T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKILLI TARIM ROBOTİK SİSTEMLERİNİN DOMATES YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANILMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

İbrahim DİRLİK

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ÇİZELGELER DİZİNİ iv
ŞEKİLLER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vii
1.GİRİŞ 1
1.1.İklim İstekleri 3
1.1.1. Işık 3
1.1.2. Sıcaklık 4
1.1.3. Nem 4
1.1.4. Toprak 5
1.1.5. Su isteği 7
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 9
3. MATERYAL ve YÖNTEM 13
3.1.Materyal 13
3.1.1. Arduino 13
3.1.1.2. Arduino mega kart 14
3.1.2. Sıcaklık ve nem sensörü 16
3.1.3. Toprak nem sensörü 17
3.1.4. LCD ekran 18
3.1.5. IC2 20
3.1.6. Mg90s servo motor 21
3.1.6.1. Servo motor çalışma prensibi 21
3.1.6.2. Servo motor çeşitleri 23
3.1.7. Röle 24
3.1.8. LDR 25
3.1.9. Şerit led 25
3.1.10. Su pompası 26
3.1.11. Sıcak – soğuk fanı 27
3.1.12. Fan 27
3.1.13. Breadboard 28
3.1.14. Bluetooth modülü 29
3.1.15. Kamera modülü 30
3.1.16. RTC + SD kart data logger shield 30
3.2. Yöntem 31
3.2.1. Elektriksel şema ve sistem yazılımları 31
3.2.1.1 Arduino yazılım IDE'si 31
3.2.1.2. Programlama 33
3.2.1.3. Led ve ışık ölçer 34
3.2.1.4. Toprak nem ölçer - sulama motoru 39
3.2.1.5. Fan, fan kapağı, nem ölçer ve ısıtıcı 42
3.2.1.6. Bluetooth 45
3.2.2. Sera yapımı ve inşaa 52
3.2.3. Tohum çimlendirme ve yetiştirme 53
3.2.4. Deneme kurulumu ve yürütülmesi 55
3.2.4.1. Bitki toprak su değerlerinin elde edilmesi 55
3.2.4.3. Bitki boyu, Bitki yaş ve kuru ağırlığı 55
3.2.4.4 SPAD değeri 55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 56
4.1. Araştırma Bulguları 56
4.1.1. Toprak Nem 56
4.1.2. Sıcaklık 60
4.1.3. Nem 65
4.1.4. Işık 66

4.2.Tartışma 67
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER 69
5.1. Sonuçlar 69
5.2. Öneriler 70
KAYNAKLAR 71

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKILLI TARIM ROBOTİK SİSTEMLERİNİN DOMATES YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANILMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

İbrahim DİRLİK

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cengiz KAYA
Yıl: 2022, Sayfa: 74

Bu çalışmada topraktan sensörler aracılığıyla anlık yapılan ölçümler sonucu toprak nem durumunun izlenmesi ve otomatik sulama sistemi domates fidelerinin su ihtiyacının karşılanmasında akıllı sistemlerin kullanma etkinliklerinin belirlenmesi amaçlandı. Bu amaçla çimlendirilen domates fideleri fotoperiyot süresi, ortam nemi, sıcaklık ve toprak nem düzeyinin sensörler aracılığı ile belirlenerek arduino tarafından kaydedileceği tam otomatik bir naylon seraya aktarıldı. Çalışmada fotoperiyot 14 saat aydınlık, 10 saat karanlık olarak ayarlandı. Ortam sıcaklığı 22-26 °C ve ortam nemi %65-70 aralığında tutuldu. Toprak nemi %55-85 arası ve %70-85 arası olmak üzere iki farklı uygulama içermektedir. Burada bir grup domates fideleri için sensörler tarafından ölçülen toprak nemi %55'e düştüğünde sulama başlarken diğer grup için %70'e düştüğü zaman sulama otomatik olarak başladı. Burada iki farklı nem düzeyinde arduinonun toprak nem düzeyini kontrol etmede ki etkinliğinin araştırılması amaçlandı. Sensörler tarafından ölçülen nem verileri ile toprak nem düzeyleri arasındaki ilişki incelenerek doğruluk payı belirlendi. Burada düşük sulama seviyesinde nem sensörleri tarafından ölçülen %nem ile hesaplanan %nem arasında ilişki için R^2=0,9896 iken, yüksek sulama seviyesinde bu ilişki için R^2=0,995 olarak belirlendi. Ayrıca iki farklı nem düzeyinde yetiştirilen domates fidelerine ait bitki yaş ve kuru ağırlığı, bitki boyu ve SPAD değerleri ölçüldü. Yapılan ölçüm sonuçlarında su stresinin bitki yaş ağırlığını %31, kuru ağırlığının %6, bitki boyunun %15 ve SPAD değerinin %24 oranında azaldığı bulundu. Nem sensörlerinin bitki sulama zamanı ve miktarının belirlenmesinde umut verici göründü. Gereğinden fazla veya az yapılan sulamalar ile su kaynaklarının israfının ve verim kayıplarının önlenmesi için bir çözüm olabilir.

ANAHTAR KELİMELER: Robotik, Akıllı Sera, Domates, Dijital Tarım, Toprak Nem

ABSTRACT

Msc Thesis

RESEARCHING THE OPPORTUNITIES OF USING SMART AGRICULTURAL ROBOTIC SYSTEMS IN TOMATO GROWING

İbrahim DİRLİK

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Deparment of Soil Science

Supervisor: Prof. Dr. Cengiz KAYA
Year: 2022, Page: 74

In this study, it was aimed to monitor the soil moisture status as a result of instantaneous measurements made from the soil by means of sensors and to determine the efficiency of using smart systems in meeting the water needs of the automatic irrigation system tomato seedlings. For this purpose, the germinated tomato seedlings were transferred to a fully automatic nylon greenhouse where the photoperiod duration, ambient humidity, temperature and soil moisture level were determined by sensors and recorded by the Arduino. In the study, the photoperiod was set as 14 hours of light and 10 hours of dark. Ambient temperature was kept between 22-26 °C and ambient humidity between 65-70%. It includes two different applications as soil moisture between 55-85% and between 70-85%. Here, irrigation started when the soil moisture measured by the sensors fell to 55% for one group of tomato seedlings, and irrigation started automatically for the other group when it fell to 70%. Here, it was aimed to investigate the effectiveness of arduino in controlling soil moisture level at two different moisture levels. The accuracy was determined by examining the relationship between the moisture data measured by the sensors and the soil moisture levels. Here, while R^2=0.9896 for the relation between % humidity measured by humidity sensors and % humidity at low irrigation level, it was determined as R^2=0.995 for this relation at high irrigation level. In addition, plant fresh and dry weight, plant height and SPAD values of tomato seedlings grown at two different humidity levels were measured. As a result of the measurements, it was found that water stress decreased plant fresh weight by 31%, dry weight by 6%, plant height by 15% and SPAD value by 24%. Moisture sensors appeared promising in determining the time and amount of plant watering. It can be a solution to prevent the waste of water resources and yield losses with over or under irrigation.

KEY WORDS: Robotics, Smart Greenhouse, Tomatoes, Digital Agriculture, Soil Moisture

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın en başından sonuçlanmasına kadar kıymetli bilgi, birikim, tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan, fikirleri ile yaşamımın ilerleyen aşamasını da etkileyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz KAYA'ya sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında ihtiyaç duyduğum her an da yardımlarını, bilgilerini ve desteğini benden esirgemeyen değerli Arş. Gör. Ferhat UĞURLAR'a teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca iyi günümde kötü günümde hep desteğini hissettiğim anneme, babama ve aileme teşekkür eder minnet duyarım.

Küçüklüğümden beri her zaman koruyup kollayan, destek olan, her anımda yanımda olan ve artık tüm ruhunu yüreğimde hissettiğim sevgili canım Aslı Dirlik ablama teşekkür ederim. Ruhun şad olsun.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Yetişme zamanlarına göre domatesin ekolojik durum istekleri ……...5
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan materyal listesi ……..….13
Çizelge 3.2. Arduino mega 2560 teknik özellikleri……..……....16
Çizelge 3.3. DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü Özellikleri….……..…….....17
Çizelge 3.4. LCD pinleri ve bağlantı açıklamaları……..…….19
Çizelge 3.5. Su pompasının teknik özellikleri…….....26
Çizelge 3.6. Arduino program arayüz butonları…….....34
Çizelge 4.1. Uygulama 1 ve Uygulama 2 saksı tartımlarından elde edilen toprak nem verileri ile sensörlerden elde edilen toprak nem verileri……58
Çizelge 4.2. Farklı sulama koşullarında yetiştirilen domates fidelerine ait bazı fizyolojik özellikler.60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Arduino ATmega 2560 mikro denetleyici kart…….....15
Şekil 3.2. DHT 11 nem sensörü……...16
Şekil 3.3. Toprak nem sensörü…….17
Şekil 3.4. LCD ekran…….……...19
Şekil 3.1.5. IC2 modülü……20
Şekil 3.6. Mg90s servo motor……...21
Şekil 3.7. Servo açılarının PWM değerleri……....23
Şekil 3.8. Röle……...24
Şekil 3.9. LDR……..…25
Şekil 3.10. Şerit led……....25
Şekil 3.11. Su pompası……..26
Şekil 3.12. Sıcak soğuk fan……..….27
Şekil 3.13. Havalandırma fanı……...27
Şekil 3.14. Breadboard……..28
Şekil 3.15. Breadboardın iç görünümü……29
Şekil 3.16. Bluetooth modülü……29
Şekil 3.17. Kamera……..……..30
Şekil 3.18. RTC + SD Kart Data Logger Shield……...30
Şekil 3.19. Arduino yükleme arayüzü……..……31
Şekil 3.20. İşletim sistemine uygun arduino indirme seçenekleri…….....32
Şekil 3.21. Arduino programlama arayüzü……33
Şekil 3.22. Led ve LDR elektronik bağlantı şeması……..36
Şekil 3.23. Toprak nem ölçer ve sulama motoru elektronik bağlantı şeması……40
Şekil 3.24. Fan, fan kapağı, nemölçer ve ısıtıcı elektronik bağlantı şeması……..43
Şekil 3.25. Bluetooth adres ismi ayarlama kodu……47
Şekil 3.26. İstemcinin bağlantı talep kodu……47
Şekil 3.27. Uygulama ara yüzündeki bluetooth bağlanma durum görseli…….....48
Şekil 3.28. Manuel kontrol seçim kodu……48
Şekil 3.29. App inventor harf komut tanımlamaları……..48
Şekil 3.30. App inventor havalandırma harf komut tanımlaması…….....49
Şekil 3.31. App inventor led harf komut tanımlaması……...49
Şekil 3.32. App inventor sulama motoru harf komut tanımlaması……50
Şekil 3.33. App inventor ısıtma sistemi harf komut tanımlaması…….....51
Şekil 3.34. Akıllı sera kontrol uygulamasının telefon ara yüz görünümü……51
Şekil 3.35. Sera alt taban detayları……52
Şekil 3.36. Sera iskelet birleşme noktaları……52
Şekil 3.37. Sera iskelet görünümü……...…..53
Şekil 3.38. Akıllı robotik seranın tamamlanmış görünümü……...53
Şekil 3.39. Tohum filizlendirme……54
Şekil 3.40. Filizlenen tohumun ekim sonrası baş göstermesi……54
Şekil 3.41. Viyolde filizlenen tohumun daha büyük saksıya aktarılması…….…….54
Şekil 4.1. Uygulama 1 ve Uygulama 2 Saksılarından Elde Edilen Toprak Nem Değerlerini Karşılaştırma Grafiği. U1: %55-85, U2: %70-85 nem seviyesini ifade eder ..……57
Şekil 4.2. Toprak nem sensörü ile ölçülen toprak nem verilerinin 30 dakikalık peryotlardaki değişimi zamansal değişimi. U1: %55-85, U2: %70-85 nem seviyesini ifade eder…....57

Şekil 4.3.Uygulama 1 saksı tartımından elde edilen toprak nem verileri ile sensörlerden elde edilen toprak nem verilerinin regresyon grafiği…….....….....59
Şekil 4.4. Uygulama 2 saksı tartımından elde edilen toprak nem verileri ile sensörlerden elde edilen toprak nem verilerinin regresyon grafiği…….....59
Şekil 4.5. 2-3-4 Nisan 2022 tarihlerinin sera iç ve dış ortam sıcaklık değişimleri……....61
Şekil 4.6. 2-3-4 Nisan 2022 tarihlerinde sera fanının çalışma süreleri…….....63
Şekil 4.7. 2-3 Nisan 2022 tarihlerinde sera ısıtıcının çalışma süreleri…….....64
Şekil 4.8. 2 haftalık aydınlık ve karanlık olma süreleri…….…....66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ºC	Santigrat Derece
pH	Asit - Baz Derecesi
IP	İnternet Protokolü
Yy	Yüz yıl
Pc	Bilgisayar
PWM	Pulse Width Modulation
Kb	Kilobayt
SRAM	Static Random Access Memory
EEPROM	Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory
%	Yüzde Birim
RC	Radio Control
V	Volt
GHz	Gigahertz
RTC	Real Time Clock
SD	Secure Digital
IDE	Integrated development environment
G	Gram
Ml	Mililitre

1.GİRİŞ

Sera, bitkilerin yetişmesi için çevresel iklim koşullarının olumsuz etkilerini azaltan cam, plastik, fiberglas maddeleri gibi ışığı içinden geçiren materyallerle örtülü yapıdır (Hürdoğan ve ark., 2018). Sera iklime ve çevre şartlarına, tamamen veya kısmen bağlı kalınmadan istenilen bitki ihtiyaçlarına göre ışık, sıcaklık, nem ve hava gibi faktörlerin kontrol altında tutularak bütün sene boyunca bitki yetiştirilmesine olanak sağlanan sistem olarak tanımlanabilir (Hürdoğan ve ark., 2018). Dünyada örtü altı bitki yetiştirme yöntemi uzun yıllar önce uygulanmaya başlanmıştır. Yunan filozofu Platon'un Phaedra adlı eserinde bahsettiği bu yöntem daha sonra İtalya'da görülmüştür. İtalya'da Romalılar döneminde yamaçların güney kısımlarında bulunan çukurlar üzerinde şeffaf malzemeyle kapatılarak sebze yetiştirmesiyle başlanan örtü altında bitki yetiştirme yöntemi daha sonraki zamanlarda Avrupa'ya da aktarılarak gelişimini sürdürmüştür. Günümüzde seralar dünya üzerinde geniş bir alanda bitki yetiştirme yöntemi olarak kullanıldığı görülebilir (Sdksera, 2020). Ekolojik etmenler ve gelişmiş sera teknolojilerinin oldukça farklılık gösterdiği bu alanlar gün geçtikçe daha da artmaktadır. Serada bitki üretiminin ülkemizde başlangıç noktası 30-35 yıl öncesine dayanmaktadır. İlk olarak iklim yönünden avantajlı olan Antalya ve Mersinde seracılık işletmesi kurulmuştur. Sera yoğunluğu bu iller çevresinde gelişme kaydetmiştir. Bu iller çevresinde daha fazla gelişim yaşanmasının sebepleri arasında bitkiler için uygun çevre, ekonomik yapı ve pazarlama gibi etkenler sebep olmuştur. Ayrıca serada bitki yetiştirmesine iklim uygunluğu az olan fakat büyük tüketim merkezlerinin merkezinde olan yerlerde sera yetiştiriciliğinin yapılmaması besin ihtiyaçlarının daha fazla paraya mal olmasına yol açmıştır. İklim şartlarının uygun hale getirilmesi akıllı sera sistemleri ile mümkün hale gelebilir (Sdksera, 2020).

Akıllı sera ile herhangi bir iklim şartına bağlı kalınmadan bitki yetiştirmek ve yüksek verim almak mümkün. Çünkü yapay olarak sistem iklimi kontrol ederek yetiştirilmek istenen bitkinin tüm ihtiyaçları otomatik olarak bitki ihtiyacına göre ayarlanması sağlanmaktadır. Sıcaklık uygunluğu olmayan bölgelerde rahatlıkla kullanılabilir. Bitkinin besin ihtiyaçlarının ve çevre şartlarının sera tarafından

karşılanması seranın istenilen her yere kurulabileceği açısından büyük avantaj sağlayacaktır. Sera işletmeciliği açısından kısıtlayıcı en büyük sorunlardan biri, sera içinde ısıtma giderlerinin fazla olmasıdır. Bu sebeplerden dolayı ülkemizde sera işletmeciliği genelde mikro kliması olan yöreler tercih edilmektedir (Arslan ve Dölek, 2019). Bu yörelere konumlandırılan seralar o bölgelerde yaşayan kişiler açısından bitki besinlerine ulaşma açısından avantaj bir durum meydana getirirken diğer bölgelerde kalan insanlar için bitki besinlerine ulaşmada dezavantaj durum meydana getirmektedir (TÜRKTOB, 2012). Akıllı sera sisteminde bitkiler tamamen yapay iklimlendirme ile yetiştirileceği için bitki ihtiyaçları akıllı sera tarafından karşılanacaktır. Çevresel faktörlerin olumsuz etkileri ortadan kaldırılacağı için bitki yetiştirme konusunda elde edilen avantaj da artacaktır. Akıllı robotik serada ısı sıcaklık ve nem değerleri sensörler aracılığı ile ölçülüp bitki ihtiyacına göre dengede tutulmaya çalışılacaktır. Böylece doğal şartlar altında ani olarak değişen ısı sıcaklık değerlerine göre verim kayıplarının önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Bitki ihtiyacına uygun ve yeterli miktarda sulamanın yapılmaması ürünü olumsuz şekilde etkilemektedir. Projedeki akıllı sera sisteminde ekilen bitkinin toprağı anlık ve sürekli olarak toprak nem sensörü ile ölçülmektedir. Akıllı sera toprağın su ihtiyacı olduğunu tespit ettiği an su motorunu çalıştırıp dengeli bir şekilde bitki su ihtiyacı karşılayana kadar toprağı sulayacaktır. Böylece aşırı sulamanın veya ihtiyaçtan daha az sulama yapılmasının önüne geçilmesi sağlanacaktır. Bitki ihtiyaçlarından bir diğeri ise ışıktır. Işık bitkinin fotosentez yapmasının en temel gereksinimlerindendir. Yeterli olarak güneş ışınlarından beslenmeyen bitki olumsuz etkilenebilmektedir (Çağlar, 2018; TÜRKTOB, 2012). Akıllı robotik sera sisteminde LDR sensörü sürekli ve anlık olarak ışık seviyesini ölçerek bitkinin ihtiyacı olan ışık değerinin altına düşmesi durumunda otomatik olarak şerit ledleri çalıştırarak bitkinin ihtiyacı olan ışığı yapay olarak karşılanması sağlanacaktır.

1.1.İklim İstekleri

Bitki yetiştiriciliğinde nitelikli ve fazla verimin alınması için çevre şartlarını meydana getiren ışık, sıcaklık, nem ve hava gibi iklim etmenlerinin kontrol edilmesi gerekir (MEB, 2015). Bitki yetiştirilmesinde verimin elde edilmesi için uygun çevre şartları çok önemlidir (Boyacı ve ark., 2017). Bu çevre koşullarını oluşturan faktörler sıcaklık, ışık, hava ve nem gibi iklim koşullarıdır. Ayrıca seraların da içinde bulunduğu çevre koşulları önemlidir. Rüzgâr hızıyla doğru orantılı olarak artacak olan ısı ihtiyacının karşılanması için daha fazla enerjiye ihtiyaç durulabilir. Aşırı rüzgârın seraya fiziksel olarak zarar verebileceği gibi seranın içindeki ısıyı da olumsuz olarak etkileyebilir. Düşük rüzgârlı alanlarda seraların konumlandırılması seraların havalandırılmasında kolaylık sağladığı gibi fazladan enerji harcanmamasına yardımcı olması açısından daha uygun olacaktır (Aksoy, 2009).

1.1.1. Işık

Işık bitkilerde gelişim ve büyümeyi sağlayan en önemli etkenlerden biridir. Güneşten bitkiye ulaşan ışınların bir kısmı fotosentez de kullanılırken geriye kalan ışınların büyük bir kısmı da ısıya dönüşür. Işık, bitkilerin yeşil kısımları tarafından absorbe edilerek fotosentez sürecinde görev alarak organik maddeleri üretir. Fotosentez oranı ışığın şiddeti ve süresiyle ilgilidir. Bu yüzden bu iki faktör bitkiler için önemlidir. Işık şiddetinde uygun olmayan koşullarda bitkiler az miktarda üretimi sağlanan karbonhidratları uzun süren gecelerde solunum yaparak tüketir. Kış ve sonbahar dönemlerinde bitkilerde karbonhidratların normalden daha düşük düzeylerde olmasından dolayı kalitesiz meyve oranını arttırdığı gibi verimi de azaltır. Işık genel olarak bitkilerin meyve renklerinde ve meyve büyüklüğü üzerinde etkili bir faktördür (Coğrafyacı, 2022).

Bitkiler yaz aylarında ışığa daha fazla maruz kalırlar. Bu süreçte yazın bitkiler gereğinden fazla azot (N), gereğinden az potasyum (K) tüketimi yaparlar. Işık seviyesinin bitki için daha yetersiz olduğu seralarda bitki renklerinde sararma ve

boğum aralarında uzama görülür. Ayrıca bitki yapraklarında küçülme, sap ve gövdesinde incelme görülürken bitki alt yapraklarının da daha erken dökülme yaşandığı görülür. Işık bitkiler için önemli bir ihtiyaçtır. Ve ışığın düzensiz olması bitki için de verimsizlikler oluşturacaktır (Çepel, 1978).

1.1.2. Sıcaklık

Bitki için sıcaklık büyüme, meyve tutumu, verim gelişim durumları açısından önemlidir. Sıcaklık bitki ve topraktaki her türlü aktiviteyi hızlandırmada yardımcı olur (MEB, 2015). Sera içinde gelişen bitki için de aynı durum söz konusudur. Bitkilerin verimli ve sağlıklı bir şekilde büyüyebilmeleri için sera ortamının bitkiye uygun sıcaklıkta olması gerekiyor. Ancak sera ortamında bitki ihtiyacına uygun sıcaklığın olduğu sürede gerekli ısının ani inip yükselme durumları önlenmelidir. Ayrıca sera içi sıcaklığın bitki için yüksek sıcaklıklara çıkılmasına izin verilmemelidir (Yılmaz, 2018). Bitkilerin gelişimi için önemli durumlardan biri de yaprağın sıcaklığıdır. Yaprak sıcaklığı bitki gelişimi için önemli bir etkendir. Eğer yaprak sıcaklığı yüksek değerde olursa bitki gelişme güçlüğü gösterir (Doğan ve ark., 2008).

