T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİTKİ SU İHTİYACINA GÖRE UZAKTAN KONTROLLÜ BAHÇE SULAMA SİSTEMİ

Yasin ALTUNBAŞ

Danışman: Doç. Dr. Yunus AKALTUN

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2018

Her Hakkı Saklıdır.

Kabul ve Onay Sayfası

Doç. Dr. Yunus AKALTUN danışmanlığında, Yasin ALTUNBAŞ tarafından hazırlanan bu çalışma 28/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI İmza:

Danışman : Doç. Dr. Yunus AKALTUN İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Naim Süleyman TINĞ İmza:

Yukarıdaki sonuç Enstitü Yönetim Kurulunun 29 / 06 / 2018 tarih ve 23/6 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Paşa YALÇIN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

"Bitki Su İhtiyacına Göre Uzaktan Kontrollü Bahçe Sulama Sistemi" isimli "Yüksek Lisans" tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim 28/06/2018

Yasin ALTUNBAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİTKİ SU İHTİYACINA GÖRE UZAKTAN KONTROLLÜ BAHÇE SULAMA SİSTEMİ

Yasin ALTUNBAŞ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yunus AKALTUN

Teknoloji alanındaki gelişmeler günümüzde birçok alanda olduğu gibi tarım alanında da hızlı bir şekilde gelişme göstermektedir. Dünyada ve ülkemizde tarım ürünlerine artan talebin karşılanması amacı ile tarım ürünlerinin üretilmesini kolaylaştırmak ve üretimin sağlıklı bir şekilde yapılmasını sağlamak amacı ile tarım alanlarının otomasyon teknikleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışma ile tarım alanlarında önemli bir sorun haline gelmiş olan sulama problemi teknoloji ile desteklenerek otomasyon sistemi tasarlanmıştır.

Bu çalışmada, bitkiye yerleştirilen nem sensörü üzerinden alınan veriler Arduino Uno denetleyicisine işlenmiştir, işlenen bu verilere göre sulamaya ihtiyaç duyulduğu anda selenoid su valfi otomatik olarak çalışacak ve bitkinin ihtiyacı olan su karşılanacaktır. Bitki gerekli su ihtiyacını karşıladığında ise selenoid su valfi otomatik olarak kapanacaktır. Ayrıca Arduino Uno denetleyicisine işlenen veriler ESP8266 modülü ile IP adresi üzerinden oluşturulan arayüze aktarılmıştır. Ara yüzde görülebilen bu verilere göre sulama uzaktan IP adresi ile de istenildiği zaman kontrol edilebilmektedir.

Bu çalışma ile bitki su ihtiyacının bitki nem sensörü yardımıyla net bir şekilde belirlenmesi sağlanmıştır. Tarım alanında kullanılacak olan sulama suyunun optimum bir şekilde kullanılması, doğru zamanda doğru miktarda otomatik sulama yapılarak aşırı su israfından kaçınılması ve enerji tasarrufunun maksimum olması sağlanmıştır.

2018, 69 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Arduino, Bitki Nem Sensörü, Otomatik Sulama, Uzaktan Kontrol

ABSTRACT

Master Thesis

REMOTE CONTROLLED GARDEN IRRIGATION SYSTEM ACCORDING TO PLANT WATER NEED

Yasin ALTUNBAŞ

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical & Electronics Engineering

Supervisor: Doç.Dr. Yunus AKALTUN

The developments in the field of technology are developing rapidly in agriculture field as well as in many areas. In order to facilitate the production of agricultural products and to ensure that the production is done in a healthy way, the agricultural fields should be supported with automation techniques in order to meet the demand for agricultural products in the world and in our country. With the study, the automation system was designed by supporting the irrigation problem which became an important problem in agriculture fields with technology.

In this study, the data received via the humidity sensor placed on the plant is processed into the Arduino Uno controller, the selenoid water valve will operate automatically when the operation is needed and the water needed for the plant will be met. The selenoid water valve will automatically shut off when the plant meets the required water requirement. In addition, the data processed to the Arduino Uno controller is transferred via the ESP8266 to the interface created via the IP address. According to this data which can be seen in the interim, irrigation can be controlled with remote IP address at any time.

With this study, it was ensured that the plant water requirement was determined with the help of the plant moisture sensor, and irrigation water to be used in the agricultural area was used in an optimum way, at the right time automatic watering was done by automatic irrigation to avoid excessive water wastage and maximum energy saving was ensured.

2018, 69 Pages

Keywords: Arduino, Automatic Irrigation, Plant Humidity Sensor, Remote Control

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışma Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde hazırlanmıştır. Çalışmalarım sürecinde her türlü desteği benden esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Yunus AKALTUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tez çalışmasında yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Etem OSMA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca bana göstermiş oldukları destek ve sonsuz teşviklerinden dolayı çok değerli aileme teşekkür ederim.

Yasin ALTUNBAŞ
Haziran, 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER LİSTESİ vi
TABLOLAR LİSTESİ viii
SİMGELER ve KISALTMALAR ix
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER 5
2.1. Otomasyon 5
2.1.1. Sulama sistemi otomasyonu 5
2.1.2. Otomasyonsuz sulama sistemleri 6
2.2. Bitkinin Su ve Toprakla İlişkisi 6
2.2.1. Bitkiler için suyun önemi 6
2.3. Damla Sulama Sistemi 7
2.3.1. Damla sulama sisteminin avantajları ve dezavantajı 7
3. MATERYAL ve YÖNTEM 8
3.1. Arduino 8
3.1.1. Arduino çeşitleri arasındaki farklar ve genel özellikleri 9
3.1.2. Arduino Uno teknik özellikleri ve devresi 11
3.1.3. Arduino kullanılarak neler yapılabilir 16
3.1.4. Arduino kullanılarak neler yapılamaz 16
3.1.5. Arduino kullanımının nedenleri 16
3.1.6. Arduino Uno hafıza 17
3.1.7. Arduino Uno giriş ve çıkış pinleri 17
3.1.8. Arduino Uno haberleşme 18
3.1.9. Arduino Uno usb aşırı akım koruması 19
3.1.10. Arduino programlama 19
3.1.11. Arduino'nun kurulumu ve Arduino programlama ekranının tanıtımı 19
3.2. ESP8266 Modülü 21

3.2.1. ESP8266 modülü güncelleştirme 22
3.3. Sensör 23
3.3.1. Sensörler ile ilgili temel bilgiler 24
3.3.2. Bitki nem sensörü 24
3.4. Röle 25
3.5. Selenoid Vana 27
3.6. Yöntem 28
3.6.1. Sistem panosunun hazırlanması 30
3.6.2. Bitkilerin dikilmesi ve gerekli çalışma ortamının oluşturulması 31
3.6.3. Çalışma alanına tasarlanan sistemin kurulması 33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 36
4.1. Kullanılan Su Miktarının Karşılaştırılması 39
4.2. Elektrolit Sızıntısı 42
4.3. Elde Edilen Ürünlerin Adet ve Ağırlık Veriminin Karşılaştırılması 45
4.3.1. Elde edilen ürünlerin adeti ve verimi 47
4.3.2. Elde edilen ürünlerin ağırlık bakımından karşılaştırılması ve verimi 51
5. TARTIŞMA ve SONUÇ 55
KAYNAKLAR 58
EKLER 61
Ek-1. Kontrol Devresinin Arduino Program Kodları 62
Ek-2. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar 69
ÖZGEÇMİŞ 70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1.Yapılan çalışmada kullanılan Arduino Uno denetleyicisi 8
Şekil 3.2. Arduino Uno denetleyicisi üzerinde bulunan elemanlar ve pinlerin sayılar ile gösterimi 12
Şekil 3.3. Arduino Uno denetleyicisi üzerinde bulunan pinler 14
Şekil 3.4. Arduino Uno PCB baskı devresi 15
Şekil 3.5. Arduino Uno içyapı şeması 15
Şekil 3.6. Arduino programlama ekranı 20
Şekil 3.7. Yapılan çalışmada kullanılan ESP8266 modülü 21
Şekil 3.8. ESP8266 güncelleştirme için Arduino bağlantısı 22
Şekil 3.9.ESP8266 güncelleştirme programı dosya sırasının gösterimi 23
Şekil 3.10. ESP8266 güncelleştirme butonu 23
Şekil 3.11. Yapılan çalışmada kullanılan röle modülü 26
Şekil 3.12. Röle içyapısı 26
Şekil 3.13. Yapılan çalışmada kullanılan selenoid vana 27
Şekil 3.14. Selenoid vana içyapısı 27
Şekil 3.15. Yapılan sistem mimarisi 29
Şekil 3.16. Sulama sistemini uzaktan kontrolünün sağlandığı ara yüz 30
Şekil 3.17. Sistem panosu 30
Şekil 3.18. Çalışmanın yapıldığı alan 31
Şekil 3.19. Domates, biber, patlıcan fidelerinin çalışma alanına yerleştirilmesi 32
Şekil 3.20. Yapılan çalışmada kullanılan su tankları 32
Şekil 3.21. Bitki nem sensörünün bitki gövdesine yerleştirilmesi 33
Şekil 3.22. Sistemin çalışma alanına yerleştirilmesi 34
Şekil 3.23. Sensörlerin sistem ile bağlantısı 34
Şekil 3.24. Tasarlanan sistemin çalışma alanına kurulmuş durumu 35
Şekil 4.1.Sensör yardımı ile sulanan biber bitkisini ürünleri 36
Şekil 4.2.Normal sulama ile sulanan biber bitkisini ürünleri 36
Şekil 4.3. Sensör yardımı ile sulanan domates bitkisinin ürünleri 37
Şekil 4.4. Normal sulama ile sulanan domates bitkisi ürünleri 37
Şekil 4.5. Sensör yardımı ile sulanan patlıcan bitkisinin ürünleri 38

Şekil 4.6. Normal sulama ile sulanan patlican bitkisi ürünleri 38
Şekil 4.7. Harcanan su miktarını karşılaştırmak için kullanılan su tankları..... 39
Şekil 4.8. Birinci ayda kullanılan su miktarları ve elde edilen su tasarrufu (%) 40
Şekil 4.9. İkinci ayda kullanılan su miktarları ve elde edilen su tasarrufu (%) 40
Şekil 4.10. Üçüncü ayda kullanılan su miktarları ve elde edilen su tasarrufu (%) 41
Şekil 4.11. Toplamda kullanılan su miktarları ve elde edilen su tasarrufu (%)..... 41
Şekil 4.12. EC metre 42
Şekil 4.13. Normal sulanan ve bitki nem sensörü ile sulanan bitkilerin ilk aya ait elektrolit sızıntı grafiği..... 43
Şekil 4.14. Normal sulanan ve bitki nem sensörü ile sulanan bitkilerin ikinci aya ait elektrolit sızıntı grafiği 44
Şekil 4.15. Normal sulanan ve bitki nem sensörü ile sulanan bitkilerin üçüncü aya ait elektrolit sızıntı grafiği 44
Şekil 4.16. Yapılan çalışmada toplanan domates ürünleri 45
Şekil 4.17. Yapılan çalışmada toplanan biber ürünleri 45
Şekil 4.18. Yapılan çalışmada toplanan patlıcan ürünleri..... 46
Şekil 4.19. Yapılan çalışmada toplanan ikinci hasat dönemi mahsulleri..... 46
Şekil 4.20. Birinci hasat dönemi domates ürün adeti verimi 47
Şekil 4.21. Birinci hasat dönemi biber ürün adeti verimi 48
Şekil 4.22. Birinci hasat dönemi patlıcan ürün adeti verimi..... 48
Şekil 4.23. İkinci hasat dönemi domates ürün adeti verimi 49
Şekil 4.24. İkinci hasat dönemi biber ürün adeti verimi 49
Şekil 4.25. İkinci hasat dönemi patlıcan ürün adeti verimi..... 50
Şekil 4.26. Birinci hasat dönemi domates ağırlığı verimi..... 51
Şekil 4.27. Birinci hasat dönemi biber ağırlığı verimi..... 52
Şekil 4.28. Birinci hasat dönemi patlıcan ağırlığı verimi..... 52
Şekil 4.29. İkinci hasat dönemi domates ağırlığı verimi..... 53
Şekil 4.30. İkinci hasat dönemi biber ağırlığı verimi..... 53
Şekil 4.31. İkinci hasat dönemi patlıcan ağırlığı verimi 54

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1.Arduino çeşitleri ve özellikleri 10
Tablo 3.2.Arduino Uno üzerindeki elemanlar ve kısımlar..... 12
Tablo 3.3.Arduino Uno teknik özellikleri 13
Tablo 3.4. Bitki nem sensörü özellikleri 25
Tablo 3.5. Selenoid valfi oluşturan parçalar 28
Tablo 4.1. Hasat edilen ürünlerin adet olarak karşılaştırılması..... 47
Tablo 4.2. Hasat edilen ürünlerin ağırlık bakımından karşılaştırılması 51

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

A	Amper
cm	Santimetre
g	Gram
KB	Kilobayt
l	Litre
mA	Miliamper
MHz	Megahertz
ml	Mililitre
mm	Milimetre
V	Volt
~	PWM çıkışı

Kısaltmalar

DC	Doğru Akım
GND	Ground
GSM	Global System for Mobile Communications
ICSP	In-Circuit Serial Programming
IDE	Arduino Yazılım Geliştirme Ortamı
PCB	Printed Circuit Board
PIC	Peripheral Interface Controller
PLC	Programmable Logic Controller
PSTN	Public Switched Telephone Network
PWM	Pulse Width Modulation
RF	Radyo Frekansı
SKB	Sulama Otomasyon Kontrol Birimi
SMS	Short Message Service
SPI	Serial Perihpheral Interface
USB	Universal Serial Bus
WSN	Wireless Sensor Network

1. GİRİŞ

Tarım alanında, sanayide ve canlı yaşamında kullanılan su vazgeçilemez bir doğal kaynaktır. Su bitkisel üretim için önemli bir yere sahiptir. Suyun eksikliği bitkisel üretimi kısıtlayan önemli bir etmendir (Tekinel vd., 2000).

Sanayi alanındaki gelişmeler, insanların yaşam standartlarının yükselmesi, dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artışı, yirminci yüzyılın son yarısından bu zamana kadar dünya genelinde ve ülkemizde su sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ekosistem dengesinin bozulması, arazilerin yanlış kullanılmasına bağlı olarak sel ve taşkın gibi olaylar, yaşanan iklim değişiklikleri, sanayi ve kentsel atık su deşarjlarının neden olduğu su kirliliği ve bu gibi olaylar su krizine neden olan sorunlar arasında sayılabilir. Dünya genelinde ve ülkemizde yaşanan su problemlerinin önüne geçmek için düzenleyici önlemler almak gerekmektedir. Eğer düzenleyici önlemler alınmaz ise dünyada ve ülkemizde su krizi ile ilgili durumun giderek kötüleşeceği ve su olan talebin giderek artacağı görülmektedir (Alparslan vd., 2008).

Yapılan araştırmalar ve tahminler sonucunda dünyada ve ülkemizde artan su gereksinimi ile giderek azalan temiz su kaynağı eğrilerinin 2030 yılında kesişeceğini göstermektedir. Bu durumun sonucu olarak dünya genelinde büyük bir su problemi oluşacak ve bir su krizinin ortaya çıkacağı sonucuna varılmaktadır (Özgüler, 1997).

Dünya genelinde su %70'i tarım alanlarının sulanmasında kullanılmaktadır (Acatay, 1996).

Tarım alanındaki gelişmeler ve tarımda sulama, Türkiye'nin ekonomik yönden büyümesinde, tarım alanlarındaki verimliliğin artmasında ve kırsaldan kentlere göçün azalmasında önemli rol oynamaktadır. Tarım alanlarındaki sulama yöntemi, sulama yapılacak şebekenin niteliğini ve suyun kullanıcıya nasıl ulaştırılacağı gibi sistemleri içine alan bir kavram olarak tanımlanmaktadır (Sayın, 1993).

Sulama ile ilgili yapılacak olan çalışmaların gerçeğe yakın bir şekilde hazırlanabilmesi için üretilmesi planlanan bitkilerin aylık ya da belirli dönemlerdeki su miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Sulama yapılacak alandaki su gereksiniminin belirlenmesi için bitki su tüketiminin hesaplanması gerekmektedir (Koç ve Güner, 2005).

Çakır ve Çalış (2007), uzaktan kontrollü otomatik sulama sistemi ve uygulaması hakkında çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada PIC 16F877 mikrodenetleyicisi kullanarak uzaktan kontrollü sulama sistemi tasarlamışlardır. Sistem PSTN telefon hattı üzerinden otomatik olarak veya elle sulama yapmaktadır. Yapılan bu çalışmada toprak nemi esas alınmıştır. Toprak nem değeri belirlenen nem değerinin altında ise sulama motoru çalışmaktadır ve istenilen nem değerine geldiğinde sulama motoru otomatik olarak çalışmayı durdurmaktadır. Yapılan bu sistem otomatik olarak çalıştığı için zamandan ve insan gücünden tasarruf sağlamıştır.

Fidan ve Karasekreter (2011), yaptıkları çalışmada SMS kontrollü sulama otomasyon kontrol birimi (SKB) geliştirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışma ile kullanıcının gönderdiği SMS ile kontrol sağlayabilmektedir ve aynı zamanda yağmur yağması durumunda sulama zamanını ayarlayarak kullanıcıya bilgi mesajı göndermektedir. Geliştirmiş oldukları bu sistemle elektrik ve su kullanımından tasarruf sağlamışlardır.

Milliaa ve Kishb (2006), yapmış oldukları çalışmada kızılötesi algılayıcı ve mikroişlemci kullanmışlardır. Geliştirdikleri bu çalışmada erozyon önleme sistemi ve verimli bir sulama sistemi oluşturmuşlardır. Oluşturmuş oldukları bu sistem sayesinde sulama miktarı ve zamanı sistem tarafından otomatik olarak kayıt edilmekte ve detaylı analizin gerekli olması durumunda bu veriler bilgisayara aktarılabilmektedir.

Al-Ali vd. (2001), yapmış oldukları çalışmada "Güneş Enerjisi ile Çalışan PLC'li Otomatik Sulama Sistemi" tasarlamışlardır. Tasarlamış oldukları bu sistem uzaktan kontrol edilememektedir sadece kontrol ünitesinden oluşmuştur.

Kırnak (2006), yapmış olduğu çalışmada bilgisayar yardımıyla toprak nemini ölçen otomatik damla sulama sistemi tasarlamıştır. Tasarlamış olduğu bu sistem sayesinde doğru zamanda doğru miktarda sulamayla aşırı veya yetersiz sulama sorununu ortadan kaldırmıştır.

Salivahanan vd. (2001), yapmış oldukları çalışmada "Akıllı Sulama Sistemi" tasarlamışlardır. Bu çalışmada bulanık mantık algoritması kullanmışlardır. Bu çalışmada uzaktan kontrol ünitesi bulunmamaktadır.

Dukes vd. (2003), “Nem Algılayıcılı Otomatik Sulama Sistemi” adlı çalışmayı tasarlamışlardır. Tasarlamış oldukları bu çalışmada aynı tür rekolte değeri ve ürün için %50 oranında su tasarrufu sağlamışlardır.

Yang vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada bitkinin gövdesinde oluşan su akışını akustik sensörler kullanarak ölçmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada kullanılan akustik sensörlerle bilgisayar yardımıyla otomatik bir şekilde optimum sulama sistemi tasarlamışlardır. Bu çalışmada kullanılan sensör akustik sensör olduğu için çevresel şartlardan etkilenmiştir.

Jin vd. (2007), yapmış oldukları çalışma ile GSM/SMS teknolojisi kullanarak seralardan bilgi almak amacıyla bir sistem tasarlamışlardır. Tasarladıkları bu sistem sayesinde bağıl nem, toprak sıcaklığı ve seranın sıcaklığını ölçmüşlerdir. Ölçüm sonucu elde edilen veriler GSM/SMS teknolojisi sayesinde uzakta bulunan bir bilgisayara iletilmiştir ve bu veriler bilgisayarda veri tabanına kayıt edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda, tasarlanan sistem sayesinde gerçek zamanlı veri analizi yapılmıştır.

