel Tasarım

Akıllı sera otomasyonu için ana kontrolör olarak Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartı seçilmiştir. Arduino Mega 2560 kartı ile sensörlerden alınan veriler haberleşme için kullanılan 2 adet ESP32-WROOM-32D mikrodenetleyici kartları ile seri haberleşerek paylaşılır. Ortam parametreleri ile istenen değerler arasında kıyaslama yapıldıktan sonra yapılacak işlemler kontrol kartları tarafından belirlenir ve sinyal gönderilir. Kartların biri ortamda bulunan WiFi ağını kullanarak internet tarayıcısı üzerinden diğer kart ise Android uygulama üzerinden verileri kullanıcıyla buluşturmaktadır.



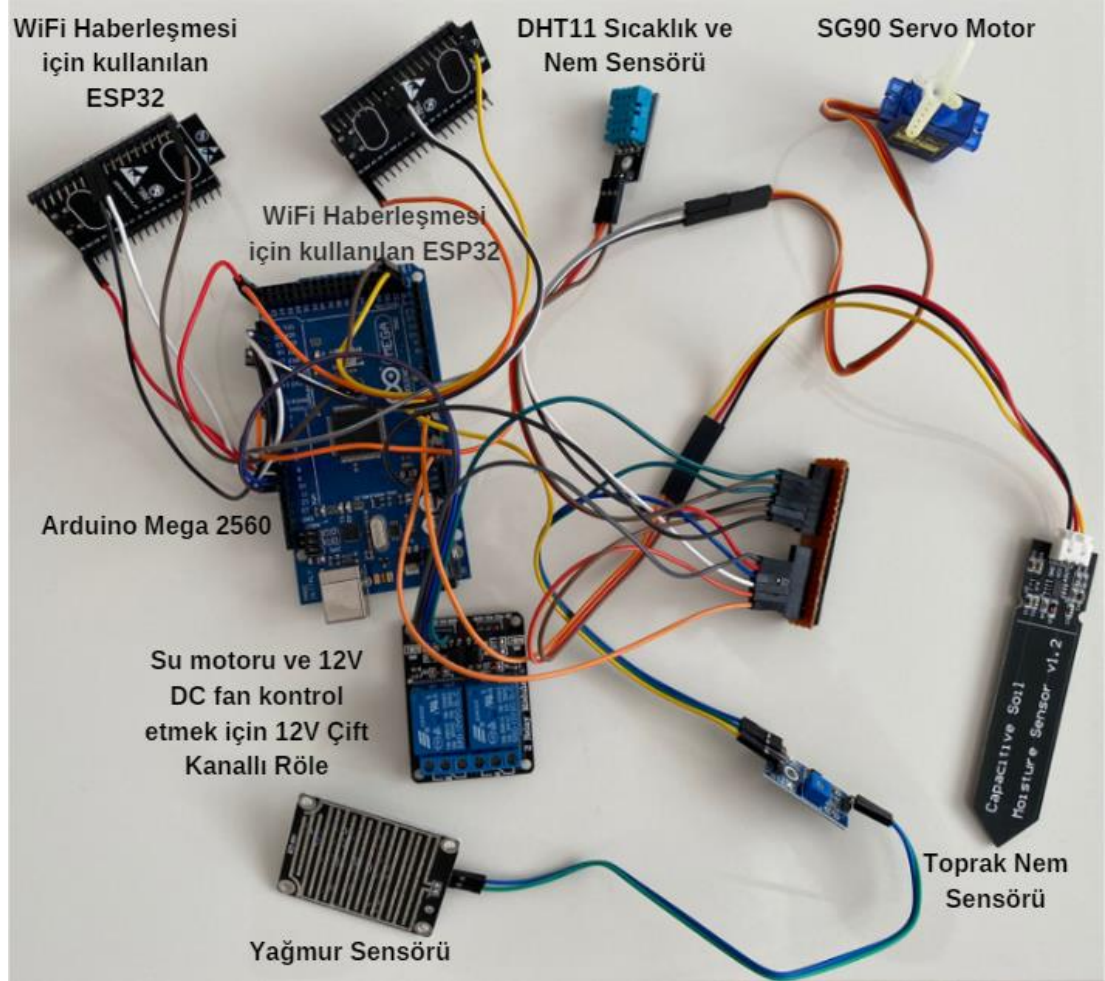
Şekil 19. Arduino Mega bağlantı şeması

Havalandırma sisteminde bir adet yağmur sensörü ve pencereyi açabilmek için servo motor kullanılmıştır. Bu sayede kullanıcı isteğiyle açılabilen pencere aynı zamanda otomatik moda alındığında yağmur algılanması halinde kapanacaktır. Sera iç ortamındaki parametreler ve seranın fiziksel yapısı korunmuş olacaktır.