1.1.3. Nem

Işık ve sıcaklık kadar sera içindeki nem de bitki yetiştirme için önemli bir etmendir. Verimli bitki yetiştirmek için nem en uygun düzeyde olmalıdır. Sera içindeki en ideal nem oranı için %65 - %70 nem aralığında tutulmaya çalışılmalıdır. Bu değer aralıklarındaki nem bitki gelişimi ve döllenmesi için idealdir. Nem değeri %50 ‘nin altına düştüğü zaman polen çimlenme durumu engellenmiş olur. Nem değeri %80 ‘nin üzerine çıktığı zaman ise polenlerin hareket yetenekleri azalır. Sera içerisinde ani nem değişikliği de bitkiler için olumsuz bir durum yaratır (KOP, 2017).

Çizelge 1.1. Yetişme zamanlarına göre domatesin ekolojik durum istekleri (KOP, 2017).

Gelişme Dönemi	Sıcaklık (ºC)			Işık (h)	Nem (%)
	Minimum	Optimum	Maksimum	Ekim - Mart 5-6 gün/saat 900 - 1100 Saat	60-90 Optimum Gün 65-70 gece 80-85
Çimlenme	11	20-30	34		
Büyüme	18	21-24	32		
Meyve Tohumu	10 (Gece) 18 (Gündüz)	14 gece -17 gece 19 gün-24 gün.	20 30		
Renk Oluşumu	10	21-23	30		
Toprak Sıcaklığı	15	22-24	28		

Domates sıcak ortamları seven bir bitkidir. İklimi dışında yetiştirilmesi için ihtiyaç duyulan iklim özelliklerinin uygun hale getirilmesi gerekir. Çimlenme için gerekli uygun sıcaklık ortalama olarak 25 ºC 'dir diyebiliriz. Işık ve sıcaklık koşulları fideler ile yetiştirilen dikimlerde salkım olgunlaşmalarını etkilemektedir. Ve daha geç olgunlaştığı görülmektedir. Ayrıca bitkiler normal gelişimlerini problem yaşamadan sürdürebilmeleri için günlük sıcaklık değişimleri de önemlidir. Bu sebepten dolayı gece ve gündüz sıcaklık değişim farkı çok fazla olmamalıdır. Bitkiler normal gelişimini sürdürebilmesi için güneş ışığına ihtiyaç duyarlar. Günlük olarak değerlendirdiğimiz zaman en az 6 saat güneş ışığına maruz kalmalıdır (KOP, 2017). Eğer mevsimi dışında yetiştirilmek istendiği taktir de güneş ışınlarına yakın ışın değerli yapay ledler kullanılarak bu ihtiyaç giderilebilir.

1.1.4. Toprak

Toprak çeşitleri genel olarak 3'e ayrılmaktadır;

1.Kumlu topraklar: İçinde organik maddenin az olduğu daha çok kum miktarının fazla olduğu içinde kili de barındırdığı toprak çeşididir. Su tutma kapasiteleri düşüktür.

2. Siltli topraklar: Su tutma kapasiteleri orta düzeyde olan bu toprak çeşidinde büyük oranda silt ve az oranda da kil barındırır. Bitki besin barındırma değeri orta düzeydedir.

3. Killi topraklar: Su tutma kapasiteleri yüksek olan bu topraklar bünyelerinde kil, kum ve mil toprak barındırırlar. Sebze yetiştirilmesinde en verimli sonuç alınan toprak türüdür (Namlı, 2012).

Sebze yetiştiriciliğinde bitkilerin tuza dayanım noktalarının bilinmesi çok önemlidir. Kurak koşullarda sebze yetiştiriciliğinde tuzluluktan kaynaklanan problemler ortaya çıkabilir. Her bitkinin tuza dayanma noktası farklıdır. Toprak içerisinde tuz miktarı artınca su alım durumu azalmakta böyle olunca da toprağın yapısı bozulduğu için bitki gelişimi de olumsuz etkilenmekte. Toprağın tuzluluk oranı kullanılan suyun özelliğine, sulama yöntemine ve toprağın drenaj şartlarına bağlıdır. Tuz oranı yüksek su kullanılacak ise toprak içerisindeki nem miktarının yüksek olması gereklidir. Bu durumu oluşturmak için az su ile sık sık toprağı sulamanız gerekir. Böylece toprağın ozmotik basıncı düşer. Buharlaşma sonrası ve bitki kullanımı sonucu geriye kalan tuzlar toprağın daha alt tabakasına ittirilmesi için toprak su ihtiyacının üzerinde sulama yapılmalıdır (Namlı, 2012).

Toprak tuzluluk durumu, yüksek miktarda gübrenin tek seferden gübrelenmesi ile düşük yoğunluktaki besin çözelti maddelerinin sistematik aralıklar ile verilmesine göre daha fazla artış gösterir. Toprak içerisinde artış gösteren tuz, sıcak ve kurak mevsimlerde bitki köklerinin topraktan su ihtiyacını karşılama durumunu güçleştirdiği gibi yetiştirilen bitkilerde toksik birikmelere de sebebiyet verir. Toprak içerisindeki tuz, bitkinin alacağı suyu ve bitki besin maddelerinin alımlarını engellediği için yetiştirilen bitki genelinde büyüme ve gelişimi yavaşlatır. Meyve renginin koyulaşmasına yol açar ve daha küçük meyve tutumuna sebebiyet verir. Havanın aydınlık ve güneşli olduğu zamanlarda bitki tepelerinde pörsüme gördüğünde, bu durumu sulama ile gideremediği zamanlarda toprağın tuz sorunu olduğu akıllara gelmesi gerekir. Bitki yetiştirmede üretimde verimi azaltan faktörlerin başında toprak tuz problemi gelebilir. Tuzluluk durumlarında toprak içinde sodyum, sülfat,

bikarbonat, magnezyum ve klor iyonlarının çok fazla olmasından kaynaklanır (Ekmekçi ve ark., 2005).

Toprakta tuzlanma iki farklı şekilde görünür. Birinci durum tuzluluğu oluşturan elementler bir araya geldiğinde toprağın suyu daha şiddetli tutmasıyla bitkinin su ihtiyacını karşılamakta güçlük çekme durumu. İkinci durum ise sodyum, bor ve benzeri elementlerin bitki tarafından yüksek seviyelerde alınması sonucu bitki içinde toksik olarak etki göstermesi durumu olarak ele alınabilir (Ekmekçi ve ark., 2005). Tuzluluk sebebiyle bitkide yaprak kenarlarında yanıklar, meyve üzerinde lekeler, çiçek halindeyken kopmalar, erken çiçeklenme ve şekil bozulmaları olarak belirti görünür. Toprakta tuzluluk olma durumunun en büyük problemi bitki eriminde büyük oranda azalma ve kalite noktasında düşüşler olmasıdır. pH değeri 5,5 – 6,8 değerlerinde yani hafif asitli ve nötüre yakın olan topraklarda sebze bitkileri iyi yetişirler. Düşük değerlerde pH'lı topraklar asit bakımından yüksek olduğundan bitkilere toksit etki yaratırlar. Bu asidik toprakların içerisinde demir, bakır, mangan büyük oranda bulunur. Bu elementlerin yüksek olması sebebiyle besin elementi eksikliği sıkça görülür. Demir, fosfor, bor, çinko, bakır gibi elementlerin çözünürlük dereceleri azalır. Bu topraklar içerisinde yüksek sıcaklık ve pH'ın yüksek olduğu durumlarda maddeler hızlı bir şekilde parçalanır. Sebze bitkileri kapalı serada yetiştirildiği zaman toprak içerisinde organik madde oranı %4 ve üzerinde ise bitki verimi yüksek bir şekilde alınabilir (Namlı, 2012).

1.1.5. Su isteği

Sebzeler dikildikten sonra aşırı şekilde sulama yapılması olumsuz durumları beraberinde getirebilir. Bitkilerin su ihtiyaçları azar azar sulama ile gerçekleştirilmelidir ve bitkinin su ihtiyacı bu şekilde giderilmelidir. Bu şekilde yapılan sulama sonucunda bitki kök gelişimi daha kuvvetli olur. Kapalı seralarda yapılan aşırı sulamalar sonucunda bitkiler daha yumuşak dokuda büyüdükleri için gövdeleri daha kalın, boğum aralıkları daha geniş çaplı ve aşırı yapraklı şeklinde olurlar. Bu şekilde olan bitkiler soğuk havalardan daha fazla etkilenirler. Ve daha fazla hasta oldukları görünür. Sebze bitkilerinin daha dengeli olarak büyümeleri için

dikildikten itibaren meyve tutumuna kadar bitki kontrollü bir şekilde sulama yapılması gerekir. Bitkiye taban gübresi uygulandığında azotça toprak zenginleştiğinde bitkiler normal süreden daha geç çiçek açar. Örnek vermek gerekirse dikimden sonra ilk dönem içerisinde bitki olması gerekenden daha fazla sulama yapıldığı zaman, domateslerin ilki ve ikinci salkımları daha küçük kalır. Veya hiç meyve tutmama durumu da oluşabilir. Patlıcan ve biber bitkilerinde ise tutmaya başlayan çiçekler kolayca dökülecek kıvamda olurlar. Domates bitkisinin su istek durumu, bitki büyüme uçlarında incelme, yaprak renginde koyulaşma ve gövde üzerinde tüylenme durumlarındaki artış ile anlaşılır. Ayıca yaprak renklerinin mat yeşil ve çiçeklerinde de mat sarı renk oluşması sulama ihtiyacının olduğu anlamına gelir (TAGEM, 2017)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çağatay (2015), çalışmasında güneş enerjisiyle çalışabilen bitkiyi sulayan bir proje geliştirmiştir. Bu sistemin kontrol edebilmek için Arduino Uno kullanmıştır. Çalışmasını bitkinin yaşamsal ihtiyacı olan su miktarının gerekli oranını belirleyip, bitkiye ihtiyacından az veya çok su verilmesinin engellenmesini amaç edinmiştir. Bu projede Lcd Shield kullanmıştır. Bu materyal üzerindeki butonlar aracılığı ile bitki cinsi robotik kart olan arduino'ya gönderilmiş ve nem miktarının oranı belirlenmiştir. Arduino kart ile nem miktarının oranı kontrol edilerek, nem miktarının oranı istenilenden daha az seviyeye ulaştığında bitki sulaması gerçekleşmeden önce robotik kart olan Rapery pi ile sistem fotoğrafı çekilip, bireyin mail adresine gönderilmesi sağlanmıştır. Nem miktarının oranı tespit edilip istenilen düzeye kadar bitki otomotik olarak sulanması sağlanmıştır. Sulama gerçekleştikten sonra tekrar Rapery Pi kart ile bitkinin sulama sonrası fotoğrafı çekilmesi sağlanıp kişinin mailine gönderilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma tarım ürünlerinin daha verimli, sağlıklı ve daha kolay üretilmesini amacıyla tarımda kullanılan otomasyon sistemlerini entegre ederek üretimin desteklenmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışma içerisinde bitkinin bulunduğu toprağa yerleştirilen nem sensörü aracılığı ile elde edilen bilgiler robotik kart olan arduino içerisine işlenmesi sağlanarak ihtiyaç duyulduğunda su motoru otomatik çalışarak bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu pompalayarak karşılaması amaçlanmaktadır. Bitki toprak su ihtiyacı doyuma ulaştığı zaman su motoru otomatik olarak durdurulması komutu arduino karta kodlanmıştır. Arduino robotik karta gönderilen bilgiler ESP8266 modülü ile IP adresi üzerinden aktarılan bilgiler oluşturulan arayüz sayesinde kullanıcı tarafından görünür anlamlı hale getirilmiştir. Ayrıca uzaktan olarak IP üzerinden sulama kontrol edilebilmektedir (ALTUNBAŞ, 2018).

Yılmaz ve Doğan (2016), yaptığı çalışmada sulama suyu bitki toprak nem ihtiyacına göre kullanıldığı için su ihtiyacı optimum düzeyde sağlanmıştır. Doğru zamanda doğru miktarda sulama yapıldığı için aşırı su kullanımından da tasarruf sağlanmıştır. Bu çalışma bitki yetişme ihtiyaçlarına uygun olarak sera iç havasının istenilen değerde tutulmasını amaçlamıştır. Sera bitki ihtiyacına göre havalandırma özelliği de bulunmaktadır. Sera iç ısıtma sistem enerjisini güneş enerjisinden karşılanmak üzere dizayn edilmiştir. Deney için kurulan bu sistemde bağıl nem değerleri %30-90 aralıklarında, sıcaklık değerleri ise 20 - 25 ºC derece arasında tutularak deney gerçekleştirilmiş ve veriler kaydedilip enerji analiz değerlendirmeleri yapılmıştır. Sera içerisinde sıcaklık ve bağıl nem kontrol altında tutularak diğer klasik seralar ile karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan bu deneye göre sıcaklık ve bağıl nemi sabit tutulan seralar diğer seralara göre ürünler 10-15 gün daha erken olgunluğa ulaşmış ve kalitede olarak da daha kaliteli ürünlerin elde edildiği görülmüştür (Yılmaz ve Doğan, 2016).

Yapılan bu çalışmada seraların sulama sistemleri konusu ele alınmıştır. Su bitki besin elementleri için en önemli ihtiyaçlardan biridir. Bitkiler sulanırken büyük bir emek harcanmaktadır. Seralar için sulama durumu önem arz etmektedir. Sulama sisteminde önemli iki durum vardır. Bunlar sulamanın ne zaman yapılacağı ve sulamanın hangi miktarlarda yapılacağı durumlarıdır. Çeşitli sulama yöntemleri vardır. Fakat bu çalışmada saksı sulaması yapılacağı için yağmurlama yöntemi kullanılmıştır. Yapılan bu projede sistemi kontrol edebilmek için Arduino kullanılmıştır. Arduino kart projede ekilen bitkilerin nem seviyelerini ölçtükten sonra ihtiyaç dahilinde sulama sistemini çalıştıracak şekilde kodlanmıştır. Çalışmaya göre bitkiler sabah ve akşam olmak üzere iki kez sulanacak şekilde programlanmıştır. Bu projede kullanılan sulama sistemi daha büyük seralar için de kullanılmaya geliştirilmeye müsait bir çalışma örneğidir. Bu sistemin diğer özellikleri arasında depodaki su miktar durumunu sürekli ölçmekte. Su deposundaki su miktarının istenen değerin altında ölçtüğü zaman kullanıcıya tekrar doldurması gerektiği bilgisini verir. Bu çalışmanın genel amacı unutkanlık durumunda kullanıcıya kolaylık sağlayarak bitki yetiştirmeyi daha verimli hale getirmeye çalışmaktadır (Ojha ve ark., 2016).

Çağatay (2015), bu çalışmasında bitkiler için otomatik sulama yapan bir sistem geliştirmiştir. Bu sistemi güneş enerji panelleri sayesinde topladığı enerjiyi akülere depolayarak kullanmaktadır. Projede sistem arduino kart ile kontrolü sağlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı bitkilerin su ihtiyacını dengeli bir şekilde otomatik olarak belirlendikten sonra bitkinin ihtiyacına uygun sulamanın yapılmasını sağlamaktır. Görüntüyü dışa aktarmak amacıyla Lcd Shield kullanılmış. Lcd Shield üzerinde bulunan butonlar aracılığıylada yetiştirilecek olan bitki türü girilmiş ve nem oranları belirlenmiştir. Arduino kart ile nem miktarının oranı kontrol edilerek sistem nem düşüklüğü durumunda Raspery pi ile bitki fotoğraflanarak kişinin e-mail adresine gönderilmiştir. Daha sonra uygun olan toprak nem oranına göre sulama gerçekleşmiştir. Sulamanın son bulması sonrası sulanmış olan bitkinin fotoğrafı tekrar Raspery pi ile fotoğraflanarak kişinin e-mail adresine gönderilmiştir.

Yapılan çalışmada sera sensörler aracılığıyla kontrol edilmekte. Bitkilerin seralar içerisinde üretilmesi yaygın bir durumdur. Seralar bitkilerin daha verimli yetiştirilmesi için çevre şartlarının bitki ihtiyaçlarına uygun şekilde ve daha elverişli bir ortam oluşturmaya yarar. Yapılan bu çalışma sıcaklık, nem ve ışık gibi çevre koşullarının uzaktan olarak kontrol edilmesini amaçlamıştır. Bu sera sisteminde Arduino Mega robotik kartı kullanılmıştır. Toprak neminin ölçümünde YL-69 kullanılırken, sıcaklık ölçümünde ise SHT-11 kullanılmıştır. Ayrıca sistem içerisinde toprak ve hava nemleri sensörler aracılığı ile ölçülerek gerekli bilgiler arduino tarafından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucu eğer neme ihtiyaç varsa havalandırma ile ortam, su pompası aracılığı ile de toprak nemlendirilmesi yapılmıştır (Akhır, 2016).

21. yy da kablosuz sensörler otomasyon ve robotik sistemlerde yaygın olarak kullanılmakta. Özellikle geliştirilen ve geliştirilmekte olan akıllı sera sistemlerinde sensörler yoğun bir şekilde kullanılmakta. Otomasyonda DHT-11 aracılığı ile sistem içerdeki sıcaklık ve nem gibi parametreleri ölçebilmektedir. Yapılan sera otomasyonunda sera içindeki sıcaklık ve sera nem kontrolü sistem tarafından kendiliğinden yapılmakta. Ayrıca manuel olarak da bu sistem kontrol edilebilmekte. Seri iletişim aracılığı ile mikro denetçiye bağlanmış olan sensörler denetleme dışında

izleme için de bir android telefonda kullanılıyor. Bu çalışmanın genel amacı, ortam sıcaklığının, nem ve güneş ışığının bitki için en verimli hale getirilmesini sağlarken bunla beraber bilgiler kontrol edilerek maksimum verim ile bitki elde etmeyi amaçlamıştır (Ismail ve ark., 2016).

Dayıoğlu (2013), bu araştırma projesinde seralar için bluetooth tabanlı kablosuz ölçüm sistemi tasarlanmıştır. Sera prototipi aktif bir şekilde kurulan deney düzeneği ile test edilmiştir. Sistem 4 ana unsurdan oluşmaktadır. Bunlar yönetici bilgisayar, seri port adaptörü ve 2 adet kablosuz iletişim modüllerinden oluşmaktadır. Bu sistem yönetici pc tarafından aktarılan komutlara uygun şekilde sera içinde bulunan kablosuz birimlerin kontrolü, bilgilerin aktarılması ve kayıt altına alınması şeklinde senkron olarak ekrana uygulanan işlemlerin aktarımı yapılacak şekilde programlanmıştır. Bu çalışmanın test evrelerinde bitkinin tepe ve alt seviyelerdeki değişken verileri ölçülmüştür. Bunlar toprak sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve bağıl nem değerleridir. Herhangi bir yaz günündeki bitki tepe ve alt taraftaki hava sıcaklık verileri kablosuz sistem aracılığı ile aktarılıp kayıt altına alınmıştır.

Bayhan ve Avcı (2019), bu çalışmalarında güneşlenme süresinin az olduğu alanlarda aydınlatma sistemi olarak ledler kullanılarak, sera gibi alanlarda yetiştirilen bitkilerin gelişimi üzerine olan etkisi, büyümesi sağlanan bitkinin kalite parametreleri ve yetişmede verim değerlerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada belli bir bölge içerisinde LED ışık kaynakları kullanılarak marul yetiştirilmesi durumu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Çalışma içerisinde 3 farklı renk led kullanılmıştır. Bunlar mavi, sarı ve kırmızı ledlerdir. Bu ledler altında oluşturulan bitkilerin olgunlaşma sürelerinde farklılıklar olmuştur. Yapay LED kullanılarak erken olgunlaştırılması sağlanan ürünler erken olgunlaştığı için ürün pazarlarında yüksek fiyattan satılması durumundan bahsedilmiştir. Güneş ışığının daha az etki gösterdiği kış aylarında LED aydınlatma sistemleri alternatif ışık kaynağı olarak faydalı ve etkili olmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1.Materyal

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan materyal listesi

Bileşen/Materyal Tipi	**Açıklama**
Arduino mega kart	Microdenetleyici
Toprak nemi algılama sensörü	Toprak nem ölçer
Dht11	Sera içi sıcaklık ve nem ölçer
2x16 Yeşil Ekran LCD	Ekran paneli
Lcd ı2c seri arayüz modülü	Lcd ekran arduino bağlanma modülü
Fan	Havalandırma Motoru
Mg90s servo motor	Havalandırma kapak açma/kapatma motoru
Arduino ldr modül	Işık sensörü
Röle	Akım anahtarlayıcı
Şerit led	Sera mor ışık
12vdc 1.2a 3l/dk. pompa	Sulama motoru
Ev kamerası	Sera içi kamera
Oto Fan motoru	Isıtıcı-soğutucu
Breadboard	Bağlantı tahtası
Rtc + sd kart data logger shield	Veri kaydedici

3.1.1. Arduino

Arduino, etkileşimli projeler üretmek için tasarlanan, elektronik olarak donanımı ve aynı zamanda yazılım birleştirme amaçlı kullanılan bir geliştirme platformudur. Arduino yazdığınız kodları ve bileşenleri tamamen paylaşabileceğiniz, açık kaynak olarak sunabileceğiniz ve projeler üretmek isteyen 7'den 70'e herkese hitap eden bir platformdur. Arduino temel olarak analog ve dijital pinlerden oluşmaktadır. Ve bu pinler aracılığı ile arduino ile analog veya dijital sinyaller ile iletişim kurabilir komutlarınızı kodlarınıza uygun şekilde çalıştırabilirsiniz.

Arduino yazılımı bir geliştirme ortamından (IDE) ve yazılım kütüphanelerinden oluşur. Yazılım geliştirme ortamı, Java diliyle yazılmıştır ve Processing adlı dilin geliştirme ortamını temel almaktadır. Arduino yazılımındaki destekleyici kütüphaneleri ile kolaylıkla robotik yazılımlar yazılabilir. Analog ve digital pinlerdeki sinyallerden alınan veriler yazılım aracılığı ile işlenebilir. Arduino, komponentlerden gelen veri sinyallerini kullanarak etkileşimli araçlar, akıllı robotlar, akıllı sistemler, zamanlama ayarlı prototipler ve verileri işleyip anlamlandıran yapılar oluşturmaya olanak sağlar. Üretilen projeye göre dış ortama etkileşim, ses, ışık, anlık veri işleme ve tepkiler gibi özellikler kazandırabilir (Robotiksistem, 2022).