Abbas vd. (2014), tasarladıkları sistemde kablosuz sensör ağını kullanmışlardır. Kablosuz sensör ağı sayesinde bahçeler için akıllı sulama sistemi tasarlamışlardır. Tasarlamış oldukları bu sistemde 1 adet baz istasyonu, 6 adet sensör düğüm noktası, veri toplama kartı, radio modülü ve USB programlama kartı kullanmışlardır. Bu donanımlar sayesinde kış aylarında aşırı sulamayı önlediklerini ileri sürmüşlerdir.

Sakaguchi vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada, bitkini yapraklarına yerleştirdikleri elektrot yardımı ile bitkinin su seviyesini ölçmüşlerdir. Elde edilen verileri USB yardımı ile doğrudan bilgisayara aktarmışlardır. Yapılan bu çalışmada, kapalı ve ısısı sabit bir ortamda bitki uyku durumuna geçmektedir ve uyku durumuna geçtiğinde bitkideki sıvı miktarında bir değişim olmadığını ileri sürmüşlerdir.

Al-Ali vd. (2015), Zigbee tabanlı ev bahçe sulama sistemi tasarlamışlardır. Tasarladıkları bu sistem ile her noktada sıcaklık ve nem ölçümü yapmışlardır. Ölçümler sonucunda elde ettikleri veriler yardımı ile bulanık mantık yöntemi kullanarak bazı çıkarımlar yapmışlardır.

Caetano vd. (2014), iRain adını verdikleri bir sistem tasarlamışlardır. Tasarlanan bu sistem olası bir yağış durumunda 3 gün boyunca sulama yapılmasını engellemektedir. Toprağın nem değerleri XBee yardımı ile ağ ortamına aktarılmaktadır.

Agrawal ve Singhal (2015), geliştirmiş oldukları sistemde Arduino ve Rasberry Pi kullanmışlardır. Geliştirilen bu sistem ile enerji tasarrufu sağlanmıştır ve düşük maliyete akıllı damlama sulama sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem ölçüm verilerine göre selenoid vanaların açılmasını ve kapanmasını kontrol etmektedir.

Angelopoulos vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada özel sensörler ve aktivatörler kullanmışlardır ve WSN tabanlı akıllı sulama sistemi tasarlamışlardır. Toprak nem sensöründen gelen veriler oluşturulan veri tabanına Java uygulaması yardımı ile kayıt edilmiştir. Elde edilen bu verilere göre selenoid valfler yardımı ile sulama yapılmıştır.

Teknoloji alanındaki ilerlemeler günümüzde birçok alanda olduğu gibi tarım alanında da hızlı bir şekilde gelişme göstermektedir. Dünyada ve ülkemizde tarım ürünlerine artan talebin karşılanması amacı ile tarım ürünlerinin üretilmesini kolaylaştırmak ve üretimin sağlıklı bir şekilde yapılmasını sağlamak amacı ile tarım alanlarının otomasyon teknikleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışma ile tarım alanlarında önemli bir sorun haline gelmiş olan sulama problemi teknoloji ile desteklenerek otomasyon sistemi tasarlanmıştır.

Yapılmış olan çalışmada bitki nem sensörü ile bitki nem değerinin incelenmesi ve elde edilen bitki nem değerlerine göre sulama yapılması açısından ilk çalışma olma niteliğindedir.

Bu çalışmada sulama yapılacak olan alandaki bitkinin su değerleri, bitkiye yerleştirilmiş olan bitki nem sensörü ile bitkinin su ihtiyacı belirlenmiş ve bu su ihtiyacına göre otomatik sulama yapılmıştır.

Bu çalışma da bitkinin su ihtiyacına göre sulama yapılacağı için adil bir su dağlımı yapılması hedeflenmiştir aynı zamanda yapılan çalışmayla sulama sistemi uzaktan kontrol edildiği için işletme ve bakım giderleri azalmıştır, özdenetim ve kullanıcı katılımı ile yerinden yönetim sağlanmış olacaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Otomasyon

Belirli işlerin ve hizmetlerin gerçekleştirilmesi için makinelerin sürekli ve otomatik olarak gerçekleştirdiği işlemlere otomasyon denir. Başka bir ifade ile otomasyon, yapılacak olan bir işin makine ile insan arasında paylaşılmasıdır. Otomasyon düzeyi, toplam işin paylaşım yüzdesi olarak tanımlanır. İnsan gücünün makina gücüne göre yoğun olduğu otomasyon sistemleri, yarı otomasyon sistemi olarak adlandırılır. Makine gücünün insan gücüne göre yoğun olduğu otomasyon sistemleri, tam otomasyon sistemi olarak adlandırılır.

Sanayi devriminin başlangıcının tersine günümüzde üretim yapmak tek başına yeterli olmamaktadır. Dünyanın tamamının açık bir pazar haline geldiği rekabetçi bir ortamda üretimi; hızlı, verimli, güvenli ve standart bir hale getirmek zorunlu olmuştur. Endüstride rekabetçi ortamda oluşan zorunluluğun karşılığı tam manasıyla otomasyon kelimesi ile tanımlanabilir.

2.1.1. Sulama sistemi otomasyonu

Sulama sistemi otomasyonu iki kısımdan oluşmaktadır.

- Donanım kısmı
- Yazılım kısmı

Donanım kısmı; Arduino Uno denetleyicisi, mikroişlemci veya PLC gibi bir denetleyiciyeden, sensör ve çıkış elamanları olan röle, kontaktör gibi elamanlardan oluşan kısımdır.

Yazılım kısmı; kurulmuş olan donananımın kontrolünü istediğimiz şekilde kontrol etmek amacıyla oluşturulan ve verilere göre sistemin çalışıp çalışmamasına karar veren kısımdır.

2.1.2. Otomasyonsuz sulama sistemleri

Otomasyonsuz sulama sistemlerinde herhangi bir elektronik aygıt kullanılmadığı için ürün kalitesi ve ürün başarısı çiftçinin tecrübesine bırakılan sulama sistemidir.

Otomasyonsuz sulama sisteminde elektronik sistemler kullanılmadığı için maliyet düşüktür fakat bu tip yerlerde hava durumu sürekli olarak takip edilmesi gerekmektedir. Otomasyonsuz sulama sistemi iklim değişikliğinden etkilenmeyen bölgelerde genellikle bitki yetiştirmek amacıyla kullanılmaktadır.

2.2. Bitkinin Su ve Toprakla İlişkisi

Bitkiler normal bir şekilde gelişebilmek için ihtiyacı olan besinleri ve suyu, kökleri yardımıyla topraktan alırlar. Doğal ortamda kendiliğinden yetişen bitkiler, yağış sularının toprak vasıtasıyla tutulması sayesinde ihtiyacı olan suyu karşılamaktadır. Toprakta tutulan su miktarı iklim ve yağış durumuna bağlıdır. Transpirasyon ve buharlaşma gibi farklı nedenlerle bitkinin kök bölgesinde bulunan su en az düzeye indiğinde bitkilerin yaşaması zorlaşmaktadır. Bitkilerin yaşamasını zorlaştıran bu nedenlerden dolayı, topraktan kaybolan suyun bitkiye tekrar ilave edilmesi gerekmektedir. Sulama sistemlerinin amacı bitkilerin normal bir şekilde yetişmesini sağlamak ve topraktan kaybolan su miktarını tekrar ilave etmektir (Demirel, 2005).

Bitkiler için suyun önemi tüm canlılarda olduğu gibi büyüktür. Toprakta bulunana besin maddelerinin bitki kökleri tarafından alınabilmesi, bu besin maddelerinin yapraklara kadar taşınabilmesi ve yapraklarda fotosentez olayının gerçekleşebilmesi su ile sağlanabilmektedir (Demirel, 2005).

2.2.1. Bitkiler için suyun önemi

Bitki yapısının oluşmasını sağlayan temel bileşenlerden biri sudur. Su, bitki ağrılığının %60 ile %85'ini oluşturmaktadır. Bitkilerde hücre aktivitesinin durması, bitkide bulunan suyun yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda bitki hücrelerinin gelişimi durur. Toprakta bulunan besin maddelerinin ve minerallerin kökler tarafından alınarak bitkinin organlarına taşınması su sayesinde olmaktadır. Bitki yapraklarında meydana gelen fotosentez olayının temel yapıtaşlarından birisi sudur. Bu ve bunun gibi birçok

nedenle bitkilerde biyokimyasal ve fizyolojik olayların gerçekleşmesi için mutlaka gerekli olan bir maddedir (Haroğlu, 2002).

2.3. Damla Sulama Sistemi

Damla sulama sayesinde bitki kök bölgesinde nem değeri en uygun değerde tutulmaktadır. Damla sulama sayesinde sürekli ama az sulama yapılabilmektedir. Damla sulama sistemleri sebze yetiştiriciliğinde, meyve ağaçları, süs bitkisi ve dış mekanda bulunan saksı bitkilerinin sulanmasında kullanılabilir fakat çim gibi sığ köklü bitkilerin sulanmasında verimli değildir.

2.3.1. Damla sulama sisteminin avantajları ve dezavantajı

Damla sulama sisteminin avantajları;

- Damla sulama sisteminde su kök bölgesine verildiği için bitkinin sadece kök bölgesi ıslanmaktadır bu sebepten dolayı su kaybı yok denecek kadar azdır.
- Bitkinin kök bölgesi ıslatıldığı için bitki, ıslanan bu bölgeye gölge uygulamaktadır ve buharlaşma azalmaktadır.
- Damla sulama sisteminde su toprağa yavaş bir şekilde verildiği için bitki-oksijen dengesi daha iyi sağlanabilmektedir.
- Bu sistemde sadece bitki kök bölgesi ıslandığı için bitki çevresinde oluşan yabani ot diğer sulama sistemlerine göre daha azdır.
- Damla sulama sistemi esnek bir sistemdir. Bu özelliği peyzaj endüstrisi için bir üstünlüktür. Çünkü bitkiler olgunlaştıkça damla sulama sistemine yeni damlatıcıların eklenmesi mümkündür (Aşıllıoğlu, 2005).

Damla sulama sisteminin dezavantajları;

- Kemirgen ve diğer hayvanların verdikleri zarar
- Damlatıcı borularda oluşan tıkanıklıklar
- Bitki çevresinde tuz birikimi
- Teknik ve ekonomik bakımdan sınırlılık
- Tıkanıklık vb. gibi durumlar nedeni ile sürekli bakım gerektirmesi

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Arduino

Yapılan çalışmada Arduino Uno denetleyicisi kullanılmıştır. Arduino Uno denetleyicisi sensörlerden gelen bilgiye göre sistemin kontrolünü sağlamaktadır. Bu kısımda Arduino hakkında genel bilgiler verilerek Arduino tanıtılmıştır. Yapılan çalışmada Şek. 3.1.'de gösterilen Arduino Uno denetleyicisi ile sulama sisteminin kontrolü sağlamaktadır.

Şekil 3.1. Yapılan çalışmada kullanılan Arduino Uno denetleyicisi

Arduino açık kaynak kodlu olarak İtalyan elektronik mühendisleri tarafından geliştirilmiş bir giriş/çıkış kartıdır. Açık kaynak kodlu demek, kullanıcı ile kaynak kodlarının paylaşılmasına ve paylaşılan bu kodlar üzerinde kullanıcın değişiklik yapması hakkının verilmesine denir. Arduino fiziki programlama platformu olarak da adlandırılabilir. Dış dünya ile etkileşim halinde olan sistemlerin programlanmasına fiziki programlama denilmektedir. Arduino hazır baskı devrelerini kullanarak isteyen herkes kendi devrelerini oluşturabilir ayrıca hazır basılmış ve üzerinde devre elamanları yerleştirilmiş olarak alınabilmektedir. Arduino kolay kullanımlı, esnek ve yazılım tabanlı bir elektronik prototip platformdur.

Arduino geliştirme kartının üzerinde Atmel AVR mikrodenetleyicisi bulunur. Arduino geliştirme kartının üzerinde bulunan bu mikrodenetleyiciler Arduino'ya özgü bir programlama dili ile programlanır. Arduino programlamasında kullanılan programlama dili wiring tabanlı programlama dilidir ve processing tabanlı Arduino Yazılım Geliştirme

Ortamı (IDE) kullanılarak karta yüklenir. Arduino'da kullanılan yazılım dili C++ programlama diline çok benzemektedir. IDE, kodların yazılmasına ve aynı zamanda yazılan kodların güncellenmesine olanak sağlamaktadır. IDE, yardımı ile kodlar derlenmektedir ve derlenen bu programlar Arduino kartına işlenmektedir. IDE, Java programlama dili yardımı ile yazılmış bir uygulamadır.

Arduino sayesinde temel sistemler tasarlanabilir. Arduino kartları üzerinde Atmega firmasının mikrodenetleyicisi bulunmaktadır. Bu mikrodenetleyiciler 8 veya 32 bit olarak 2 gruptur. Bu mikrodenetleyiciler PIC ile aynı kategoridedir. Mikrodenetleyiciler kendi kütüphaneleri sayesinde kolay bir şekilde programlanabilir. Digital ve analog verilerin karta işlenebileceği girişleri bulunmaktadır. Bilgisayardan veya başka bir cihazdan gelen verileri alıp işleyip gelen verilere göre tepki verebilmektedir ve aynı zamanda dış ortama da ışık, ses gibi veriler gönderebilir.

Arduino kartının birçok çeşidi bulunmaktadır:

- Arduino Uno
- Arduino Ethernet
- Arduino Fio
- Arduino Mega 2560
- Arduino Mega ADK
- Arduino Mini ve Mini Pro
- Arduino Nano
- Arduino Lilypad
- Arduino Bluetooth
- Arduino Donanım Eklentileri (Shield)

3.1.1. Arduino çeşitleri arasındaki farklar ve genel özellikleri

Arduino kartlarının farklı birçok çeşidi bulunmaktadır. Arduino kartlarını da genel olarak benzer elemanlar ve bileşenler yer almaktadır. Fakat Arduino kartları üzerinde bulunan giriş/çıkış pinlerinde, mikrodenetleyici türlerinde ve dahili modüllerinin sayısı ve aynı zamanda çalışma geriliminde farklılık bulunmaktadır. Tab. 3.1.'de farklı tipteki Arduino'ların donanım özellikleri verilmiştir. Burada araştırılan veriler sayesinde çalışmada kullanılan Arduino'nun seçimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma için

maliyet de göz önünde tutularak Arduino Uno denetleyicisinin uygun olduğuna karar verilmiştir.

Tablo 3.1. Arduino çeşitleri ve özellikleri

Arduino	Giriş Voltajı	Çalışma Voltajı	PWM	UART	Analog Çıktı	Dijital I/O	Analog Girdi
Arduino Uno	7-12V	5V	6	1	N/A	14	6
Arduino Fio	3.35-12V	3.3V	6	1	N/A	14	8
Arduino Mega ADK	7-18V	5V	14	4	N/A	50	16
Arduino Nano	7-12V	5V	6	1	N/A	14	8
Arduino Mega R3	7-18V	5V	14	4	N/A	54	16
Arduino Lenoardo	3.3-5V	5V	7	1	N/A	25	12
Arduino Mini 05	7-9V	5V	6	1	N/A	14	8
Arduino Mega Pro	5-12V	5V	14	4	N/A	54	16

Mikrodenetleyici: Mikrodenetleyici, Arduino'nun beynidir.

Giriş Voltajı: Arduino kartı için önerilen voltaj aralığıdır. Arduino tabloda gösterilen voltaj aralığında çalışmaktadır.

Sistem Voltajı: Arduino üzerinde bulunana mikrodenetleyicinin çalıştığı voltajdır yani Arduino kartının sistem voltajıdır.

PWM: PWM sinyalleri analog çıkışlar gibidir. Sinyal üretebilme kapasitesi olan dijital giriş/çıkış sayısıdır.

UART: Arduino kartının desteklediği birbirinden bağımsız seri bağlantı çizgi sayısıdır.

Digital I/O: Arduino kartı üzerinde bulunan digital giriş/çıkış sayısıdır. Bunların hepsi giriş veya çıkış olarak tasarlanmıştır ve aynı zamanda bazıları PWM sinyali üretebilecek şekilde tasarlanmıştır (Wheat, 2011).

Bootloader: Mikrodenetleyici Arduino'nun beyni olarak adlandırıldığında, bootloader Arduino'nun kişiliği olarak adlandırılabilir. Bootloader ATMega mikrodenetleyicisinin içerisinde bulunur ve seri port aracılığı ile donanım programlanması için yükleme işleminin yapılmasını sağlar.

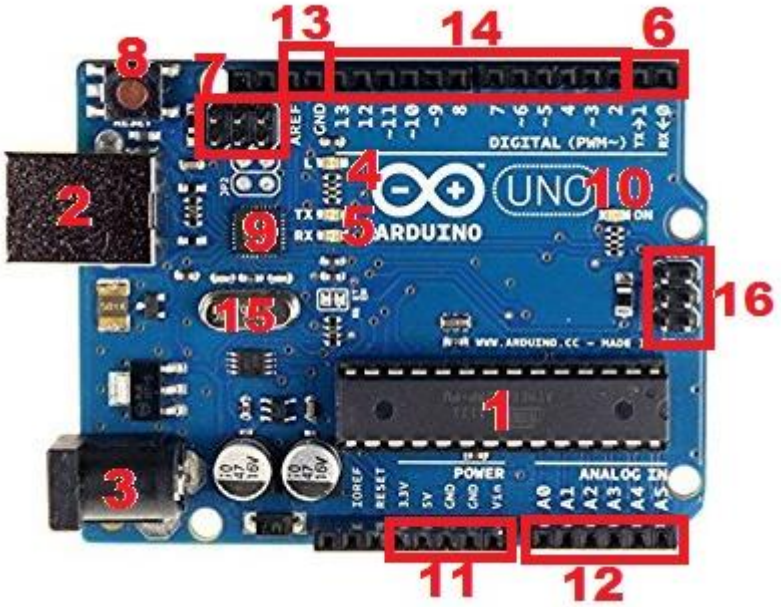
Analog Giriş: Arduino kartı üzerinde bulunan analog girişlerinin toplam sayısıdır. Arduino kartı üzerinde bulunana analog pinler "A" harfi yardımı ile ve kart üzerinde bulunana numaralar yardımı ile isimlendirilir.

Saat Hızı: Mikrodenetleyicinin hızına bağlı olan frekans aralığı olarak adlandırılır.

Programlama Arayüzü: Arduino kartını programlamamız için bilgisayarla olan bağlantının kurulmasını sağlayan kısımdır (Karvinen and Karvinen, 2011).

3.1.2. Arduino Uno teknik özellikleri ve devresi

Arduino Uno kartı üzerinde 14 adet digital giriş/çıkış pini mevcuttur. PWM çıkışı elde etmek için bu pinlerin 6 tanesi kullanılabilir. Arduino Uno kartı üzerinde 6 tane analog girişi bulunmaktadır. Ayrıca bir tane 16 MHz kristal osilatörü, güç girişi (2.1mm), USB bağlantısı, reset butonu ve ICSP başlığı bulunmaktadır. Mikroişlemcinin desteklenmesi için gerekli olan bütün elemanlar Arduino Uno kartının üzerinde bulunmaktadır. Arduino Uno'yu çalıştırmak için bir adaptör ya da pil yeterli olmaktadır. Arduino Uno üzerinde bulunan elemanlar ve kısımlar Şek. 3.2.'degösterilen sayılar yardımı ile Tab. 3.2.'de açıklanmaktadır.