Sıcaklığın belirli bir seviyede tutulması bitki büyümesi için çok önemlidir ve bu yüzden serada soğutma sistemi bulunmaktadır. Bu sistem bünyesinde 12V DC fan ve DHT11 sıcaklık ve nem sensörü bulundurmaktadır. DHT11 sıcaklık ve nem sensörü sayesinde ortamda bulunan nem oranını ve sıcaklığı algıladıktan sonra bitkiler için belirlenen eşik değerini aştığı takdirde devreye fan girecektir ve ortamın iç sıcaklığı sağlanana kadar çalışacaktır.

Sulama işlemi için toprak nemini bilip ona göre hareket etmek gerektiğinden bir adet toprak nem sensörü kullanılmıştır. Topraktaki nemin az görüldüğü veya kullanıcının manuel olarak sulama yapmak istediği durumlarda su deposundan bitkiye su verebilmek için bir adet su motoru kullanılmıştır. Böylece sadece gerçekten toprak suya ihtiyaç duyduğunda sulama yapılacaktır. Ayrıca

akıllı sera sistemlerinde aynı hızda ve sürekli sulama yapıldığından bitki için optimum şartlar sağlanmıştır.



Şekil 20. Akıllı sera otomasyonunda kullanılan devre elemanları ve bağlantı şekli

### 3. Yazılım ve Kontrol Paneli

Bu aşamada akıllı sera otomasyon sisteminde kullanılan kartların yazılımları ve kontrol panelindeki detaylar açıklanmıştır. Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartı Arduino kartlarının kendi programı olan “Arduino IDE” programı ile programlanabildiği için seçilmiştir. Ayrıca kütüphane ekleyerek ve program içerisindeki ayarlamalar yapıldıktan sonra ESP32 kartları da kodlanabildiği için sistemde bulunan tüm kartlar Arduino IDE programı ile kodlanmıştır.

#### a. Arduino Mega 2560 Yazılımı

Akıllı sera otomasyonu üzerindeki tüm sensörler ve motorlar Arduino Mega'ya bağlı olduğundan sisteme sinyal gönderip harekete geçirecek



mikrodenetleyici Arduino Mega olarak belirlenmiştir. Bu sebeple sensörler ve motorların kütüphaneleri ana kart olan Arduino Mega'ya eklenmiş ve bu kart üzerinden kodlamalar yapılmıştır. Üzerinde bulunan Rx ve Tx pinleri sayesinde diğer kartlarla haberleşmesi sağlanmıştır.

```
MainMega Constants.h
#ifndef Constants_h
#define Constants_h

#define OFF 0
#define ON 1

//HABERLEŞME KODLARI://///
#define AUTO_CONTROL_ID 0
#define FAN_CONTROL_ID 1
#define WATER_MOTOR_CONTROL_ID 2
#define WINDOW_CONTROL_ID 3
#define TEMP_READ_ID 4
#define HUMIDITY_READ_ID 5
#define SOIL_HUMIDITY_READ_ID 6
#define RAIN_READ_ID 7
#define TEMP_THRESHOLD_ID 8
#define SOIL_HUMIDITY_THRESHOLD_ID 9

//PİNLER://///
#define SERVO_PIN 8
#define FAN_PIN 9
#define WATER_MOTOR_PIN 10
#define DHTPIN 2
#define SOIL_HUMIDITY_PIN A0
#define RAIN_PIN A1

#endif
```