3.1.1.2. Arduino mega kart

Arduino Mega Kart 2560 ATmega2560 mikrodenetleyiciye sahip olan kodlanabilir bir karttır. Arduinonun bir çeşidi olan Meganın 54 adet dijital input ve dijital output pinleri vardır. Bunlardan 15 adeti PWM çıkış pinidir. Bunların dışında 16 tane de analog girişe sahiptir. Güç girişi ve sıfırlama tuşu da bulunmaktadır. Arduino Mega 2560 PC aracılığıyla, güç şarj soketi veya harici olarak batarya/pil ile kullanılabilir. Bu arduino 8 Kb kısmı arduino temel yazılımını barındırırken toplamda 256 Kb lık hafıza diskine, 8 Kb SRAM'e ve 4 Kb boyutunda ise EEPROM hafızasına sahiptir. Arduino Mega 2560 6 Volt – 20 volt değerlerinde farklı bir güç kaynağından da enerji ile de çalıştırılabilir. Fakat 7 volt değerinden daha düşük bir değer ile beslenmesi yapılmaya çalışıldığı taktirde 5 volt çıkış pini 5 volttan daha düşük bir voltaj değer çıkışı verebilir ve kart bu yüzden istenilen çıkış güç değerini sağlamayabilir. 12 Volttan daha fazla bir voltaj ile güç beslenmesi yapılması durumunda regülatör dengeyi korumakta zorlandığı için fazlasıyla ısınma meydana geleceği için kart üzerindeki devreler zarar görebilir veya kartın kullanım ömrü kısalabilir. Bu sebeplerden dolayı arduino kartın güç beslenme gerilim aralığı 7 volt ile 12 volt arasında güç beslenmesi yapılması uygundur (Sailteknoloji, 2020).

– VIN : Arduino Mega 2560 kartına farklı bir kaynaktan güç beslemesi yapmak için kullanılan voltaj pin girişidir.

– 5V: Arduino kartındaki bu pin ana regülatörden 5 Voltluk bir çıkış gerilimi sağlar. Arduino DC power güç girişinden 7 Volt -12 Volt besleme adaptörü ile USB güç girişinden 5 Volt ile beslenebildiği gibi VIN pin girişinden de 7 Volt ile 12 Volt arasında bir değer ile de beslenebilir.

– 3.3V: Arduino devre kartının üzerinde bulunan regülatörden çıkış gücünü sağlayan 3,3V çıkış pinidir. Maksimum 50 mA değere ulaşabilir.

– GND: Oluşturulacak devrenin kart üzerinde bulunan topraklama pinidir.

Şekil 3.1.'deki arduino kart üzerinde bulunan ATmega 2560 işlemcisinden dolayı 4 çift RX-TX pinine sahiptir. Bundan dolayı 4 farklı karta kadar arduino ile veri iletişimini sağlayabilir. Ayrıca Arduino Mega Kartı USB bağlantısı ile bilgisayara bağlantısını sağladıktan sonra bağlantıyı kesmeden arduinodan verileri alıp anlık olarak komut verilebilir (TAŞ, 2020).

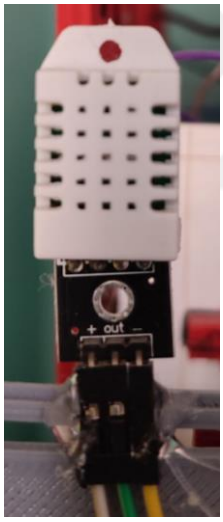


Şekil 3.1. Arduino ATmega 2560 mikro denetleyici kart

Çizelge 3.2. Arduino mega 2560 teknik özellikleri (Diyot.net, 2020)

Mikro denetleyici türü	ATmega2560 işlemci
Çalışma voltajı	+5 Volt DC
Uygun voltaj	7 – 12 Volt DC
Uygun voltaj alt-üst limitleri	6 – 20 Volt
Dijital input / output pinleri	54 tane (15 adet PWM)
Analog input	16 tane
3,3 V pini için akım	50 Miliamper
Toplam hafıza	256 KB
SRAM hafıza boyutu	8 KB
EEPROM hafıza boyutu	4 KB
Saat frekansı	16 MHz

3.1.2. Sıcaklık ve nem sensörü



Şekil 3.2. DHT 11 nem sensörü

Şekil 3.2.'deki DHT11, içeriğinde sıcaklık ve nem sensörüne sahip bir elektronik bileşendir. Otomatik olarak kalibre edilmiş özel sinyal alımını kullanarak teknik sayısal verileri kullanarak, sıcaklık ve nem algılama teknolojisi ile analog olarak arduino devre kartına bu verileri aktarabilmektedir. Nem sensörleri, sensör içerisinde bulunan inceltilmiş metal telin elektrik depolama kabiliyetini kayıt etmek için iki elektrot kullanır. Metalin elektrik depolama kapasitesi, sensörün bulunduğu ortamındaki havadaki nemin değişimiyle değişir. Bu değişim nem ile doğru orantılı bir

oranda artar veya azalır. Nemdeki değişimden kaynaklanan voltaj farkı elektronik kodlar ile daha anlamlı hale getirilip işlenmek üzere akıllı karta gönderilir ve burada sayısal verilere dönüştürülür (Direnç, 2022). DHT11 nem sensörünün teknik özellikleri çizelge 3.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü Özellikleri (Direnç, 2022)

Kullanım gerilimi	3-5,5 Volt
Kullanım akımı	0,5-2,5 Miliamper
Kullanım akımı ort.	0,2-1 Miliamper
Bekleme modu akımı	100 - 150
Nem:	
Duyarlılık	25°C +-%4 Bağıl nem - 0°C-50°C +-%5 Bağıl nem Maksimum
Ölçüm aralığı	0°C - %30 - %90 Bağıl nem 25°C - %20 - %90 Bağıl nem 50°C - %20 - %80 Bağıl nem
Tepkime zamanı	6san - 15san
Sıcaklık:	
Duyarlılık	+-1 °C - +-2 °C
Ölçüm aralığı	0 – 50 °C
Reaksiyon süresi	6 – 30 saniye

3.1.3. Toprak nem sensörü



Şekil 3.3. Toprak nem sensörü

Toprak içindeki nem miktarını ölçmeye yarayan elektronik bileşene toprak nem sensörü denir. Şekil 3.3.'de gösterilen toprak nem sensöründeki iki başlı uçlar toprağa batırılır. Ve bu şekilde nem ölçümü yapılır. Sensörün çalışma şekli şu şekildedir: Toprağa veya sıvıya batırılan uçların topraktaki nemin veya sıvının iletkenliğinden dolayı iki uç arasında meydana getirdiği rezistanstan dolayı iki metal

uç arasında bir voltaj farkı oluşur. Bu voltaj farklılığının büyüklüğüne göre de sensör bir sayısal veri oluşturur ve bunu akıllı karta aktararak anlamlandırır. Ve bu şekilde topraktaki nem miktarı ölçülmüş olur. Toprak nem sensörü üzerinde bulunan tripot sayesinde nem algılama derece ayarı yapılabilmektedir. Bu sensör bağlantısına uygun şekilde pinler aracılığı ile farklı mikrodenetleyicilere bağlantısını kurup ölçüm yapılabilmektedir. Toprak nem sensörü tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Toprak nem sensörünün uçlarındaki problardan alınan bilgiler ancak arduino gibi mikrodenetçiler aracılığı ile anlam kazanmaktadır. Arduino ile bağlantısı kurulup arduinonun analog pin girişlerinden birine bağlanması sağlandığı zaman analog okuma ile sensör, prob uçların nem oranına göre 0-1023 bit aralığındaki bir değeri analog pin giriş aracılığı ile arduinoya gönderebilmektedir (İrdem, 2016). Bu değer her ne kadar 1023 değerine yakın ise topraktaki nem değerinin o kadar yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Yüzdelik (%) bir oran ile değer okuma istiyorsak kodlarımızda “map ” komutunu kullanmak gerekir. Ve böylece toprak nem doygunluğu 1023 değerini veriyorsa %100, 0 değerini veriyorsa da %0 oranında nem miktarının oransal karşılığı alınmış olur.

3.1.4. LCD ekran

Şekil 3.4.’te gösterilen LCD ekran, Liquid Crystal Display kelimelerinin baş harflerinin kısaltılması ile meydana gelmektedir. Adından da anlaşılacağı gibi sıvı kristal ekran (görüntü) olarak isimlendirilen bir görüntü işleme teknolojisidir. Bu sıvı kristallerin her bir adedine ekran pikseli denir. Bu pikseller anlamlı bir şekilde bir araya gelerek gerçek bir görüntü oluşturur. Bu şekilde görüntü oluşturabilen elektronik bileşene de LCD denir. LCD ekranlar iki farklı şekilde üretilmektedir. Bunlar alfanümerik LCD ve grafik LCD ekranlardır. Alfanümerik ekranlar sadece harf ve rakam yazılabilir şekilde tasarlanmıştır. Grafik LCD ekranlarda ise ekran boyutuna uygun şekilde her türlü grafik görüntüyü aktarabileceğiniz şekilde tasarlanmış bir ekran çeşididir. Alfanümerik ekranlar karakter ve satır sayılarına göre isimlendirilirler. Aralarına “x” karakteri eklenerek ifade edilir. Alfanümerik ekranlar 16×2, 48×2, 32×4, 48×4, 128×64 ifadeleri gibi yazılır (Robotiksistem, 2022).



Şekil 3.4. LCD ekran

Çizelge 3.3. LCD pinleri ve bağlantı açıklamaları

LCD Bağlantı Pinleri	İşlevleri
1) Vss	Topraklama (GND)
2) Vcc	+5 Volt
3) VEE	Karşıtlık değeri
4) RS	Kayıt (Hafıza)Seçeneği
5) RW	Okuma / Yazma
6) E	Enable (Etkinleştirme)
7 – 14) D0 – D7	Veri girişleri
15) BL+	Panelin ışık pozitif pin ucu
16) BL –	Panelin ışık negatif pin ucu

VSS: LCD panelin topraklama bağlantı ucudur. Devre bu pin ile tamamlanır.

VDD: LCD panelin güç beslenmesinin yapıldığı uç pindir. Güç beslenme voltajı (+5Volt) Vdd pinine verilir.

VEE veya V0: LCD panelin ekran renk karşıtlık ayarının yapıldığı pin ucudur. Bu alana bir ayarlanabilir bir direnç mekanizması yani potansiyometre bağlanılarak ekran ışık ayarı yapılır.

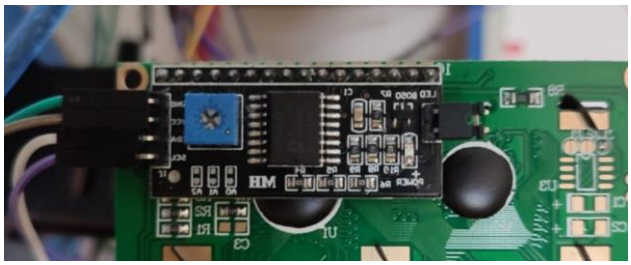
RS: Bu veri pin ucu ile kontrolcüden gönderilen verilerin hangi port aracılığı ile göndereceği belirtilir.

RW: Aktarılan verilerin yazıldığı veri ucudur. Bu pin bacağının bağlantısı sayesinde LCD panel içerisine yazılacak yazı karakterleri gönderilir.

E: Kontrolör ile LCD ekran arasında bir data alış verişi olacağı zamanda kontrolörün enable pin bacağının takılı olduğu girişi etkili konuma getirerek data aktarımını sağlar. (direnç, 2022)

3.1.5. IC2

LCD ekran bağlantı şeması olarak büyük projelerde kablo bağlantı şemaları çok karmaşık gelebilir. LCD bağlantılarında 16 pin kullandığında çoğu zaman kabloların kullanım ömrüne bağlı olarak herhangi bir iletişimsizlik yaşandığı zaman bu problemi tespit edilmesi hem zor hem de uğraştırıcı olacaktır. I2C iletişim protokolünü ile pin sayıları azaltılarak microdenetleyici ile LCD ekran iletişimi kolaylaştırılır. Bu data yolu dijital platformlarda en fazla kullanılan protokollerden biridir. I2C ile 10 bit adresleme sağlanabilir. I2C iki elektronik kablo ile 1024 bit veri iletişimini yaklaşık 1000 cihaza kadar iletişimi sağlayabilecek bir yapıya sahiptir. LCD ekrandaki 16 pin I2C protokol iletişim kartı ile toplam 4 pine düşürülmüştür. Kullanılan 2 pin Seri haberleşmeyi sağlarken diğer 2 pin güç ve topraklama hattı olarak kullanılmaktadır. Arduino ile iletişim için LCD ekranda kullanması gereken pin girişleri SCL ve SDA pinleridir. SCL data eşleşmesi için kullanılan pindir. SDA pini ise arduino ile ekran arasındaki data yolunu sağlayan hattır (Çivril, 2021).



Şekil 3.5. IC2 modülü

3.1.6. Mg90s servo motor



Şekil 3.6. Mg90s servo motor

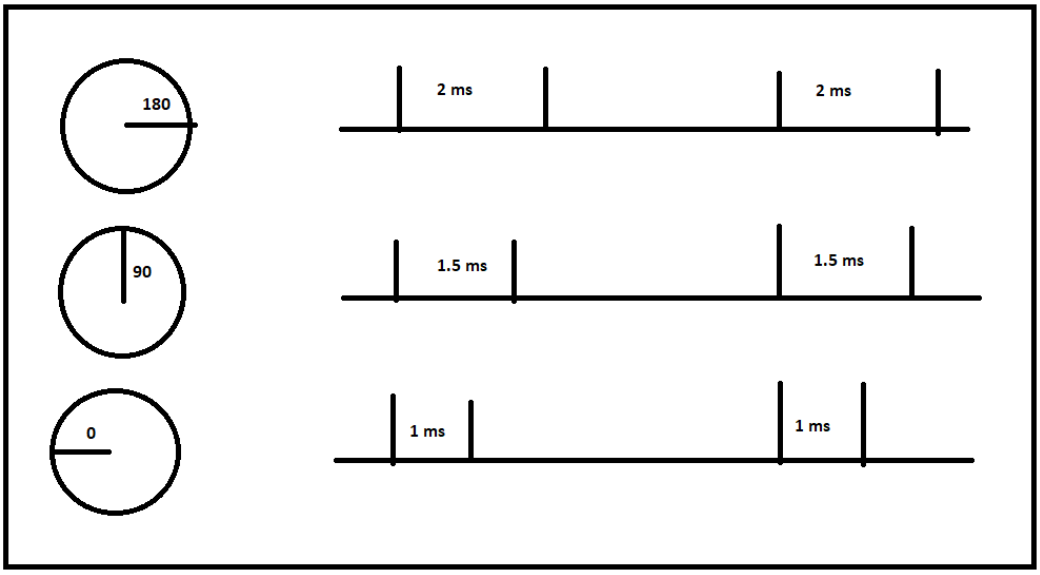
Şekil 3.6.'da gösterilen servo motor, kompakt olarak tasarlanmış elektronik bileşenlerin bir araya gelerek oluşturduğu motor sistemidir. Servo, sistemdeki çalışma prensibi düz ve açısal pozisyon, sürat ve ivme denetlemesini hatasız olarak yapan elektronik bileşen sistemidir. Servo motor istenildiği şekilde hareket kontrol komutlarını yerine getiren bir sistem düzeneğidir. Servo motorlar içinde bulunan bileşenler sayesinde normal şekilde olan motorun sahip olamadığı belirli bir açıya, pozisyon ve ivmeye sahip olmaktadır. Servo motorların 0, 90, 180, 270, 360 veya sonsuz dönebilen motor çeşitleri bulunmaktadır. Servolar RC (Radio Control) projelerinde de kullanılmaktadırlar. Servolar, komut verilen pozisyonu alması ve yeni bir pozisyon emri gelmediği sürece var olan pozisyonu değiştirmemesi amacıyla tasarlanmıştır (Semiz, 2015).

3.1.6.1. Servo motor çalışma prensibi

Servo motorların içinde motorun açısal ve doğrusal hareketini sağlayan bir doğru akım (DC) motoru bulunmaktadır. Bu motorun dışında konumlandırmasını sağlayan dişli sistem, potansiyometre ve sürücü devre kartı bulunmaktadır. Potansiyometre, motorun içindeki şaftın dönüş açısını/sayısını ölçer. Servo içindeki doğrusal akım motoru hareket ettikçe potansiyometre de döner ve kontrol devre kartı motorun bulunduğu konum ile komut verilen konumu karşılaştırarak servo motoru gelmesi istenen komuta kadar sürme işlemini gerçekleştirir. Servo motorlar farklı

olarak diğer motorlar gibi ayrıca bir kontrolcüye ihtiyacı olmadan çalışabilirler. Motor dönüş açıları 180 derece ile sınırlı olanlar olduğu gibi 360 derece dönüş açısına sahip özel amaçlı servo motorlar da üretilmektedir. Servo motorlar genelde 4.8-6 V arası bir voltaj ile çalışmaktadırlar. 6 Volt veya daha yüksek voltaj ile çalışan servolar da üretilmektedir.

Servolar sinyal genişlik modülasyon uyarıcıları ile çalışmaktadırlar. Diğer adı PWM sinyalleridir. Bu PWM sinyaller bir beyinden veya uzak bağlantı sisteminden sağlanabilmektedir. Servo motor, her 20 ms sonrasında pals değeri okumaktadır. Pals değerinin uzunluğu servo motorun dönüşünü anlamlandırıp ifade etmektedir. Örneğin 3 ms'lik bir pals, motorun 180 derece pozisyonunu almasını sağlayacaktır. Servolar hareket etmek için mikrokontrolcüden bir komut bilgisi geldiğinde öncelikle istenilen pozisyona doğru hareket ederler, hareket sağlandıktan sonra o pozisyonda kalırlar ve mevcut konumu korumaya çalışırlar. Servo motorlar mevcut konum pozisyonunu korumaya çalışırken dışarıdan bir güç uygulandığı zaman bu güce karşı bir tepki vererek mevcut pozisyonu korurlar. Var olan mevcut konumu sürekli koruyamazlar bu durumu korumaları için pals sinyalinin tekrar edilmesi gerekebilir. Servoların hareket etmeleri için gereken pals değerlerinin belli genişlik değerleri vardır. Bu değerlerin minimum ve maksimum değerleri var olup bu değerler kendi içinde belli değişkenlikler gösterebilmekteler. Ama genelde minimum palsin genişliği 1 ms, maksimum olarak palsin genişliği ise 2 ms'dir (Semiz, 2015). Şekil 3.7. 'de gösterildiği gibi genellikle sahip oldukları PWM değerleri vardır.



Şekil 3.7. Servo açılarının PWM değerleri

3.1.6.2. Servo motor çeşitleri

AC-DC servo:

Servo motorlar işlevsel yönüne göre AC Servo ve DC Servo olarak ikiye ayrılırlar.

Dijital-analog servo:

RC Servolar sistem kart yapılarına göre Analog Servo Motor ve Dijital Servo Motor olarak iki çeşit servo motora ayrılır. Dijital servo motorlar, analog servo motorlara göre daha şiddetli frekansta çalışırlar. Bu sebepten dolayı dijital servo motorlar gelen emirlere yani komutlara daha açık ve çok daha hızlı etkileşim cevabı verirler. Ve daha iyi performans gücü ortaya koyar. Yavaştan hızlı duruma geçişleri daha yumuşak olarak gerçekleşir. Fakat Dijital servo motorlar diğer Analog motora göre daha fazla enerji harcadığı için pil enerjisini daha çok harcamaktadır. Bu da dezavantajları arasında olan bir durumdur (Elektrikrehberiniz, 2015).

Çekirdeksiz - fırçasız motor:

RC Servo motorlar, cihaz içerisinde bulunan mekanik aksanlarda bulunan motor yapılarına göre değişkenlik göstermektedir. Mekanizma içerisinde çekirdek yapı bulundurmayan motorlar yapılarında mıknatıs bulundurmaz kablolar sayesinde manyetik bir alan oluşturmaktadır. Bu nedenden dolayı daha hafif bir yapıya sahiptirler. Ve daha çabuk etkileşim cevabı verirler. Hafif ve hızlı tepki vermelerinden dolayı daha yumuşak hareket ederler. Fırçasız motorların çekirdeksiz motorlara göre avantajı daha kaliteli, verimli ve daha fazla tork üretebilmeleridir (Semiz, 2015; Elektrikrehberiniz, 2015).

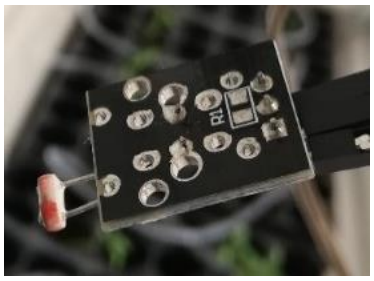
3.1.7. Röle



Şekil 3.8. Röle

Şekil 3.8.'de gösterilen röle, elektronik devrelerde kullanımı yaygın olan ve düşük akımları anahtarlayabilme özelliğine sahip elektromekanik bir devre bileşenidir. Rölenin bobin makarasına çok düşük enerji uygulanarak kontaklarından daha büyük akım anahtarlanabilir. Rölenin diğer isimleri konvertisör, değiştirgeçtir. İsminden de anlaşılacağı gibi bir akım durumunu değiştirebilme özelliğine sahip bir devre elemanıdır.

3.1.8. LDR



Şekil 3.9. LDR

Işığa göre değişen direnç olarak ifade edilebildiği gibi LDR'nin ("Light Dependent Resistor") teknik olarak ismi de foto dirençtir. Şekil 3.9.'de gösterilen LDR, pasif sensörlü bir dirençtir. LDR'ler bağlı oldukları devrelerde dışarıdan yansıyan ışığa göre fiziksel bir değişim ile direnç değerlerini değiştirirler bu şekilde değişiklikten dolayı bir sensör görevi görürler.