Şekil 3.2. Arduino Uno denetleyicisi üzerinde bulunan elemanlar ve pinlerin sayılar ile gösterimi

Tablo 3.2. Arduino Uno üzerindeki elemanlar ve kısımlar

1	Mikrodenetleyici Atmega328
2	USB jakı
3	Güç Girişi (7-12 V DC)
4	Led
5	TX/RX ledleri
6	TX/RX pinleri
7	USB Arayüzü için ICSP
8	Reset butonu
9	Haberleşme çipi
10	Güç ledi
11	Güç pinleri

12	Analog girişler
13	GND ve AREF pinleri
14	Digital giriş/çıkış pinleri (“~” işareti PWM çıkışı olarak kullanılabilir.)
15	16 MHz kristal
16	Atmega328 için ICSP

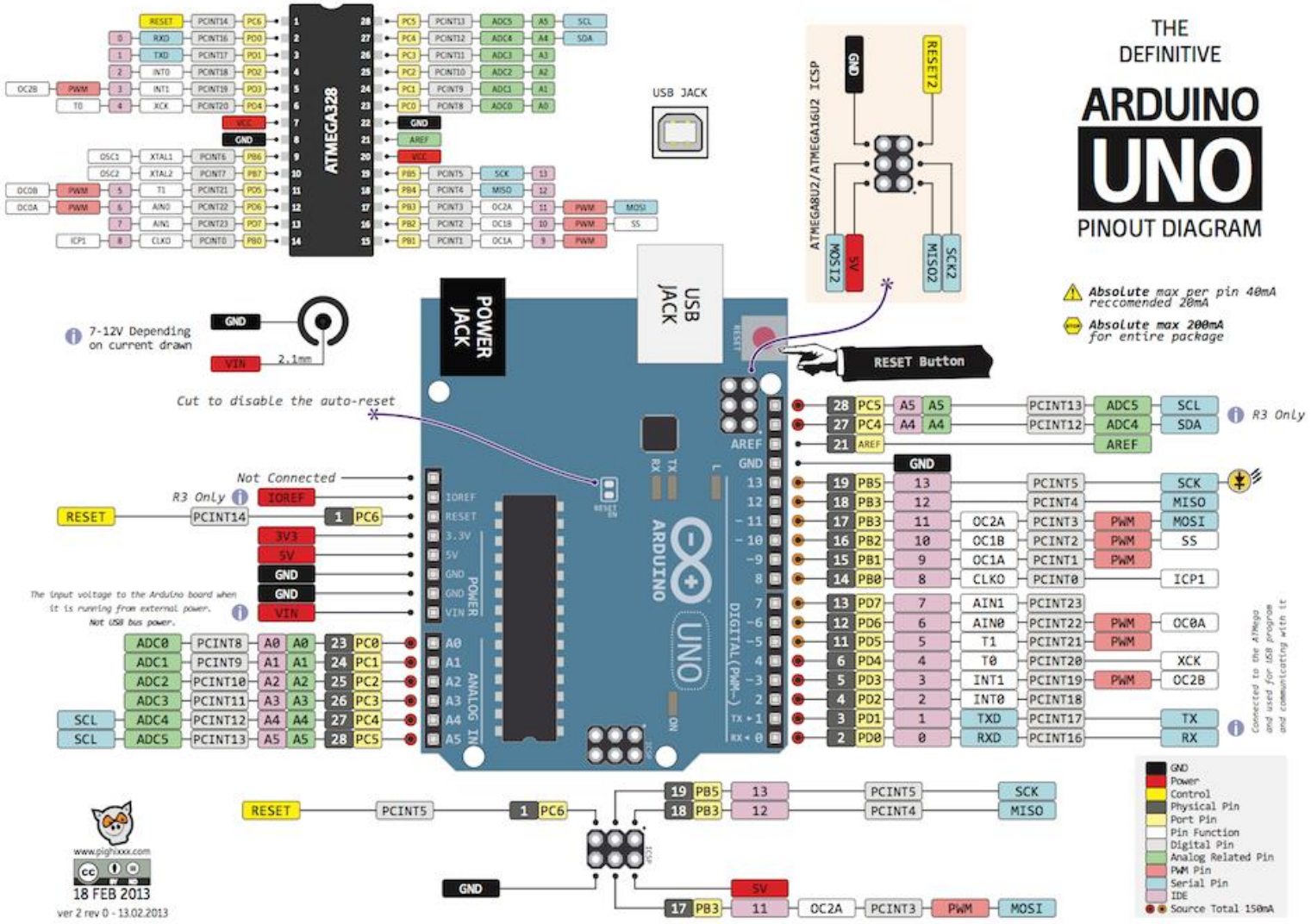
Arduino Uno kartına ait teknik özellikler Tab. 3.3.’de verilmektedir.

Tablo 3.3. Arduino Uno teknik özellikleri

Mikroişlemci	Atmega328
Giriş Gerilim(önerilen)	7-12V
Giriş Gerilimi(limit)	6-20V
Çalışma Gerilimi	5V
Analog Giriş Pinleri Sayısı	6 adet
Digital Giriş/çıkış Pinleri Sayısı	14 adet (6 tanesi PWM çıkış pini)
Her Giriş/çıkış için Akım	40 mA
3.3V Çıkış İçin Akım	50 mA
EEPROM	1 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
Flash Hafıza	32 KB (ATmega328) 0.5 KB kadarı bootloader
Saat Hızı	16 MHz
Ağırlık	25 g

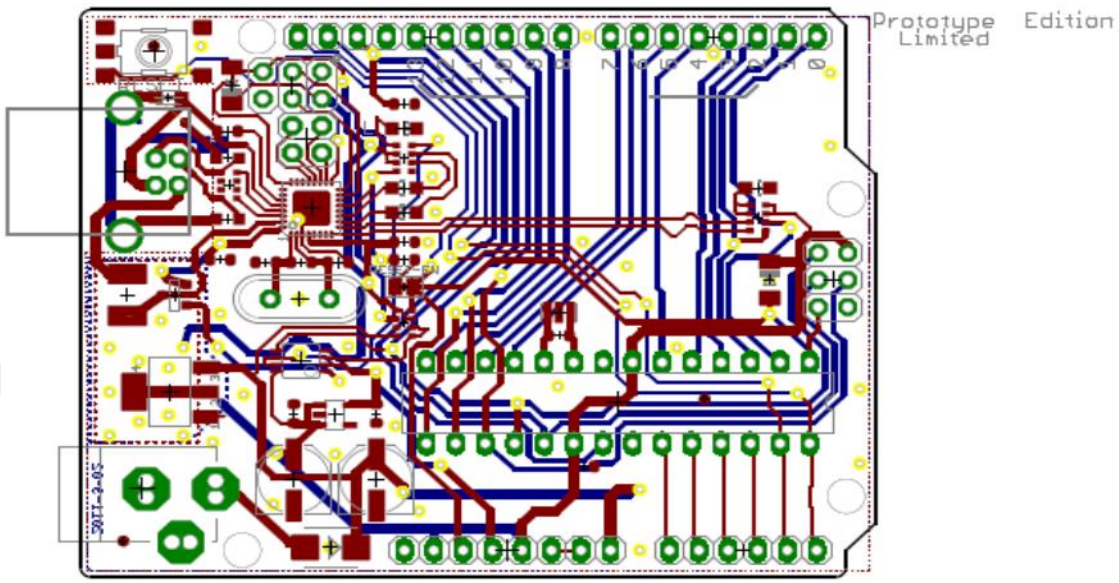
Uzunluk	68.6 mm
Genişlik	53.4 mm

Arduino Uno kartı üzerinde bulunan pinler ve Arduino Uno denetleyicisinin üzerinde bulunan mikroişlemcisinin pinleri Şek. 3.3.'de gösterilmektedir.



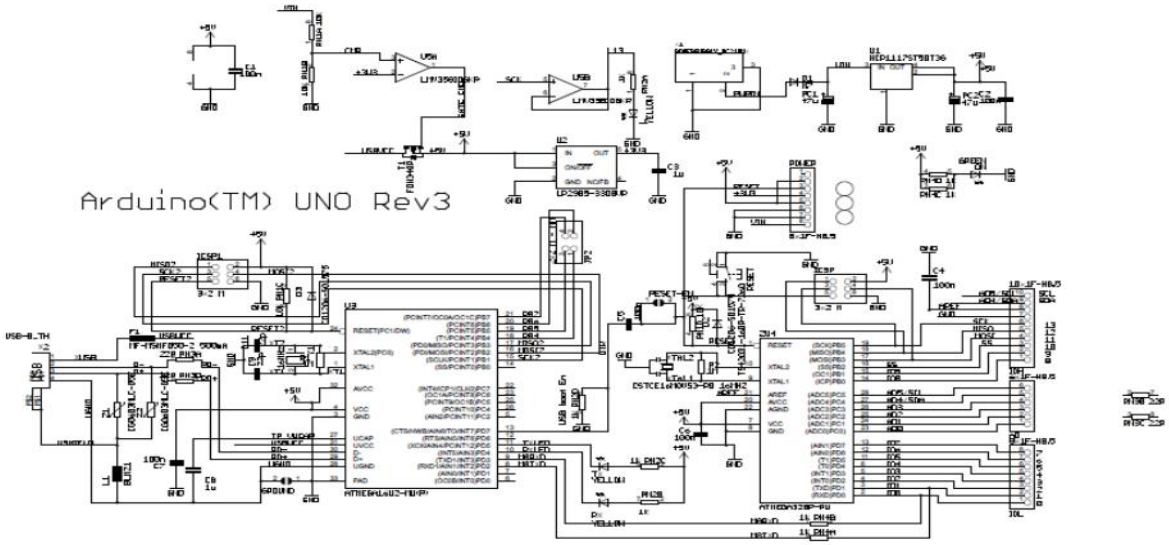
Şekil 3.3. Arduino Uno denetleyicisi üzerinde bulunan pinler

Arduino Uno denetleyicisinin baskı devresi Şek. 3.4.'de gösterilmektedir. Şekilde gösterilen Arduino Uno baskı devresi ile istenildiği takdirde Arduino Uno devresi kurulabilir.



Şekil 3.4. Arduino Uno PCB baskı devresi

Arduino Uno işlemcisinin içyapısına ait şema Şek. 3.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Arduino Uno içyapı şeması

3.1.3. Arduino kullanılarak neler yapılabilir

- Arduino kullanılarak kolay bir şekilde çevre ile etkileşim kurabilen sistemler tasarlanabilir.
- Arduino üzerinde digital ve analog girişler bulunduğu için digital ve analog veriler Arduino kartına işlenebilmektedir.
- Arduino mikroişlemcisi Arduino'nun kütüphanesi yardımıyla kolaylıkla programlanabilmektedir.
- Arduino işlemcisine uyum sağlayan Bluetooth, GSM, RF, Wireless, Infrared vb. gibi modüller sayesinde kablosuz haberleşme kolaylıkla kullanılabilmektedir.
- Arduino sayesinde sensörlerden gelen veriler kullanılabilir.
- Çevreye çıktı olarak ışık, hareket, ses vb. gibi objeler verebilir.

3.1.4. Arduino kullanılarak neler yapılamaz

- Arduino üzerinde Windows, Linux, IOS, Android gibi işletim sistemleri çalışmamaktadır.
- Gerçek zamanlı olarak sinyal işleme işlemlerinde Arduino yavaş kaldığı için kullanılmamaktadır.

3.1.5. Arduino kullanımının nedenleri

Arduino hazır bir devre kartıdır ve Arduino üzerinde ATmel marka mikrodenetleyici kullanılmaktadır. Arduino açık kaynak kodlu olduğundan dolayı ve isteyen herkesin kendi Arduino' sunu yapabildiğinden dolayı kullanılışlıdır. Arduino yapılacak olan çalışmalarda kullanım kolaylığı sağlamaktadır ve aynı zamanda yapılan çalışmaların daha hızlı ve daha istikrarlı olmasını sağlamaktadır. Arduino yapısı ve özelliklerine göre çeşitli modellerden oluşmaktadır. Yapılmış olan çalışmada biz Arduino Uno'yu kullandık.

Yapılmış olan çalışmada Arduino kullanılmasının nedenleri:

- Arduino birçok sensör ile uyumlu bir şekilde çalıştığı için yapmış olduğumuz çalışmada tercih edilmiştir.
- Arduino üzerinde bulunan analog giriş/çıkışlar sayesinde sensörlerden gelen analog verileri kullanmak için harici bir modüle gerek duyulmamaktadır.

- Arduino’nun sürücülerinin kurulması ve Arduino’da program yazmak ve geliştirmek kolaydır.
- Arduino’nun sahip olduğu geniş kütüphanesi mevcuttur ve bu sayede karmaşık işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir.
- Arduino birçok uzaktan haberleşme sistemleri ile uyumlu şekilde çalışmaktadır. Bu sebepten dolayı yapılmış olan çalışmada ESP8266 ile uyumlu olduğundan Arduino kullanılmıştır.

3.1.6. Arduino Uno hafıza

Arduino Uno kartı ATmega328 32KB’lık bir flash belleğe sahiptir. Bu 32KB’ın 0.5KB’ı bootloader tarafından kullanılmaktadır. Ayrıca 1KB EEPROM ve 2KB SRAM bulunmaktadır.

3.1.7. Arduino Uno giriş ve çıkış pinleri

Arduino Uno kartı üzerinde toplam 14 adet digital pin bulunmaktadır. Bu digital pinlerin hepsi giriş veya çıkış olarak kullanılabilmektedir. Aynı zamanda 6 adet’ de analog giriş pini bulunmaktadır. Bu analog girişler aynı zamanda digital giriş çıkış olarak da kullanılabilmektedir. Yani Arduino Uno kartı üzerinde toplam 20 adet digital giriş/çıkış pini bulunmaktadır. Bu digital giriş/çıkış pinlerinin lojik seviyesi 5V’dur. Her pin maksimum 40mA giriş ve çıkış akımı ile çalışmaktadır. Bu bilgilere ek olarak bazı pinlerin farklı özellikleri bulunmaktadır.

Farklı özelliklere sahip olan pinler:

- Seri Haberleşme, 0(RX) ve 1(TX): Seri veri alışı yapabilmek için (RX), vermek için ise (TX) kullanılır. RX ve TX pinleri kart üzerinde bulunan ATmega16u2 USB-seri dönüştürücüne doğrudan bağlıdır. Bilgisayardan karta kod yüklemek veya Arduino Uno kartı ile karşılıklı haberleşme yapabilmek için RX ve TX pinleri kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı Arduino kartına kod yüklerken veya haberleşme yapılırken hata olmaması için gerek olmadıkça bu pinlerin kullanılmasından kaçınılmalıdır.

- LED 13: Arduino Uno kartı üzerinde bulunan 13 numaralı pinin bağlı olduğu dahili bir led bulunmaktadır. Bu 13 numaralı pin HIGH yapıldığı zaman led yanmaktadır, LOW yapıldığı zaman led sönmektedir.
- PWM, 3, 5, 9,10, 11: Arduino Uno kartı üzerinde bulunan bu PWM pinleri 8-bit çözünürlükte PWM çıkışı olarak kullanılabilmektedir.
- Analog, A0-A5: Arduino Uno kartında 6 adet 10-bit çözünürlükte analog giriş pini bulunmaktadır. Bu analog giriş pinleri aynı zamanda digital çıkış içinde kullanılabilmektedir. Pinlerin ölçüm aralığı 0V ile 5V arasındadır. AREF pini ile birlikte analogReference() fonksiyonu kullanılarak üst limit düşürülüp, alt limit yükseltilebilir.
- Harici Kesme, 2(interrupt 0) ve 3(interrupt 1): Arduino Uno kartı üzerinde bulunan bu pinler düşen kenar, yükselen kenar veya değişiklik kesmesi olarak kullanılabilir.
- AREF: Analog giriş için referans pini olarak kullanılmaktadır.
- SPI, 10(SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK): Arduino Uno kartı üzerinde bulunan bu pinler SPI haberleşmesi için kullanılmaktadır.
- Reset: Arduino Uno kartı üzerinde bulunan mikroişlemci resetlenmek istenildiği zaman bu pin LOW yapılır. Resetleme işlemi kart üzerinde bulunan reset butonu kullanılarak da yapılabilmektedir.

3.1.8. Arduino Uno haberleşme

Arduino Uno'nun bilgisayar, mikroişlemci veya başka bir Arduino ile haberleşebilmesi için birkaç farklı yol bulunmaktadır. ATmega328, 1 (TX) ve 0 (RX) pinleri üzerinden UART TTL seri haberleşme imkanı sunmaktadır. Arduino Uno kartı üzerinde bulunan ATmega16u2 USB-seri dönüştürücüde bilgisayarda sanal bir com port açarak ATmega328 ile bilgisayar arasında bir köprü kurar. Arduino bilgisayar programının içerisinde bulunan seri monitör yardımıyla bilgisayar ve Arduino arasında text temelli bilgilerin alınıp gönderilmesi sağlanmaktadır.

USB-seri dönüştürücü ile bilgisayar arasında USB üzerinden seri haberleşme başlatıldığı zaman RX ve TX ledleri yanmaktadır.

Arduino Uno kartı üzerinde donanımsal olarak bir adet seri port bulunmaktadır. SoftwareSerial kütüphanesi sayesinde bu seri port sayısı arttırılabilmektedir.

3.1.9. Arduino Uno usb aşırı akım koruması

Arduino Uno kartı üzerinde resetlenebilir sigorta bulunmaktadır. Bu resetlenebilir sigorta bilgisayarın USB portunu aşırı akım tüketimi durumlarından veya kısa devre durumlarından korumaktadır. Arduino Uno kartı bilgisayarın USB portu üzerinden 500mA'den fazla akım çektiği durumda kart otomatik olarak USB'den aldığı gücü koruma amacıyla kesmektedir. Kısa devre ya da fazla akım çekme durumu ortadan kalktığı takdirde sigorta normal konumuna döner ve bağlantı tekrardan kurulur.

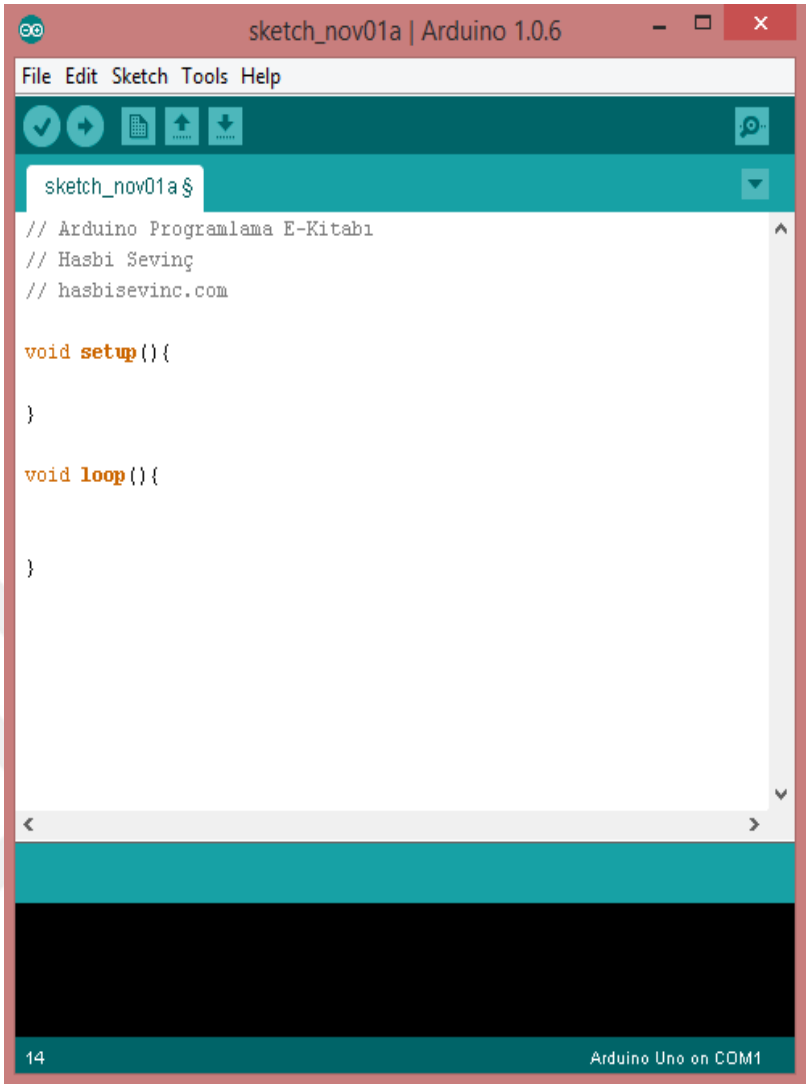
3.1.10. Arduino programlama

Arduino Uno kartı Arduino bilgisayar programı (Arduino IDE) yardımı ile programlanır. Programda Tools>Board sekmesi altında bulunan Arduino Uno'yu seçilerek programlamaya başlanmaktadır. Arduino Uno üzerindeki Atmega328 üzerine bootloader denilen özel bir yazılım yüklü gelmektedir. Yüklü gelen bu yazılım sayesinde kartı programlarken ekstra bir programlayıcı kullanılmasına gerek yoktur. Haberleşme orijinal STK500 protokolü ile sağlanmaktadır.