Şekil 21. Arduino Mega kartına tanımlanan pinler ve anlamları

## b. ESP32-WROOM-32D WiFi Yazılımı ve Kontrol Paneli

Gerekli kütüphaneler ve ayarlamalar yapıldıktan sonra yine Arduino IDE programı ile kodlanan bir diğer kart olan ESP32-WROOM-32D ortamda bulunan WiFi ağına bağlanıp web tarayıcısı üzerinden IP adresi girilerek kontrol paneline ulaşılabilir bir halde tasarlanmıştır. İlk kurulum yapılırken kod bölümünde bulunan WiFi adı ve şifresi güncellenmelidir. Ssid kısmına WiFi ağının adını ve password kısmına şifre girildikten sonra kart belirlenen ortamdaki ağa bağlı diğer cihazlar tarafından görüntülenebilir ve kontrol edilebilir. Tek bir IP adresi üzerinden kontrol edilebileceğinden güvenlik zaafiyeti oluşturmamaktadır.



```
// Import required libraries
#include <WiFi.h>
#include <AsyncTCP.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>

//HABERLEŞME KODLARI:::::::::::::::::://
#define AUTO_CONTROL_ID          0
#define FAN_CONTROL_ID           1
#define WATER_MOTOR_CONTROL_ID  2
#define WINDOW_CONTROL_ID       3
#define TEMP_THRESHOLD_ID       8
#define SOIL_HUMIDITY_THRESHOLD_ID 9

const char* ssid =          ;           // Wifi Adı
const char* password =     ;         // Wifi Şifresi

const char* PARAM_INPUT_1 = "output";
const char* PARAM_INPUT_2 = "state";
```

Şekil 22. ESP32-WROOM-32D WiFi kartı ağ ve şifre bölümü

Tüm bu işlemler gerçekleştirildikten sonra sisteme enerji verildiği takdirde kontrol paneline erişim sağlanabilmektedir. WiFi ağının kontrol arayüzü şu şekildedir:

# GreenHouse Control

TEMPERATURE : 26 C

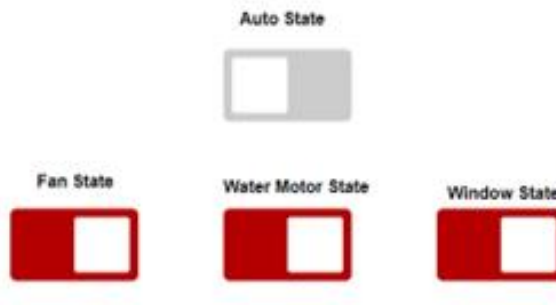
HUMIDITY : % 47

SOIL-HUMIDITY :