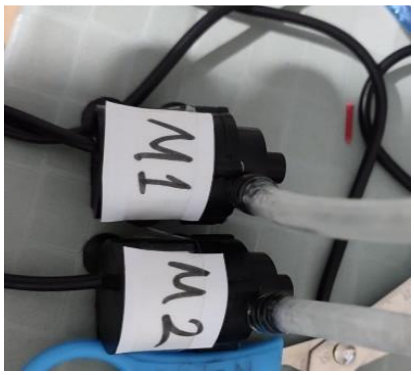
3.1.9. Şerit led



Şekil 3.10. Şerit led

LED, Türkçesi ışık yayıcı diyot yani Light Emitting Diode (LED) olarak adlandırılan bir bileşendir. Adından da anlaşılacağı üzere şekil 3.10.'da gösterilen led, bir diyottur. Diyotlar akımın sadece bir yönden geçmesini sağlayan yarı iletken ve iki bacaklı olan bir mekanik bileşendir. Ledlerin içinde bulunan iki farklı yarı iletken madde içerisinden belli yönlü olarak akım ilerlerken, bu iki maddenin birleştiği nokta üzerinden yoğunluk farklı üzerinden ilerlerken bir direnç ile karşılaşır. Yarı-iletkenlerin birleştiği bu noktadaki elektron alış-verişi, ışık oluşmasına sebep olur. Bu duruma elektroluminesans ismi verilir (İzgöl, 2021).

3.1.10. Su pompası



Şekil 3.11. Su pompası

Pompa akışkan sıvıları bir yerden başka bir yere taşımak için tasarlanan mekanik bir sistemdir. Bir pompa, akışkan sıvıyı düşük durumdaki bir basınç düzeyinden daha yüksek bir basınca doğru hareket ettirir. Ve bu sebepten dolayı basınç içerisinde bir fark ortaya çıkar. Pompa mekanizmaları kuvvetin mekanik gücüyle fiziksel olarak kaldırma veya sıkıştırabilme kuvveti ile akışkan sıvıyı ittirme prensibini hayata geçirerek çalışır. Sistem içerisinde kullanılan su pompasının teknik özellikleri çizelge 3.5.'de gösterilmiştir. Ayrıca pompalar iletecekleri akışkan sıvılara göre de farklı özellikteki maddelerden de oluşabilir. Sıvının kimyasal yapısına uygun şekilde yani pompanın iç malzemesine zarar vermeyecek şekilde malzemelerden üretimi yapılır. Örneğin, sıvı asidik bir madde içeriyorsa asitlerin aktarılmasında kullanılacak pompa ebonit, kurşun, alüminyum, demir gibi dayanıklı malzemelerden üretimi gerçekleştirilir. Akışkan maddenin cinsine göre pompa materyalinin yapısında da farklı metaller kullanılır.

Çizelge 3.5. Su pompasının teknik özellikleri:

Çalışma gerilimi:	DC 12 Volt
Gerilim	6-12 Volt
Çalışma akımı:	1.2Amper
Su itme basınç gücü:	3.5 m
Su akışı hacmi:	3Litre/Dakika - 180Litre/Saatte
Motor ağırlığı:	100gr

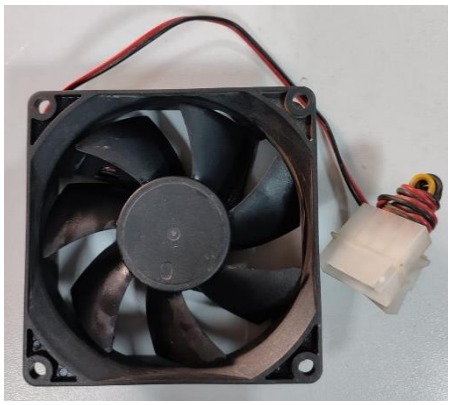
3.1.11. Sıcak – soğuk fanı



Şekil 3.12. Sıcak soğuk fan

Fanlar havanın ortamda daha homojen bir yapıda dağılmasını sağlayan elektronik cihazlardır. Sistem içerisinde kullanılan fan şekil 3.12.'de gösterilmiştir. Genellikle ısıtıcı ve soğutucu olarak iki çeşidi vardır. İhtiyaç halinde birçok farklı alanlarda kullanımı mümkündür.

3.1.12. Fan

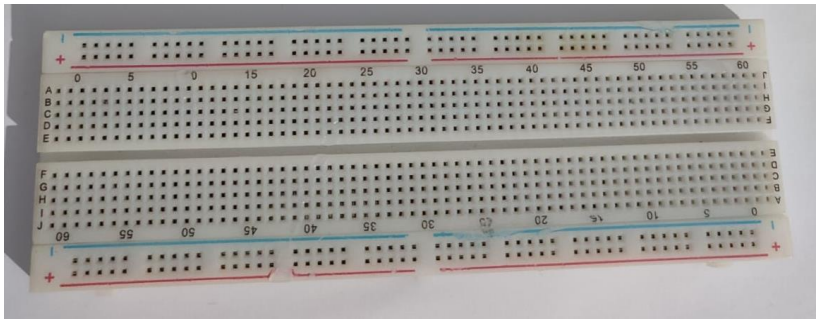


Şekil 3.13. Havalandırma fanı

Hava akışını sağlamak amacıyla basınç farkı oluşturan cihazların genel adına fan denir. Fan cihazları verilen akıma uygun hızda dönerek sıcak ve soğuk havayı birbirine dengeli bir biçimde savrulmasını veya karıştırılmasını sağlar. Halk dilinde vantilatör olarak da adlandırılmaktadır. Elektrik ile çalışan, üzerinde hava akışını ve akış yönünü sağlayan bir pervaneye sahip olan elektronik bir cihazdır. Emme dönüş

fanı, egzoz fanı, besleme fanı gibi fan çeşitleri bulunmaktadır. Emme fanı çalıştığı ortamın basıncını düşürmeye yarar. İklimlendirme işlemlerinde iç ve dış hava karışımı ve yer değiştirmesini sağlayan sistemlerde kullanılır. Havalandırma fanı istenmeyen kirli havayı dışarı atarak temiz havayı içeri alarak hava akışı için kullanılan fandır. Ayrıca soğuk veya sıcak havayı da dışarı atmak için kullanılır. Temiz hava havalandırma kanalından içeri çekilir. Aynı zamanda kirli hava pervane yapısından ve pervane dönüşüne bağlı olarak dışarı atılır. Böylece hava değişimi sağlanır.

3.1.13. Breadboard

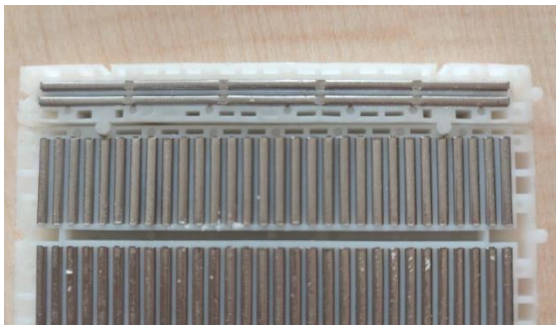


Şekil 3.14. Breadboard

Şekil 3.14.'de gösterilen breadboard, üzerinde devre bileşenlerinin takabildiği bir nevi uzatma görevi de görebilen araçtır. Ayrıca devreleri kurarken üzerine tak/çıkar yöntemi ile de bileşenleri test etme imkânı sunar. Baskı devre, delikli plaklara ve lehim ile sabitleme yapmadan önce deneme olanağı sağlar. Bu sayede devrede oluşabilecek bağlantı hatalarının kontrolü sağlanmış olur. Devre bileşenlerini tak/çıkar olarak da kullanabildiği için elektronik bileşenleri defalarca ve farklı projelerde de kullanma imkânı sağlar.

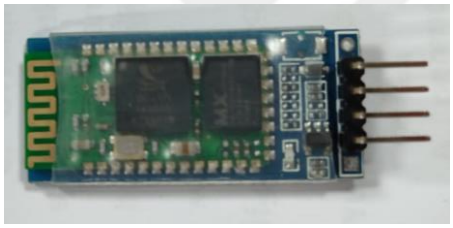
Breadboard içindeki iletken kısımlar dik ve yatay olarak birbirine bağlı halde konumlandırılmaktadır. Dışarıdan bakıldığı zaman bu kısımları gözle görünmez fakat şekil 3.15.'de de görüldüğü gibi iç kısmında birleşik ve anlamlı bir birleşme söz konusudur. Satır olarak boydan boya birleştirilmiş olan kısım aynı alanda iletkenlik sağlamaktadır. Aynı şekilde dikey olarak da bu iletkenlik sağlanmaktadır. Ve bu iki ayrı gurubu birbirinden ayıran yani iki farklı şekilde kullanımı mümkün kılan orta

ayrışma kısmı da mevcuttur. Tüm bu iletkenlerin üst kısımları deliklerden oluşmaktadır. Buradaki amaç elektronik bileşenlerin ayaklarını bu deliklere geçirerek devreyi tamamlamak amacındadır.



Şekil 3.15. Breadboardın iç görünümü

3.1.14. Bluetooth modülü



Şekil 3.16. Bluetooth modülü

Bluetooth kablosuz ağı kullanarak cihazların birbiri ile iletişime geçmesini ve birbiri arasında veri aktarımını yapılmasını sağlayan bir sistem teknolojisidir. İlk kez Ericsson firması bu teknolojiyi 1994 yılında kullanmıştır. Bu teknoloji kullanılmadan önce elektronik cihazlar birbirleriyle radyo sinyalleri veya kablolar aracılığıyla iletişim kurabilmekteydiler. Ancak bluetooth icat edildikten sonra bu sistemlerin bazı durumlar için kullanımı bırakılmıştır. Bluetooth sistemi kısa mesafe içerisinde cihazların radyo frekansları aracılığıyla birbiriyle iletişim kurmasına olanak tanır. Bluetooth ile haberleşme hızı 2.4 GHZ seviyesindedir. Kablo olmadan kurulan bu iletişim sisteminde fiziksel ve protokol olarak iki ayrı aşama bulunur. Fiziksel aşamasında bağlantı kurulur. Protokol aşaması ise veri aktarım kontrolü, veri aktarım hız seviyesi ve aktarım zamanı süresi gibi süreçlerden oluşur (Göçer, 2020).

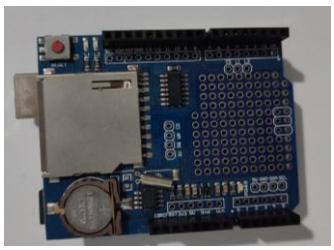
3.1.15. Kamera modülü



Şekil 3.17. Kamera

Bitki gelişimini uzaktan izlemek ve ani durumlarda erken müdahale amaçlı olarak kamera kullanılabilir. Arduino robotik kart ile uyumlu Ov7670 kamera modülü kullanılabilir. Fakat sadece izleme durumu için internet üzerinden sera sistemine harici olarak bağlantılı olan bir ev kamerası kullanılabilir. Farklı model ve çeşitlilikte kamera kullanılabilir. Her kamera sisteminin bağlantı durumu farklı olabilir. Kullanma kılavuzları ve özellikleri göz önünde bulundurularak ihtiyaca uygun olan kamera kullanılır. Bağlantılar genellikle benzer olup her kameranın kullanma kılavuzu içerisinde adımları gösterilmektedir.

3.1.16. RTC + SD kart data logger shield



Şekil 3.18. RTC + SD kart data logger shield

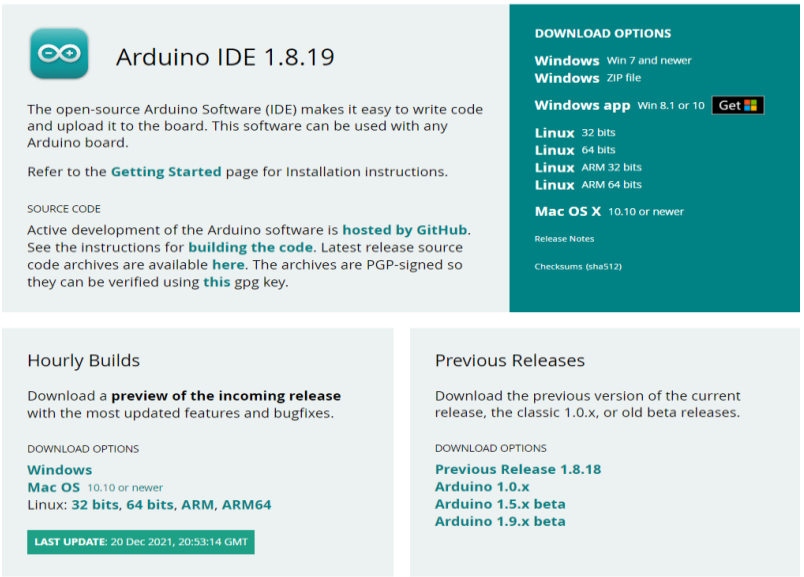
Şekil 3.18.'de gösterilen RTC + SD kart Data logger shield modülünü Arduino üzerine bu shield yerleştirilerek FAT dosya sistemini içinde barındıran hafıza kartları kullanılarak tarih bilgisi ve zamanlama bilgileri ile anlık bir kayıt yapılabilmektedir.

3.2. Yöntem

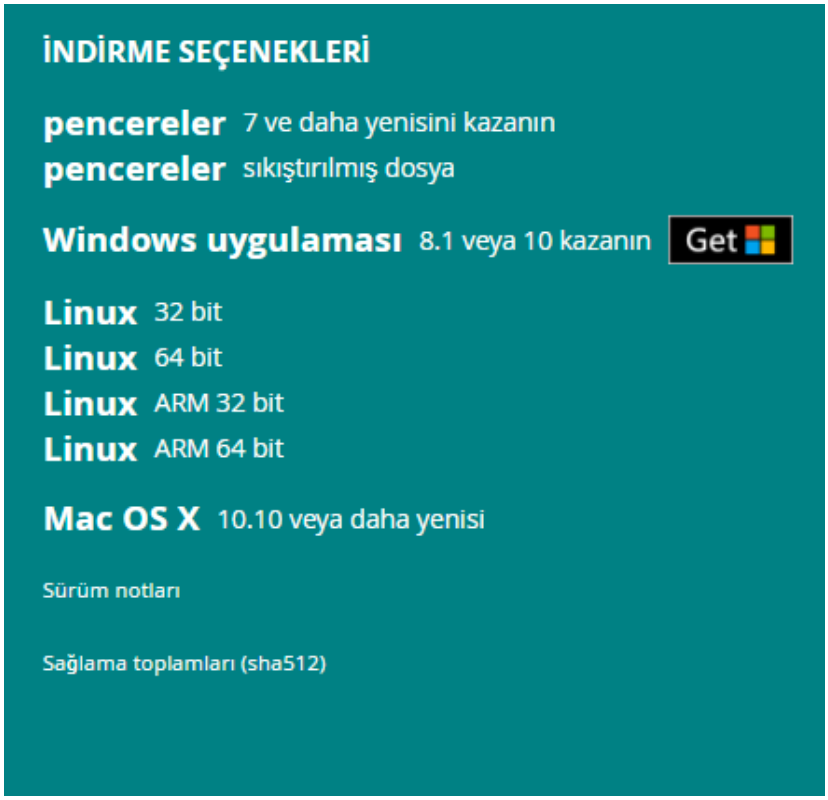
3.2.1. Elektriksel şema ve sistem yazılımları

3.2.1.1 Arduino yazılım IDE'si

IDE Tümleşik geliştirme ortamı, yani adını ingilizce yazılışındaki "Integrated development environmentin" baş harflerinden almaktadır. Bilgisayar yazılımcıların daha aktif ve hızlı bir şekilde program geliştirebilmesini amaç edinen, yazılım geliştirme sürecini aktif olarak kolaylıklar sağlayan ve birçok sistem ile birlikte geliştirme zamanını daha iyi organize edilmesine katkıda bulunan yazılım araçlarının tümünü içinde barındıran bir programlama çeşididir. Arduino IDE, arduino kartlara yüklenmek üzere komutların yazılıp, derlemenin yapılmasına olanak sağlayan ve bu kodları usb port aracılığı ile arduinoya yüklenmesini sağlayan ve sistematik olarak protokol ayarlamasını yapan yazılım geliştirme platformudur.



Şekil 3.19. Arduino yükleme arayüzü (Arduino.cc//software)



Şekil 3.20. İşletim sistemine uygun arduino indirme seçenekleri (Arduino.cc//software)

https://www.arduino.cc/en/software sitesine giriş yapıldıktan sonra şekil 3.19.'da olduğu gibi arduino yükleme arayüzüne ulaşılabilir. Daha sonraki aşamada şekil 3.20.'deki işletim sistemine uygun olan indirme seçeneğini tıklayarak arduino setup dosyasını bilgisayara indirmek mümkündür. İndirme sağlandıktan sonra standart yükleme adımlarına uygun şekilde yükleme gerçekleştirilebilir.

3.2.1.2. Programlama



Şekil 3.21. Arduino programlama arayüzü

Arduino yazılım platformu tamamen açık kaynak kodlu bir program platformudur. Kendi projenize uygun şekilde kodlamalar gerçekleştirebileceğiniz ve diğer çalışmaların kodlarından faydalanabileceğiniz bir yazılım çeşididir. Arduino dili temelinde C kodlama dilini taşıyan “Wiring ve processing “ dil yapılarından türeyen bir robotik kodlama programlama dilidir. Program yazılımı geliştirildikten sonra processing tabanlı arduino platformundan arduino karta usb portu aracılığıyla kod aktarılır. Arduino IDE uygulaması açıldığı zaman kodlama yapacak olan kullanıcının karşısına ilk olarak “setup ()” ve “loop ()” fonksiyonları çıkar. Giriş ve çıkış pinlerinin tanımlandığı, değişken tanımlamalarının yapıldığı ve tek bir işlemi gerektirecek komutların bulunduğu yer “setup ()” fonksiyon alanıdır. Ana algoritmaların bulunduğu sonsuz döngülerin çalıştırıldığı alan ise “loop ()” fonksiyon bölümüdür. Arduino programlama dili C/C++ diline çok benzerlik gösterdiği için bu dil bilgisine sahip kişi arduino kartlarına aktarılacak yazılımı kodlayabilir (Semiz, 2015).

Çizelge 3.6. Arduino program ara yüz butonları

	Hata ayıklama için kodu kontrol eder.
	Arduino karta yükler.
	Yeni çalışma sayfası açar.
	Daha önce yapılan çalışmayı açmak için kullanılır.
	Yeni yapılan çalışmayı kaydeder.

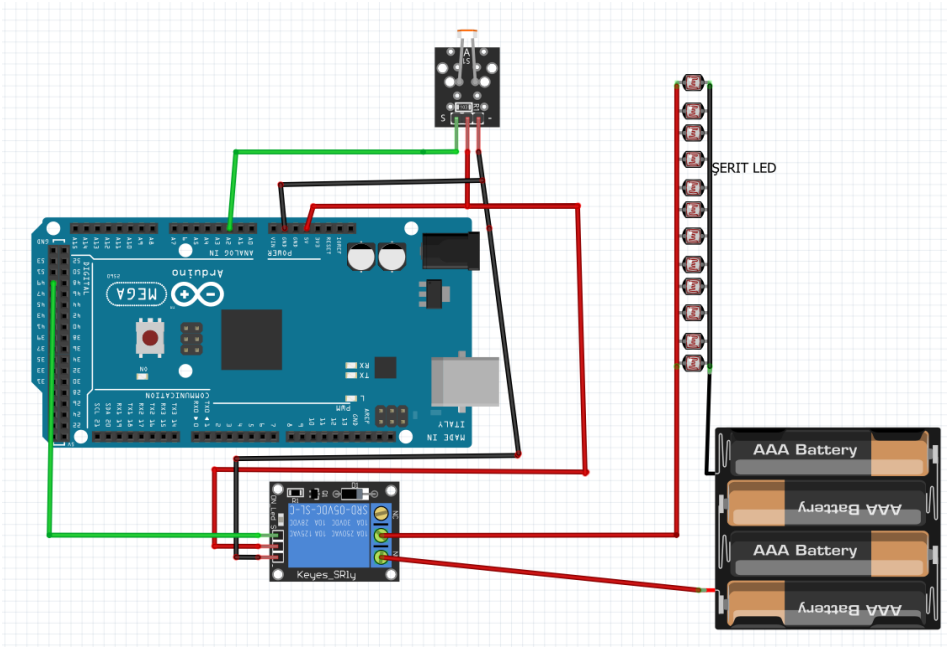
3.2.1.3. Led ve ışık ölçer

Bitki yaprakları, bitkilerin besin üretiminin ana yeridir. Bitki yaprağının ana temelini oluşturan hücrelerdir. Hücrelerin içerisinde kloroplast denilen, mikron küçüklükte temel yapılar vardır. Bu temel yapıların içindeki yeşil renkli maddeler diğer adıyla pigmentler olan klorofil taneciklerinin görevi ışığı alıp vakumlayıp hapsetmektir. Kloroplastlar güneşten gelen ışınları bir güneş paneli gibi toplayıp, topladıktan sonra bunları dönüştürüp enerji elde ederek besin üretirler. Elde edilen enerji besini yapraklar aracılığıyla, bitkinin beslenmesi gereken diğer alanlara dağıtımı yapılır. Fotosentetik pigmentler güneşten gelen ışığı yani yayılan enerjiyi absorbe edip depolama özelliğine sahip maddelerdir. Ve bu durumu kimyasal olarak enerjiye çevirip metabolik durumlarda kullanılmak üzere organik bileşenler üretirler. Bitkiler de diğer canlılar gibi yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek zorundalar. Yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için gereksinim duydukları enerjiyi organik maddelerden elde edilen kimyasal enerjiden sağlarlar. Bu durum için de güneş ışınlarını kullanarak havanın içerisinde bulunan karbondioksiti indirgeyerek besinlerini üretimini sağlar. Bu işlemin adına karbondioksitin (CO^2) indirgenmesi denir. Fakat güneş enerjisi ile gerçekleştiği için "fotosentez" olarak ifade edilir. Bitkiye ulaşan yararlı ışığın bir miktarı vardır. Bu miktar PPFD ile ifade edilir. Açılımı Photosynthetic Photon Flux Density olarak ifade edilir. Türkçe anlamı ise "Fotosentetik Foton Akış Yoğunluğu'dur". Diğer bir şekilde ifade etmek gerekirse, bir saniye içinde belli bir alana düşen fotosentetik etken fotonların adedini belirtir ve birimi µmol/(m^2s)'dir (Yılmaz, 2021).