Bootloader yazılımı gibi Atmega16u2 içerisindeki kaynak yazılım da açık kaynaklı yazılımıdır. ATmel's FLIP software (Windows) veya DFU programmer (Mac OS X and Linux) kullanılarak bu yazılım yeniden yüklenebilir. ATmega328 ve 16u2 içerisindeki yazılımlar her zaman en güncel hali ile gönderilmektedir. Bu yüzden zorunlu olamadıkça bu yazılımların değiştirmesine gerek yoktur.

3.1.11. Arduino'nun kurulumu ve Arduino programlama ekranının tanıtımı

İlk olarak Arduino'nun USB kablosu Arduino'ya bağlanmalı daha sonra bilgisayar bağlanmalıdır. Windows 7 ve üst sürümlerde Arduino otomatik olarak yüklenmektedir. Bir süre geçtikten sonra Arduino bilgisayar tarafından tanınmaktadır. Arduino'nun bilgisayar tarafından tanınıp tanınmadığını görülebilmesi için, bilgisayarın aygıt yöneticisi kısmından kontrol edilebilmektedir. Bilgisayarın aygıt yöneticisi kısmından Arduino'nun bağlı olduğu COM portuna bakılmalıdır. Arduino bilgisayara tanıtıldıktan sonra Arduino programı bilgisayara yüklenmelidir. Program yüklendikten sonra açıldığında Şek. 3.6.'da gösterilen Arduino programlama ekranı ile karşılaşılacaktır.



Şekil 3.6. Arduino programlama ekranı

Eğer program düzgün bir şekilde bilgisayara yüklenmemiş ise Şek.3.6.'da ki gibi bir ekran ile karşılaşılmayacaktır. Bu ekranın ortasındaki kısım kodların yazılacağı kısımdır. Şek. 3.6.'da sağ en altta görülen kısım Arduino Uno üzerinden çalışıldığını ve Arduino'nun COM1 portuna bağlı olduğunu göstermektedir.

Tools menüsü: Buradan kullanılan Arduino türü ve Arduino'nun bağlı olduğu COM portunu seçilmektedir. Eğer hangi COM'a bağlandığı bilinmiyorsa aygıt yöneticisinden bakılabilmektedir.

Program Compile: Bu buton ile yardımı ile yazılan programı kontrol edilebilir. Eğer kodda hata varsa altta bulunan siyah bölümde turuncu yazı şeklinde yapılmış olan hata ve satır yazmaktadır.

Program Compile & Upload: Bu buton yardımı ile önce yazılan kod derlenir. Eğer kodda hata yoksa yazılan kod Arduino'nun anlayacağı dile çevrilmektedir ve otomatik olarak Arduino'ya atılmaktadır. Bu işlem sırasında ilerleyen çubuktan işlem durumunu görebilmektedir. Ayrıca program atılma esnasında Arduino üzerinde bulunan TX ve RX ledleri hızlı bir şekilde yanıp sönecektir.

Serial Monitör: Bu buton seri monitör ekranını açmaktadır. Yeni pencere açan bu buton yardımı ile Arduino'ya yollanmış olan veriler gözlemlenebilir.

3.2. ESP8266 Modülü

Yapmış olduğumuz çalışmada uzaktan kontrolü sağlamak amacıyla ESP8266 modülü kullanılmıştır. Bu modül sayesinde kullanıcı istediği zaman istediği yerden anlık olarak sistemin çalışıp çalışmadığını kontrol edebilecek ve sistemi açıp kapatabilecektir.

ESP8266 modülü, otomasyon çalışmaları gibi birçok elektronik çalışmada internet yoluyla veri alıp ve veri yüklenmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede çalışmaların kontrolü internet üzerinden sağlanabilmektedir. ESP8266 modülü maliyetinin düşük olmasından dolayı ve aynı zamanda boyutu küçük olmasından dolayı çok tercih edilen bir modüldür. Şek. 3.7.'de yapılan çalışmada kullanılan ESP8266 modülü gösterilmiştir.

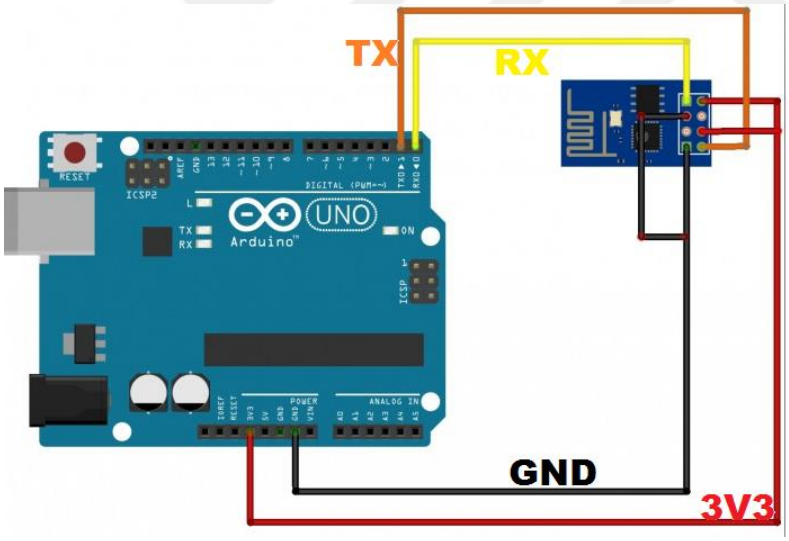
Şekil 3.7. Yapılan çalışmada kullanılan ESP8266 modülü

ESP8266 modülü Arduino gibi çeşitli geliştirici kartlarla kullanılabildiği gibi aynı zamanda üzerinde bulunan işlemcisi sayesinde programlanarak herhangi bir geliştirici karta ihtiyaç duymadan da kullanılabilmektedir.

ESP8266 modülünü kullanmadan önce güncelleştirilmesi gerekmektedir. Çünkü yeni çıkan her sürüm ile modül daha karalı çalışır hale gelmektedir.

3.2.1. ESP8266 modülü güncelleştirme

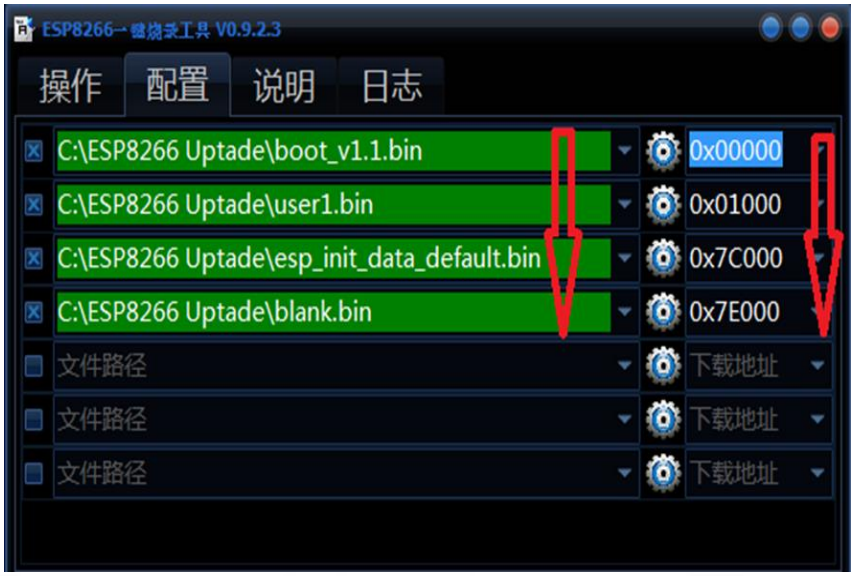
ESP8266 modülünü güncelleştirebilmek için bilgisayar ile haberleşmesi gerekmektedir. Bilgisayar ile haberleşmesini sağlamak amacıyla USB-TTL dönüştürücü bulunması gerekmektedir ya da Arduino varsa ek bir kart alınmasına gerek yoktur. Arduino üzerinde bulunan çeviriciyi kullanabilmektedir. Güncelleme işlemine başlamadan önce ESP8266 ile Arduino bağlantısının Şek. 3.8.'de gösterildiği gibi yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.8. ESP8266 güncelleştirme için Arduino bağlantısı

ESP8266 modülü 3.3V uyumludur. Bu sebepten dolayı Arduino'nun 3.3V' luk pin kullanılmalıdır yoksa modül zarar görebilir.

Şek. 3.8.'de gösterildiği gibi ESP8266 ile Arduino bağlantısı yapıldıktan sonra Arduino bilgisayara bağlanmalıdır. Bilgisayara bağlandıktan sonra modül kendini güncelleme moduna alacaktır. Bilgisayara indirilmiş olan güncelleme programı açılarak Şek. 3.9.'da oklar yardımı ile gösterildiği gibi dosyaların sıralanması gerekmektedir.



Şekil 3.9.ESP8266 güncelleştirme programı dosya sırasının gösterimi

Dosya sıralaması yapıldıktan sonra Şek. 3.10.'da okla gösterilen ilk sekmeye dönerek uygun COM portu seçildikten sonra ok ile gösterilen butona tıklanarak güncelleştirme işlemi başlatılmış olacaktır.

Şekil 3.10. ESP8266 güncelleştirme butonu

3.3. Sensör

Sensörler elektriksel, fiziksel, kimyasal değişimleri ölçerek elektriksel sinyallere dönüştüren algılayıcılardır. Sensörlerden alınan veriler ilk olarak elektriksel sinyallere dönüştürülür daha sonra elektriksel sinyallere dönüştürülmüş bu sinyaller elektronik devreler tarafından yorumlanarak mekanik aletlere kumanda edilmesi sağlanır.

Yapılmış olan çalışmada kullanılan Arduino Uno denetleyicisi bitki nem sensöründen gelen analog verileri hassas bir şekilde kolaylıkla yorumlamaktadır.

3.3.1. Sensörler ile ilgili temel bilgiler

- Hassasiyet: Sensörün çok küçük değişimleri ölçebilmesine hassasiyet denir.
- Doğruluk: Sensör tarafından ölçülen bir büyüklüğün gerçek değeri ile uygunluk derecesidir.
- Tekrarlanabilirlik: Aynı ortamda aynı şartlar altında yapılan ölçümlerin çoğunluğunun birbirleri ile benzer olma yeteneğidir.
- Ölçüm Aralığı: Sensörün cevap verebildiği etkinin minimum ve maksimum değerleridir.
- Çözünürlük: Bir sensörün çözünürlüğü, güvenli bir şekilde algıladığı en küçük değerin artımıdır.
- Cevap Zamanı: Algılayıcının giriş parametresinde oluşan değişime karşı çıkışa tepki verme süresine cevap zamanı denmektedir.
- Ofset: Sensörün çıkışının sıfır olması gerekirken çıkışta görülen değer ofset hatasıdır.
- Dinamik Doğrusallık: Sensörün girişteki etkinin değişme hızının takip edilebilme kapasitesinin ölçüsüne dinamik doğrusallık denilmektedir (Duran vd. , 2012)

3.3.2. Bitki nem sensörü

Yapılan çalışmada bitki nem sensörü kullanılmıştır. Bitki nem sensörünün 2 adet nem ölçen probu bulunmaktadır. Bu problar bitkiye zarar veremeyecek şekilde bitkinin gövdesine yerleştirilmektedir. Bitki nem sensörü probları bir sıvı içerisine batırıldığı zaman veya bitkiye yerleştirildiği zaman bir direnç oluşturur ve oluşan bu direnç oluşturarak problar arasında gerilim farkının oluşmasına neden olur.

Bitkiye yerleştirilen bitki nem sensörü yardımı ile sensör problarının uçlarında oluşacak gerilim farkı yardımı ile bitki nem miktarı ölçülebilmektedir. Bitki nem miktarı arttıkça sensörün iletkenliği de artmaktadır. Bitki nem sensörü üzerinde bulunan trimport sayesinde sensörün hassasiyet ayarı yapılabilmektedir. Bitkiden gelen nem değerine göre tasarlanan sistem otomatik olarak çalışmaktadır.

Geliştirmiş olan bitki nem sensörü yardımı ile bitki nem miktarını ölçülmektedir. Bu sayede yapılan çalışma için bitki nem miktarı öğrenilmiştir. Tasarlanan sistem için gerekli olan en önemli bilgi elde edilmiş olmaktadır.

Yapılan çalışmada kullanılan bitki nem sensörünün özellikleri Tab. 3.4'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Bitki nem sensörü özellikleri

Çalışma Gerilimi	3.3V-5V
Çıkış Gerilimi	0V-4.2V
Akım	35mA
Çıkış Türü	Digital ve Analog

3.4. Röle

Röle elektromanyetik bir devre elemanıdır. Röle üzerinden akım geçtiği zaman çalışmaktadır. Röle küçük değere sahip olan bir akım ile güçlü bir alıcıyı anahtarlamak için kullanılmaktadır.

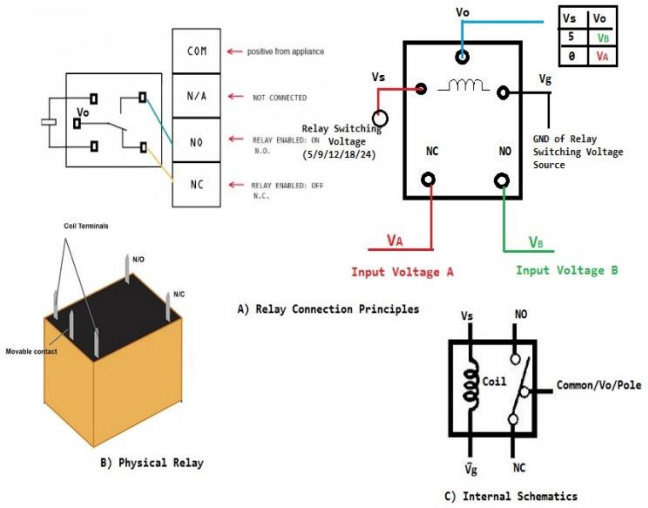
Röleler, tek bir elemanda birden fazla anahtar kontağına sahip olabilirler ve bu sayede birden fazla yükü aynı anda açıp kapatabilmektedirler. Bu özellikleri sayesinde röleler, tristör ve triyaklardan daha kullanışlıdır.

Rölelerin dezavantajı, sık arıza yapmalarıdır. Çünkü röleler mekanik olarak çalışmaktadır. Rölelerin kontakları birbirleri ile defalarca yapışıp açıldığı için zaman içerinde kontaklarda oksitlenme meydana gelmektedir ve bu yüzden iletkenliklerini kaybetmektedirler.

Yapılan çalışmada kullanılan röle modülü Şek. 3.11'de gösterilmektedir.

Şekil 3.11. Yapılan çalışmada kullanılan röle modülü

Röleler kullanılarak elektriksel devrelerin açılıp kapatılması sağlanmaktadır. Röle içerisinde bulunan bobin mıknatıslandığı zaman rölenin bir kontağı açılmaktadır diğer kontağı kapanmaktadır. Şek. 3.12.'de bir rölenin içyapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Röle içyapısı

Röleler, dalgalanmalardan ve farklı frekanslardan etkilenmeden anahtarlama yapabilmektedirler.

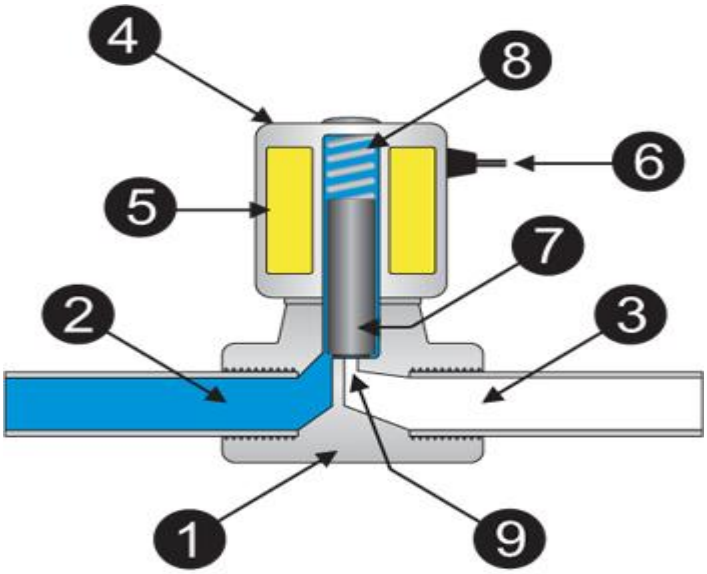
Yapılmış olan çalışmada selenoid vananın kontrolünü sağlamak amacıyla röle kullanılmıştır.

3.5. Selenoid Vana

Yapılan çalışmanın sulama kısmında anahtarlama görevinde Şek. 3.13.'de gösterilen selenoid vana kullanılmıştır.

Şekil 3.13. Yapılan çalışmada kullanılan selenoid vana

Selenoid vana enerji geldiği zaman bir manyetik kuvvet oluşturmaktadır ve bu sayede sistemi harekete geçirmektedir. Şek. 3.14.'de selenoid vananın içyapısı gösterilmektedir ve Tab. 3.5. yardımı ile açıklanmaktadır.



Şekil 3.14. Selenoid vana içyapısı

Tablo 3.5. Selenoid valfi oluşturan parçalar

1 Numaralı Kısım	Vana Gövdesi
2 Numaralı Kısım	Giriş Hattı
3 Numaralı Kısım	Çıkış Hattı
4 Numaralı Kısım	Selenoid/Bobin
5 Numaralı Kısım	Sargı Bobin
6 Numaralı Kısım	Kablo Girişi
7 Numaralı Kısım	Piston
8 Numaralı Kısım	Yay
9 Numaralı Kısım	Orifis

Yapılan çalışmada kullanılan selenoid vana 2/2 yollu normalde kapalı kontak, çekirdek tip, direk çekmeli 3mm 12V DC selenoid vanadır.

3.6. Yöntem

Bu çalışmanın öncelikli amacı, yetiştirilecek olan tarım ürünlerinin su ihtiyacının gerektiği anda gerektiği kadar karşılanmasını sağlamaktır.

Bu çalışmada; Arduino Uno, bitki nem sensörü, selenoid su vanası, ESP8266 modülü kullanılmıştır.

Bu kapsamda ilk olarak gerekli malzemelerin temin edilmesinin ardından bitki nem sensörü ile deneysel çalışmalar yapılmıştır ve nem değerlerine göre sensörden gelen gerilim değerleri ölçülmüştür. Daha sonra; bu değerlere göre Arduino Uno işlemcisinin programlanması yapılmıştır. Yazılım işlemimi tamamlandıktan sonra selenoid su vanasının güç devresi tamamlanıp sisteme eklenmiştir. Bu çalışmada kablo kısıtlamasını engellemek amacıyla, ESP8266 kablosuz haberleşme ağı sisteme eklenmiştir.

Uzaktan kontrol için yapılan çalışmada sistem iki ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler şunlardır:

1) Bu kısım yapılan çalışmada sulama sistemini kontrol etmek için ESP8266 modülü yardımı ile kontrol sağlanmaktadır.