RAIN-SENSOR : Active

TEMPERATURE THRESHOLD : 35

SOIL-HUMIDITY THRESHOLD : 30



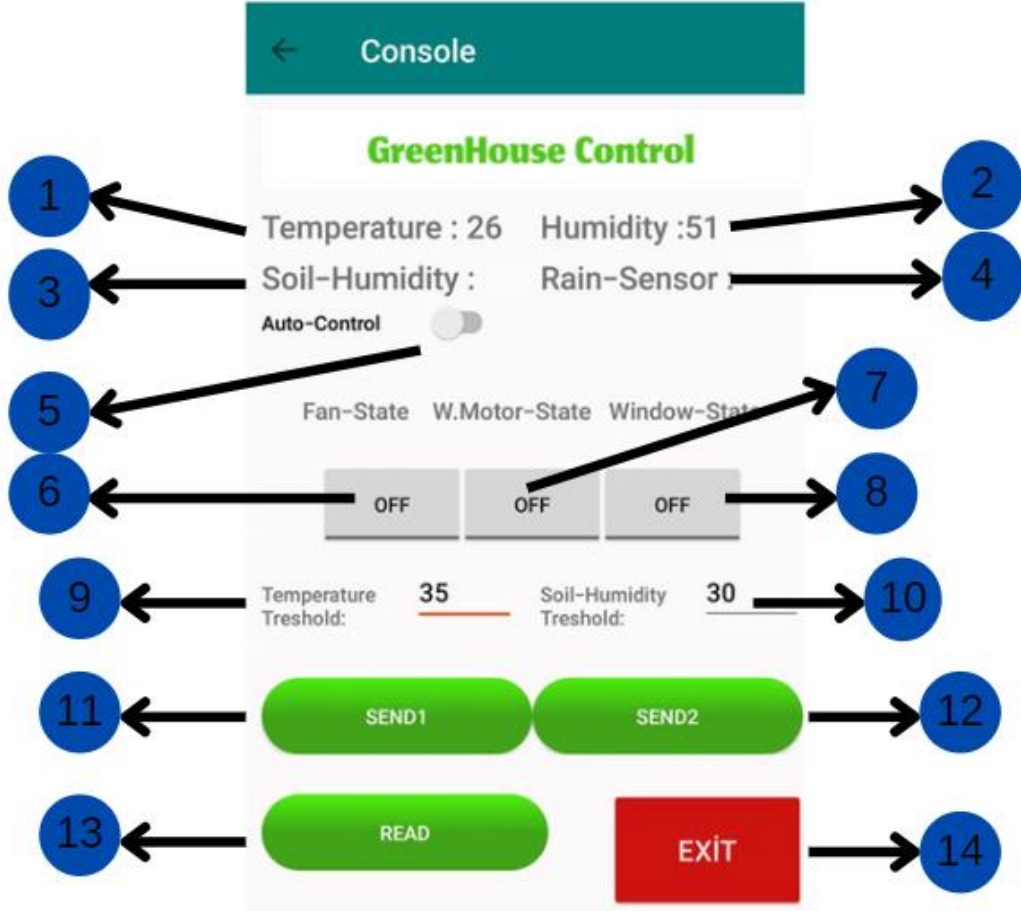
Şekil 23. WiFi kontrol arayüzü

Otomatik moda alınmadığı takdirde aşağıda görülen motorların tamamı manuel olarak kullanılabilir. “Auto State” butonuna tıklandığı zaman ise motor butonları artık aktif hale getirilemeyecek ve belirlenen eşik değerlerine göre sistem otomatik işlem yapmaya başlayacaktır.

## c. ESP32-WROOM-32D Bluetooth Yazılımı ve Kontrol Paneli

Arduino IDE programı ile kodlanan bir diğer mikrodenetleyici kartı ESP32-WROOM-32D akıllı sera otomasyon sistemine bluetooth ile bağlanmaya olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu projeye özel Java ortamında Android platformu için geliştirilen “GreenHouse Control” adlı program sayesinde bluetooth ile erişim sağlanmaktadır. Android bir telefon üzerinden erişim sağlandıktan sonra program Bluetooth bağlantısı kapalıysa bir uyarı göndermektedir. Bluetooth bağlantısı açıksa uygulama üzerinden ortamdaki bluetooth cihazlarını tarayabilmektedir. Ortamdaki cihazlar tarandıktan sonra UART seri haberleşme ile bağlandığından adı “UART” olarak gözükecek cihaz

akıllı sera otomasyonunun kendisidir. Bağlanıp sisteme girdikten sonra tüm parametreleri tek bir ekranda gösteren ana bir şablon çıkmaktadır. Read kısmına tıklandığında sistemdeki sensörlerden tüm verileri okuyacak ve ekrandaki karşılığına yazılacaktır. Her butonun işlevi Çizelge 3’te açıklanmıştır.



Şekil 24. Java programı ile hazırlanmış Android uygulamasının arayüzü

Çizelge 3. Android uygulama buton ve fonksiyonları

No	İsim	Fonksiyonu
1	Ortam Sıcaklığı	Ortam sıcaklığını gösterir
2	Bağıl Nem	Bağıl nem değerini gösterir
3	Toprak Nemi	Toprak nemi değerini gösterir
4	Yağmur Sensörü	Yağmur durumunu belirtir
5	Otomatik Kontrol	Sistemin manuel ya da otomatik çalışacağı belirlenir
6	Fan Durumu	Fan motorunu çalıştırır
7	Su Motoru	Su motorunu çalıştırır
8	Pencere Durumu	Penceredeki servo motoru çalıştırır
9	Sıcaklık Eşik Değeri	Ortam sıcaklığının eşik değeri belirlenir
10	Toprak Nemi Eşik Değeri	Toprak neminin eşik değeri belirlenir
11	Eşik Değerini Belirleme	Ortam sıcaklığının eşik değeri sisteme gönderir
12	Eşik Değerini Belirleme	Toprak neminin eşik değeri sisteme gönderir
13	Değer Okuma	Program ilk açıldığında tıklanır ve veriler anlık okunur
14	Çıkış	Programdan çıkış yapar

## B. Uygulamanın Amacı

Akıllı sera otomasyonunun amacı insan kaynaklı hataların minimuma indirilmesi, kaynakların verimli kullanılması ve bitkiler için optimum ortam şartlarını hazırlayıp verimin artırılması gibi temel şeylerin yanında akıllı sera otomasyon sistemlerinin birden fazla veri aktarım sistemiyle birlikte eşzamanlı olarak kontrol edilebilir olduğunu ve bunlar arasındaki temel farklılıkları teorik ve pratik olarak incelemektir.