Bitki yetiştirmenin temel ihtiyaç kaynaklarından biri de ışıktır. Doğal güneş ışığı bitki besininin kaynakları içinde en ucuz kaynaktır. Fakat yapay seracılık için doğal güneş kaynağının ışığı her zaman yeterli miktarlarda mevcut olmayabilir. Özellikle kaliteli ve verimli bitki yetiştirebilmek için gerekli güneş ışığı miktarı 40 ve 80 derece enlemleri bölgelerinde kış mevsimi boyunca gerekli limit değerin altındadır. Bu sebepten dolayı bu süre boyunca, yapay ışık kullanımı üretimde ve kalitenin daha fazla artması için seracılıkta çok kullanılan bir yöntemdir (Karakaş, 2008). Işık bitkilerin gelişimi ve fotosentez yapabilmesi için ana temel kaynaklardan biridir. Bundan dolayı akıllı sistemli serada bitki gelişiminin kış ayları veya güneşin batışı gibi durumlarda fotosentez faaliyetinin sekteye uğramaması için doğal ışığa yakın bir fotosentetik foton akış yoğunluğuna uygun şekilde şerit ledler sera içerisine yerleştirildi.

Bitkiler ile insan gözünün görebildiği ışık renkleri ve duyarlılıkları tamamen farklıdır. Verimli bitki yetiştirmek için "küçük ışık parçacıkları" olarak tanımladığımız bitkilerin algıladığı ışık önemlidir. Bu parçacıklara foton veya diğer bir deyişle kuantum da denir. Her fotonun içerdiği enerji birbirinden farklıdır. Ve ışığın dalga boyuna bağlıdır. Bitki enerjisi için 1 W'ı için kırmızı fotonların verimliliği mavi fotonların enerji verimliliğinin yaklaşık olarak 2 katıdır. Bu yüzden bitkiler gelen ışığın kırmızı olan kısımlarını enerji üretmede daha etkin olarak kullanır. Ayrıca yetiştirici ışık dediğimiz ışık duyarlılık eğrisine göre değişkenlik gösterebiliyor. Net bir şekilde tam sayı olarak bitki yetiştiriciliği için lüks veya enerji değerleri belirlenmemiştir. Yapılan verimlilik sonuçlarına göre ortalama değerler olarak biçimlendirilmiştir. Fakat genel olarak yapılan yetiştirmelerde yaygın inanışa kırmızıdan maviye geçiş olan ışık fotonunun verimlilik konusunda en iyi derecede sonuç alındığı inanışını ortaya çıkarmaktadır. Maviden kırmızıya yani 400nm – 700nm değer aralığındaki fotonlar olarak spektrumun parçası olarak kabul edilmekte ve buna "yetiştirici ışık" denilmektedir. Uygun sera aydınlatmaları için yapılan araştırmalarda "Üniversitelerde ve uygulama-araştırma istasyonlarında, fotosentezin hızı olarak gösterilen bu araştırma fotonların 400-700nm arasındaki miktarı ile ilgilidir. Buna "Fotosentez Foton Akısı" (PPF) denilir" (Karakaş, 2008). Konusu geçen araştırmada sera içi aydınlatmalarda ki PPF değer aralığının uygunluğundan bahsedilmiştir.

Yetiştiriciliğin ana temel hedeflerinden arasında daha yüksek verimliliğe katkı sağlayacak yetiştirme ışığının etkisi ve düşük enerji maliyetinin bir bütün olarak hedeflenmesidir. Yetiştirme ışığının değer aralığına uygun olması ve ışığın kızılötesi ısınma değerleri göz önüne alındığı zaman en uygun ışığın değerleri doğrultusunda ışık rengi kırmızıya yakın mor ötesi renk tercih edilmiştir.



Şekil 3.22. Led ve LDR elektronik bağlantı şeması

Kod açıklamaları:

#include <LiquidCrystal_I2C_AvrI2C.h>

Kodlama alanında kullanılan kütüphaneler karmaşık kod yapılarını daha kolay hale getirmektedir. Arduinonun sensör veya modüllere bağlanmasındaki hataları ve karmaşıklığı ortadan kaldıran kod paketleridir. Bu kod LCD kütüphanesini sistem yazılımı içerisine eklenmesini sağlar.

LiquidCrystal_I2C_AvrI2C lcd(0x27,16,2);

Bu kod LCD ekranda gösterilecek bilgilerin ekran bileşenin özelliğine uygun olarak hangi satır ve sütununda gösterileceği bilgisini belirtir.

```
String satir1;
String satir2;
String satir12;
String satir22;
```

Kullanılan tek ekranda 2 farklı ekran çalışması için yazılan kodlamayı belirtir.

```
#define morLedPin 49
```

Bu kod satırı "#define" ön işlemci komutu ile led pin tanımlaması dijital 49. pinine yapılarak led ve arduinonun hangi pin bağlantısı ile haberleşme sağlayacağını belirtir.

```
#define isikSensorPin A2
```

Bu kod satırı "#define" ön işlemci komutu ile LDR'nin pin tanımlaması analog 2 pinine yapılarak LDR ve arduinonun hangi pin bağlantısı ile haberleşme sağlayacağını belirtir.

```
int isikDegeri;
```

Bu kod satırı ile ışık değerinin değişken ataması yapıldı.

```
void setup()
{
  pinMode(morLedPin,OUTPUT);
  pinMode(isikSensorPin,INPUT);
  digitalWrite(morLedPin,LOW);
}
```

Bu kodlar ile sensörü giriş, ledler ise çıkış pini olarak tanımlandı. Başlangıç olarak mor ledin kapalı konumda aktif olmasını sağlandı

```
void loop()
{
isikDegeri=analogRead(isikSensorPin);
```

Işık değerini okuması ve isikDegeri değişkenine atama yapmasını sağlandı.

```
Serial.println(isikDegeri);
```

Okunan değerlerin serial ekranda gösterilmesini sağlandı.

```
if(isikDegeri>=500&&!manual){
    ledAc();
  }else if(isikDegeri<=700&&!manual){
    ledKapat();
  }
```

Burada bitki için gerekli ışık ortamı map kodu ile oranladı. Bitki için ortamdaki gerekli ışığın güneş batacağı zaman sistem LDR sensörü ile istenilen ortam ışık değerinin altına düştüğünü tespit ettiği anda mor ledlerin sönmesini gerçekleştirecektir. Sistem tekrar yeterli ışığın sera içerisine düştüğü tespit ettiği anda ise ledlerin yanması sağlar.

```
void ledAc(){
 if(!morLedDurum){
  digitalWrite(morLedPin,HIGH);
  morLedDurum=true;
```

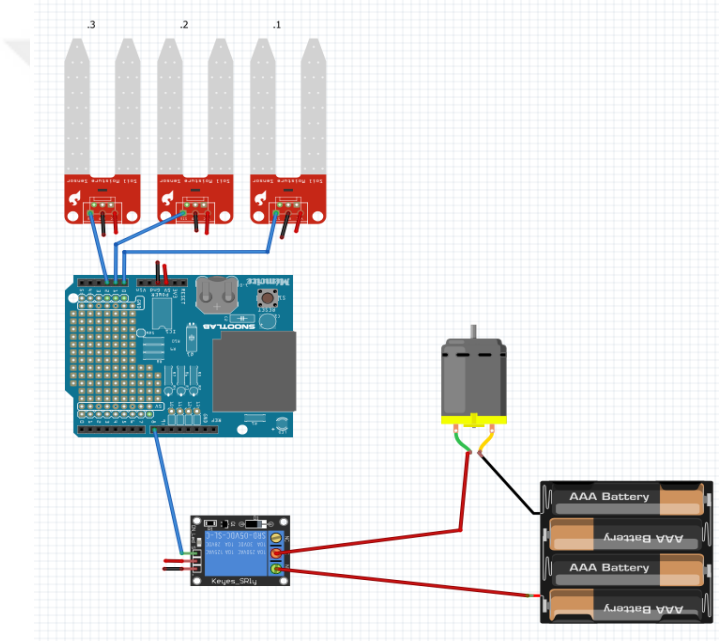
```
 }
  }
 void ledKapat(){
  if(morLedDurum){
  digitalWrite(morLedPin,LOW);
  morLedDurum=false;
 }
```

Burada şerit ledin sera ihtiyaç durumuna göre kapalı ise açılmasını, açık durumunda ise kapanmasını ifade etmektedir.

3.2.1.4. Toprak nem ölçer - sulama motoru

Domates yetiştirmede sulama çok önemli bir etkeni oluşturmaktadır. Toprak nem ihtiyacının karşılanamaması bitkinin yetişmesinde verim kayıplarına yol açabilir. Bitkiyi yetiştirirken sulama sıklığı doğru şekilde yapılırsa toprak, ihtiyacı olan nemi karşılayacağından dolayı bitki için elverişli bir ortam oluşacaktır (Bolat ve Ak, 2019). Bu durumlar göz önünde bulundurularak akıllı robotik serada sistem sürekli olarak toprak nemini ölçmekte ve toprak nem değeri belirlenen oranın altına düştüğü zaman sulama motoru çalışmakta ve su haznesinde olan su ile bitkinin toprağını sulamakta. Oransal olarak değerlendirdiğimiz zaman arduino kart 1024 bitlik bir veri aktarımı ile bilgi alışverişini sağlamaktadır. Burada bu mantıksal değeri sayısal bir değere çevrilmesi ve akıllı robotik seranın toprak nem değerinin oransal olarak hesaplanması gerekir. Bu durumdan dolayı 1024 bitlik veri alışverişini “map” koduyla 256 ya bölerek bilgi yüzdelik oranda kullanılabilecek bir yapıya çevrildi. Elde edilen sayısal bilgi toprak nem değeri ölçümünde kullanıldı. Sistem çalışmasında iki adet arduino kart, iki adet RTC Data Logger Shield, altı adet toprak nem sensörü, iki adet su pompası kullanılmıştır. Eşdeğer sistem kurulurken arduino içindeki yazılımlarda sulama süresi ve sensör ölçüm değerlerinin sulama baz değerleri farklılık göstermektedir.

Analog pinlerden alınan sayısal veri doğrultusunda A sistemindeki saksıların topraktaki nem değer ortalamalarının yüzde 55'nin altına düştüğü durumunda "motoru çalıştır" komutu devreye girecek ve sulama gerçekleştirilecek. Ve toplamda 84 saniye sulanarak toplamda 200 miligram su pompalanması sağlanacaktır. Analog pinlerden alınan sayısal veri doğrultusunda B sistemindeki saksıların topraktaki nem değer ortalamalarının yüzde 70'nin altına düştüğü durumunda "motoru çalıştır" komutu devreye girecek ve sulama gerçekleştirilecek. Ve toplamda 42 saniye sulanarak toplamda 100 miligram su pompalanması sağlanacaktır.



Şekil 3.23. Toprak nem ölçer ve sulama motoru elektronik bağlantı şeması

Kod açıklamaları:

```
#include <SPI.h>

#include <SD.h>

#include <Wire.h>

#include "RTClib.h"
```

Kodlama alanında kullanılan kütüphaneler karmaşık kod yapılarını daha kolay hale getirmektedir. Bu kod kütüphaneye RTC Data Logger Shield sistem yazılımını eklenmesini sağlar.

```
#define motor1Pin 8
#define motor2Pin 9
```

Bu kodlar A ve B sistemlerinin sulamasını gerçekleştirecek su pompasının motor tanımlamasını yapar.

```
#define s11Pin A0
#define s12Pin A1
#define s13Pin A2
```

Bu kodlar B sisteminin toprak nem sensörlerinin tanımlamalarını yapar.

```
#define s21Pin A0
#define s22Pin A1
#define s23Pin A2
```

Bu kodlar B sisteminin toprak nem sensörlerinin tanımlamalarını yapar.

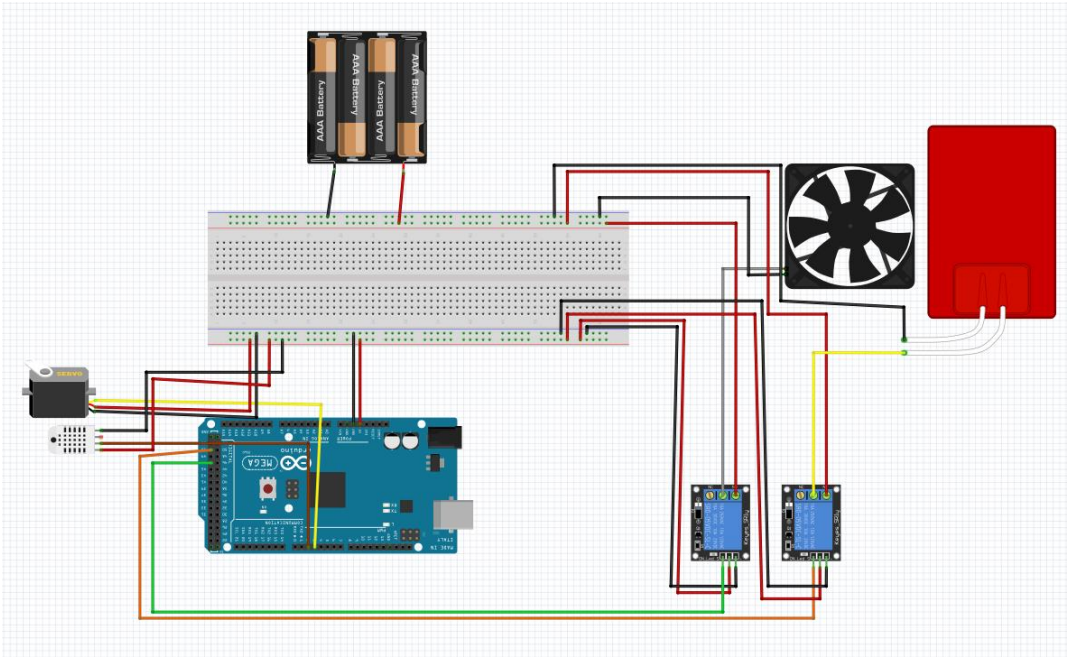
```
long beklemeSuresiMotor1=82000;  //milisaniye türünden
long beklemeSuresiMotor2=42000;
```

Bu kodlar motorların çalışma sürelerini belirtir.

3.2.1.5. Fan, fan kapağı, nem ölçer ve ısıtıcı

Havada çözünen su buharına nem denir. Mutlak nem ve bağıl nem olarak nem türleri 2'ye ayrılır. 1 metreküp hava içinde bulunan su buharının gram cinsinden ağırlığına mutlak nem denir. Su kaynaklarının bulunduğu yerlerde ve sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde mutlak nem fazla olur. Belli bir sıcaklıkta hava içinde bulunan su buharının, havanın o anki sıcaklığında taşıyabildiği en fazla su buharı miktarına oransal olarak değerine bağıl nem denir. Yüzdelik olarak ifade edilir. Bağıl nem %100 olursa havanın doyma noktasında olduğunu ve yağışın başladığını gösterir. Nemin yüksek olduğu zamanlarda insanları her ne kadar rahatsız etse de bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirmesi için neme ihtiyaçları vardır (Coşkun, 2003).

Domates bitkisi ılık ve sıcak iklimi seven bir sebzedir. Ani ısı değişimlerini ve soğuk havaları yapı olarak sevmezler. Bitkinin yetişme dönemi içerisinde sıcaklık -2 °C 'ye düştüğü zaman bitki tamamen zarar görür. Sıcaklık 14 °C 'nin altına düşmeye başlarsa olgunlaşma gecikmeye başlar ve verim de aynı oranda azalmaya başlar. Bitkinin büyümesine uygun olan sıcaklık 22-26 °C arasındaki değerdir. Sıcaklık 15 °C altında ve 35 °C üzerine çıktığı zaman meyve tutumunda düzensizlik oluşacaktır. İyi bir döllenme için sıcaklık değeri 16-17 °C'den yüksek olması gerekir. Ayrıca sıcaklık 24 °C'nin üzerine çıktığı zaman seralar havalandırılmaya başlanmalıdır (Ata, 2015). Bitki için ihtiyaç duyulan ortam nemi %65-%70 aralığında en uygun olduğu için. Sera içinde ortam neminin oransal nem değeri %65 -%70 olarak ayarlandı. Sera içerisinde bitki yetiştirmede ortamın havalandırılması olayı çok önemlidir. Güneş ışığının olduğu bir ortamda dış sıcaklık düşük olsa da sera içerisinde sıcaklık yüksek olabilir. Uygun koşullar üzerinde ve altında olan sıcaklıklarda bitki olumsuz etkilenir. Sera içinde hava nemi uygun oransal değerin altına düşerse bitkinin verimini azaltır ve kalite olarak kayıplar meydana gelir. Sera içinde hava nemi uygun oransal değerin üzerine çıkarsa bitkide hastalıklar meydana gelir (Ata, 2015).



Şekil 3.24. Fan, fan kapağı, nemölçer ve ısıtıcı elektronik bağlantı şeması

Kod açıklamaları:

#include <LiquidCrystal_I2C_AvrI2C.h>

#include <dht11.h>.

#include <Servo.h>

Kodlama alanında kullanılan kütüphaneler karmaşık kod yapılarını daha kolay hale getirmektedir. Arduinonun sensör veya modüllere bağlanmasındaki hataları ve karmaşıklığı ortadan kaldıran kod paketleridir. Bu kodlar ile LCD, nem sensörü ve servo motor kütüphanelerinin sistem yazılımı içine eklenmesini sağlar.

#define DHT11PIN 2

#define fanPin 47

#define isitmaPin 51

Bu kod satırı "#define" ön işlemci komutu ile nem sensörünün pin tanımlaması dijital 2.'ye, fan motoru dijital 47. pin yuvasına, ısıtma motoru dijital 51. Pin yuvasına

bağlantıları yapılarak sensör ve motorun arduino ile hangi pin bağlantıları ile haberleşme sağlayacaklarını belirtir.

```
pinMode(fanPin,OUTPUT);
pinMode(isitmaPin,OUTPUT);
```

Bu kodlar ile fan ve ısıtma motorlarının çıkış pini olarak tanımlamaları gerçekleştirildi.

```
if(DHT11.humidity>=70&&!manual){
 fanAc();
 }else if(DHT11.humidity<=65&&!manual){
 fanKapat();
 }
```

Akıllı sera içerisinde nem değer oranı %70 üzerine çıktığı anda fan kapağını açıp fan motorunu aktif edecek eğer nem değeri %65 ‘ın altına düştüğünde ise fan kapağını kapatıp fan motorunu kapatacak kodu belirtir.

```
 if(DHT11.temperature>=24&&!manual){
 isitmaKapat();
 }else if(DHT11.temperature<=22&&!manual){
  isitmaAc();
 }
```

Akıllı sera içerisinde sıcaklık değeri 24 santigrat derece üzerine çıktığı anda ısıtmayı kapatıp, fanı kapağını açıp fan motorunu aktif edecek eğer sıcaklık değeri 22 santigrat derecenin altına düştüğünde ise fan kapağını kapatıp ısıtmayı açacak kodu belirtir.

```
void isitmaAc(){
  if(!isitmaDurum){
  digitalWrite(isitmaPin,HIGH);
 isitmaDurum=true;
  }
  }
  void isitmaKapat(){
   if(isitmaDurum){
  digitalWrite(isitmaPin,LOW);
 isitmaDurum=false;
  }}
```

Bu kod ile ısıtma motorunun sera ihtiyaç durumuna göre kapalı ise açılmasını, açık durumunda ise kapanmasını ifade etmektedir.

3.2.1.6. Bluetooth

Bluetooth cihazlar arasında farklı şekillerde kullanma imkanı tanır. İki cihazın bluetooth ile bağlanabilmesi için ikisinin de bluetooth özelliklerinin olması gerekir. Bağlantı öncesi iki cihaz arasında eşleşme gerçekleşmelidir. Eğer şifre özelliği varsa şifre girilmelidir. Bunların ardından veri aktarımı gerçekleştirme durumu yapılır (Yeren, 2022).

Kod açıklamaları:

```
char btVeri;
```

Bluetooth haberleşmesi için değişken tanımlaması gerçekleştirildi.

```
Serial1.begin(9600);
```

Bulut ortamında serial bilgi haberleşmesi için bu kod gereklidir.

```
void loop()
{
 while (Serial1.available()) {
```

Bu kod bloğu bulut üzerinden aktarılan bilgileri bluetooth aracılığı ile değerini okuyup veri varsa “alttaki kodları çalıştır” komutunu belirtir.

```
  btVeri = Serial1.read();
```

Buluttan gelen veriyi okuma komutunu belirtir.

```
  Serial.println(btVeri);
```

Okunan değerin serial ekrana yazdırma komunu belirtir.

```
  switch (btVeri) {}
```

Buluttan gelen veriyi bluetooth aracılığı ile aldıktan sonra daha önce yazılan şart komutlarına uygun olarak “gelen veri a ise şunları yap değilse bunları” şeklindeki görevleri yerine getirmesini sağlayacak kodu belirtir. Örnek vermek gerekirse:

```
    case 'A':
      {
       if(manual){
       fanAc();
       }
```

```
  break ;//a geldi fanı aç ve caseden bitir çık
 }
 case 'B':
 {
  if(manual){
    fanKapat();
  }
  break ;
```

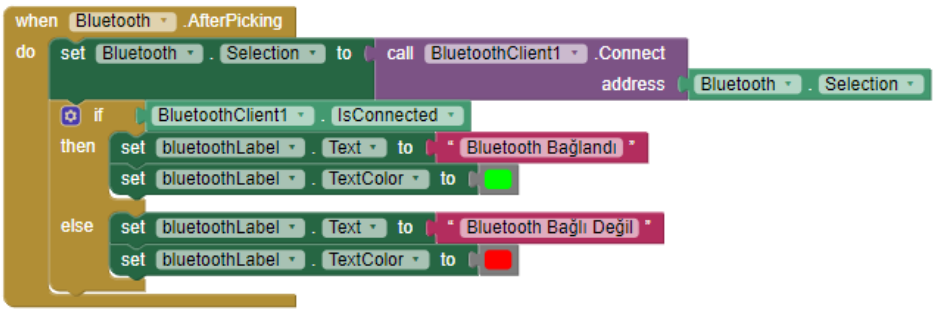
Eğer uygulamadan gelen komut “A” harfi ise manuel olarak sistem aktif edilmiş olacak ve akıllı sera fan kapağını açacaktır ve fanı çalıştıracaktır. “B” harf komutu uygulamadan geldiği zaman ise fanı durdurup kapağı kapatacaktır. Ve başka gelecek olan komutları bekleyecektir. Yazılım içerisinde bluetooth ile kontrol edilebilen her durum için bu kod ayrı ayrı düzenlenip eklenmiştir.

Android Appinventor Uygulama Kodları:



Şekil 3.25. Bluetooth adres ismi ayarlama kodu

Bluetooth cihazının şekil 3.25.’de görüldüğü gibi adres isminin “BluetoothClient1” olarak ayarlanması belirleniyor.