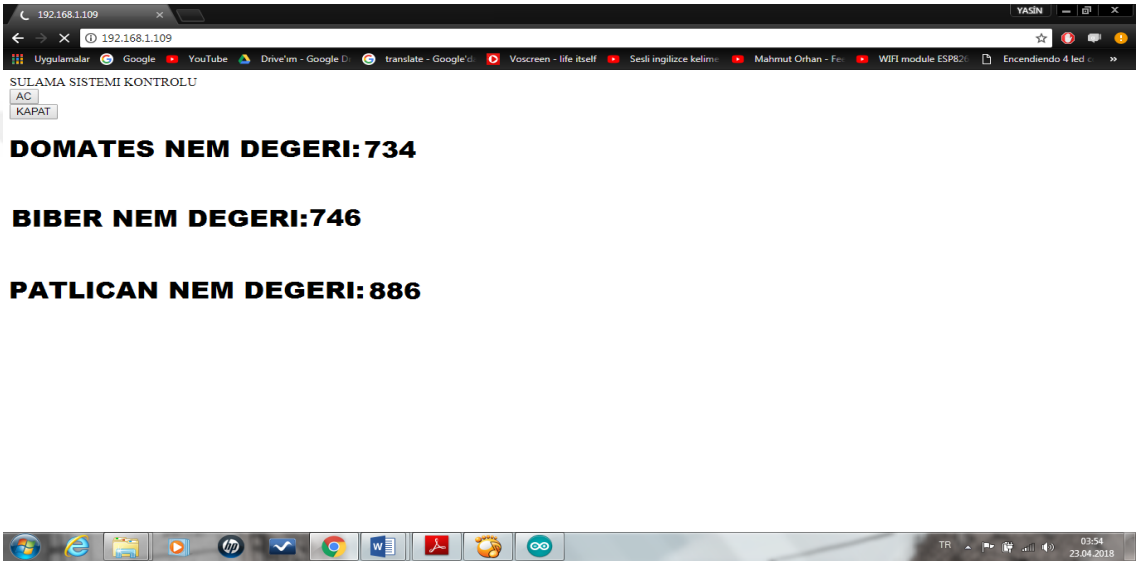
2) Bu kısımda yapılan çalışmada, bitki nem sensörü ile Arduino Uno mikro denetleyicisinin bulunduğu kontrol devresinden, haberleşme için bir modemden oluşmaktadır.

Bu çalışma bir bütün olarak düşünüldüğünde sistem şu şekilde çalışmaktadır; bahçedeki bitkinin nem değeri bitki nem sensörü tarafından alınır. Sensörlerden gelen değerler Arduino Uno kontrol kartında işlenir ve bu değerler sulama yapılacak olan bitkinin nem değeri ile karşılaştırılır. Kontrol kartında karşılaştırılan sensör verilerine göre bitki nem değeri belirlenen bitki nem değerinden düşük ise su vanası otomatik olarak açılır. Bitkinin mevcut nem değeri ile bitkinin olması gereken nem değeri dengelendiğinde ise su vanası otomatik olarak kapanır. Aynı zamanda bitki nem değeri belirli aralıklarla ESP8266 modülü aracılığı ile IP adresi üzerinde bulunan kullanıcı ara yüzüne gönderilir. Ara yüzde gördüğümüz bu değerlere göre sistem IP adresi üzerinden istenildiği zaman kontrol edilebilmektedir. Şek. 3.15'de sistemin çalışma prensibi gösterilmiştir.

Şekil 3.15. Yapılan sistem mimarisi

Bitki nem değerine göre Arduino Uno programlaması yapılmıştır. Aynı zamanda uzaktan kontrol sağlamak amacıyla ESP8266 modülü kullanılmıştır ve uzaktan kontrolün sağlanması için gerekli olan kod yazılmıştır. Uzaktan kontrol sayesinde kullanıcı bitkilerin nem değerlerini görebilmektedir ve aynı zamanda sistemi bulunduğu her yerden açıp kapatabilmektedir.

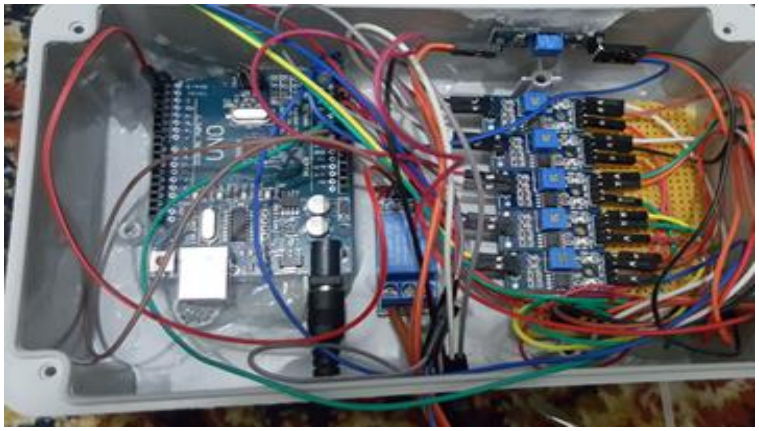
Şek. 3.16.'da sistemin uzaktan kontrolünün sağlandığı ve bitkilerin nem değerlerinin görülebildiği program arayüzü görülmektedir.



Şekil 3.16. Sulama sistemini uzaktan kontrolünün sağlandığı ara yüz

3.6.1. Sistem panosunun hazırlanması

Yapılan çalışmada sistem için gerekli kod yazılımları tamamlandıktan sonra sistem için gerekli olan Şek. 3.17.'de gösterilen pano hazırlanmıştır.



Şekil 3.17. Sistem panosu

3.6.2. Bitkilerin dikilmesi ve gerekli çalışma ortamının oluşturulması

Yapılan çalışmada sistem panosu hazırlandıktan sonra domates, biber ve patlıcan fidelerinin dikilmesi için Şek. 3.18.'de gösterilen alan hazırlanmıştır.

Şekil 3.18. Çalışmanın yapıldığı alan

Çalışma alanı hazırlandıktan sonra domates, biber ve patlıcan bitkileri bu alana dikilmiştir. Dikilen bu domates, biber ve patlıcan fideleri iki sıraya eşit şekilde dikilmiştir. İki sıra olmasının nedeni birinci sırada normal şekilde sulama gerçekleştirilmesi planlanmıştır. İkinci sırada ise tasarlanan sistem ile sulama yapılması planlanmıştır. Şek. 3.19.'de fidelerin bu alana yerleştirilmesi gösterilmektedir.

Şekil 3.19. Domates, biber, patlıcan fidelerinin çalışma alanına yerleştirilmesi

Bitkinin gövdesine yerleştirilecek olan bitki nem sensörünün bitkiye zarar vermemesi için dikilmiş olan domates, biber, patlıcan fidelerinin biraz gelişmesi beklenmiştir. Günlük düzenli olarak çalışma alanına gidilerek bitkilerin gelişmesi için gerekli olan su bitkilere verilmiştir.

Yapılan çalışma da sulama suyu karşılaştırmasını yapabilmek için iki adet 300 litrelik su tankı kullanılmıştır. Su tanklarının birincisi normal şekilde sulama yapmak amaçlı ikincisi ise tasarlanan sistemle bitki su ihtiyacına göre otomatik sulama yapmak için kullanılmıştır. Şek. 3.20'de 300 litrelik sulama tankları gösterilmektedir.

Şekil 3.20. Yapılan çalışmada kullanılan su tankları

3.6.3. Çalışma alanına tasarlanan sistemin kurulması

Çalışma alanı hazırlandıktan sonra dikilmiş olan domates, biber, patlıcan fideleri sensör takılacak seviyeye ulaştığında hazırlanmış olan sistem çalışma alanına kurulmaya başlanmıştır.

Yapılan çalışmada, bitkiler bitki nem sensör yerleştirilecek kadar geliştikten sonra, bitkilere bu sensörler hava almayacak şekilde macun yardımı ile Şek. 3.21.'de gösterildiği gibi bitki gövdesine yerleştirilmiştir.

Şekil 3.21. Bitki nem sensörünün bitki gövdesine yerleştirilmesi

Bitki nem sensörleri dikilmiş olan domates, biber ve patlıcan bitkilerine yerleştirildikten sonra hazırlanmış olan sistem çalışma alanına yerleştirilmiştir. Çalışma alanına yerleştirilen sistem Şek. 3.22.'de gösterilmektedir.

Şekil 3.22. Sistemin çalışma alanına yerleştirilmesi

Sistem çalışma alanına yerleştirildikten sonra bitki gövdelerine yerleştirilmiş olan bitki nem sensörleri ile bağlantısı Şek. 3.23.'de gösterilmektedir.

Şekil 3.23. Sensörlerin sistem ile bağlantısı

Yapılan çalışmada tasarlanan sistem sayesinde otomatik olarak sulamanın gerçekleştirilmesi için çalışma alanına gerekli olan sistem tamamen kurulmuştur. Bu sistem Şek. 3.24.'de gösterilmektedir.

Şekil 3.24. Tasarlanan sistemin çalışma alanına kurulmuş durumu

Yapılan çalışmada, tasarlanan sistemin kurulum işlemi bittikten sonra 300 litrelik su tankları doldurulmuştur. Birinci su tankından birinci sıraya dikilmiş olan bitkiler normal bir şekilde geleneksel yöntemlere göre sulanmaktadır. İkinci su tankından ise ikinci sıraya dikilmiş olan bitkiler tasarlanan sistem ile sulanmaktadır. Tasarlanan bu sistem sayesinde bitki su ihtiyacı bitki nem sensörü yardımı ile belirlenmektedir ve bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu sistem otomatik bir şekilde bitkiye vermektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan çalışmada, sensör yardımı ile sulanan bitkiler ile normal sulama yapılan bitkilerin vermiş oldukları ürünler aşağıda gösterilmektedir.

Sensör yardımı ile sulanan biber bitkisi Şek. 4.1'de görülmektedir.

Şekil 4.1. Sensör yardımı ile sulanan biber bitkisini ürünleri

Normal sulama ile sulanan biber bitkisi Şek. 4.2.'de görülmektedir.

Şekil 4.2. Normal sulama ile sulanan biber bitkisini ürünleri

Sensör yardımı ile sulanan domates bitkisi Şek. 4.3.'de görülmektedir.

Şekil 4.3. Sensör yardımı ile sulanan domates bitkisinin ürünleri

Normal sulama ile sulanan domates bitkisi Şek. 4.4.'de görülmektedir.

Şekil 4.4. Normal sulama ile sulanan domates bitkisi ürünleri

Sensör yardımı ile sulanan patlıcan bitkisi Şek. 4.5.’de görülmektedir.

Şekil 4.5. Sensör yardımı ile sulanan patlıcan bitkisinin ürünleri

Normal sulama ile sulanan patlıcan bitkisi Şek. 4.6.’da görülmektedir.

Şekil 4.6. Normal sulama ile sulanan patlican bitkisi ürünleri

Yapılan çalışmada, bitki nem sensörü yardımı ve normal sulama ile sulanan biber, domates ve patlıcan bitkilerinin sulanmasında kullanılan su miktarı ve elektrolit sızıntısı karşılaştırılmıştır.

4.1. Kullanılan Su Miktarının Karşılaştırılması

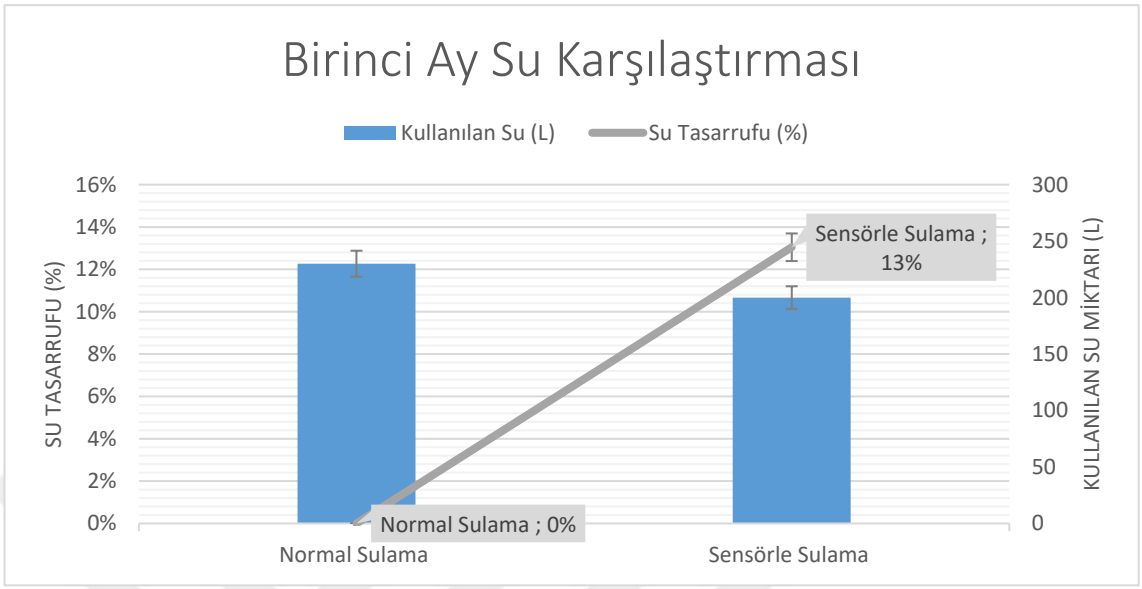
Yapılan çalışmada, bitki nem sensörü ve normal sulama ile sulanan biber, domates, patlıcan bitkilerinin yetiştirilmesinde kullanılan su miktarları karşılaştırılmıştır.

Çalışmada iki adet 300l'lik su tankı kullanılmıştır. Kullanılan su tanklarından biri normal sulama yapılması amacı ile diğeri ise tasarlanmış olan sistem ile sulama yapılması için kullanılmıştır.

Şek. 4.7.'de görülen su tanklarından kullanılan su miktarı aylık olarak karşılaştırılmıştır. Üç aylık ölçüm yapılmıştır ve bu ölçümlerin sonucu aylık olarak karşılaştırılarak elde edilen su tasarrufu hesaplanmıştır.

Şekil 4.7. Harcanan su miktarını karşılaştırmak için kullanılan su tankları

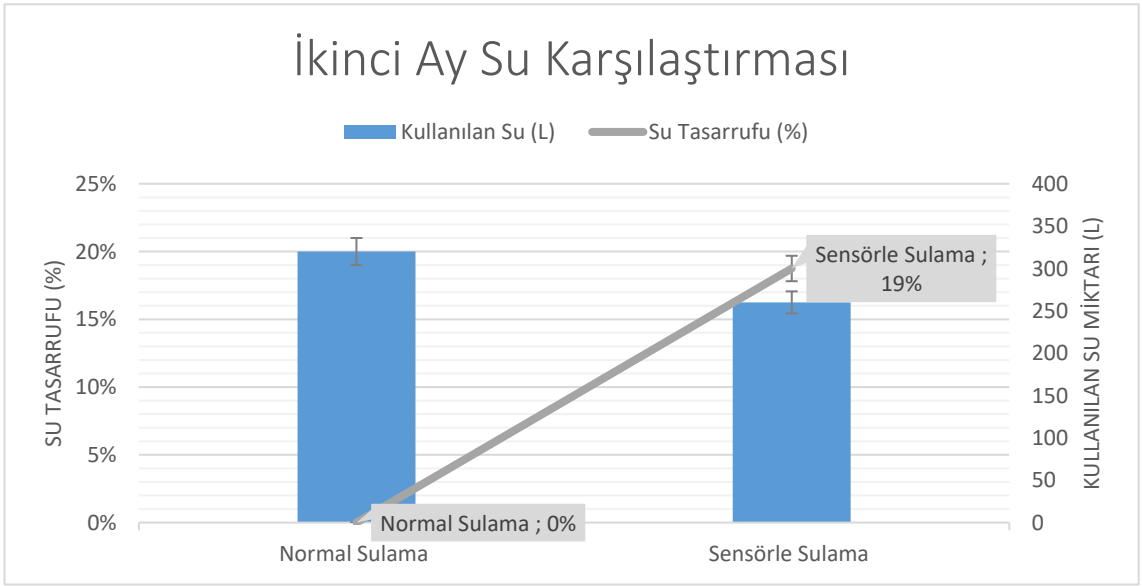
Birinci ayda elde edilen verilere göre sonuçlar Şek. 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Birinci ayda kullanılan su miktarları ve elde edilen su tasarrufu (%)

İlk ayın ölçüm sonuçlarına göre normal sulamada 230 litre sensörlü sulamada 200 litre su kullanılmıştır. Tasarlanan sistem sayesinde %13'lük su tasarrufu sağlanmıştır.

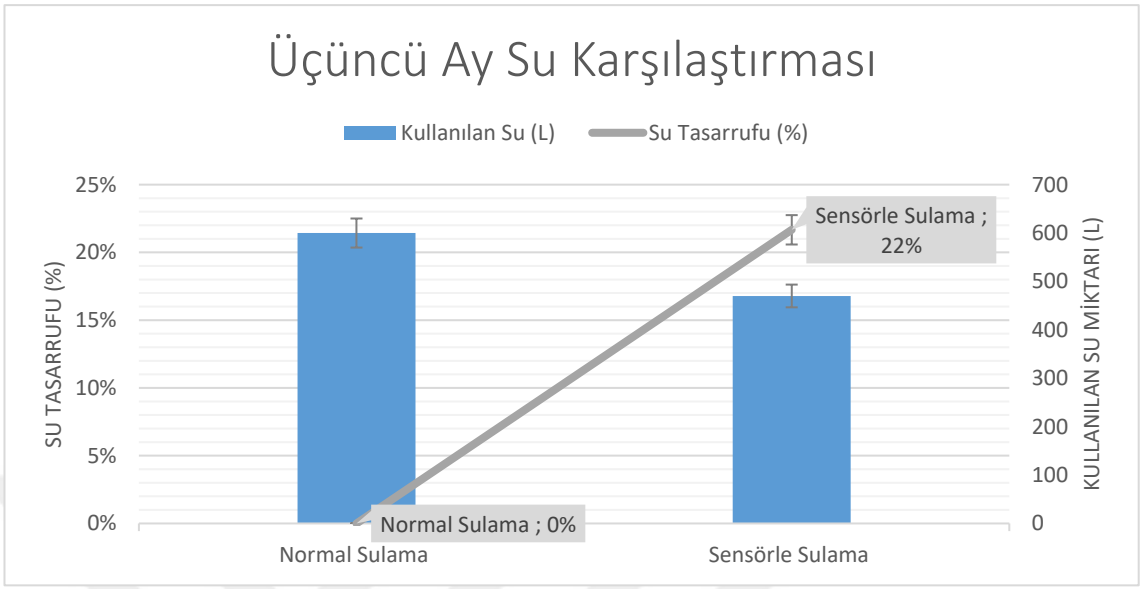
İkinci ayda elde edilen verilere sonuçlar Şek. 4.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. İkinci ayda kullanılan su miktarları ve elde edilen su tasarrufu (%)

İkinci ayın ölçüm sonuçlarına göre normal sulamada 320 litre sensörlü sulamada 260 litre su kullanılmıştır. Tasarlanan sistem sayesinde %19'lük su tasarrufu sağlanmıştır.