## C. Uygulamanın Analizi

Kurulum aşamasındaki maliyet dışında sistemin ekstra bir maliyeti ve iş gücü gerektiren bir kısmı bulunmamaktadır. Zamanla eldeki kaynakların verimli kullanılması ve iş gücünü ciddi derecede düşürdüğü için baştaki kurulum maliyetini karşılamaktadır. Ayrıca sistemde iki farklı veri aktarım sistemi kullanıldığından değişik açılardan inceleme yapılabilmektedir. Bluetooth ile haberleşmenin avantajları, düşük güç tüketimini yanı sıra bağlantı başlangıç hızı daha yüksektir. Yıldız topolojisi kullanılarak sensör bağlantılarında daha hızlı veri aktarımı elde edilebilmektedir. Günümüzde veri aktarım hızı 24 Mbps'ye

kadar çıksa da genel olarak 1-2 Mbps veri aktarım hızına sahiptir. Bluetooth bu tarz sistemlerde genellikle nem, ortam sıcaklığı, toprak nemi gibi verilerin toplanmasında kullanılır. Ancak bluetoothun dezavantajı ise bağlantı ve veri iletim güvenliğinin hala yüksek seviyede olmamasıdır. Ayrıca bu bağlantıda sadece iki cihaz kendi arasında haberleşebilmektedir. Güncel bluetooth versiyonu birden fazla cihaza bağlanmaya olanak tanırsa da bu versiyona sahip cihaz sayısı çok az olduğundan şuanlık kullanılabilir durumda değildir.

WiFi, kablosuz sensör ağı arasında en çok kullanılan protokoldür. IEEE 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g ve 802.11n standartlarını temel alır. Wi-Fi, Kablosuz Yerel Ağ (WLAN) bağlantısını kullanır ve akıllı sera çiftliklerinde bitkileri, iklim koşullarını ve sulama kontrolünü izlemek için kullanılır.

WiFi bağlantısının bant genişliği daha yüksek olması sebebiyle aynı anda daha yüksek veri gönderme kapasitesine sahiptir. Bununla birlikte daha yüksek maliyetlidir. 2.4 GHz ve 5 Ghz gibi yüksek frekans değerlerine ulaşabilirken bluetooth 2.4-2.483 Ghz seviyelerindedir. WiFi IEEE 802.11 kimlik doğrulamasına sahip olduğu için bağlantı ve veri aktarım güvenliğinde bluetooth bağlantısına göre daha güvenlidir.

## V.SONUÇ VE ÖNERİLER

Akıllı sera otomasyonu kapsamında geliştirilen bu projede sera prototipi, elektriksel devresi ve android ve web arayüzü olmak üzere iki farklı ortamda WiFi ve bluetooth haberleşme sistemlerinin teorik ve pratik modellemesi yapılmıştır. Böylece bir seranın dış etkenlere karşı kendi iç dengesini koruyabildiğinde verimin arttırılabildiğini ve eldeki kaynakların çok daha verimli kullanılabilirdiği görülmüştür. Oluşturulan prototip seradaki sistem uygun ekipmanlar kullanılarak hiçbir akıllı otomasyon özelliği olmayan bir serada kullanılarak akıllı sera otomasyonuna uygun hale getirilebileceği görülmüştür. Ayrıca diğer sera otomasyonu sistemleri incelendiğinde ve bu projeye birlikte klasik sera şeklinde sulama, sıcaklık kontrolü yapıldığında %60 tan fazla iş gücü kazanımı olmaktadır. İşçi bulundurma zorunluluğu ve bitkinin başında kontrol etme durumu ortadan kalktığından genel masraflar da büyük ölçüde azalmıştır. Motorlar sadece çalışması gerektiği zaman çalıştığı için ömrü daha uzun olacaktır ve elektrikten tasarruf sağlanmıştır.

Akıllı sera modelinde kullanılan haberleşme sistemleri ele alınan projede aynı zamanda pratiği gerçekleştirilen kablosuz veri aktarım sistemlerinin teorik olarak araştırması yapılmıştır. Sensörlerden alınan veriler çok düşük boyutlarda olduğu için pratikte aralarında veri aktarım hızı anlaşılmamaktadır. Lokal otomatik kontrol yapılması durumunda WiFi ağı bulmanın ve bulundurmanın maliyeti bluetooth ile bağlantıdan çok daha fazla olacaktır. Bu durumda bluetooth teknolojisinden faydalanmak çok daha mantıklı olacaktır. WiFi ağı bulunan bir ortamda sera otomasyonu yapılacaksa WiFi üzerinden bağlantı tercih edilebilmektedir. Uygun şartları ve istekleri karşılayan kablosuz haberleşme sistemi seçilerek büyük ölçekli seralarda uygulanabilirliği incelenmiştir.