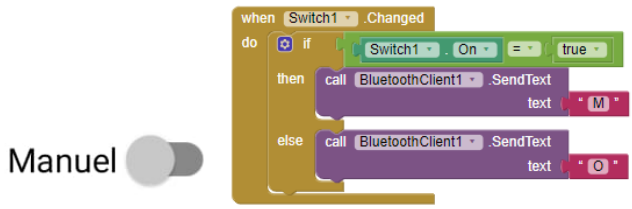


Şekil 3.26. İstemcinin bağlantı talep kodu

"BluetoothClient1" in bağlantı adresi olarak ayarlanması komutu şekil 3.26.'da gösterildiği şekilde ayarlanmalıdır. Bu yazılan koda göre eğer istemci bluetooth bağlantısını gerçekleştirdiği durumda telefon yazılım ara yüzünde "Bluetooth Bağlandı" yazısı belirip yazı rengi "yeşil" olarak gösterilecektir. Eğer bağlantının kurulmadığı durumda "Bluetooth Bağlı Değil" uyarısı verilip yazı rengi kırmızı olarak gösterilecektir.

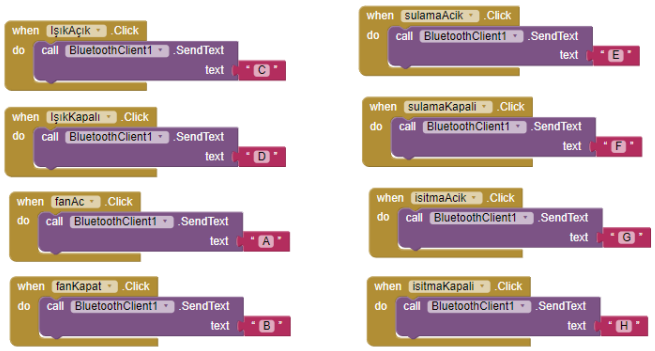


Şekil 3.27. Uygulama ara yüzündeki bluetooth bağlanma durum görseli



Şekil 3.28. Manuel kontrol seçim kodu

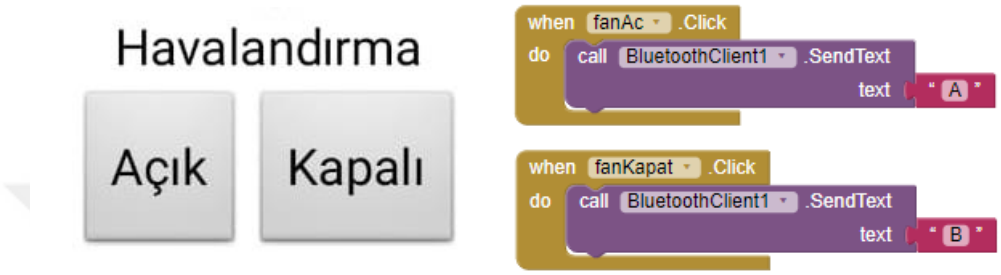
Şekil 3.28'deki görselde manuel kontrol kodları yazılmıştır. Kullanıcı, uzaktan görüntü sistemiyle izlediği otomatik olarak çalışan akıllı serada olası bir aksilik durumunda sistemi manuel olarak kontrol etmek istediğinde bu butonu kullanabilecektir. Kullanıcı "manuel" butonu aktif ettiği zaman tüm sistemi manuel olarak kontrol edebilirken "manuel" butonunu kapattığı zaman ise sistem tekrar tamamen otomatik olarak çalışmaya devam edebilecektir.



Şekil 3.29. App inventor harf komut tanımlamaları

Şekil 3.29'deki yazılım kodları ile blok kodlama içerisinde serayı aktif edecek veya verilen görevi bitirecek şekilde uygulamadan gelecek komutların şifrelenmesi için app inventor uygulaması içerisine harf komutları yerleştirildi.

a. Havalandırma



Şekil 3.30. App inventor havalandırma harf komut tanımlaması

Telefon uygulaması Şekil 3.30'deki "Havalandırma" butonunun görevini atamak için kodlama ara yüzüne girip harf ile şifreleme komutlarını verildi. Bu komutlar ile akıllı sera havalandırma fanını açmak için "A" kapatmak için ise "B" harflerini kullanıldı. Akıllı cihaz üzerinden "açık" butonuna basıldığı an bluetooth üzerinden "A" harf komutu akıllı seraya bildirilecek ve akıllı sera bunu "havalandırma fanını aç" olarak algılayacak ve böylece serada havalandırma fanı çalışacak. Aynı şekilde "Kapalı" butonuna basıldığı zaman da "B" harf komutu seraya iletilecek ve akıllı sera bu komutu "havalandırma fanını kapat" olarak algılayacak ve akıllı sera havalandırma fanını kapatacak.

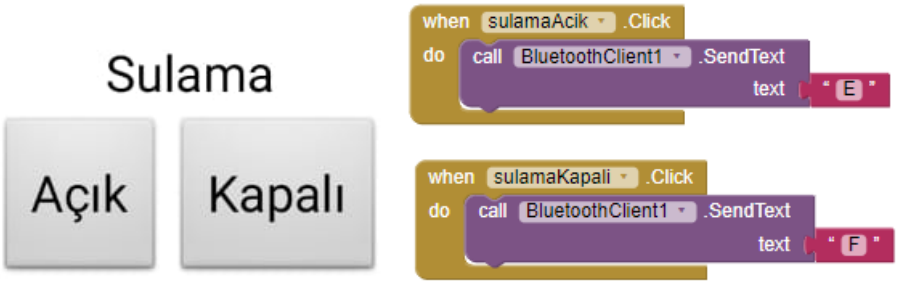
b. Led



Şekil 3.31. App inventor led harf komut tanımlaması

Telefon uygulaması üzerinde şekil 3.31'deki "Led" butonunun görevini atamak için kodlama ara yüzüne girip harf ile şifreleme komutları yazıldı. Bu komutlar ile akıllı sera şerit ledlerini açmak için "C" kapatmak için ise "D" harflerini kullandı. Akıllı cihaz üzerinden "açık" butonuna basıldığı an bluetooth üzerinden "C" harf komutu akıllı seraya bildirilecek ve akıllı sera bunu "şerit ledleri açık yap" olarak algılayacak ve böylece serada şerit ledler yanacak. Aynı şekilde "Kapalı" butonuna basıldığı zaman da "D" harf komutu seraya iletilecek ve akıllı sera bu komutu "şerit ledleri kapat" olarak algılayacak ve akıllı sera şerit ledleri kapatacak.

c. Sulama



Şekil 3.32. App inventor sulama motoru harf komut tanımlaması

Telefon uygulaması üzerinde şekil 3.32.'deki "Sulama" butonunun görevini atamak için kodlama ara yüzüne girip harf ile şifreleme komutları yazıldı. Bu komutlar ile akıllı sera sulama görevini aktif hale getirmek için "E" kapatmak için ise "F" harflerini kullandı. Akıllı cihaz üzerinden "açık" butonuna basıldığı an bluetooth üzerinden "E" harf komutu akıllı seraya bildirilecek ve akıllı sera bunu "sulama motorunu aç" olarak algılayacak ve böylece serada bitki sulama gerçekleştirilecek. Aynı şekilde "Kapalı" butonuna basıldığı zaman da "F" harf komutu seraya iletilecek ve akıllı sera bu komutu "sulama motorunu kapat" olarak algılayacak ve akıllı sera sulama işlemini sonlandıracak.

d. Isıtma



Şekil 3.33. App inventor ısıtma sistemi harf komut tanımlaması

Telefon uygulaması üzerinde şekil 3.33.'deki "Isıtma" butonunun görevini atamak için kodlama ara yüzüne girip harf ile şifreleme komutlarını yazıldı. Bu komutlar ile akıllı sera ısıtma görevini aktif hale getirmek için "G" kapatmak için ise "H" harflerini kullandı. Akıllı cihaz üzerinden "açık" butonuna basıldığı zaman bluetooth üzerinden "G" harf komutu akıllı seraya bildirilecek ve akıllı sera bunu "sera ısıtma sistemini aktif et" olarak algılayacak ve böylece akıllı serada ısınma bileşeni serayı ısıtmaya başlatacak. Aynı şekilde "Kapalı" butonuna basıldığı zaman da "H" harf komutu seraya iletilecek ve akıllı sera bu komutu "Isıtma sistemini kapat" olarak algılayacak ve akıllı sera ısıtma işlemini sonlandıracak.



Şekil 3.34. Akıllı sera kontrol uygulamasının telefon ara yüz görünümü

Şekil 3.34.' de de göründüğü gibi android tabanlı akıllı cihazımızda akıllı sera otomasyonunun kontrol ara yüzü bu şekilde görünmektedir.

3.2.2. Sera yapımı ve inşaa

Seranın alt taban kısmı MDF plaka ile marangozda düz plaka kestirilerek 10 cm yüksekliğinde havuz şeklinde birleştirildi. Seranın boyutuna göre alt tabanın genişliğini ayarlayabilir Birleştirme noktalarında vida ve ek olarak yapıştırıcı kullanıldı. Ayrıca şekil 3.35'da görüldüğü gibi seranın tekrar tekrar kullanılabilmesi için zemin kısmına naylon branda serildi. Bu naylon brandanın mdf zemine tutturulması için silikon tabancası ile silikonlanıp desteklendi. Bu sayede sera dışına sızıntı yapılma durumu ortadan kaldırıldı.

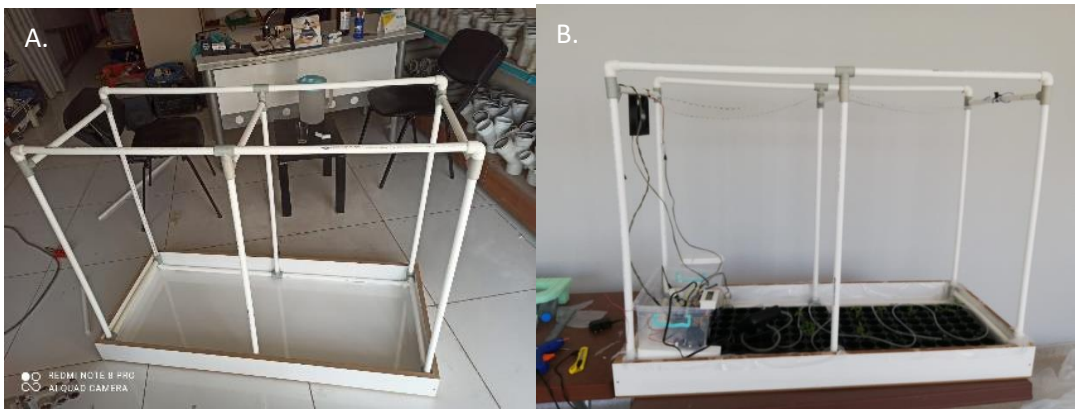


Şekil 3.35. Sera alt taban detayları

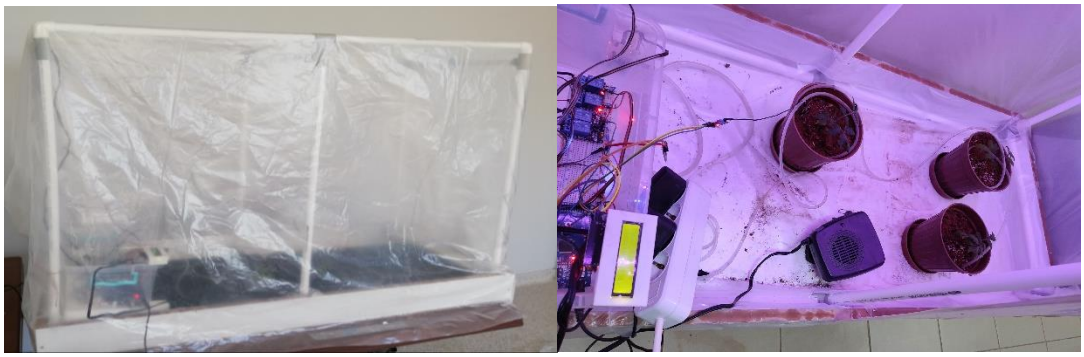
Sonraki aşamada seranın iskelet aşamasına geçildi. Sera iskeletinin hazırlandığı ekim havuzunun iç kısmının alt tabanına uygun yerleşecek şekilde tasarlandı. İskelet tasarımında plastik pvc boru tercih edildi. Bu tercihin sebebi içinin boş olduğundan dolayı daha hafif olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 3.36.'de görüldüğü gibi birleşme noktalarında ısı ile dirsek eklendiği için daha sağlam bir yapıda birleşme gerçekleştirildi.



Şekil 3.36. Sera iskelet birleşme noktaları



Şekil 3.37. Sera iskelet görünümü



Şekil 3.38. Akıllı robotik seranın tamamlanmış görünümü

Şekil 3.38.'de akıllı robotik seranın zemin ve iskelet yapılanması sonrası içerisine robotik sensör materyalleri ekleyerek seranın temel yapısını tamamlanmıştır.

3.2.3. Tohum çimlendirme ve yetiştirme

Tohumların çimlenebilmesi için bazı şartlar vardır bunlardan en önemlisi oksijen ve sudur. Şekil 3.40.'da görüldüğü gibi tohumun daha hızlı çimlenebilmesi için suni bir ortamda tohum filizlendirme çalışması yapılmıştır. Pamuk kullanılmasının nedeni su tutucu özelliğinin olmasından kaynaklanmaktadır. Oda sıcaklığında ve ağzı açık bir kapta yeterince su verilerek çalışma başlatılmıştır. Üç veya dört gün sonra tohumlar çimlenmeye başlandığı gözlemlenmiştir. Filizlenme başarılı olduktan sonra büyüyünce hassas bir şekilde şekil 3.40.'deki viyollere nakli gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.39. Tohum filizlendirme



Şekil 3.40. Filizlenen tohumun viyole ekimi sonrası baş göstermesi

Tohum filizlenmesi sağlandıktan sonra filizlenen tohumu toprak ile bir araya getirilip akıllı seraya yerleştirildi. Başlangıç için viyol içerisine torf toprağı aralıklı olarak doldurulduu. Belli bir büyüklüğe gelene kadar akıllı robotik sera içerisinde bu şekilde büyümelerini sağladı.



Şekil 3.41. Viyolde filizlenen tohumun daha büyük saksıya aktarılması

Tohumlar belli bir büyüklüğe geldikten sonra filizlenen domates bitkisi viyollerden çıkarılıp gelişimini daha iyi yapabileceği şekil 3.41.'deki gibi saksılara yerleştirildi. Ve sera içerisinde büyümelerinin devamlılığı sera tarafından sağlanmıştır.

3.2.4. Deneme kurulumu ve yürütülmesi

Denemeyi başlatmak amacıyla seranın otomatik çalışan havalandırma, sıcaklık kontrolü, destek ışıklandırma sistemleri aktif hale getirilmiştir. Fidelerin su stres durumunun bitkiye etkisini tespit etmek amacıyla kurulan denemede uygulama 1 ve uygulama 2 saksılarına bitkiler aktarılarak sistem başlatılıştır. 15 gün boyunca otomatik olarak çalıştırılması sağlanmıştır. 15 gün sonunda domates bitkisinin fizyolojik gelişiminin etkilerini tespit etmek amacı ile analizler yapılmıştır.

3.2.4.1. Bitki toprak su değerlerinin elde edilmesi

Nem sensörleriyle alınan verilerin karşılaştırılması için saksılardan her gün aynı saatte tartılarak nem tayini yapıldı.

3.2.4.3. Bitki boyu, Bitki yaş ve kuru ağırlığı

Çalışma sonunda bitki boyları cetvel yardımıyla ölçüldü. Toprak yüzeyinden kesilen bitkilerin yaş ağırlıkları not edildi ve kuru ağırlıklarının alınabilmesi için 70°C sıcaklıkta 72 saat kurutuldu. Kurutulduktan sonra kuru ağırlıklar not edildi.

3.2.4.4 SPAD değeri

Çalışmanın sonunda her saksıdan 3 defa olacak şekilde domates fidelerinin yapraklarından KONİCA SPAD cihazı ile ölçüm yapıldı.

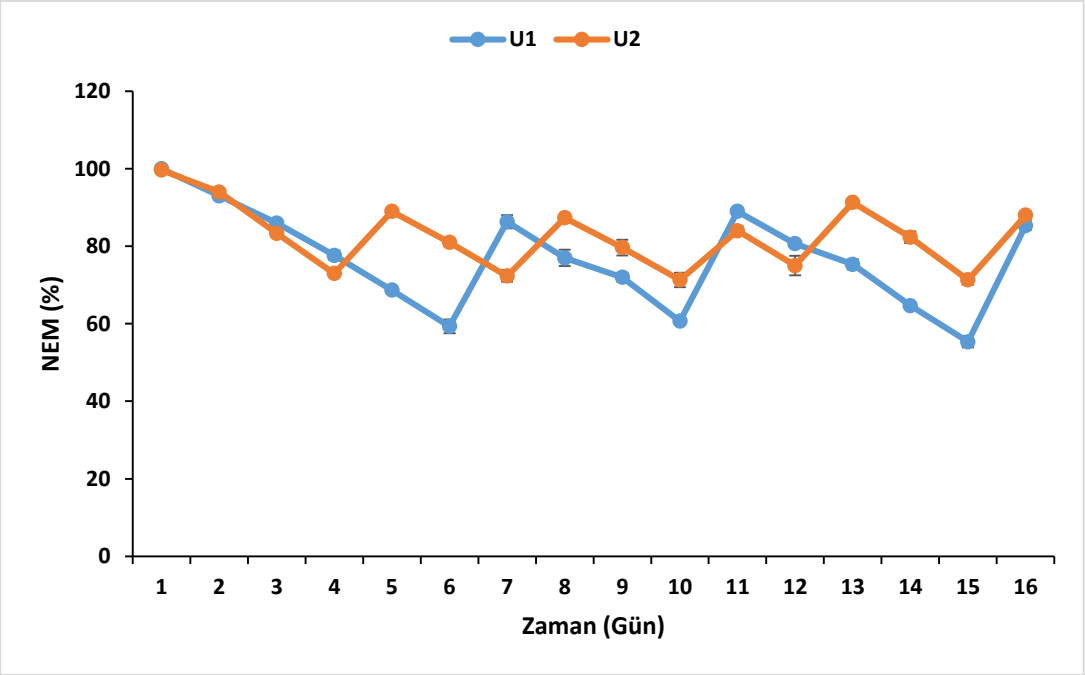
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada akıllı sera projesinde nem sensörlerinin, domates fidelerinin sulama zamanının ve miktarının belirlenmesinde etkinlikleri ele alınmıştır. Farklı nem düzeylerinde yetiştirilen domates fidelerinin fizyolojik özellikleri incelenmiştir.

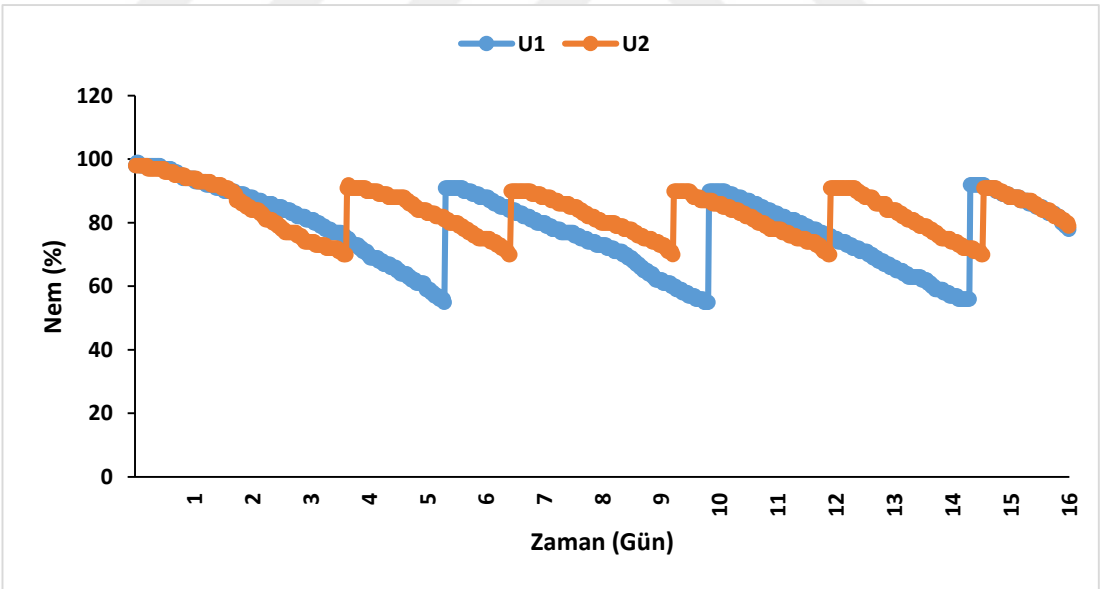
4.1. Araştırma Bulguları

4.1.1. Toprak Nem

Nem sensörleri tarafından ölçülerek arduino tarafından kaydedilen toprak nem verilerinin zamansal değişimini gösteren grafik Şekil 4.1.'de sunulmuştur. Ayrıca deneme süresi boyunca toprak nem sensörleri tarafından 30 dakikalık peryotlar ile ölçülen toprak nem değerleri Şekil 4.2.'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde düşük nem uygulamasında deneme başlangıcından 6, 10 ve 15 gün sonra olmak üzere çalışma süresince 3 defa nem değerlerinin %55 düzeyine düştüğü ve burada muhtemelen arduino tarafından sulamanın başlatılması sonucu nem düzeyinin tekrardan %85' e çıktığı belirlendi. Yüksek nem düzeyinde yetiştirilen konuda ise nem düzeyinin %70 ile %85 aralığında seyrettiği ve deneme süresi boyunca arduino tarafından 5 defa sulamanın başlatılarak toprak neminin korunduğu belirlendi.



Şekil 4.1. Uygulama 1 ve Uygulama 2 Saksılarından Elde Edilen Toprak Nem Değerlerini Karşılaştırma Grafiği. U1: %55-85, U2: %70-85 nem seviyesini ifade eder.