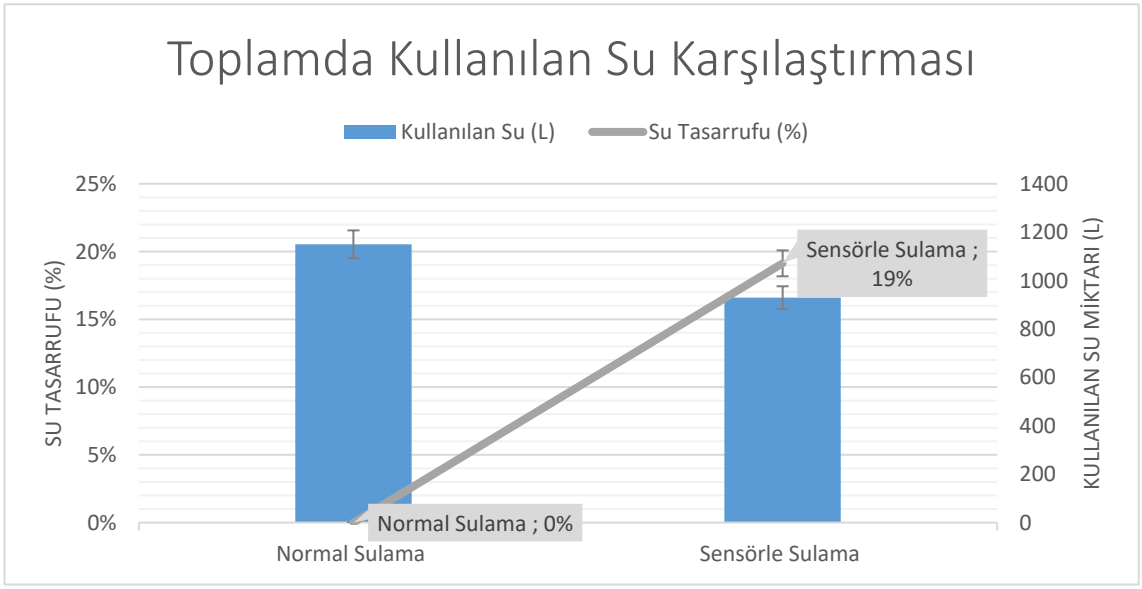
Üçüncü ayda elde edilen verilere göre sonuçlar Şek. 4.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Üçüncü ayda kullanılan su miktarları ve elde edilen su tasarrufu (%)

Üçüncü ayın ölçüm sonuçlarına göre normal sulamada 600 litre sensörlü sulamada 470 litre su kullanılmıştır. Tasarlanan sistem sayesinde %22'lık su tasarrufu sağlanmıştır.

Toplamda elde edilen verilere göre sonuçlar Şek. 4.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Toplamda kullanılan su miktarları ve elde edilen su tasarrufu (%)

Yapılan çalışma ile üç ay sonunda, normal sulamada 1150 litre, sensörlü sulamada ise 920 litre su kullanılmıştır. Tasarlanan sistem sayesinde %16'lük su tasarrufu sağlanmıştır.

4.2. Elektrolit Sızıntısı

Fizyolojik sürecin normal seyrinde devam ettirilmesinde bitki dokularının membran sistemi sınırlarındaki bütün hücreler önemli rol oynamaktadır. Birçok protein ve enzim membranlarda yerleşik durumdadır. Bu nedene bağlı olarak, membranlardaki değişim normal fizyolojik değişime ve kayıplara neden olmaktadır. Membran zararlanmasından dolayı hücrelerde meydana gelen sitoplazma kayıpları elektrolit sızıntısı olarak tanımlanır (Fan vd. , 2003). Çevre stresinden dolayı membran geçirgenliği değişmektedir. Membran geçirgenliğinin değişimini tanımlamak için elektrolit sızıntısı kullanılmaktadır (Whitlow vd. , 1991).

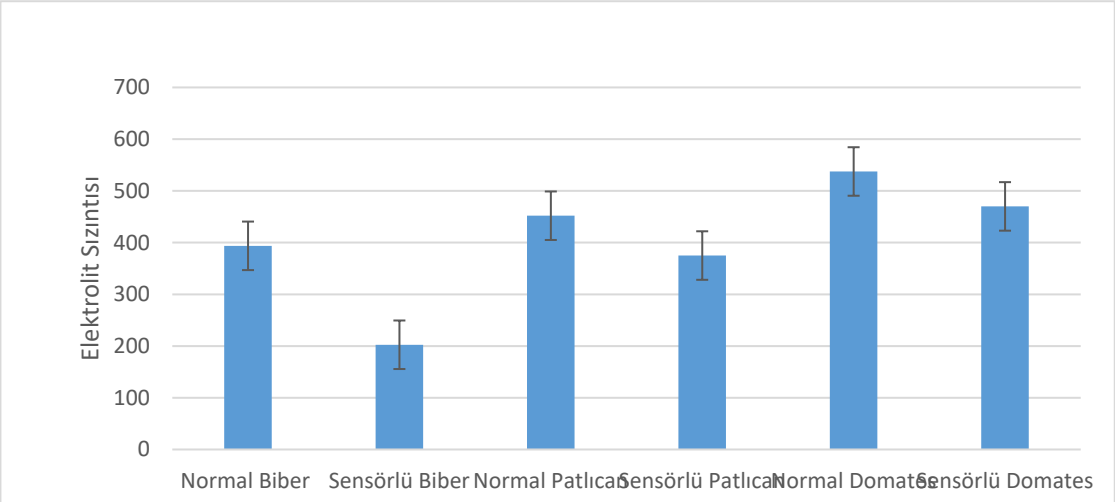
Yapılan çalışmada, elektrolit sızıntı değerin belirlenmesi için Şek.4.12.'de ADWA AD3000 masa tipi EC metre kullanılmıştır.

Şekil 4.12. EC metre

Normal sulanan ve sensörlü sulanan biber, patlıcan, domates bitkilerinin elektrolit sızıntı değerini belirlemek amacıyla, aylık olarak ölçümler yapılmıştır. Her bir biber, patlıcan ve domates bitkisinden olgunlaşmış yaprak örnekleri alınmıştır. İstenmeyen zararlı maddeleri gidermek için alınan yaprak örnekleri sterilize edilmiştir. Sterilize edilmiş olan yaprak örneklerinden 1 cm'lik parçalar kesilerek alınmıştır. Yaprak örnekleri, üzerinde bulunan zararlı maddelerin giderilmesi amacıyla saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra falkon

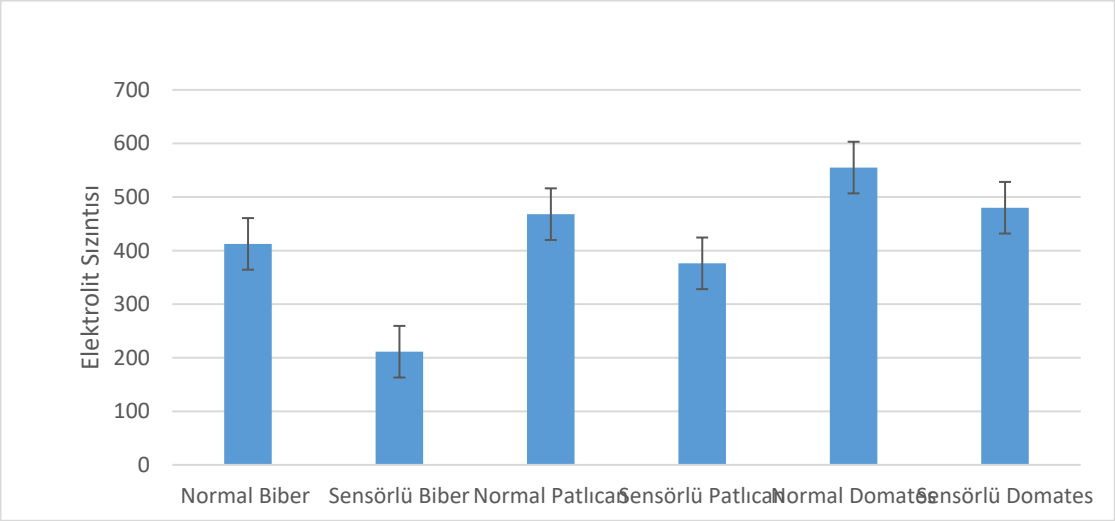
tüpe konularak oda sıcaklığında 20 ml saf su eklenerek bir gün boyunca çalkalayıcıda bekletilmiştir. Bu işlem sonunda EC metre ile bitkilerin elektrolit sızıntı değeri ölçülmüştür.

Yapılan çalışmada, bitki nem sensörü ve normal sulama ile sulanan biber, patlıcan, domates bitkilerinin birinci ay elektrolit sızıntısı ölçümü Şek. 4.13.'de gösterilen grafik yardımı ile karşılaştırılmıştır.



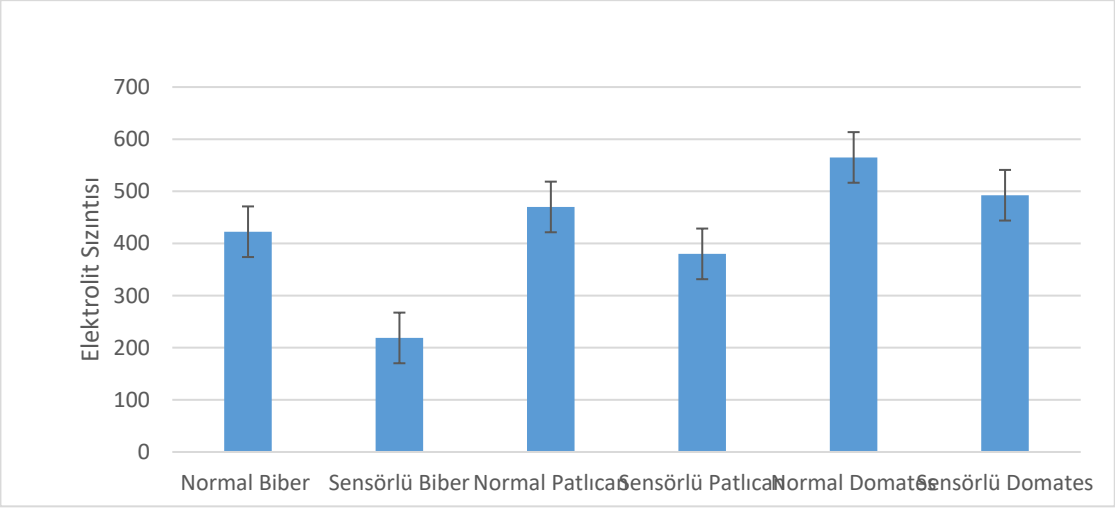
Şekil 4.13. Normal sulanan ve bitki nem sensörü ile sulanan bitkilerin ilk aya ait elektrolit sızıntı grafiği

Yapılan çalışmada, bitki nem sensörü ve normal sulama ile sulanan biber, patlıcan, domates bitkilerinin ikinci ay elektrolit sızıntısı ölçümü Şek. 4.14.'de gösterilen grafik yardımı ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.14. Normal sulanan ve bitki nem sensörü ile sulanan bitkilerin ikinci aya ait elektrolit sızıntı grafiği

Yapılan çalışmada, bitki nem sensörü ve normal sulama ile sulanan biber, patlıcan, domates bitkilerinin üçüncü ay elektrolit sızıntısı ölçümü Şek. 4.15.'de gösterilen grafik yardımı ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.15. Normal sulanan ve bitki nem sensörü ile sulanan bitkilerin üçüncü aya ait elektrolit sızıntı grafiği

Üç aylık ölçümler sonucu grafiklerden de görüleceği üzere elektrolit sızıntı seviyesi normal sulamaya göre sensörlü sulamada daha düşük değerler göstermiştir.

4.3. Elde Edilen Ürünlerin Adet ve Ağırlık Veriminin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, bitki nem sensörü ve normal sulama ile sulanan biber, domates, patlıcan bitkilerinden elde edilen ürünler iki hasat dönemi boyunca karşılaştırılmıştır.

İlk hasat dönemindeki domates ürünleri Şek.4.16.'da gösterilmektedir.

Şekil 4.16. Yapılan çalışmada toplanan domates ürünleri

İlk hasat dönemindeki biber ürünleri Şek.4.17.'de gösterilmektedir.

Şekil 4.17. Yapılan çalışmada toplanan biber ürünleri

İlk hasat dönemindeki patlıcan ürünleri Şek.4.18.'de gösterilmektedir.

Şekil 4.18. Yapılan çalışmada toplanan patlıcan ürünleri

İkinci hasat dönemindeki domates, biber ve patlıcan ürünleri Şek.4.19.'da gösterilmektedir.

Şekil 4.19. Yapılan çalışmada toplanan ikinci hasat dönemi mahsulleri

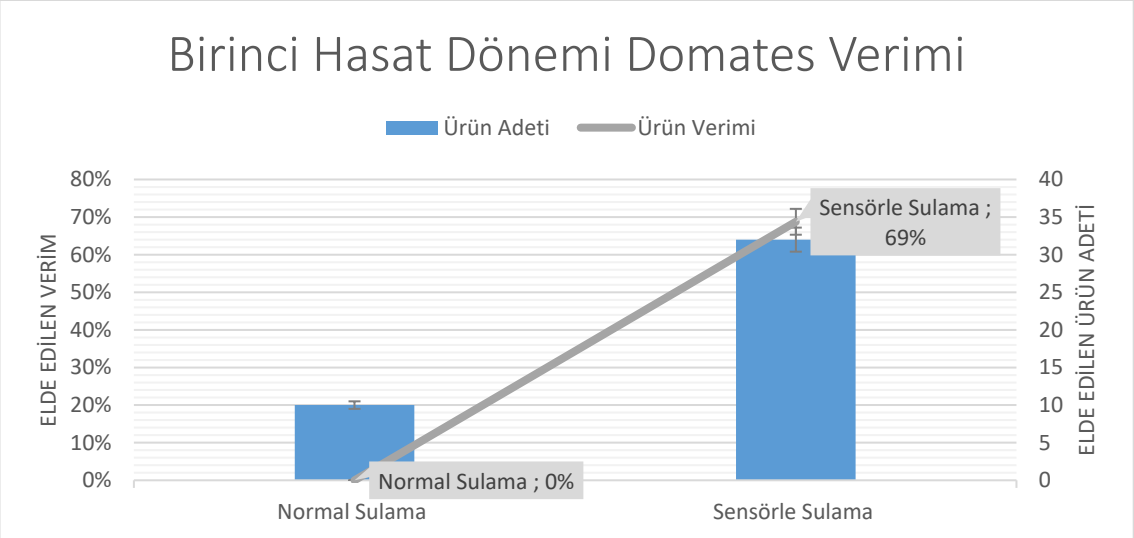
4.3.1. Elde edilen ürünlerin adeti ve verimi

Yapılan çalışmada ürünlerin birinci hasat döneminde ve ikinci hasat dönemindeki adeti Tab. 4.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Hasat edilen ürünlerin adet olarak karşılaştırılması

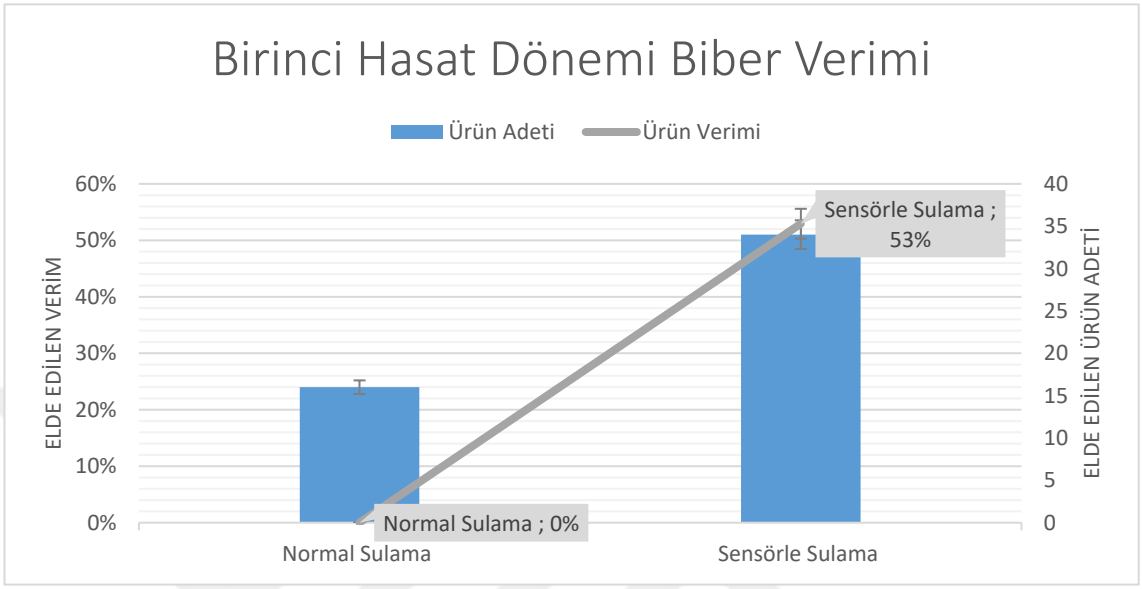
Bitkiler	Normal Sulanan Domates	Sensörlü Sulanan Domates	Normal Sulanan Biber	Sensörlü Sulanan Biber	Normal Sulanan Patlıcan	Sensörlü Sulanan Patlıcan
Birinci hasat	10	32	16	34	7	8
İkinci hasat	42	60	37	64	32	36

Şek. 4.20.'de birinci hasat döneminde toplanan domates ürün adeti verimi gösterilmektedir.



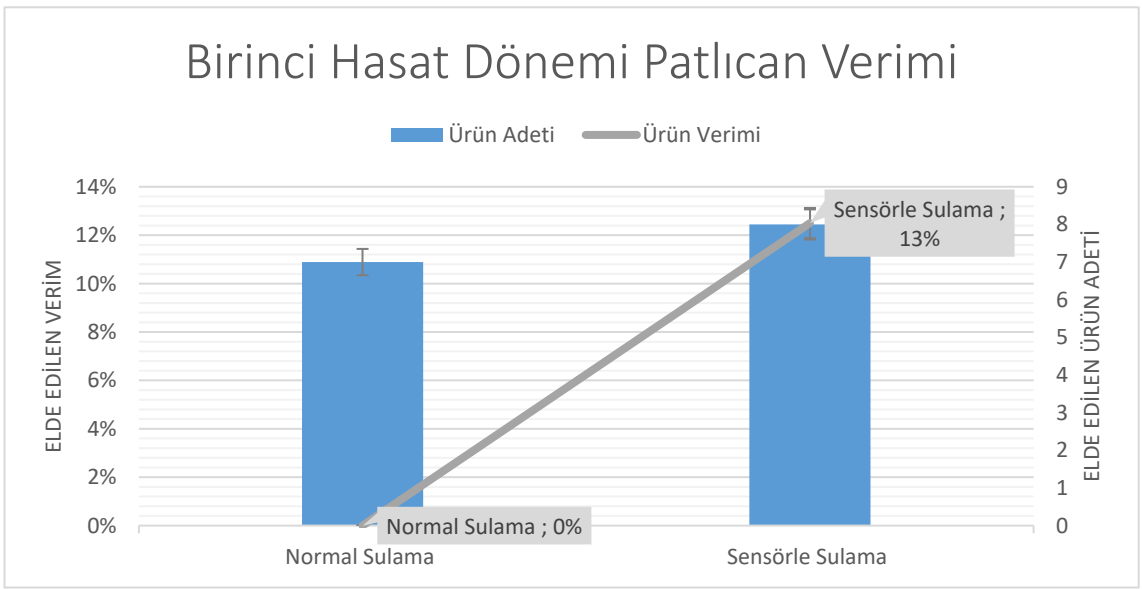
Şekil 4.20. Birinci hasat dönemi domates ürün adeti verimi

Şek. 4.21.'de birinci hasat döneminde toplanan biber ürün adeti verimi gösterilmektedir.