Çizelge 4. WiFi ve Bluetooth Karşılaştırması

	<b>WiFi</b>	<b>Bluetooth</b>
Maksimum veri aktarım hızı	Teorik olarak 2.4 Gbps seviyelerine çıkabilmektedir	Bluetooth 5.0 2 Mbps Bluetooth 4.0 1 Mbps
Aktarım hızındaki gecikme	Bağlantı hızına bağlı olmakla birlikte 150 ms	200 ms
Çalışma Frekansı	2.4 GHz ve 5 GHz	2.4 GHz
Bit Hızı	600 Mbps	2.1 Mbps
Güç Kullanımı	Yüksek	Düşük
Tipik Kullanımı	Ağ oluşturma	Cihazları birbirine bağlama
Güvenlik	WEP, WPA, WPA2 gibi şifreleme protokolleri	Güvenlik protokolü içermez
Maksimum Menzil	Teorik olarak 1.5 km pratikte 300 metre	Bluetooth 4 te 60 metre Bluetooth 5.0 da 240 metre

Çizelge 4 incelendiğinde genel olarak WiFi daha hızlı ve daha geniş alanlarda kullanılabilir olduğu görülmektedir. Bluetooth ise az maliyetli ve özellikle IoT tarzı projelerde kullanılacağı zaman düşük güç tüketimi ve herhangi bir ağa ihtiyaç duymadan cihazları birbirine bağlayabilmesiyle ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada da her iki veri aktarım sistemi kullanılmış ve veri aktarımı konusunda her iki sistemde de problem yaşanmamıştır. Bluetooth enerji verilebildiği her ortamda sistem ile etkileşim halinde kalabiliyorken WiFi teknolojisinin ortamda bir ağa bağlı olma ihtiyacı dezavantaj olarak görülebilir. Çiftçilik yapılan tarla, bahçe, arazi gibi ortamlarda WiFi ağı bulmak veya sürekli buldurmak ekstra bir maliyet olacaktır. Fakat birden fazla cihazın bağlantısı yapılacaksa, aktarılan verilerin güvenliği ön plandaysa ve sinyal alanının genişliği önemliyse WiFi geniş bant aralığı, şifreleme protokolleri ve sinyal gücünün daha yüksek olmasıyla çok daha verimli olacaktır.

## VI. KAYNAKÇA

### KİTAPLAR

JHA, M. K., Paikra, S. S., & Sahu, M. R. (2019). *Protected cultivation of horticulture crops*. Educreation Publishing.

N. CASTILLA, **Greenhouse Technology and Management**, 2nd ed. Oxfordshire: CABI, 2013.

REDDY, P. P. (2016:4-5). *Sustainable crop protection under protected cultivation*. Singapore: Springer.

### MAKALELER

ARDIANSAH, I., Bafdal, N., Suryadi, E., & Bono, A. (2020). Greenhouse monitoring and automation using Arduino: a review on precision farming and internet of things ((IoT). *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(2), 703-709.

BASNET, B., Lee, I., Noh, M., Chun, H., Jaffari, A., & Bang, J. (2016). An smart greenhouse automation system applying moving average algorithm. *The Transactions oof The Korean Institute of Electrical Engineers*, 65(10), 1755-1760.

BELSARE, R., Deshmukh, K., Patil, M., & Hattarge, A. M. (2014). Smart green house automation. *International Journal of Computer Science & Engineering Technology ((IJCSET)*, 5(12).

ERSİN, C., (2015). Arduino mikrodenetleyici ve güneş enerjisiyle çalışan otomatik bitki sulama sistemi

GAWALI, S. M., & Gajbhiye, S. M. (2014). Design of ARM based embedded web server for agricultural application. *Int J Comput Sci (1)*.