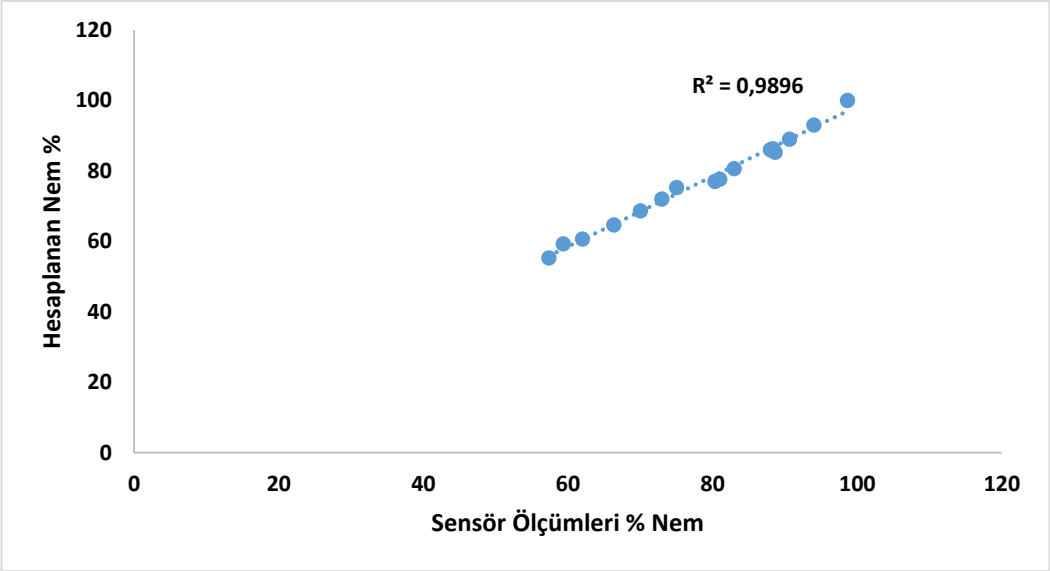
Şekil 4.2. Toprak nem sensörü ile ölçülen toprak nem verilerinin 30 dakikalık peryotlardaki değişimi zamansal değişimi. U1: %55-85, U2: %70-85 nem seviyesini ifade eder.

Sensörlerden ile elde edilen toprak nem düzeyleri ile hesaplanan nem verilerine ait sonuçlar Çizelge 4.1.'te verilmiştir. Ayrıca toprak nem sensörleri sonuçları ile hesaplanan nem değerleri arasındaki ilişkileri gösteren grafikler şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'da sunulmuştur. Sensör ölçümlerinden elde edilen veriler değerlendirildiğinde her

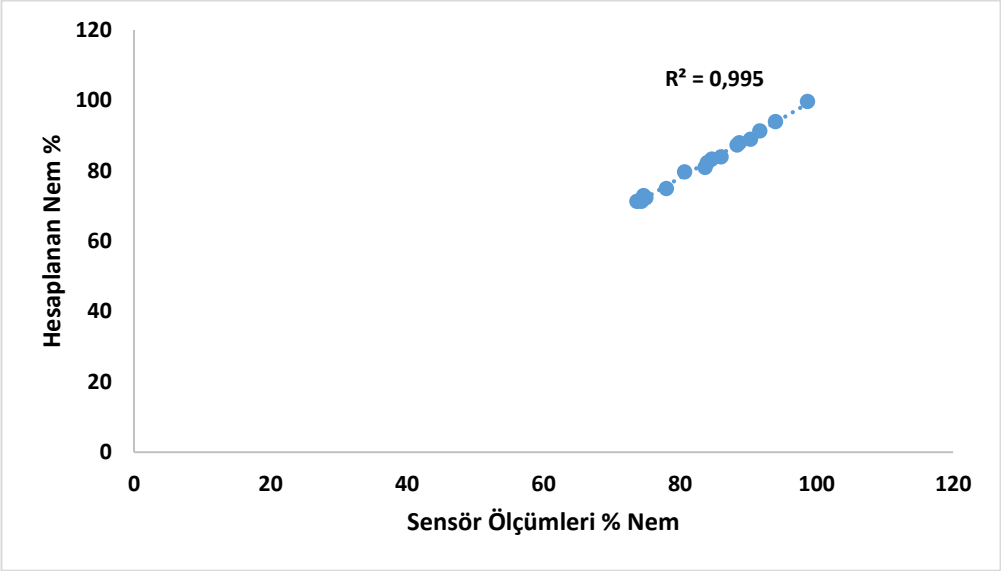
iki ölçüm arasında pozitif bir ilişki görülmektedir. Bu pozitif durumdan dolayı eğim katsayısı pozitif bir değer almıştır. Sensör toprak nem ölçümleri değerleri ile saksılardan elde edilen nem değerleri doğru orantılı olarak artan bir ilişki olduğunu göstermektedir. Determinasyon katsayısı düşük nem uygulaması için 0,9896 ve yüksek nem uygulaması için 0,995' dir. Bu değer 1'e yakın bir değer olduğu için hesaplanan saksı nem oranı ile sensör ölçüm değerleri uyumlu bir grafik ortaya koyduğu için doğru bir sonuç ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.1. Uygulama 1 ve Uygulama 2 saksı tartımlarından elde edilen toprak nem verileri ile sensörlerden elde edilen toprak nem verileri

Tarih	Uygulama 1 Hesaplanan Toprak Nem Değerleri (%)	Uygulama 2 Hesaplanan Toprak Nem Değerleri (%)	Uygulama 1 Sensörlerden Elde Edilen Toprak Nem Değerleri (%)	Uygulama 2 Sensörlerden Elde Edilen Toprak Nem Değerleri (%)
2022.09.14	100±0	100±0,6	99±0,6	99±0,6
2022.09.15	93±0	94±1,0	94±1,0	94±1,0
2022.09.16	86±1,0	83±0,6	88±1,0	85±1,2
2022.09.17	78±2,1	73±1,0	81±1,0	75±0,6
2022.09.18	69±1,5	89±1,0	70±1,7	90±2,1
2022.09.19	59±3,1	81±1,7	59±2,1	84±2,5
2022.09.20	86±2,9	72±2,5	88±2,1	75±3,6
2022.09.21	77±3,6	87±0,6	80±1,5	88±2,9
2022.09.22	72±2,0	80±3,5	73±1,0	81±3,2
2022.09.23	61±0,6	71±3,2	62±1,7	74±3,5
2022.09.24	89±1,7	84±2,0	91±1,5	86±2,0
2022.09.25	81±1,2	75±4,4	83±1,0	78±2,6
2022.09.26	75±2,3	91±1,5	75±2,0	92±0,6
2022.09.27	65±0,6	82±2,5	66±1,5	84±2,0
2022.09.28	55±2,5	71±2,1	57±1,5	74±0,6
2022.09.29	85±2,1	88±1,7	89±	89±2,5



Şekil 4.3.Uygulama 1 saksı tartımından elde edilen toprak nem verileri ile sensörlerden elde edilen toprak nem verilerinin regresyon grafiği



Şekil 4.4. Uygulama 2 saksı tartımından elde edilen toprak nem verileri ile sensörlerden elde edilen toprak nem verilerinin regresyon grafiği

Çizelge 4.2. Farklı sulama koşullarında yetiştirilen domates fidelerine ait bazı fizyolojik özellikler

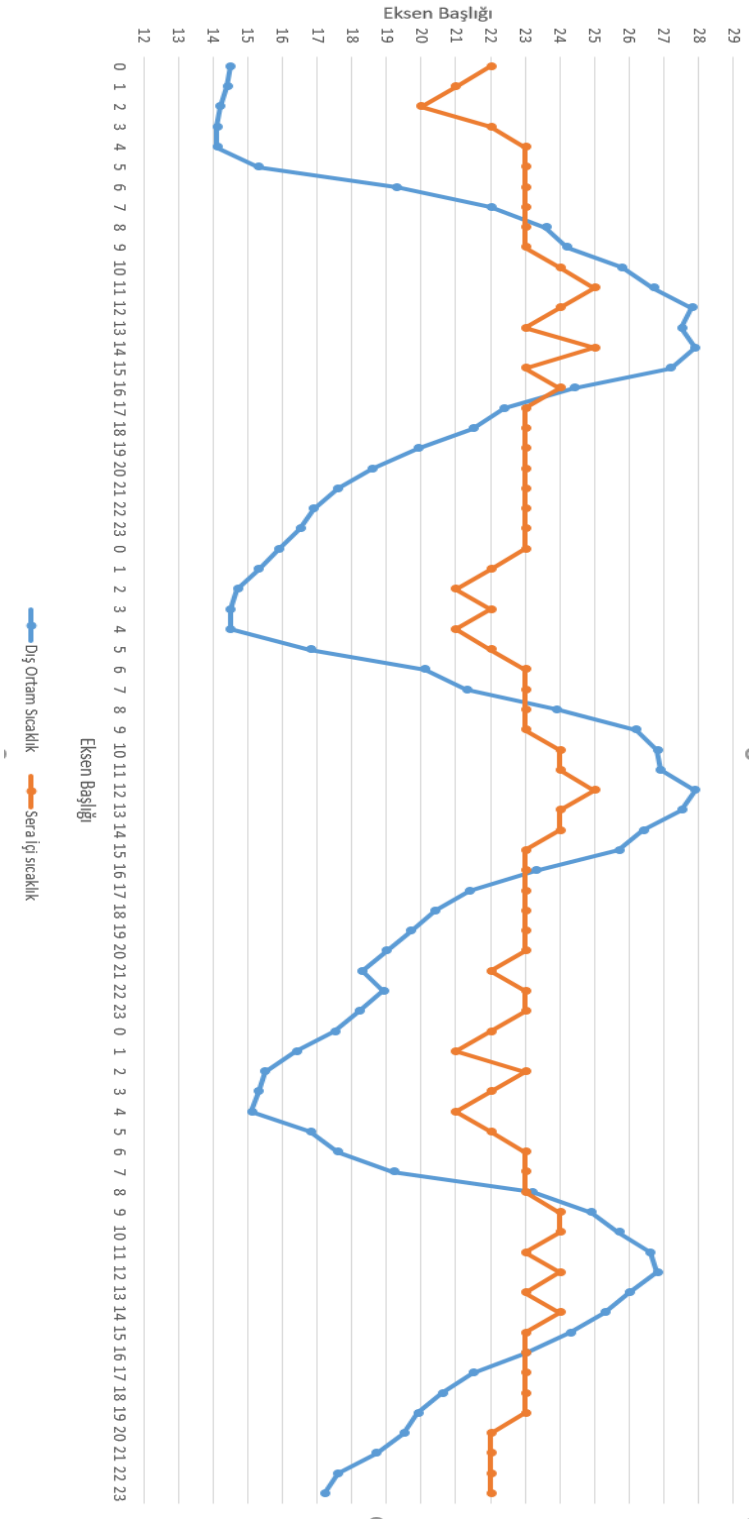
	Gövde yaş ağırlık (g/bitki)	Gövde kuru ağırlık (g/bitki)	Bitki boyu (cm)	SPAD
Uygulama 1	1,8±0,13	0,16±0,01	12,33±1,65	31,8±0,59
Uygulama 2	2,6±0,22	0,17±0,02	14,66±2,35	42±1,87

Akıllı sera içerisinde farklı sulama seviyelerinde yetişen domates bitkilerinin gövde yaş ağırlık, kuru ağırlık, bitki boyu ve SPAD değerlerine ait ortalamalar ve standart hata değerleri çizelge 4.2.'de sunulmuştur. Optimum koşullarda yetişten domates fidelerine (U2) kıyasla su stresine maruz kalan fidelerin (U1) gövde yaş ağırlığı %31, gövde kuru ağırlığı %6, bitki boyu %15 ve SPAD değeri %24 azaldı. Bitkilerin toprağa dikiminin ilk gün ve test sonrası boy ölçümleri cm cinsinden belirlenmiştir. Eşit uzunluk ortalamalarına sahip bitkiler seçilerek saksılara dikimleri gerçekleştirilen uygulama 1 bitki uzama ortalamaları ile uygulama 2 bitki uzama oranları karşılaştırılmıştır. Uygulama 2 bitkileri uygulama 1 bitkilerine göre toplamda 2,33 cm daha fazla uzama gerçekleştirmiştir. Su stresi yaşamayan bitkilerin, su stresi yaşayan bitkilere oranla bitki gelişimi konusunda daha uzun olacağı tespit edilmiştir.

4.1.2. Sıcaklık

Ortam sıcaklığı bitki büyüme, gelişime ve verim için önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek veya daha düşük sıcaklıklar bitkilerde stres durumunu meydana getirebilmektedir. Stres koşullarında verim kayıpları meydana gelmektedir. Ortam sıcaklığının bitki iklim isteğine göre ayarlanması maksimum verim için gereklidir (Uzun, 2000). Robotik akıllı serada bitki için sera ortamı sürekli ve anlık olarak sıcaklık sensörü ile ortam sıcaklığını ölçer. Eğer sıcaklık durumu daha önce mikrodenetleyiciye bildirilen referans aralıkları dışında ise arduino müdehale eder. Ortam sıcaklığı düştüğü zaman ısıtıcı çalışarak ortama ısı vererek sera içi sıcaklığın artmasını sağlar. Ortam ihtiyaçtan fazla ısındığında ise ortam ısınını düşürmeye yönelik komutlar devreye girerek öncelikle fan kapağı açılır ve daha sonra fan aktif hale getirilir. Sıcak havanın dışarı atılması amaçlanır. Örtü altı domates bitkisi büyümesi için uygun görülen 22-26 °C sıcaklık değerleri çalışmada baz alınmıştır. 24 °C üzerine çıkıldığı zaman seranın havalandırılması uygun görülmüştür (Ata, 2015).

Uygun görülen bu değerler baz alınarak sera içi sıcaklık 22-26 °C arasında tutulması amaçlanarak programlandı.

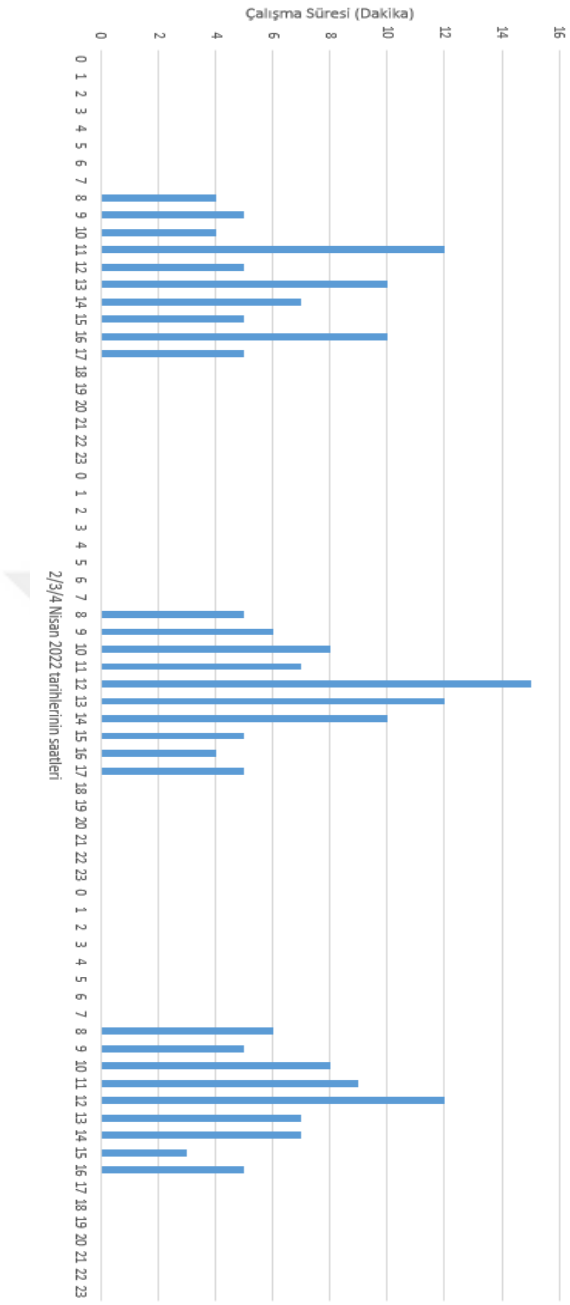


Şekil 4.5. 2-3-4 Nisan 2022 tarihlerinin sera iç ve dış ortam sıcaklık değişimleri

Akıllı sera sistem içi sıcaklık ve dış ortam sıcaklıklarının ölçümü yapıldı. Şekil 4.5'te sera iç ortamı ve dış ortam sıcaklıklarının her 60 dakikadaki sıcaklık değerleri grafiğe yansıtılmıştır. Bu sıcaklık değişimlerine göre sera sistemi otomatik olarak uygun sıcaklık aralığında sera iç ortamını tutmaya çalışmıştır.

- 3 Nisan tarihinde 0-1, 2-3 saat aralıkların da -1 derece, 1-2 saat aralıklarında ise 2 derece sera iç sıcaklığının bitki için uygun tutulmaya çalışılan değer aralığının altına düştüğü tespit edilmiştir.
- 4 Nisan tarihinde 1-2 ve 3-4 saat aralıkların da -1 derece sera iç sıcaklığının bitki için uygun tutulmaya çalışılan değer aralığının altına düştüğü tespit edilmiştir.
- 5 Nisan tarihinde 0-1, 1-2, 3-4 saat aralıkların da -1 derece sera iç sıcaklığının bitki için uygun tutulmaya çalışılan değer aralığının altına düştüğü tespit edilmiştir.
- 3 Nisan tarihinde 10-11, 11-12, 14-15, 15-16 saat aralıkların da akıllı sera yazılımında kodlanan şart koşuluna göre sera içi sıcaklık 24 derecenin üzerine çıkma durumu gerçekleştiğinden dolayı "serayı havalandır" komutu devreye girerek havalandırma amaçlı fan çalışmıştır.
- 4 Nisan tarihinde 12-13, 13-14 saat aralıkların da akıllı sera yazılımında kodlanan şart koşuluna göre sera içi sıcaklık 24 derecenin üzerine çıkma durumu gerçekleştiğinden dolayı "serayı havalandır" komutu devreye girerek havalandırma amaçlı fan çalışmıştır.
- 5 Nisan tarihinde sera iç sıcaklığının bitki için uygun tutulmaya çalışılan değer aralığının üzerine çıkmadan sistemin çalıştığı tespit edilmiştir.

Bitkinin sera içi sıcaklığın tutulması istenen değer aralıkları arasında ±1 değer aralığı sapmasının bitki için olumsuz bir durum yaratmadığı tespit edilmiştir.

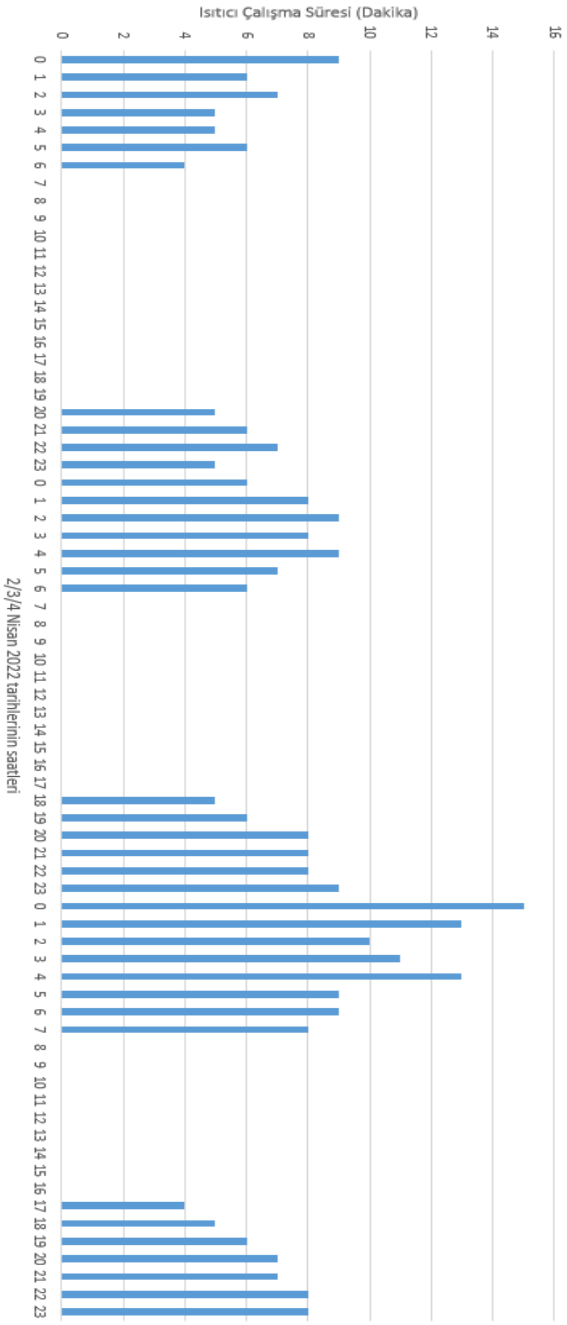


Şekil 4.6. 2-3-4 Nisan 2022 tarihlerinde sera fanının çalışma süreleri

Şekil 4.6.'da sera fanının 60 dakika aralıklar içerisinde kaç dakika çalıştığına dair çalışma süreleri verilmiştir. 72 saatlik ölçüm süresi boyunca sera sisteminin sıcaklığını kontrol altına almak amacıyla fan sistemi toplam 206 dakika çalışmıştır.

Sıcaklık sensörü yardımı ile bitki sera ortamı sürekli anlık olarak ölçümü gerçekleşmiştir. Bitki yetişmesi için uygun görülen sera içi sıcaklık değerlerinden daha

yüksek bir sıcaklığa çıktığı anda havalandırma sistemi düzgün çalışarak sera içinde biriken sıcaklık havalandırma sistemi aracılığı ile serinletilmesi sağlanmıştır. Örtü altı domates bitkisi büyümesi için uygun görülen 22-26 °C sıcaklık değerleri baz alınarak yapılan bu çalışmada sistem bitkiyi olumsuz etkileyecek sıcaklıklardan korumayı başarmıştır. Bu durum bitki için olumlu bir etki yaratmıştır.



Şekil 4.7. 2-3 Nisan 2022 tarihlerinde sera ısıtıcının çalışma süreleri

Şekil 4.7.'da sera ısıtıcısının 60 dakika aralıklar içerisinde kaç dakika çalıştığına dair çalışma süreleri verilmiştir. 72 saatlik ölçüm süresi boyunca sera sisteminin sıcaklığını kontrol altına almak amacıyla ısıtıcı sistemi toplam 295 dakika çalışmıştır.