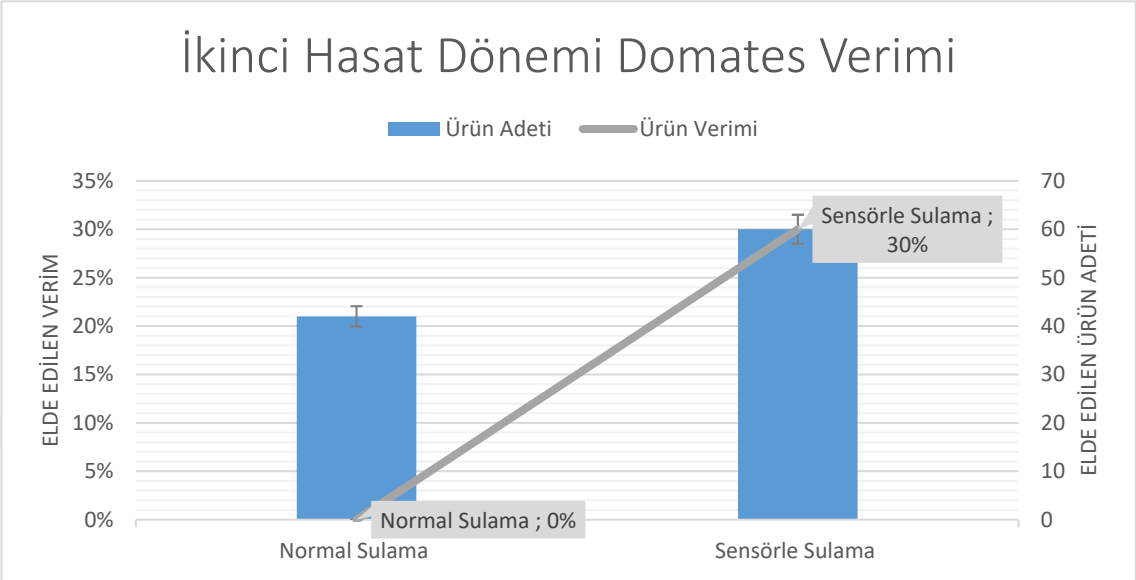
Şekil 4.21. Birinci hasat dönemi biber ürün adeti verimi

Şek. 4.22.'de birinci hasat döneminde toplanan patlıcan ürün adeti verimi gösterilmektedir.



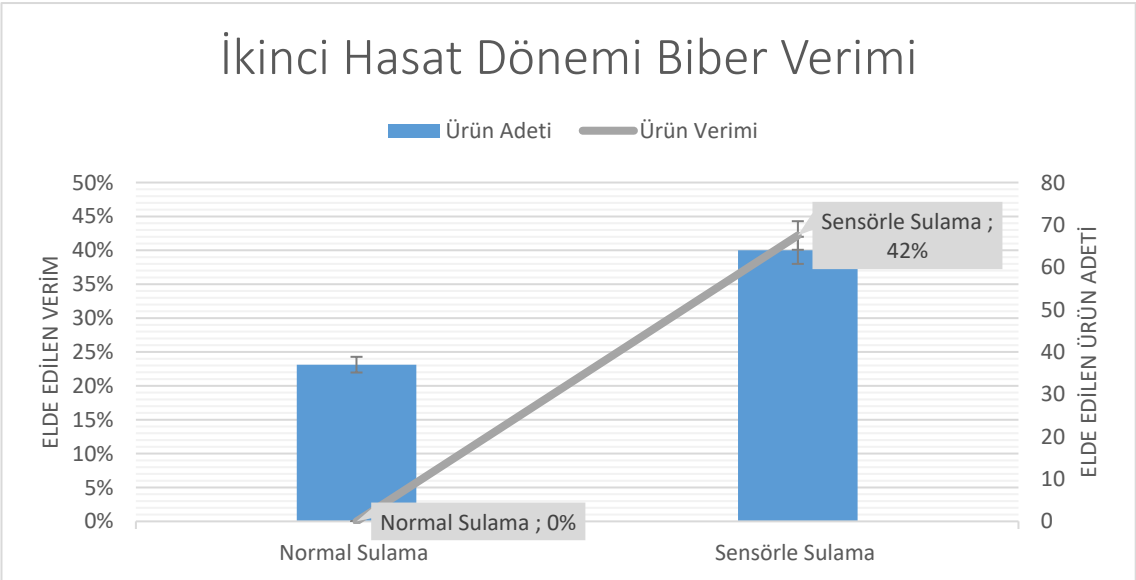
Şekil 4.22. Birinci hasat dönemi patlıcan ürün adeti verimi

Şek. 4.23.'de ikinci hasat döneminde toplanan domates ürün adeti verimi gösterilmektedir.



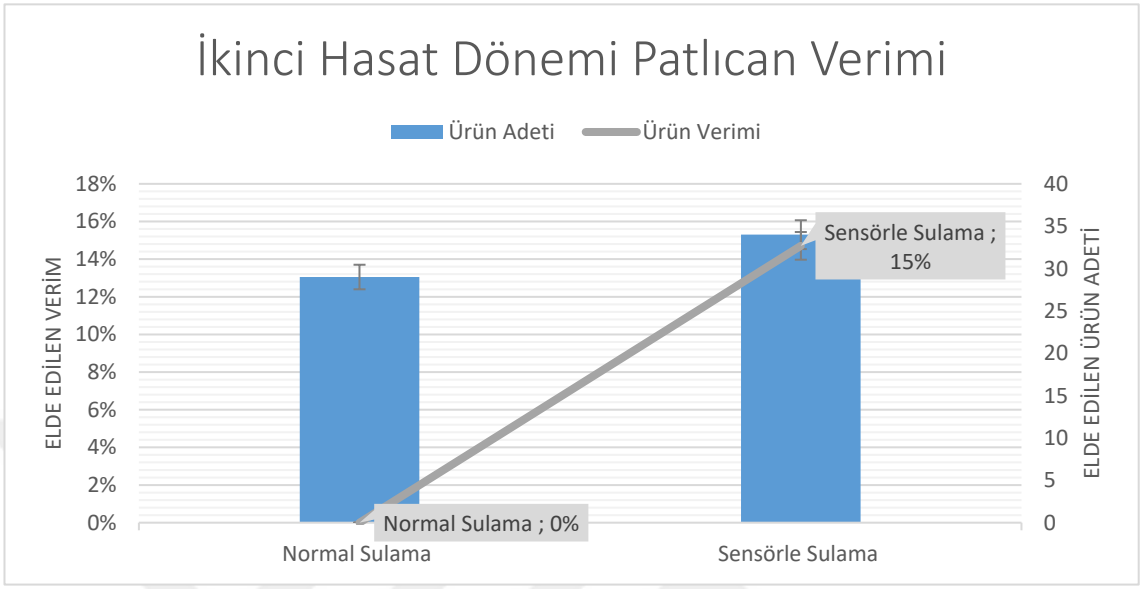
Şekil 4.23. İkinci hasat dönemi domates ürün adeti verimi

Şek. 4.24.'de ikinci hasat döneminde toplanan biber ürün adeti verimi gösterilmektedir.



Şekil 4.24. İkinci hasat dönemi biber ürün adeti verimi

Şek. 4.25.'de ikinci hasat döneminde toplanan patlıcan ürün adeti verimi gösterilmektedir.



Şekil 4.25. İkinci hasat dönemi patlıcan ürün adeti verimi

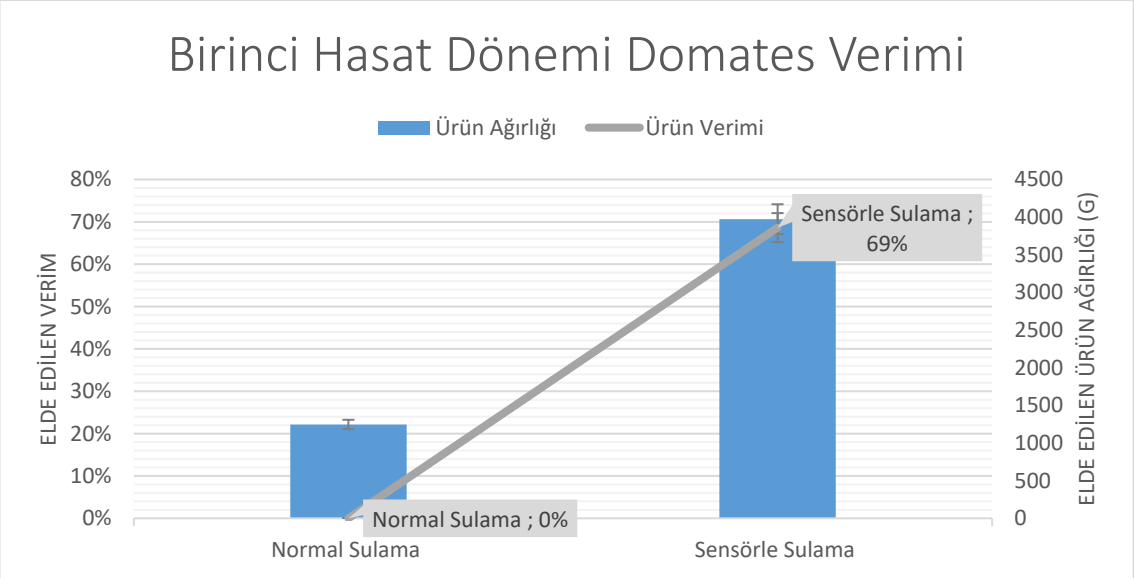
4.3.2. Elde edilen ürünlerin ağırlık bakımından karşılaştırılması ve verimi

Yapılan çalışmada ürünlerin birinci hasat döneminde ve ikinci hasat dönemindeki ağırlıkları Tab. 4.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 4.2. Hasat edilen ürünlerin ağırlık bakımından karşılaştırılması

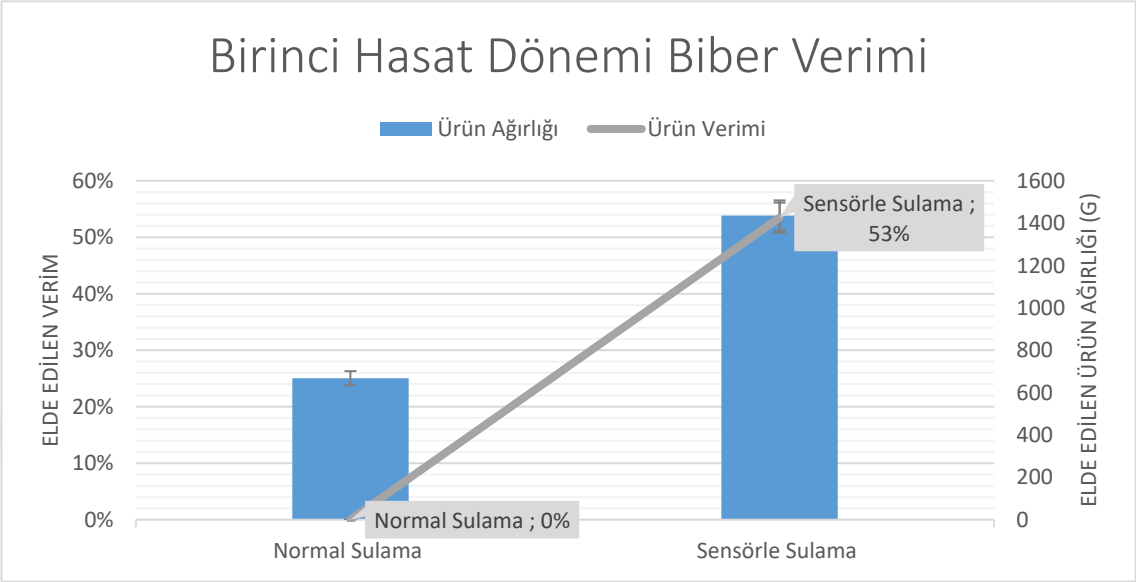
Bitkiler	Normal Sulanan Domates	Sensörlü Sulanan Domates	Normal Sulanan Biber	Sensörlü Sulanan Biber	Normal Sulanan Patlıcan	Sensörlü Sulanan Patlıcan
Birinci hasat	1246g	3972g	668g	1436g	1143g	1382g
İkinci hasat	5209g	7342g	1554g	2673g	5230g	5936g

Şek. 4.26.'da birinci hasat döneminde toplanan domates ürün ağırlığı verimi gösterilmektedir.



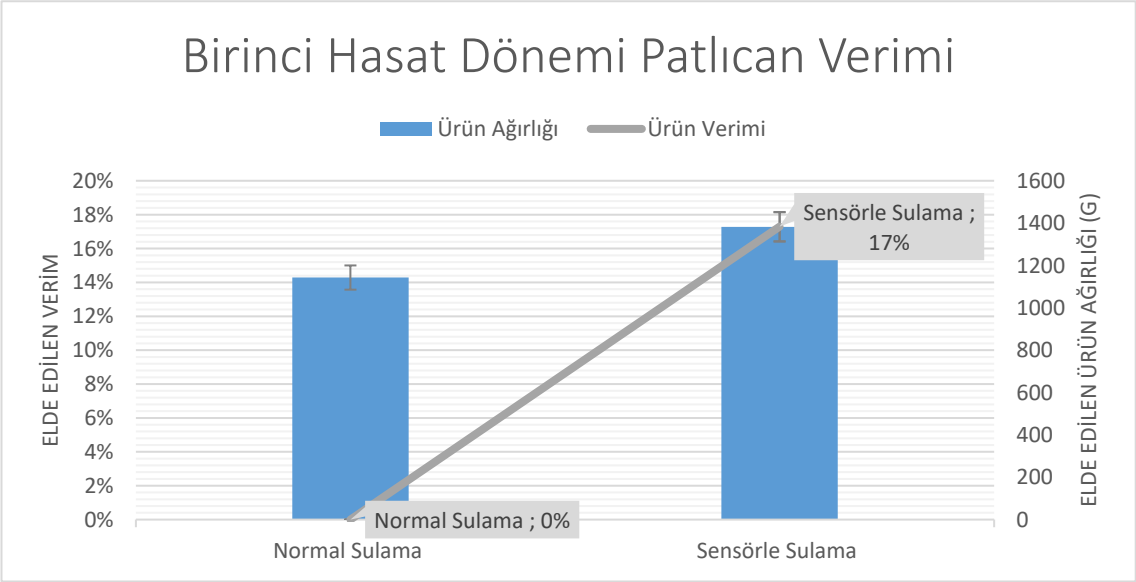
Şekil 4.26. Birinci hasat dönemi domates ağırlığı verimi

Şek. 4.27.'de birinci hasat döneminde toplanan biber ürün ağırlığı verimi gösterilmektedir.



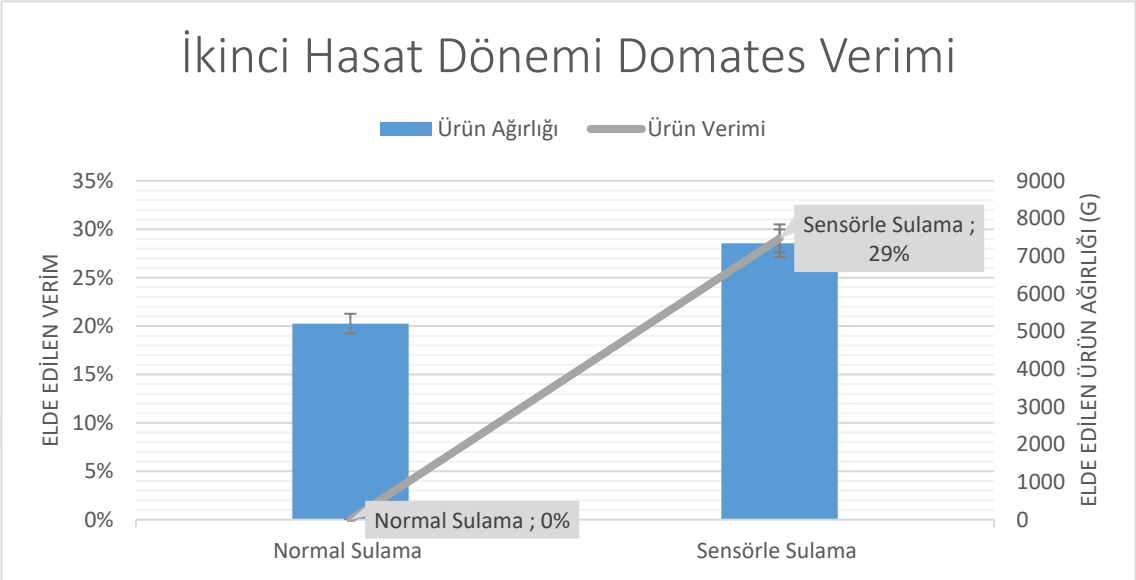
Şekil 4.27. Birinci hasat dönemi biber ağırlığı verimi

Şek. 4.28.'de birinci hasat döneminde toplanan patlıcan ürün ağırlığı verimi gösterilmektedir.



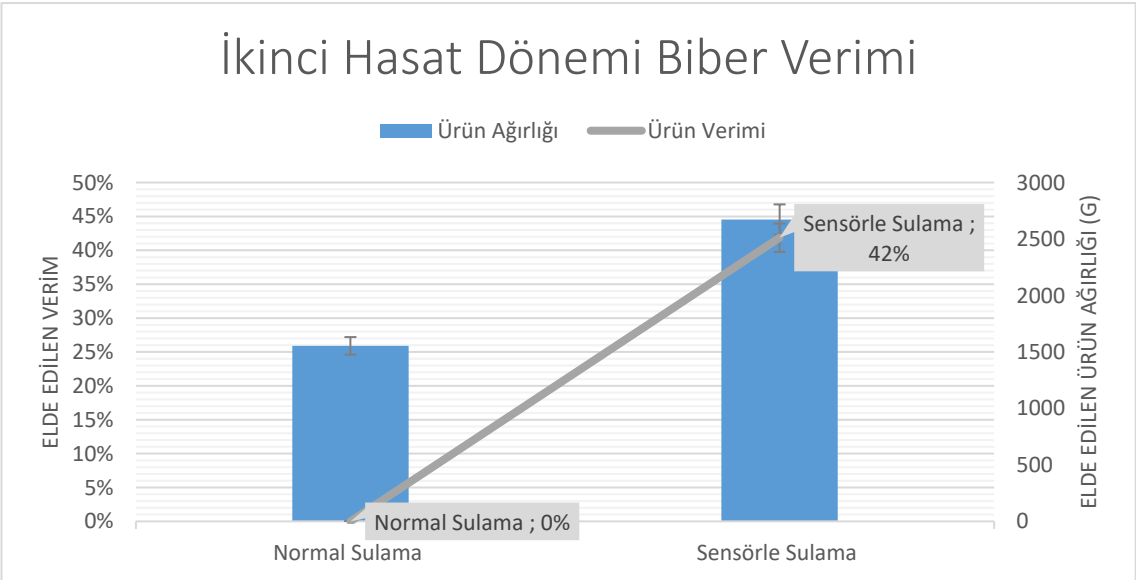
Şekil 4.28. Birinci hasat dönemi patlıcan ağırlığı verimi

Şek. 4.29.'da ikinci hasat döneminde toplanan domates ürün ağırlığı verimi gösterilmektedir.



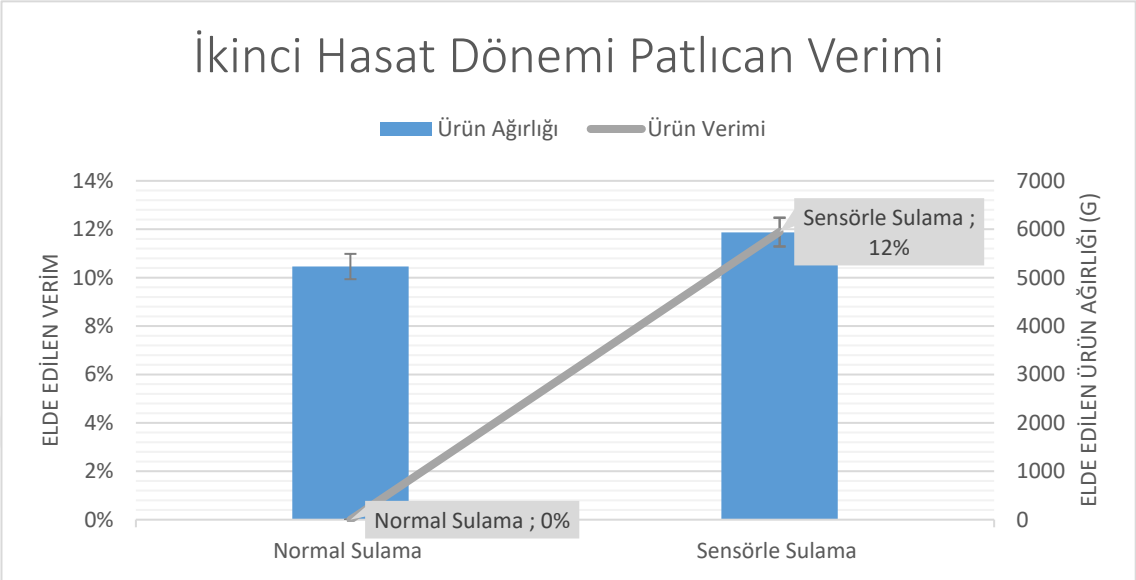
Şekil 4.29. İkinci hasat dönemi domates ağırlığı verimi

Şek. 4.30.'da ikinci hasat döneminde toplanan biber ürün ağırlığı verimi gösterilmektedir.