- KAMBLE, P., Shirsath, D. O., Mane, R., & More, R. S. (2017). IOT Based Smart Greenhouse Automation Using Arduino. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJIRCST)*, ISSN, 2347-5552.
- KODALI, R. K., Jain, V., & Karagwal, S. (2016, December). IoT based smart greenhouse. In *2016 IEEE reyin 10 humanitarian technology conference (R10-HTC)* (pp. 1-6). IEEE.
- LEE, J. G., Jeong, Y. K., Yun, S. W., Choi, M. K., Kim, H. T., & Yoon, Y. C. (2018). Field survey on smart greenhouse. *Journal of Bio-Environment Control*, 27(2), 166-172.
- LOMO, L. A., Smart Greenhouse Based On Arduino Mega 2560 Rev 3 Microcontroller
- PATIL, S. S., & Malviya, A. V. (2014). Review for ARM based agricultural field monitoring system. *Int. J. Sci. Res. Publ*, 4(2), 1-4.
- PESONEN, L. A., Teye, F. K. W., Ronkainen, A. K., Koistinen, M. O., Kaivosoja, J. J., Suomi, P. F., & Linkolehto, R. O. (2014). Cropinfra—An Internet-based service infrastructure to support crop production in future farms. *Biosystems engineering*, 120, 92-101.
- RAJ, J. S., & Ananthi, J. V. (2019). Automation using IoT in greenhouse environment. *Journal of Information Technology*, 1(01), 38-47.
- SOFWAN, A., Sumardi, S., Ahmada, A. I., Ibrahim, I., Budiraharjo, K., & Karno, K. (2020, February). Smart greetthings: Smart greenhouse based on internet of things for environmental engineering. In *2020 International Conference on Smart Technology and Applications (ICoSTA)* (pp. 1-5). IEEE.
- TÜRKER, U., Furkan, U. Ğ. U. R., & DAYIOĞLU, M. A. (2016). Seralarda Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Uygulanması: Tasarım ve Prototip Geliştirme. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(Ek Sayı), 52-60.
- VON ELSNER, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistriotis, A., Von Zabeltitz, C., Gratraud, J., ... & Suay-Cortes, R. (2000). Review of

structural and functional characteristics of greenhouses in European Union countries: Part I, design requirements. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 75(1), 1-16.

## ELEKTRONİK KAYNAKLAR

- URL-1 <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Isgucu-Istatistikleri-I.-Ceyrek:-Ocak---Mart,-2022-45648#:~:text=%C4%B0stihdam%20edilenlerin%20say%C4%B1s%C4%B1%202022%20y%C4%B1%C4%B1,%29%2C5%20olarak%20ger%C3%A7ekle%C5%9Fti> (Erişim Tarihi: 16 Haziran 2022)
- URL-2 <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/dunden-bugune-wifi-teknolojisinin-evrimi-41351008> (Erişim Tarihi: 3 Haziran 2022)
- URL-3 <https://www.empastore.com/esp32-wifi-bt-ble-esp32-wroom-32d> (Erişim Tarihi: 16 Haziran 2022)

## TEZLER

- CİĞER, M. (2010). “Bilgisayar kontrollü, internet destekli sera otomasyonu.” *Çukurova University, Institute of Science and Technology, Agricultural Machinery Division, Adana*.
- ERGÜN, “A. Bluetooth 4.2 ve bluetooth 5in mesh topolojisi ile uygulaması ve karşılaştırılması” (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- SALĞAR, G. (2010). Doğal Gaz SCADA Otomasyon Uygulamalarında Ana Kontrol Merkezi İle Haberleşmeyi Sağlayan SCADA Otomasyon Sistemlerinin; CİCODE SCADA VE PLC PROGRAMLARINDAKİ MEVCUT PARAMETRELER YARDIMI İLE BİLGİSAYAR DESTEKLİ YENİ ARAYÜZLER OLUŞTURULMASI. *Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye-Kahramanmaraş*, 1-93.

## **DIĞER KAYNAKLAR**

ESP32-WROOM-32D

Datasheet

[https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d\\_esp32-wroom-32u\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf) ,2022

DHT11 Datasheet <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf> , 2022

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad-Soyad:** İzen Elmaslı

### **ÖĞRENİM DURUMU:**

**Lisans:** 2019, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

### **MESLEKİ DENEYİM:**

**2020 TEM Teknik Elektrik Malzemeleri A.Ş.**

**Görevi:** AR-GE Mühendisi

### **YAYINLAR:**

#### **9. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi**

Mayıs 2022- Tezden Türetilen Bildiri

Akıllı Sera Kontrolü İçin Farklı Veri Aktarım Sisteminin Karşılaştırılması