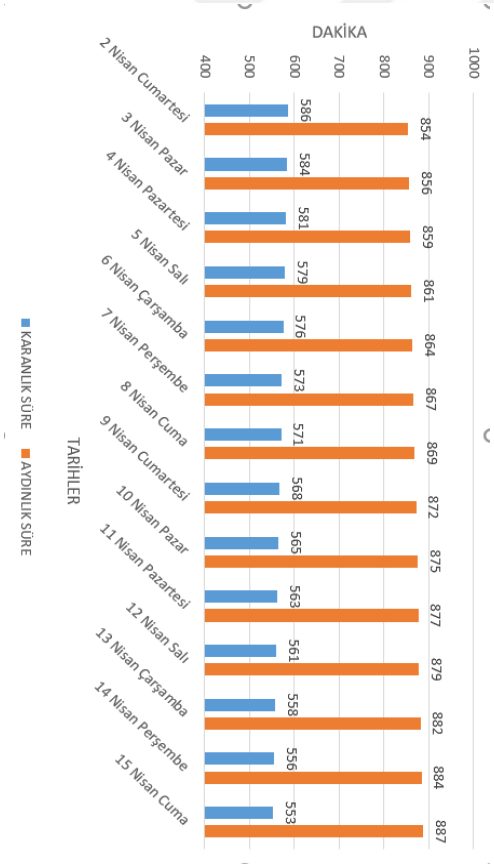
Sistemin stabil çalıştığı gözlemlendi. Fakat seranın dış kaplaması şeffaf naylon örtü ile kaplandığı için dış ortamdaki sıcak/soğuk durumdan kolayca etkilendiği tespit edildi. Etkilenmeden dolayı prototip sera ortam sıcaklığını bitki ihtiyacının istediği sıcaklık aralığında tutmakta zorlandı. Boyacı ve ark. (2017), sera örtü materyali sera ısı kazancının temel sebebinin örtü materyali geçirgenliğinden dolayı sera içerisine giren solar radyasyondan kaynaklandığını ifade etmiştir. Gölgelendirme yapılarak istenilmeyen sıcaklığın engellenmesi ile sera iç sıcaklığını optimum düzeyde tutulmasına fayda sağlayacağından bahsetmiştir. Daha büyük çaplı ve ticari olarak bitki yetiştirme için kurulacak sera için bu durumun yaşanmaması için daha uygun örtü materyali seçilebilir. Isı ve soğukluk durumundan etkilenmeyecek, daha kalın ve koyu bir dış materyal kullanılarak bu olumsuz durum ortadan kaldırılabilir.

4.1.3. Nem

Ani nem değişimleri bitkiler için olumsuz bir durum teşkil etmektedir. Özellikle bitki nem ihtiyaç aralıklarında tutulması bitki gelişimi için gereklidir (Ata, 2015). Akıllı serada sera içi ortam nemini nem sensörü otomatik ve aralıksız olarak ölçer ve bu ölçüm bilgilerini arduinoya iletir. Arduino kodlanan ve bitki ihtiyacına uygun nem aralığına göre havalandırma kapağı görevlerini aktif edip senkron şekilde çalışmalarını sağlar. Sera içi nem değerinin % 70 oranından yukarı çıkmasını sistem engellemektedir. Fan ortamdaki nemi uzaklaştırmada etkili olmaktaydı. Fakat ortam nemi gereğinden fazla düşüş yaşadığı zaman sera tekrar hızlı bir şekilde nem ihtiyacını toparlamada zorladı. Bunun temel nedeni ayrıca bir nem oluşturucu cihazın olmamasından kaynaklandı. Sadece sulanan topraktaki sudan oluşan nem yeterli olmadı. Ticari amaçlı oluşturulacak seralarda bu durum için sera nemlendirme sistemi gerekebilir.

4.1.4. Işık

Bitki yetiştirme için uygun olan dalga boyuna sahip mor ötesi ışık kullanıldı (Çakırer ve ark., 2017). Buradaki amaç fotosentezin en yüksek değerlere ulaşmasını sağlamaktı. Bu led ışık şiddetine uygun aralıkta olması amacıyla iki şeritten oluşturuldu. Şanlıurfa merkezinde 2 Nisan - 15 Nisan 2022 tarihleri arasında aydınlanma incelemesi gerçekleştirildi. Bu kapsamda bitkinin gün ışığına maruz kalmada en düşük aydınlanma süresi 854 dakika olarak 2 Nisan tarihi olmuştur. En yüksek aydınlanma süresi ise 887 dakika ile 15 Nisan tarihi olmuştur. Aralarındaki aydınlanma zaman farkı 33 dakika olmuştur. Bitkinin karanlık zaman geçirmede en fazla maruz kaldığı süre 586 dakika ile 2 Nisan tarihi olmuştur. En düşük karanlıkta kalma süresi ise 553 dakika ile 15 Nisan tarihi olmuştur. Aralarındaki karanlık zaman farkı 33 dakika olmuştur.



Şekil 4.8. 2 haftalık aydınlık ve karanlık olma süreleri

Akıllı serada düzeneği kurulan ışık sistemi algoritması düzgün çalışmıştır. Led düzeneği şekil 4.8.'deki aydınlık ve karanlık ortam durumuna uygun olarak senkron çalıştığı tespit edilmiştir. Bu led ek kaynağın dış ortam ışığına destek olması bitki açısından olumlu sonuç vermiştir. Bitkinin tüm gün boyunca aldığı biriken ışık miktarı bitkilerin kalitesini ve verimini direk olarak etkileyebilmektedir. Sera kurulumlarında yapay olarak eklenecek aydınlatma sistemleri DLI (günlük ışık integrali) konusunda etkili bir yöntem olarak eklenebilir (Dayıoğlu ve Silleli, 2012). Yapılan bu çalışmada led ek kaynağın dış ortam ışığına destek olması bitki açısından olumlu sonuç vermiştir. Dayıoğlu ve Silleli (2012), araştırmaları çalışmamızın sonuçlarını destekler niteliktedir.

Sera ışıkları dış ortamda ki ışık kaynağı kaybolduğunda (güneş veya aydınlatma) sinyal ileterek ledlerin kapatılması sağladı. Dış ortam koşullarında muhafaza edilen akıllı sera, güneş doğumu olduğu anda ledlerin açılması ile bitkilerin fotosentez için ihtiyaç duyduğu ışıklar aktif hale getirdi. Ancak akıllı sera sistemlerinde kapalı ortamda muhafaza edilecek sistemlerde ışık kaynağından bitkilerin faydalanamayacağı durumu ortaya çıkmaktadır. En uygun yöntemin saat modülü kullanılarak belirli periyotlarda ışıkların açılıp kapanmasının olduğu tespit edilmiştir. Bu şekilde foto periyot süreleri ayarlanarak bitki çeşidine göre uygun koşullar sağlanabilir.

4.2.Tartışma

Bitkilerin büyüme ve gelişmesi için sulama hayati bir öneme sahiptir. Gereğinden az veya geç yapılan sulama su stresine ve dolayısıyla verim kayıplarına yol açabilir (Çamoğlu ve ark., 2018). Sınırlı bir kaynak olan suyun gereğinden fazla kullanımını önlemek veya yetersiz sulama nedeniyle verim kayıplarının önlenmesi için çözümler gerekmektedir. Anlık ölçüm yapabilen ve toprak su durumu hakkında net bilgiler veren sensörlerin kullanımı tarımsal üretimde sulamanın optimizasyonun sağlanmasında umut verici görünmektedir (Öztürk ve ark., 2021). Bu sensörler ile toprak nem düzeyi belirlenerek sulama zamanı ve miktarı saptanabilir. Bu ölçümler neticesinde hazırlanan sulama programı ile kayıplar engellenebilir. Alternatif olarak

geliştirilen bu sistemde sulama miktarı ve zamanının belirlenmesinin yanı sıra bu veriler bir mikrodenetleyici olan arduino tarafından hesaplanır ve doğru miktarda su doğru zamanda yine arduino tarafından bitkilere verilir. Araştırmamızda iki ayrı sulama seviyesinde nem sensörlerinden alınan veriler hesaplanan ölçümler ile karşılaştırıldı. Hesaplanan nem ile sensör verileri arasında yüksek bir ilişki bulundu.

Düşük nem düzeyinde yetiştirilen domates fidelerinin SPAD değeri, bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlığında önemli bir azalma belirlendi. Bu azalma kök bölgesinde azalan su nedeniyle bitki su alımının azalması ve fotosentez oranının azalması ile ilişkili olabilir. Su stresi altında benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Çamoğlu ve ark., 2018; Waqas- Mahzar ve ark., 2022; Cao ve ark., 2018).

Atılgan ve Öz (2007), çalışmalarında seraların fan pedler aracılığı ile serinletilmesinin katkılarını ele almışlardır. Yüksek sıcaklık durumlarında fan pedler ile seraya serinletme yaparak bitkiler için uygun ortam koşullarının sağlanması gerektiğini söylemiştir. Yazın tarım üretiminin devamlılığı için seraların serinletilmesi ihtiyacına değinmiştir. Sıcaklıkların bitkiler için olumsuz etki yaratacağı seviyeye ulaştığında seraların içindeki sıcak havanın, fanlar aracılığı ile sera dışındaki hava ile yer değiştirilmesinin gerekliliğinden bahsetmiştir. Atılgan ve Öz (2007), serin iklim bölgelerinde fanlar sayesinde sera iç sıcaklığın 8 ºC - 10 ºC üzeri bir değer daha sıcaklığı düşürmenin mümkün olduğunu söylemiştir. Yaptığımız çalışmamızda sera iç sıcaklığını istenilen değerlerde tutabilmek amacı ile sera fan sistemi düzgün ve etkili olarak çalışmıştır ve sera iç sıcaklığını istenilen düzeyde tutmuştur. Atılgan ve Öz (2007)'ün, araştırmaları çalışmamızı destekler niteliktedir.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Akıllı tarım robotik sistemlerinin domates yetiştiriciliğinde kullanılma olanaklarının araştırılması çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

• Bitki sulama zamanı ve miktarının belirlenmesinde kullanılan nem sensörlerinin kullanımı zaman ve su kaynaklarından tasarrufu sağlayarak bitki için optimum sulama koşullarının oluşturulmasında umut verici görünmektedir.

• Akıllı seramızda, ortam nemi, toprak suyu, uzaktan erişim, ledler ve sera sıcaklığı kontrolleri için hazırlanan kodlar başarılı bir şekilde çalışmıştır. Sistem bitki ihtiyaç düzeylerini programlamaya uygun şekilde ölçmeyi başarmıştır.

• Sera içerisinde uygun sıcaklık ve nem koşullarında bulunmasına rağmen bitki su ihtiyacına uygun şekilde sulanmaması durumunda domates bitkisinin gelişimini olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir.

• Optimum koşullarda yetişten domates fideleri su stresine maruz kaldığı zaman fidelerin gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, bitki boyu ve SPAD değerlerinin etkilendiği saptanmıştır.

• Akıllı robotik sera içerisindeki şerit ledler programlamaya uygun şekilde çalışmıştır. Fakat bitkinin değişken ışık istek durumuna göre ayarlanabilmesi adına serada foto periyot sürelerinin ayarlanabildiği bir sistemin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

• Akıllı sera sisteminin örtü materyali olarak şefaf naylon seçimi dış etkilerden korumakta zorlanmıştır. Örtü materyali seçiminden dolayı daha kolay etkilendiği saptanmıştır. Sistem ve yazılımlar kontrol edildiğinde kodlanan sisteme uygun

çalışmıştır. Bitkinin gelişimine katkı sunmuştur. Olumsuz etki yaratacak dış etmenler akıllı sera tarafından engellenmiştir. Genel olarak seramız domates fidelerinin gelişiminde başarılı olmuştur.

5.2. Öneriler

• Bitki yetiştirme amaçlı kullanılacak toprak nem sensörü seçiminde sensör nikel uçlarının ekstra olarak kaplama olması kullanım ömrü ve doğru ölçüm adına önem arz etmektedir.

• Sera içerisinde kullanılacak otomatik ışık aydınlatma sistemleri için saat modülünün kullanımı daha kullanışlı olacaktır.

• Bluetooth modülü geliştirilen uygulama ile stabil bir çalışma sağlamıştır. Fakat internet modülü ile sistem üzerinden sera ile iletişime geçilmesi kontrol mesafesini arttıracaktır.

• Akıllı seranın örtü materyali olarak serayı dış etkilerden koruyacak daha farklı bir materyal ile örtülmesi daha verimli bir sonuç açısından olumlu etki yaratacaktır.

• Hava neminin düşme durumunda, nem durumunu arttırabilecek bir düzeneğin sistem içerisine eklenmesi bitki gelişim kontrolünü daha etkin kılacaktır.

KAYNAKLAR

AKHIR, T., 2016. Smart Greenhouse Based On Arduino Mega 2560 Rev 3 Microcontroller. Sanata Dharma Unıversıty, Yogyakarta: Department Of Elektrıal Engıneerıng Faculty Of Scıence And Technology, Fınal Project, Yogyakarta, 92s.

AKSOY, Y., 2009. Sera Üzerine Araştırma. Çatı ve Cephe Dergisi, (21.):.

ALTUNBAŞ, Y., 2018. Bitki Su İhtiyacına Göre Uzaktan Kontrollü Bahçe Sulama. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan, 82s.

ARSLAN, S., ve DÖLEK, S., 2019. Sera Mikro-İklim Şartlarının Dinamik Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 279-290.

ATA, A., 2015. Örtüaltı Domates Yetiştiriciliği. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Erdemli

ATILGAN. A, ve ÖZ, H., 2007. Serin İklime Sahip Bölgelerdeki Seraların Fan Ped Sistemiyle Serinletilmesi. Derim Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi. (24):11-18.

BAŞDEMİR, E., 2020. Sensörlerin Tarımda Kullanımı Ve Örnek Bir Toprak Nem Sensörü Üzerinde Çalışma.Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yükseklisans Tezi, Tekirdağ, 52s.

BAYHAN, Y., ve AVCI, Z., 2019. Örtü Altı Sebze Yetiştiriciliğinde Led Aydınlatma Sistemlerinin Bitki Gelişimine ve Verimine Etkisinin Belirlenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 86-95.

BOLAT, İ., ve Ak, E, B., 2019. Bahçe Tesisi ve Genel Kültürel Uygulamalar. Bahçe Tarımı (s. 154-166.) içinde. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını, 224s.

BOYACI, S., AKYÜZ, A., ÜSTÜN, S., BAYTORUN, N. A., ve GÜĞERCİN, Ö., 2017. Seralarda Yüksek Sıcaklıkların Azaltılmasında Kullanılan Yöntemler. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 89-95s.

CAO, X., ZHONG, C., ZHU, C., ZHU, L., ZHANG, J., WU, L., ve JİN, Q. (2018). Ammonium uptake and metabolism alleviate PEG-induced water stress in rice seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 132, 128-137.

COĞRAFYACI. www.cografyaci.gen.tr, https://www.cografyaci.gen.tr/bitkilerin-yetisme-kosullari-bitkilerin-yetismesini-etkileyen-etmenler-nelerdir/ adresinden alındı, 2022.

COŞKUN, M., 2003. Coğrafya Öğretiminde Nem Konusundaki Kavram Yanlışlıkları ve Giderilmesine Yönelik Öneriler. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 147-158s.

ÇAĞATAY, E., 2015. Arduino Mikrodenetleyici Ve Güneş Enerjisiyle Çalışan Otomatik Bitki Sulama Sistemi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Isparta, 63 s.

ÇAĞLAR, K., 2018. Nesnelerin İnterneti ile Akıllı Sera Uygulaması. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Eskişehir, 78s.

ÇAKIRER, G., AKAN, S., DEMİR, K., ve YANMAZ, R., 2017. Bahçe bitkilerinde kullanılan ışık kaynakları. Akademik Ziraat Dergisi, 63-70s.

ÇAMOĞLU, G., DEMİREL, K., AKÇAL, A., & GENÇ, L. 2018. Su Stresinin Sofralık Domatesin Verimi ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15-29s.

ÇAMOĞLU, G., KIZIL, Ü., DEMİREL, K., AKSU, S., NAR, H., & GENÇ, L., 2021. Bazı Ekonomik Toprak Nem Sensörlerinin Hassasiyetlerinin Belirlenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 247-254 s.

ÇEPEL, N., 1978. Orman Ekolojisi. Orman Fakültesi Yayınları, 257s.

ÇİVRİL, E., www.robolinkmarket.com, 2021, https://akademi.robolinkmarket.com/16x2-lcd-ekran-ve-i2c-modulu-kullanimi, Erişim tarihi: 2022.

DAYIOĞLU, M. A., 2013. Seralar İçin Bluetooth Tabanlı Kablosuz Ölçüm Sisteminin Tasarımı: Prototip Geliştirme ve Uygulama. Tarım Makinaları Bilim Dergisi, 117-125 s.

DAYIOĞLU, M. A., ve SİLLELİ, H., 2012. Seralar İçin Yapay Aydınlatma Sistemi Tasarımı: Günlük Işık İntegrali Yöntemi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science), 8(2): 233-240s.

DİRENÇ., www.direnç.net, 2021, https://blog.direnc.net/dht11-nem-sicaklik-sensor-modulu/, Erişim tarihi: 2022.

DİRENÇ., www.direnç.net, 2021., https://diyot.net/lcd-ekran/, Erişim tarihi: 2022.

DİYOT., www.diyot.net, 2020., https://diyot.net/arduino-mega-2560/, Erişim tarihi:2022.

DOĞAN, M., AVU, A., CAN, N. E., & AKTAN, A., 2008. Farklı Domates Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Tuz. Fen Dergisi, 174-182 s.

EKMEKÇİ, E., APAN, M., & Kara , T., 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. OMÜ Ziraat Fakülte Dergisi, 118-125 s.

ELEKTRİKREHBERİNİZ, www.elektrikrehberiniz.com, 2013, https://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/servo-motor-cesitleri-3968/ Erişim tarihi: 2022.

GÖÇER, Ö., www.ogocer.com, 2020, https://www.ogocer.com/blog/bluetooth-nedir/, Erişim tarihi: 2022.

HÜRDOĞAN, E., SALTAN, E. G., ÇERÇİ, N. K., KARA, O., ve ÖZALP, Ç., 2018. Farklı Yapıya Sahip Seralar için Isıtma İhtiyacının Belirlenmesi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 54-59s.

İRDEM, İ., www.medium.com, 2016: https://medium.com/@ibrahimirdem/toprak-nem-sens%C3%B6r%C3%BC-ve-arduino-a9ebe8ccc203, Erişim tarihi:2022.

ISMAIL, M., SYARMILA, S., ZİN, Z., ve MOHD, İ., 2016. Wireless Sensor Network: Smart greenhouse prototype with smart design. Multi-Agent Systems and Robotics, 1-5s.

İZGÖL, K., www.maker.robotistan.com, 2021, https://maker.robotistan.com/led/, Erişim tarihi: 2022.

KARAKAŞ, A., 2008. Sera Aydınlatmacılığı. Elektrik Mühendisliği, 142-144s.

KOP., 2017, Üretici Rehberi- Örtü Altı Sebzeciliği. Türkiye: PGlobal Küresel Danışmanlık ve Eğitim Hizmetleri A.Ş., Konya, 82s.

MEB. 2015. İklim Koşulları. Ankara: MEB, 199.

NAMLI, A., 2012. Toprağın Kimyasal Özellikleri. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 134s.

NAMLI, A., 2012. Toprakların Fiziksel Özellikleri. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 98s.

OJHA, M., MOHITE, S., KATHOLE, S., ve TARWARE, D., 2016. Mıcrocontroller Based Automatıc Plant Waterıng System. International Journal Of Computer Science, 25-36s.

ÖRS, A., www.sabah.com.tr, 2016: https://www.sabah.com.tr/yazarlar/cumartesi/ors/2016/02/06/amerikadan-dunyaya-armagan, Erişim tarihi:2022

ÖZEL, H., www.medium.com, 2018, https://halilozel1903.medium.com/arduino-nedir-722dbfda3fff, Erişim tarihi:2022.

ÖZTÜRK, E., ÇELİK, Y., ve KIRCI, P., 2021. Akıllı Tarımda Sensör Uygulaması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1279-1282s.

ROBOTİKSİSTEM., www.robotiksistem.com, 2019, http://www.robotiksistem.com/lcd_yapisi_calismasi.html, Erişim tarihi:2022.

ROBOTİKSİSTEM., www.robotiksistem.com, 2019. http://www.robotiksistem.com/arduino_nedir_arduino_ozellikleri.html, Erişim tarihi:2019.

SAİLTEKNOLOJİ., www.sailteknoloji.com, 2020, https://www.sailteknoloji.com/blog/arduino-mega-nedir-ozellikleri-nelerdir-b26.html, Erişim tarihi:2022

SDKSERA., www.sdksera.com, 2020, https://www.sdksera.com/dunyada-ve-turkiyede-seracilik/, Erişim tarihi:2022.

SEMİZ, Y. T., www.robotistan.com, 2015, https://maker.robotistan.com/rc-servo-motor-nedir/, Erişim tarihi:2022.

TAGEM., 2017. Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Tagem ve DSİ, Ankara, 600s.

TAŞ, M., www.mekinfo.net, 2020, https://www.mekinfo.net/arduino-ders9-seri-haberlesme-nedir/, Erişim tarihi: 2022.

TÜRKTOB., www.turktob.org.tr, 2012, https://www.turktob.org.tr/tr/dunyada-ve-turkiyedeseracilik/8475, Erişim tarihi:2022.

UZUN, S., 2000. Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi (III. verim). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi), 105-108s.

YEREN, A., www.mediaclick.com, 2022. https://www.mediaclick.com.tr/tr/blog/bluetooth-nedir, Erişim tarihi:2022.

YILDIRIM, D., 2012. Sera Koşullarında Biberin Bitki Su Stresi İndeksi İle Verim İlişkisinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 75s.

YILMAZ, A., ve DOĞAN, H., 2016. Sera İçi Hava Şartlarının Otomasyon Sistemi İle Üretim Kalitesinin Artırılması ile İlgili Bir Çalışma. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 145-159s.

YILMAZ, E., www.aydınlatma.org, 2021, https://www.aydinlatma.org/par-ppf-ve-ppfd-nedir.html#:~:text=PPFD'nin%20a%C3%A7%C4%B1l%C4%B1m%C4%B1%20ise%20Photosynthetic,%C2%B5mol%2F(m%C2%B2s)'dir., Erişim tarihi:2022.

YILMAZ, F., 2018. Bahçe Bitkilerinin Ekolojik İstekleri. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 136s.

WAQAS, M., M., ISTIAQ, M., MAQBOOL, M., AKRAM, R., SHAHID, A., SHOKRALLA, S., ... ve ELANSARY, H., O., (2022). Seed Priming with Iron Oxide Nanoparticles Raises Biomass Production and Agronomic Profile of Water-Stressed Flax Plants. Agronomy, 12(5), 982.