Şekil 4.30. İkinci hasat dönemi biber ağırlığı verimi

Şek. 4.31.'de ikinci hasat döneminde toplanan patlıcan ürün ağırlığı verimi gösterilmektedir.



Şekil 4.31. İkinci hasat dönemi patlıcan ağırlığı verimi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan çalışmada bitki nem sensörü kullanılarak bitkilerin su ihtiyacı belirlenmiştir ve sulama bitkinin ihtiyacı olan su miktarına bağlı olarak yapılmıştır. Aynı zamanda tasarlanan sistem uzaktan kontrol edilebilmektedir.

Bu kapsamda;

- İşletme ve bakım giderleri azaltılmıştır(Personel giderleri, enerji giderleri, bakım ve onarım giderleri).
- Daha adil su dağıtımı sağlanmıştır.
- Yerinden yönetim sağlanmıştır.

Sulama, tarımsal üretimin en önemli unsurlarından birisidir. Bu bağlamda suyun kullanımı ve su tasarrufu sağlamak günümüz şartlarında önemli hale gelmiştir. Buna bağlı olarak yapılmış olan çalışmada bitki nem sensörü yardımı ile bitki nem değeri belirlenmiştir, bitkinin ihtiyacı olan su bitkiye verilmiştir ve su tasarrufu sağlanmıştır.

Yapılan çalışmada, söz konusu bitki nem değeri, bitki nem sensörü yardımı ile belirlenmiştir ve bu konu ile ilgili bundan sonra yapılacak olan çalışmalara yön vermesi bakımından oldukça önemli bir çalışma olma niteliğindedir.

- Bitki nem sensörü ile bitki nem değerinin incelenmesi yönünden ilk çalışma olma niteliğindedir.
- Yapılan çalışmada, bitki su ihtiyacına göre uzaktan kontrollü sulama sistemi ile sulamada verimlilik belirlenmiştir.
- Konu ile ilgili yapılacak çalışmalara veri kaynağı olmasının yanında yeni projelere ve çalışmalara yol açacaktır.
- Bitki nem sensörünün ve uzaktan kontrollü sulama sisteminin tarım üzerindeki etkileri belirlenmiştir.
- Yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkan veriler, tarımla ilgili kurum ve kuruluşlar için veri kaynağı olacaktır.

Tükenmekte olan su kaynakları dünyada ve ülkemizde artan nüfus ile birlikte, tarımsal alanlarda çok tartışılan konulardan biri olmuştur. Suyun insan ve tarım alnındaki öneminden dolayı, yapılmış olan bu çalışma sayesinde suyun optimum bir şekilde kullanılması sağlanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan bitki nem sensörü sayesinde bitkinin ihtiyacı kadar sulama yapılmıştır ve aynı zamanda damla sulama sistemi kullanılarak sadece bitki kök bölgesi sulanmıştır. Bu sayede su israfından kaçınılması sağlanmıştır. Yapılmış olan çalışmada bitki nem değeri azaldıkça sistem sulama işlemini otomatik bir şekilde yapmaktadır ve bitki için belirlenen nem değerine ulaşıldığında sistem yine otomatik olarak sulama işlemini durdurmaktadır. Ayrıca yapılmış olan sistem IP adresi vasıtası ile istenilen yerde ve zamanda kontrolü sağlanmaktadır. Yapılan çalışmada, ESP8266 modülü kullanılmıştır ve bu sayede haberleşmede hedeflendiği gibi kablosuz iletişim sağlanmıştır.

Yapılmış olan bu çalışmada tasarlanan sistem geliştirilmeye açıktır. Tasarlanan sistemin geliştirilmesi açısından sistem IP adresi ile kontrol edilebildiği gibi Bluetooth, SMS gibi uzaktan haberleşme sağlayan modüllerle de kontrol edilebilir. Sulama sisteminin kontrol birimi üzerine ortam nem değerini ölçebilen nem sensörü, sıcaklık sensörü vb. çevresel elemanların eklenmesi ile geliştirilebilir.

Bu çalışmada tasarlanan sistem için geliştirmiş olduğumuz bitki nem sensörü kullanılmıştır. Bitki nem değerini ölçebilmek için deneysel çalışmalar ile bitki nem değerini ölçen bitki nem sensörü elde edilmiştir.

Tasarlanan sistemin tarım alanlarında kullanılmamasıyla elde edilebilecek faydalar aşağındaki gibi sıralanabilir;

- Ülkemizde bulunan su kaynaklarının optimum bir şekilde kullanılması sağlanacaktır.
- Yağışlı havalarda gereksiz sulama yapılması önlenecektir.
- Sulama sistemini uzaktan kontrol edilebildiği için iş gücü maliyeti düşecektir.
- Sulamada aşırı miktarda kullanılan suyun önüne geçilecek ve bu sayede mevcut su kaynaklarının ömrü uzatılmış olacaktır.
- Aşırı miktarda sulamadan kaynaklanan toprak tuzluluk oranının önüne geçilmiş olacaktır ve bu sayede toprağın çoraklaşmasının önüne geçilmiş olunacaktır.

- Sulama tasarlanan sistem sayesinde otomatik bir şekilde kontrol edildiğinden dolayı hasat edilen ürünlerin kalitesi ve verimliliğinin artması sağlanacaktır.

Yapılan çalışmada, elektrolit sızıntısı değeri ölçülmüştür. Elektrolit sızıntı oranı, hücre membranlarının zarar görme durumunu gösteren hassas bir değerdir (Mckay, 1991).Normal sulama ile sensörlü sulamanın elektrolit sızıntı değeri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu elde edilen sonuçlara göre, elektrolit sızıntı oranında normal sulamaya göre sensörlü sulamada daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan çalışmada, normal sulanan ve sensörlü sulanan domates, biber ve patlıcan bitkilerinin toplanan ürünler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak sensörlü sulamada elde edilen ürünler, normal sulamaya göre, ürün veriminde ve ürün ağırlığında artış olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak yapılan çalışma ile bahçelerde meyve, sebze vb. ürünler maksimum su tasarrufu minimum iş gücü ve yüksek verimle rahatlıkla yetiştirilebilir hale gelecektir.

KAYNAKLAR

Abbas, A.H., Mohammed, M.M., Ahmed, G.M., Ahmed, E.A., Seoud, R.A.A.A. (2014) "Smart Watering System for Gardens using Wireless Sensor Networks" ***2014 International Conference on Engineering and Technology (ICET),***Fayoum, Egypt, 1-5.

Acatay S.T. (1996) "Sulama Mühendisliği", ***Dokuz Eylül Üniversitesi Vakfı Basım ve Yayın Merkezi,*** İzmir, 598.

Agrawal, N., Singhal, S. (2015) "Smart Drip Irrigation System using Raspberry pi and Arduino" ***International Conference on Computing, Communication & Automation,*** Noida, India, 928-932.

Al-Ali, A., Rehman, S., Agili, S.A., Al-Omari, M.H. (2001) "Usage of Photovoltaics in an Automated Irrigation System" , ***Pergamon Renewable Energy,*** 23, 17-26.

Al-Ali, A.R., Qasaimeh, M., AI-Mardinia, M., Radder, S., Zualkernan, IA. (2015) "ZigBee-Based Irrigation System for Home Gardens" ***Communications, Signal Processing, and their Applications (ICCSPA), 2015 International Conference on,*** American University of Sharjah, 1-5.

Alparslan, N., Tanık, A., Dölgen, D., (2008) "Türkiye'de Su Yönetiminin Durumu: Sorunlar ve Öneriler", ***Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (TÜSİAD)***, İstanbul, 215.

Angelopoulos, C.M., Nikoletseas, S., Theofanopoulos, G.C. (2011) "A Smart System for Garden Watering using Wireless Sensor Networks" , ***Proceedings of the 9th ACM international symposium on Mobility management and wireless Access,*** 167-170.

Aşıllıoğlu, F. (2005) "Peyzaj Mimarlığı Açısından Rekreatif ve Sportif Amaçlı Yeşil Alanlarda Sulamanın Önemi ve Sulama Sistemleri", Yüksek Lisans Tezi, ***Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Ankara, 150.

Caetano, F., Pitarmaa, R., Reisb, P. (2014) "Intelligent management of urban garden irrigation", ***2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI),*** Covilhã, Portugal, 1-6.

Çakır, A., Çalış, H. (2007) "Uzaktan Kontrollü Otomatik Sulama Sistemi Tasarımı ve Uygulaması", ***Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi***, 11(3), 258-261.

Demirel, K. (2005) "Peyzaj Projelerinde Kullanılan Farklı Yağmurlama Sulama Başlıklarının Performanslarının Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, ***Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Çanakkale, 138.

Dukes, D.M., Simonne, H.E., Davis E.W., Studstill, D. W. Hochmuth, R. (2003) "Effect of Sensor-Based High Frequency Irrigation on Bell Pepper Yield and Water Use", ***Proceedings 2nd International Conference on Irrigation and Drainage***, Phoenix, 665-674.

Duran, İ.U., Yavuz, C., Demir, Ö. (2012) "DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü İle Bilgisayar Destekli Ölçüm ve Kontrol Devresinin İmalatı ve Deneysel Olarak İncelenmesi", ***Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı,*** Ankara.

Fan, X., Neamira, B.A., Sokorai, K.J.B. (2003) "Use of ionizing radiation to improve sensory and microbial quality of fresh-cut green onion leaves", ***J.Food Sci,*** 68(4):1478-1483.

Fidan, U., Karasekreter, N.(2011) "GSM/SMS Tabanlı Sulama Otomasyon Kontrol Biriminin Geliştirilmesi ve Uygulaması", ***e-Journal of Nem Sciences Academy***, 6(1), 71-77.

Haroğlu, R. (2002) "Peyzaj Uygulamalarında Sulama Sistemi Seçimi Üzerinde Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, ***Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Ankara, 45.

Jin, S., Jingling, S., Qiuyan, H., Shengde, W. and Yan, Y. (2007) "A Remote Measurement and Control System for Greenhouse Based on GSM-SMS", ***2007 8th International Conference on Electronic Measurement & Instruments,*** China, 82-85.

Karvinen, T., Karvinen, K. (2011) "Arduino Bots and Gadgets", ***Published by O'Reilly Media,*** Canada, 250-300.

Kırnak, H. (2006). "Automatıc Irrigatıon Based on Soil Moisture for Nursery Crops", ***GAP V. Mühendislik Kongresi,*** Şanlıurfa, 1540-1547.

Koç, A. ve Güner, Ü. (2005) "Mevcut Sulama Projelerinin FAO Kriterleriyle Yeniden Değerlendirilmesi: Tavas Ovası Örneği", ***Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,*** 009, 93-106.

Mckay, H.M., (1991) "Electrolyte leakage: A rapid index of plant vitality", ***Forestry Commission, Research Division,*** UK, 210.

Milla, K., Kishb, S. (2006) "A Low-cost Microprocessor and Infrared Sensor System for Automating Water Infiltration Measurements", ***Computers and Electronics in Agriculture,*** 53, 122-129.

Özgüler, H., (1997),"Su, su kaynakları ve çevresel konular***", Meteoroloji Mühendisliği. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası,*** Sayı 2, 57-63.

Sakaguchi, Y., Nakamura, T., Sugisaka, Y., Tanaka, H.T. (2011) "Water-volume measurement of plants by using itplanter", ***SICE Annual Conference 2011,*** Tokyo, Japan, 2798-2800.

Salivahanan, S., Selvathi, D., Indumathi, G., Vijay Kumar, K.R. (2001) "Intelligent Control for Automatic Irrigation Using Fuzzy Logic", ***National conference on Intelligent and Efficient Electrical Systems***, Coimbatore, 9 – 13.

Sayın, S. (1993)"Ülkemizdeki Sulama Organizasyonu ve Su Yönetimi Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar", ***TZOB Çiftçi ve Köy Dünyası Dergisi,*** 100, 10-16.

Tekinel, O., Kanber, R., Çetin, M. (2000) "Su Kaynaklarının Geliştirme Ve Kullanımı" ***TMMOB Ziraat Mühendisliği Odası Türkiye Ziraat Mühendisleri V. Teknik Kongresi,*** Ankara, 17-21.

Yang, S., Lu, P., Okushima, L., Sase, S. (2004)"Precision Irrigation System Based on Detection of Crop Water Stress with Acoustic Emission Technique", ***Proceedings of the 2004 International Conference on Information Acquisition ICIA 2004,*** Hefei, China, 444- 447.

Wheat, D. (2011) "Arduino Internals", ***Distributed to the book trade world wide by Springer Science + Bussiness Media,*** New York, 342-440.

Whitlow, T.H., Basshk, N.L., Ramney, T.G., Reichert, D.L. (1991) "An Improved Method for Using Electroliyte Leakage to Assess Membrane Competence in Plant Tissues", ***Plant Physioly,*** 98, 198-205.

EKLER

Ek-1. Kontrol Devresinin Arduino Program Kodları

```
#define ag_ismi "Wifi Adı" // wifi adımız

#define ag_sifresi "Wifi Şifresi" // wifi şifremiz

int nem1;

int nem2;

int nem3;

void setup(){ // ilk başta çalışmasını istediğimiz kodlar buraya yazılır

pinMode(2, OUTPUT);

pinMode(3, OUTPUT);

pinMode(4, OUTPUT);

pinMode(5, OUTPUT);

pinMode(6, OUTPUT);

pinMode(7, OUTPUT);

Serial.begin(115200); // Seriport'u açıyoruz. Güncellediğimiz ESP modülünün baudRate değeri 115200 olduğu için bizde Seriport'u 115200 şeklinde seçiyoruz

Serial.println("AT"); // ESP modülümüz ile bağlantı kurulup kurulmadığını kontrol ediyoruz.

pinMode(13,OUTPUT);

delay(3000); //ESP ile iletişim için 3 saniye bekliyoruz.

if(Serial.find("OK")){  // esp modülü ile bağlantıyı kurabilmişsek modül "AT" komutuna "OK" komutu ile geri dönüş yapıyor.

Serial.println("AT+CWMODE=1"); // esp modülümüzün WiFi modunu STA şekline getiriyoruz. Bu mod ile modülümüz başka ağlara bağlanabilecek.
```

```
delay(2000);
String baglantiKomutu=String("AT+CWJAP=\"")+ag_ismi+"\",\""+ag_sifresi+"\"";
Serial.println(baglantiKomutu);
delay(5000); }
Serial.print("AT+CIPMUX=1\r\n");
delay(200);
Serial.print("AT+CIPSERVER=1,80\r\n");
delay(1000); }
void loop() {{
nem1 = analogRead(A0); //bitki nem sensörümüzün değerini okuyoruz
if(Serial.available()) // Eğer ESP bağlantısı varsa kodları çalıştır
if(Serial.available()>0){
if(Serial.find("+IPD,")){
String metin = "<head> SULAMA SISTEMI KONTROLU </head>";
metin += "<br><a href=\" ?pin=on\"><button type='button'>AC</button></a>";
metin += "<br><a href=\" ?pin=off\"><button type='button'>KAPAT</button></a>";
metin+="<h1>DOMATES NEM DEGERI: ";
metin.concat(nem1);
metin+=" </h1></br>";
metin+="<h1>BIBER NEM DEGERI: ";
metin.concat(nem2);
```

```
metin+=" </h1></br>";

metin+="<h1>PATLICAN NEM DEGERI: ";

metin.concat(nem3);

metin+=" </h1></br>";

String cipsend = "AT+CIPSEND=";

cipsend +="0";

cipsend +=",";

cipsend += metin.length();

cipsend += "\r\n";

Serial.print(cipsend);

delay(500);

Serial.println(metin);

sistem_acma();

Serial.println("AT+CIPCLOSE=0");

int nem1 = analogRead(A1);

if (nem1 <= 650) {

Serial.println("Domates nem seviyesinin cok ustunde");

digitalWrite(3, HIGH);

delay(500); }

else if (nem1 > 650 && nem1 <= 760) {

Serial.println("Domates nem seviyesinin ustunde");
```

```
digitalWrite(3, HIGH);
delay(500); }
else if (nem1 > 760 && nem1 <= 770) {
Serial.println("Domates nem seviyesinde");
digitalWrite(3, HIGH);
delay(500); }
else if (nem1 >770 && nem1 <= 800) {
Serial.println("Domates nem seviyesinin altinda ve sulama sistemi devreye girecek");
digitalWrite(3, LOW);
delay(500); }
else {
Serial.println("Domates nem seviyesinin cok altinda ve sulama sistemi devreye girecek");
digitalWrite(3, LOW);
delay(500);
}
 int nem2 = analogRead(A2);
if (nem2 <= 620)
{
Serial.println("Biber nem seviyesinin cok ustunde");
digitalWrite(4, HIGH);
delay(500);
```

```
}
else if (nem2 > 620 && nem2 <= 730)
{
Serial.println("Biber nem seviyesinin ustunde");
digitalWrite(4, HIGH);
delay(500);
}
else if (nem2 > 730 && nem2 <= 740)
{
Serial.println("Biber nem seviyesinde");
digitalWrite(4, HIGH);
delay(2000);
}
else if (nem2 >740 && nem2 <= 770)
{
Serial.println("Biber nem seviyesinin altinda ve sulama sistemi devreye girecek");
digitalWrite(4, LOW);
delay(500);
}
else
{
```

```
Serial.println("Biber nem seviyesinin cok altinda ve sulama sistemi devreye girecek");
digitalWrite(4, LOW);
delay(500);
}
 int nem3 = analogRead(A3);
if (nem3 <= 650)
{
Serial.println("Patlican nem seviyesinin cok ustunde");
digitalWrite(5, HIGH);
delay(500);
}
else if (nem3 > 670 && nem3 <= 780)
{
Serial.println("Patlican nem seviyesinin ustunde");
digitalWrite(5, HIGH);
delay(500);
}
else if (nem3 > 780 && nem3 <= 790)
{
Serial.println("Patlican nem seviyesinde");
digitalWrite(5, HIGH);
```

```
delay(500);
}
else if (nem3 >790 && nem3 <= 830)
{
Serial.println("Patlican nem seviyesinin altinda ve sulama sistemi devreye girecek");
digitalWrite(5, LOW);
delay(500);
}
else
{
Serial.println("Patlican nem seviyesinin cok altinda ve sulama sistemi devreye girecek");
digitalWrite(5, LOW);
delay(500);
}}}}}
void sistem_acma(){
String gelen ="";
char serialdenokunan;
while(Serial.available()>0){
serialdenokunan = Serial.read();
gelen +=serialdenokunan; }
 Serial.println(gelen);
```

if((gelen.indexOf(":GET /?pin=on")>1)){ // AC butonuna basıldığında server adresinde

/?pin=on var ise

digitalWrite(13,HIGH); } // Sistemi çalıştırır

if((gelen.indexOf(":GET /?pin=off")>1)){ // KAPAT butonuna basıldığında server adresinde /?pin=off var ise

digitalWrite(13,LOW); } } // Sistemi kapatır.

Ek-2. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar

Altunbaş, Y., Akaltun, Y., Şahin, M., (2017) "Bitki Su İhtiyacına Göre Uzaktan Kontrollü Bahçe Sulama Sistemi", ***2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi***, Kocaeli, 259-261.

ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Kahramanmaraş'ta doğdu. İlköğretim, ortaöğretim ve lise öğrenimini Kahramanmaraş'ta tamamladı. 2012 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünü kazandı. 2013 yılında İnşaat Mühendisliği bölümde çift anadal programına başladı. 2016 yılında bu bölümlerden mezun oldu. 2016 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı.