



**MODERN FİDE SERALARINDA RAYLI SULAMA SİSTEMİ TASARIMI
VE İMALATI**

Mustafa ARIK

**DOKTORA TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa ARIK

28/12/2023

MODERN FİDE SERALARINDA RAYLI SULAMA SİSTEMİ TASARIMI VE İMALATI

(Doktora Tezi)

Mustafa ARIK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2013

ÖZET

Dünya nüfusunun hızla artış gösterdiği, 2025 yılına gelindiğinde nüfusun 8 milyara, 2050 yılında ise 9.15 milyara ulaşacağı bilinmektedir. Öngörülen nüfus artışına paralel olarak, gıda gereksinimin de 2025 yılını varıldığında %60 artış göstereceği düşünülmektedir. Nüfusun artışına paralel olarak, ekolojik canlılığın devamlılığının sağlanabilmesi için gerek duyulan gıda gereksinimin sürdürülebilir olarak karşılanması ve azalan toprak arazilerin en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir yani sonuç olarak tarımsal ürün üretiminin de artırılması gerektiği öngörülmektedir. Modern fide seraları, kapalı seraları sınıfında yer alan ve özenli bakım gerektiren bir sera tipidir. Yatırım maliyetleri oldukça yüksek olsa da, doğru fide yetiştirme teknikleri ile yatırım maliyetlerini çok hızlı sürede geri kazandıran bir sera türüdür. Bu nedenle, fide seralarının bakımı ve fide yetiştirilmesinde gösterilen titizlik önem arz etmektedir. Fide seralarda suyun doğru şekilde verilmesi, fide gelişimi ve verimini etkileyen en önemli faktördür. Sunulan tez kapsamında da, modern fide seralarının en büyük gereksinimlerden biri olan otomosyon tabanlı, verimli, sürdürülebilir yeni tip sulama sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Modern fide seralarının genel tasarımına bağlı olan teknik özellikler, sürdürülebilirlik, mekanik dayanım ve maliyet dikkate alınarak, en uygun sulama tekniğinin raylı sulama sistemi (basınçlı yağmurlama sulama) olduğuna karar verilmiştir. Bu kapsamda, bu projede modern fide seraları için en fizibil raylı sulama sistemi tasarımının ve imalatının gerçekleştirilmiştir. Sulama sistemi prototipi bir uygulama serasına kurulmuştur.

Bilim Kodu : 120902

Anahtar Kelimeler : Modern sera, sera sistemleri, topraksız tarım, fide seraları, raylı sulama sistemleri

Sayfa Adedi : 71

Danışman : Prof. Dr. İhsan KORKUT

RAIL IRRIGATION SYSTEM DESIGN AND MANUFACTURING IN MODERN SEEDLING GREENHOUSES

(M. Sc. Thesis)

Mustafa ARIK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2023

ABSTRACT

It is known that the world population is increasing rapidly and will reach 8 billion by 2025 and 9.15 billion by 2050. In parallel with the projected population growth, food needs are expected to increase by 60% by 2025. In parallel with the increase in population, it is envisaged that the food needs needed to ensure the continuity of ecological vitality must be met sustainably, that is, agricultural product production must also be increased. Modern seedling greenhouses are a type of greenhouse that is classified as closed greenhouses and requires careful maintenance. Although its investment costs are quite high, it is a type of greenhouse that returns its investment costs very quickly with correct seedling growing techniques. For this reason, care in maintaining seedling greenhouses and growing seedlings is important. Proper water supply in seedling greenhouses is the most important factor affecting seedling development and productivity. Within the scope of the presented thesis, an automation-based, efficient and sustainable new type of irrigation system design, which is one of the biggest requirements of modern seedling greenhouses, has been carried out. Taking into account the technical features, sustainability, mechanical strength and cost related to the general design of modern seedling greenhouses, it was decided that the most suitable irrigation technique was the rail irrigation system (pressurized sprinkler irrigation). In this context, in this project, the most feasible rail irrigation system design and manufacturing for modern seedling greenhouses was carried out. The irrigation system prototype was installed in a practice greenhouse.

Science Code : 120902

Key Words : Modern greenhouse, greenhouse systems, soilless agriculture, seedling greenhouses, rail irrigation systems

Page Number : 71

Supervisor : Prof. Dr. İhsan KORKUT

TEŞEKKÜR

Bu tezi hazırlanmasında rehberim olan, danışman hocam Sayın Prof. Dr. İhsan KORKUT'a sağladığı önemli katkılardan dolayı içtenlikle teşekkür ederim. Hayatımın başlangıcından itibaren beni büyüten, maddi ve manevi olarak daima yanımda olan sevgili aileme sonsuz şükranlarımı sunarım. Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Destekleme Birimine, FDK-2022-8095 no'lu Doktora Tez Projesi kapsamındaki çalışmamızı destekledikleri için teşekkürlerimizi sunarız.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Sera ve Seracılık Tanımı Amacı.....	3
2.2. Seraların sınıflandırılması.....	3
2.3. Türkiye ‘deki Seracılık ve Genel Durumu	11
2.4. Dünyadaki Seracılık ve Genel Durumu	14
2.5. Bitkinin Su-Toprakla İlişkisi ve Bitkiler için Suyun Önemi.....	16
2.6. Tarımda Suyun Önemli ve Sulama	16
2.5.1. Türkiye’deki tarımsal sulama verileri ve su kaynaklarının genel durumu	18
2.5.2. Sulama sistemleri	20
2.5.3. Modern fide seralarının sulama sistemleri ve önemi	24
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI	27
3.1. Otomasyon Tabanlı Sulama ile İlgili Literatür Özetleri	27
3.2. Sulama Sistemi ile İlgili Literatür Özetleri	31
3.3. Bitki-Su İlişkisi ve Tarımsal Sulama Gereksinimi ile İlgili Literatür Özetleri ..	36
4. METERYAL VE YÖNTEM	39
4.1. Sulama Sistemi Uygulamasının Kurulacağı Yer Seçilme Sebebi Temel Bilgiler	39

	Sayfa
4.2. Mersin Fide Serasının Bitki Çeşitliliği Özellikleri ve Su İhtiyaçları	40
4.3. Araştırma Serasının Toprak Özellikleri ve Önemi.....	42
4.4.Yeni Tip Raylı Sulama Sisteminin Dizaynı.....	42
4.4.1. Raylı sulama sisteminin Autocad ve Lumnion çizimleri	42
4.4.2. Raylı sulama sisteminin solidworks çizimleri	46
4.5.Yeni Tip Raylı Sulama Sisteminin Montajı.....	53
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye'nin örtülü alanları (Bin Dekar) (Tarım ve Orman Bakanlığı 2019a)	12
Çizelge 2.2. Türkiye'de seraların dağılımı (Tarım ve Orman Bakanlığı 2019a).....	13
Çizelge 2.3. Türkiye'de seralarda yetiştirilen ürünler (TUIK 2019)	13
Çizelge 2.4. Dünya ülkelerindeki toplam sera alanları	15
Çizelge 5.1. Tasarımı Yapılan Sistemin değişken Ray hareket hızına bağlı değerler değişim çizelgesi	61

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. (a) Büyük seralar (Anonim 2011a), (b) Orta büyüklükteki seralar (Anonim 2011b), (c) Küçük seralar (Anonim 2011a).....	4
Şekil 2.2. (a) Tekil seralar (Anonim 2011b), (b) Bölmeli blok seralar (Anonim 2011a), (c) Bölmesiz blok seralar (Titiz 2004) (d) Bağlantılı blok seralar (Anonim 2011a).....	4
Şekil 2.3. (a) Süs bitkisi seraları (Titiz 2004), (b) Meyve seraları (Anonim 2011a), (c) Sebze seraları (Titiz 2004).....	5
Şekil 2.4. (a) Beşik çatılı sera (Anonim 2011a), (b) Yay çatılı sera (Anonim 2011a), (c) Gotik çatılı sera (Titiz 2004), (d) Venlo (M) çatılı sera (Titiz 2004).....	5
Şekil 2.5. (a) Fide üretim seraları (Anonim 2011b), (b) Üretim seraları (Titiz 2004), (c) Araştırma seraları (Anonim 2011b), (d) Hobi seraları (Anonim 2011a)	6
Şekil 2.6. (a) Cam örtülü sera (Anonim 2011a), (b) Plastik örtülü sera (Anonim 2011a), (c) Polikarbon örtülü sera (Anonim 2011a), (d) GRP örtülü sera (Anonim 2011b).....	6
Şekil 2.7. (a) Ahşap konstrüksiyonlu seralar (Titiz 2004), (b) Çelik konstrüksiyonlu seralar (Titiz 2004), (c) Alüminyum konstrüksiyonlu seralar (Anonim 2011a)	7
Şekil 2.8. (a) Sabit seralar (Anonim 2011b), (b) Hareketli seralar (Anonim 2011c), (c) Portatif seralar (Anonim 2011d)	7
Şekil 2.9. Geleneksel (klasik) seralar	8
Şekil 2.10. Yarı Kapalı Seralar	9
Şekil 2.11. Kapalı (Modern) Seralar	10
Şekil 2.12. Vahşi sulama sistemi (karık sulama) (Anonim 2018)	20
Şekil 2.13. Damla sulama sistemi (Anonim 2018)	22
Şekil 2.14. Yağmurlama sulama sistemi (Anonim 2018)	23
Şekil 4. 1. Fide serasının yerleşkesi ve sera içi fotoğraflar.....	39
Şekil 4.2. Yeni tip raylı sulama sisteminin Autocad çizimi.....	43
Şekil 4.3. Raylı sulama sisteminin, Lumion programı kullanılarak elde edilen görselleri-1.....	44

Şekil	Sayfa
Şekil 4.4. Raylı sulama sisteminin, Lumion programı kullanılarak elde edilen görselleri-2.....	45
Şekil 4.5. Raylı sulama sisteminin genel şeması	47
Şekil 4. 6. Ray hattının solidworks çizimleri-Ray sistemi detay	48
Şekil 4.7. Ray hattının solidworks çizimleri-Tesisat alt takımı	49
Şekil 4.8. Ray hattının solidworks çizimleri –Askı takımı	50
Şekil 4.9. Ray hattının solidworks çizimleri –Tesisat üst takımı.....	51
Şekil 4.10. Ray hattının solidworks çizimleri –Hortum arabası	52
Şekil 4.11. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-1	53
Şekil 4.12. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-2	54
Şekil 4.13. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-3	54
Şekil 4.14. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-4	55
Şekil 4.15. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-5	55
Şekil 4.16. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-6	56
Şekil 4.17. Modern bir seraya ait 3 boyutlu tasarıma Yük analizi.....	57
Şekil 4.18. Modern bir seraya ait 3 boyutlu tasarıma ait yük analiz sonuçları	58
Şekil 5.1. Eski tip sulama sistemi	59
Şekil 5.2. Yeni tip raylı sulama sistemi 3 Boyutlu görünümü	60
Şekil 5.3. Yeni tip raylı sulama sistemi gerçek görünümü	60

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artış gösterdiği, 2025 yılına gelindiğinde nüfusun 8 milyara, 2050 yılında ise 9.15 milyara ulaşacağı bilinmektedir. Öngörülen nüfus artışına paralel olarak, gıda gereksinimin de 2025 yılın varıldığında %60 artış göstereceği düşünülmektedir. Nüfusun artışına paralel olarak, ekolojik canlılığın devamlılığının sağlanabilmesi için gerek duyulan gıda gereksinimin sürdürülebilir olarak karşılanması yani sonuç olarak tarımsal ürün üretiminin de artırılması gerektiği öngörülmektedir (Aküzüm ve ark. 1999).

Modern fide seraları, kapalı seraları sınıfında yer alan ve özenli bakım gerektiren bir sera tipidir. Yatırım maliyetleri oldukça yüksek olsa da, doğru fide yetiştirme teknikleri ile yatırım maliyetlerini çok hızlı sürede geri kazandıran bir sera türüdür. Bu nedenle, fide seralarının bakımı ve fide yetiştirilmesinde gösterilen titizlik önem arz etmektedir. Fide seralarda suyun doğru şekilde verilmesi, fide gelişimi ve verimini etkileyen en önemli faktördür. Doğru tohum ve gübre kullanımı tek başına yeterli değildir. Bu kapsamda, sunulan tez çalışmasında, modern fide seralarının en büyük gereksinimlerden biri olan verimli sulamayı sağlayabilecek, otomasyona bağlı, gerektiği takdirde sulama ve ilaçlamaya aynı anda yapmaya imkan sunan, fide türüne göre su basıncı ve sulama yükseklik ayarı sağlayabilen yeni tip raylı sulama (basınçlı-yağmurlama sulama sistemi grubunda değerlendirilmektedir) sistemi tasarımının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Yeni tip raylı sulama sistemi tasarımı; modern fide seralarının genel yapısına bağlı olan teknik özellikler, ergonomi, sürdürülebilirlik, dayanım ve yatırım maliyeti dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Yeni tip raylı sulama sisteminin öncelikli hedefleri; fidenin su ihtiyacına göre sulama yapması ve adil bir su dağılımı sağlaması, ilaçlama ve sulamanın aynı anda yapılabilmesine olanak sağlaması, fide türüne bağlı sulama şartlarının değiştirilmesine imkân sunmasıdır. İkincil hedefleri ise işletme, işçilik ve bakım giderleri azaltması olarak belirlenmiştir. Yeni tasarımın, fide veriminde artışa yol açacağı ve sera bakım maliyetlerinde ciddi ölçüde düşüreceği ön görülmektedir.

Tez kapsamında yürütölen literatür çalışmaları sonucunda tasarlanan ve imal edilen yeni tip raylı sulama sisteminin, ileriki yıllarda uluslararası düzeyde ön görölen su ve gıda darboğazının aşılmasında destek olacağı sonucuna varılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Sera ve Seracılık Tanımı, Amacı

“Sera”, “seracılık” ve “örtülü (örtü altı) tarım” terimleri literatürde temel kullanım amacı sabit kalmakla birlikte, ufak farklılıklarla aşağıdaki şekillerde tanımlanmıştır.

- İçinde rahatlıkla hareket edilebilen ve bitkisel üretim sürecinde, tüm yıl boyunca gerek duyulan bütün gelişim etmenlerini içinde barındıran yapılara sera denilir (Baytorun, 2016).
- İklimle dayalı çevre şartlarına kısmen ya da tamamen bağlı kalmaksızın yani gerek duyulan koşullarda bağıl nem, sıcaklık, ışık, hava ve karbondioksit sirkülasyonunun kontrolde tutulabildiği bitki kültürleri ile tohum, fidan ve fidelerinin en uygun ortam koşullarında üretilmesine olanak sağlayan, ışık geçirgenliğine sahip bir örtü malzemesiyle kaplanmak suretiyle değişik şekil, boyutlarda kurulabilen yapılara “sera” denir (TS EN 13031-1 2003, Öztürk ve Başçetinçelik 2002, İşcan vd 2004).
- Tarımsal ürün üretimi için natürel ortam koşullarının elverişli olmadığı şartlarda (bölge, yöre ya da mevsimlerde), bitkiler için elverişli şartların yapay yollarla oluşturulduğu ve bitkilerinin ekonomik olarak yetiştirilmesine olanak sağlayabilen tavan ve yan alını ışık geçirebilen bir örtü malzemesi ile kaplı yapılardır (Sevgican 1999; Baytorun 1995, Eltez ve Günay 1998).
- Filiz (2001) tarafından belirtildiği üzere, belirli aralıklarla yerleştirilen ve dış kuvvetlerin etkisiyle biçimini değiştirmeyen rijit bir yapı iskeleti üzerine saydam bir örtü malzemesi kaplanarak oluşturulan tarımsal yapılar, sera olarak adlandırılır.
- Örtü altı tarım terimi, alçak plastik tüneller ile seraları içerisine almaktadır. Bitki sıraları üzerine yerleştirilen, yarım daire kesitli ve yaklaşık 60 cm yarıçaplı bir iskelet üzerine gerilen şeffaf plastik branda ile oluşturulan yapılara alçak plastik tüneller denilmektedir (Sevgican 1999).

2.2. Seraların Sınıflandırılması

Seralar çeşitli şekillerde (büyüklüklerine, kuruluş şekillerine, yetiştirilen bitki türüne, çatı şekillerine, kullanım amacına, iskelette kullanılan malzeme ve örtü çeşitlerine göre vb.)

sınıflandırılabilirler (Yüksel 2004).

Büyükliklerine göre seralar: Boyutsal büyüklükleri dikkate alınarak yapılan sınıflandırma yapıldığında seralar; büyük ($>1000 \text{ m}^2$ ve uzunluk 50-100 m), orta ($100-1000 \text{ m}^2$, uzunluk 25-50 m, genişlik 3-20 m) ve küçük seralar ($<100 \text{ m}^2$, uzunluk 2-20 m genişlik 1-6 m,) olarak üçe ayrılırlar. Şekil 2.1’de farklı büyüklükteki sera görselleri sunulmuştur. Büyük seraların kullanım amacı yetiştiricilik, orta büyüklükteki seraların ise, hem yetiştiricilikte hem de fide üretimidir. Küçük seralar ise ev bahçelerinde çiçek üretmek için kurulan seralardır (Filiz 2001, Yüksel 2004).



Şekil 2.1. (a) Büyük seralar (Anonim 2011a), (b) Orta büyüklükteki seralar (Anonim 2011b), (c) Küçük seralar (Anonim 2011a)

Kuruluş şekillerine göre seralar; Kuruluş şekli dikkate alınarak yapılan sınıflandırmada seralar dört temel başlık altında gruplandırılmaktadır. Bunlar; (i). Tekil seralar (ii). Bölmeli blok seralar (iii). Bölmesiz blok seralar ve (iv). Bağlantılı blok seralar’dır (Filiz 2001, Yüksel 2004). Şekil 2.2’de bu sınıflandırmaya ilişkin görsel sunulmuştur.



Şekil 2.2. (a) Tekil seralar (Anonim 2011b), (b) Bölmeli blok seralar (Anonim 2011a), (c) Bölmesiz blok seralar (Titiz 2004) (d) Bağlantılı blok seralar (Anonim 2011a)

Yetiştirilen bitki çeşidine göre seralar; Bünyesinde yetiştirilen ürün mahiyeti dikkate alınarak gerçekleştirilen sınıflandırmada, seralar; (i). Süs bitkisi seraları, (ii). Meyve seraları ve (iii). Sebze seraları olmak üzere üç grupta ele alınırlar (Filiz 2001, Yüksel 2004). Şekil 2.3’de sınıflandırmaya ilişkin fotoğraflar sunulmuştur.



Şekil 2.3. (a) Süs bitkisi seraları (Titiz 2004), (b) Meyve seraları (Anonim 2011a), (c) Sebze seraları (Titiz 2004)

Çatı şekillerine göre seralar; Sera konstrüksiyonunda çatı şekli dikkate alınarak yapılan gruplandırmada seralar (i). Beşik çatılı seralar, (ii). Yay çatılı seralar, (iii). Gotik çatılı seralar ve (iv). Venlo (M) tipi çatılı seralar olarak dört temel sınıfa ayrılır (Öztürk ve Başçetinçelik 2002, Yüksel 2004). Çatı şekillerine ilişkin yapılan sınıflandırma görseli Şekil 2.4’de sunulmuştur.



Şekil 2.4. (a) Beşik çatılı sera (Anonim 2011a), (b) Yay çatılı sera (Anonim 2011a), (c) Gotik çatılı sera (Titiz 2004), (d) Venlo (M) çatılı sera (Titiz 2004)

Kullanım amacına göre seralar; (i) Tohum ve fide üretim seraları (ii) Üretim ve yetiştirme seraları (iii) Araştırma seraları ve (iv) Hobi seraları olmak üzere kullanım amacına göre dört sınıfa ayrılan seralara ilişkin görseller Şekil 2.5’de verilmiştir (Öztürk ve Başçetinçelik 2002, Yüksel 2004).



Şekil 2.5. (a) Fide üretim seraları (Anonim 2011b), (b) Üretim seraları (Titiz 2004), (c) Araştırma seraları (Anonim 2011b), (d) Hobi seraları (Anonim 2011a)

Örtü malzemesine göre seralar: Seralar kullanılan örtü malzemelerine göre 2 grup altında toplanabilir (Tiwari 2003). Bunlar; a) Cam seralar ve b) Plastik seralar’dır (PE, PVC, PC, GRP). Şekil 2.6’da örtü türüne göre seralar sunulmuştur.



Şekil 2.6. (a) Cam örtülü sera (Anonim 2011a), (b) Plastik örtülü sera (Anonim 2011a), (c) Polikarbon örtülü sera (Anonim 2011a), (d) GRP örtülü sera (Anonim 2011b)

İskelet malzemesine göre seralar; Seranın iskelet malzemesi dikkate alındığı takdirde seralar üçe ayrılır. Bunlar; (i) Ahşap konstrüksiyonlu seralar, (ii) Çelik konstrüksiyonlu seralar ve (iii) Alüminyum konstrüksiyonlu seralardır (Öztürk ve Başçetinçelik 2002, Yüksel 2004). Şekil 2.7’de sınıflandırmaya ilişkin görseller sunulmuştur.



Şekil 2.7. (a) Ahşap konstrüksiyonlu seralar (Titiz 2004), (b) Çelik konstrüksiyonlu seralar (Titiz 2004), (c) Alüminyum konstrüksiyonlu seralar (Anonim 2011a)

Taşınabilirlik durumuna göre seralar: Seraları hareket kabiliyetlerine göre sabit, hareketli ve portatif olarak sınıflandırılabilir (Öztürk ve Başçetinçelik 2002, Yüksel 2004). Seraların büyük kısmı oluşturan ve bir temel üzerine oturtulmuş sera tipi “sabit seralar”, belirli bir temel ve raylar üzerinde yer değiştirebilme kabiliyetine sahip seralar “hareketli seralar” ve sökülüp istenen konumda tekrar kurulabilen seralar ise “portatif seralar” olarak adlandırılır. Şekil 2.8’de taşınabilirlik durumuna göre sınıflandırılmış sera görselleri görülmektedir.



Şekil 2.8. (a) Sabit seralar (Anonim 2011b), (b) Hareketli seralar (Anonim 2011c), (c) Portatif seralar (Anonim 2011d)

Tarihsel gelişimlerine göre seralar: Geleneksel (klasik) seralar, yarı modern seralar ve modern seralar olarak sınıflandırılabilir. Modern seracılıkta ileri tarımsal teknolojiler kullanılarak, daha kaliteli ve yüksek verimli mahsul elde edilebilmektedir. Geleneksel seracılık ile kıyaslandığında, modern seracılığın tercih edilmesinde en önemli unsurlardan biri de topraksız tarım uygulaması ile yıl boyunca üretimin gerçekleştirilebiliyor olumasıdır.

Geleneksel (klasik) seralarda (Şekil 2.9) sera içindeki şartlar (sıcaklık, bağıl nem ve CO₂), dış ortam şartlarına yani iklime bağlıdır. Sera ortamı doğrudan mevsimsel iklim değişikliklerinden etkilenir, çünkü sera basit temel elemanlardan oluşturulmuştur. Sera içerisindeki kontrol, kişisel beceri, özen ve kabiliyetlerle yapılmaktadır. Bu sebeple ürün kalitesi ve verimi doğrudan kişisel bilgi birikimi ve hassasiyetlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Geleneksel seralar, temel ölçüm elementleri dışında (sıcaklık ölçer ve nemölçerler) herhangi teknik alt yapı veya ölçüm/kontrol cihazı barındırmamaktadır. Üretim sistemi manuel olarak kontrol edilmektedir. Havalandırma, ısıtma, vb. uygulamalar bile manuel olarak kontrol edilmekte ve sera şartları basit teknikler kullanılarak bitkisel üretim için uygun değerlere getirilmektedir. Bu nedenle, geleneksel (klasik) seracılık genellikle mevsimsel iklim değişiminin fazla gözlenmediği bölgelerde yapılmaktadır (Titiz, 2004).

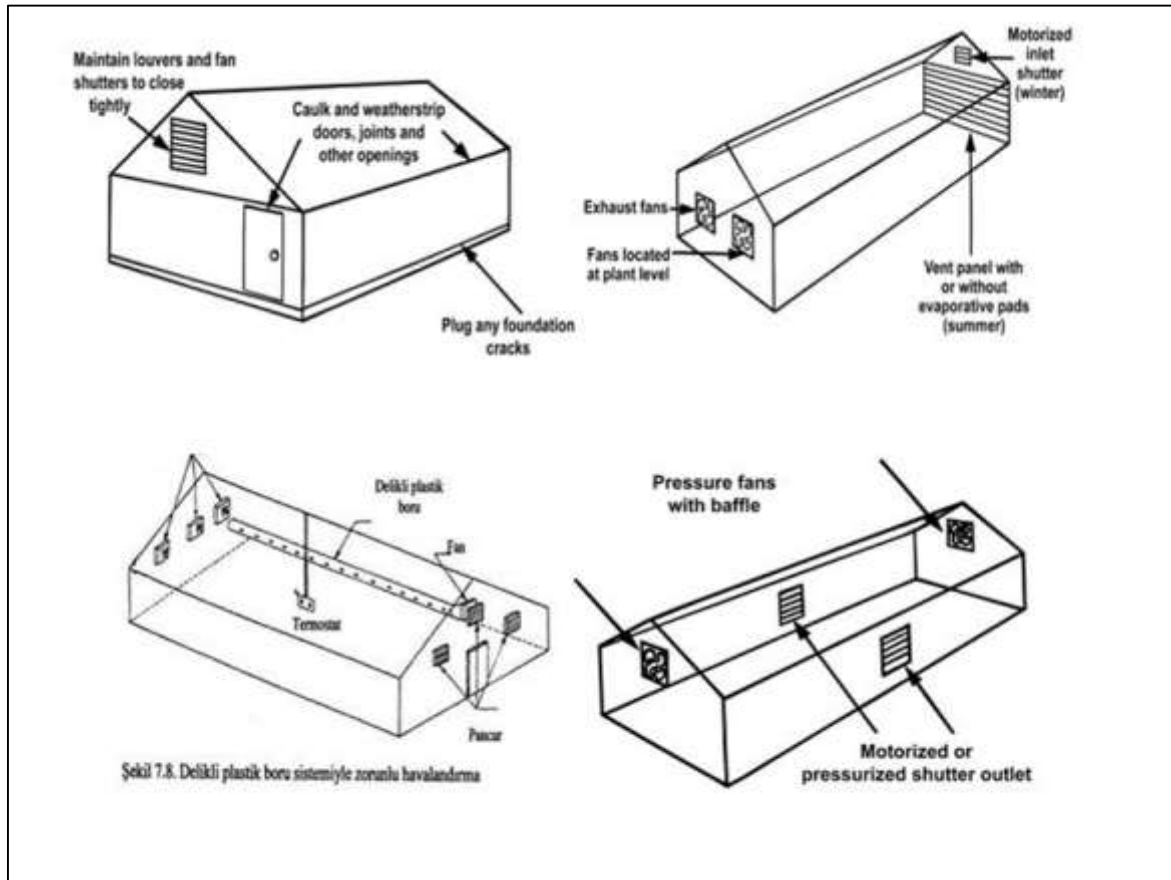


Şekil 2.9. Geleneksel (klasik) seralar

Yarı kapalı seralarda güneş ışınımının sera iç ortamına aşırı miktarda ulaştığı yaz aylarında, sera ortamının sıcaklığı yükselmektedir. Bu durumda, sera iç ortam sıcaklığını azaltmak, sera ortamını istenen optimum sıcaklık değer aralığında tutabilmek amacıyla havalandırma sistemi kullanılması (sera içerisinde iyi bir hava dolaşımı sağlanması) gerekmektedir. Bu amaçla seralarda, buharlaştırıcı sistemler (fan-ped ve sisleme), havalandırma sistemleri

(doğal veya zorlanmış konveksiyon prensibi ile gerçekleştirilir) veya gölgeleme sistemleri gibi yardımcı teknikler kullanılabilmektedir (Aydoğan 1997).

Nemölçer, sıcaklıkölçer ve hızölçer vb. gibi ölçüm elemanları yarı otomatik seralarda, bağımsız olarak çalışmaktadır. Otomatik olarak gerçekleşen ölçüm ve değerlendirmeler merkezi bir birim tarafından yönetilmektedir (Aydoğan 1997). Şekil 2.10'da yarı otomatik seralara ilişkin şematik bir gösterim sunulmuştur.



Şekil 2.10. Yarı kapalı seralar

21. yüzyılda seracılık kapsamında vardığımız son noktada, Dünya genelinde gelişen teknolojiye paralel olarak ilerleme gösteren tarım teknolojisiyle birlikte, iklime bağlı kalmadan yılın her mevsiminde üretim yapma imkanı sunan, çevre şartlarında kontrol edilebilen modern (kapalı) tarım/seracılık (otomosyon üzerinden yapılabilen tarıma) önem kazanmıştır (Doğan 2018; Özfuruncu 2019; Özgürel 2019; Altunbaş 2018).

Sensörler, kablolu-kablosuz iletişim teknolojileri ve dijital elektroniğin etkin şekilde

kullanıldığı, sera içi en uygun işletme koşullarının sağlanabildiği modern (kapalı) seralarda, sera içerisinde düşey ve yatay yönde sürekli değişen parametrelerin anlık olarak (gerçek zamanlı) ölçümü yapılmak suretiyle enerji, su ve gübre tasarrufu sağlanabilmektedir.

Tüm süreç parametrelerinin bir merkez tarafından kontrol edildiği tam otomatik sera sistemlerinde, mikro denetleyici, PLC veya PC sistemi, ayrı ayrı bulunabileceği gibi, hepsi bir arada kompakt bir sistemde de bulunabilir. Sera işletmecisi tarafından belirlenen optimum iklim değerleri, bir operatör paneli üzerindeki bir PC aracılığıyla çevresel birimlerden gelen iklim bilgileri (nem, ısı, ıslık vb.) merkezi denetleyici biriminde saklanır. Bu bilgiler, PLC veya mikro denetleyici tarafından kontrol algoritması kullanılarak hem ayrı ayrı hem de birbirleriyle olan bağıntıları göz önüne alarak işlenir. Elde edilen kontrol sinyalleri sayesinde havalandırma, ısıtma, nemlendirme gibi iklimlendirme araçları devreye alınır (Aydın, 2015).

Yani, modern sera işletmelerinde, otomasyon sistemine tanımlanmış, bitki gelişimi için belirlenmiş optimum şartları ifade eden sayısal verilerle sera içindeki sensörler tarafından sürekli olarak alınan ölçüm verileri karşılaştırılır ve sera şartları otomatik olarak optimize edilir. Sulama gerekiyorsa sulama, ısıtma gerekiyorsa ısıtma, nemlendirme gerekiyorsa nemlendirme gibi işlemler sera içinde otomatik olarak gerçekleştirilir. Bu sayede serada yetiştirilen ürünlerin tam olarak istenen şartlarda büyüme ve gelişme göstermesi sağlanır, ürün kalitesi ve bitki büyüme hızı da artırılabilir (Apaydın, 2015).



Şekil 2.11. Kapalı (Modern) seralar

2.3. Türkiye’deki Seracılık ve Genel Durumu

Seracılık ülkemizde yaklaşık 50-55 yıl önce, Antalya ve İçel illerinde başlamıştır (Yüksel 2004). Türkiye, sera yetiştiriciliğinde Dünyada ilk dört ülke arasında, Avrupa ise ikinci sırada (İspanya’nın ardından) yer almaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019a). Toplam sera işletmelerimiz 2019 yılında 790 bin dekara ulaşmıştır. Son 10 yılda ortalama örtüaltı işletme büyüklüğü 2 da seviyesinden 4 dekara yükselmiştir. Son yıllarda Bakanlığımızca ve ilgili diğer kurumlarca sağlanan destek, hibe ve krediler ile modern şartlarda üretim yapan örtüaltı işletmeleri hızla artmaktadır. Bunların ortalama büyüklükleri 27 da seviyelerindedir. Ülkemiz örtüaltı bitkisel üretim değeri yaklaşık 10 milyar TL’dir. Ülkemiz modern sera varlığı yaklaşık 13 bin dekardır. Bu seralarda topraksız tarım metodu ile ihracata yönelik üretim yapılmaktadır (Anonim, 2019)

Türkiye, 2018 yılı itibarı ile toplam 77209.1 ha’a sera alanına sahiptir. Mevcut sera alanlarının %47.73’ünü plastik seralar (36852.7 ha), %27.36’sını (11423.2 ha) alçak plastik tüneller, %14.8’ini yüksek plastik tüneller (11423.2 ha) ve %10.12’siini cam (7811 ha) seralar oluşturmaktadır (TUIK 2019a). Tarım ve Orman Bakanlığı en güncel raporuna göre Türkiye’nin örtülü alan dağılımı da Çizelge 2.1’de görülmektedir.

Ülkemizde, mikro klimaya sahip ve sera işletmesi kurulabilecek bölgeler Akdeniz, Marmara, Ege, Karadeniz Bölgeleridir. Bu nedenle, seracılık faaliyetleri Marmara, Akdeniz ve Ege kıyı şeridinde gelişme ilerleme göstermiştir (Yüksel 2004). Sera işletmelerinin %84’ü Akdeniz bölgesinde bulunmaktadır. 286.522 da ile Antalya en büyük öneme sahip seracılık merkezi niteliği taşımaktadır. Antalya ilini Mersin (201.060 da) ve Adana (160.493 da) seracılık işletmeleri takip etmektedir. Alçak plastik tünel alanlarının yoğunlaştığı şehirle ise Adana ve Hatay (11.456 da) ve Muğla (39.048 da)’dır. Bunların dışında, İzmir’de 14.016 da ve Aydın’da 12.717 da sera alanını bulunmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı 2019a). Türkiye’nin il bazında mevcut sera dağılımı Çizelge 2.2’de sunulmuştur.

Türkiye’de 2019 yılında toplam 31 milyon ton sebze üretildiği, bu üretimin 23.2 milyon tonunun açıkta, 7.8 milyon tonunun ise örtü altında yetiştirildiği raporlanmıştır. Ülkemiz örtüaltı sebze üretiminde Antalya %48’lik payla (3.8 milyon ton) birinci sıradadır. Bu ilimizi sırasıyla, Mersin %16 (1.2 milyon ton), Adana %13 (1 milyon ton) ve Muğla %9 (690 bin ton) illeri takip etmektedir. Bu 4 ildeki toplam örtü altı üretimimiz yaklaşık 6.7 milyon ton

ile Ülkemiz toplam örtüaltı üretiminin yaklaşık %86'sını oluşturmaktadır (Anonim, 2019). Çizelge 2.3'de 2019 yılında Türkiye'de seralarda yetiştirilen ürünler özetlenmeye çalışılmıştır.

Ülkemiz jeotermal enerji kaynakları potansiyeli açısından; Avrupa'da 1 inci, Dünyada 7'nci sırada yer almaktadır. Ülkemizde, jeotermal enerji ile ısıtılan sera varlığı 4.344 dekadır. Örtüaltı sebze üretimi 7.814.543 ton, örtüaltı meyve üretimi 622.073 ton ve örtüaltı süs bitkileri üretimi 1.238.975.594 adettir (Anonim, 2019; TÜİK, 2019).

Çizelge 2.1. Türkiye'nin örtülü alanları (Bin Dekar) (Tarım ve Orman Bakanlığı 2019a)

Yıllar	Cam sera	Plastik sera	Yüksek tünel	Alçak tünel	Toplam
1995	34	109	21	199	363
2002	64	180	61	230	536
2003	70	167	61	185	483
2004	72	169	66	171	478
2005	65	171	67	164	468
2010	81	231	82	171	564
2014	81	299	113	157	649
2015	80	309	113	162	664
2016	80	329	113	170	692
2017	86	355	120	191	752
2018	78	369	114	211	772
2019	75	379	111	224	790

Çizelge 2.2. Türkiye’de seraların dağılımı (Tarım ve Orman Bakanlığı 2019a)

Sıra No	İller	Örtü Altı Tarım Alanı (da)
1	Antalya	286.522
2	Mersin	201.060
3	Adana	160.493
4	Muğla	39.048
5	İzmir	14.016
6	Aydın	12.717
7	Hatay	11.456
8	Burdur	9.843
9	Isparta	4.942
10	Amasya	4.881
11	Eskişehir	3.882
12	Yalova	3.879
13	Bilecik	3.692
14	Samsun	2.929
15	Manisa	2.738
16	Kocaeli	2.470
17	Bartın	1.768
18	İstanbul	1.737
19	Denizli	1.683
20	Elazığ	1.446

Çizelge 2.3. Türkiye’de seralarda yetiştirilen ürünler (TÜİK 2019)

Sıra No	Ürünler	Üretim (Ton)	Oran (%)
1	Domates	4.083.681	48
2	<u>Hıyar</u>	1.156.997	14
3	Karpuz	877.505	10
4	Biber	749.769	9
5	Muz	424.837	5
6	Patlıcan	323.009	4
7	Kabak (Sakız)	211.953	3
8	Kavun	205.340	2
9	Çilek	195.206	2
10	Diğer	200.702	2

Türkiye Tarım Sektörü Raporuna (TOBB 2013) göre; sermaye ve birim alana düşen işgücü açısından sera üretimi, tarımın en yoğun uygulama alanıdır. Seracılık sektöründe 50 yılı aşkın bir geçmişi olmasına rağmen Türkiye hem üretim, hem de ihracat açısından önemli bir noktaya gelmiştir. Son 10 yılda, tarımın diğer alanlarına kıyasla, seracılık sektöründeki hızlı

büyüme ve modern seracılık konusunda ciddi ilerlemeler göze çarpmaktadır.

2.4. Dünyadaki Seracılık ve Genel Durumu

Dünya genelinde tarımın gelişimi M.Ö. 12.000'li yıllara kadar uzanmasına rağmen, seracılıkla ilgili ilk örneklerin M.S. 1. yüzyılda Romalılar tarafından yapıldığı kabul edilmektedir. Romalılar, güneye bakan yamaçlarda açılan çukurların üzerini yağlı veya cilalanmış (balmumu ile) bezlerle veya yarı saydam ince dilimler halindeki mikalarla kaplayarak bitki yetiştirmişlerdir. Seracılık uygulamaları daha sonra 16. ve 17. yüzyıllarda Avrupa'da evlerin güneye bakan yönlerinin cam malzeme ile örtülmesiyle devam etmiştir. 18. yüzyılda, bu yapıların içine giren ışık miktarını artırmak amacıyla pencere alanları genişletilmiş, çatı ve yan duvarlar tamamen cam yapılmıştır. Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra, seracılık sektörü ABD ve Avrupa'da endüstriyel gelişmelerle paralel olarak hızla gelişmiştir.

Seracılık son 30 yıl içinde ılıman iklimin hakim olduğu bölgelerde hızlı bir gelişim göstermiştir. Orta ve ileri teknolojiye sahip sera fizibiliteleri-2017 raporuna göre; hızlı bir artış gösteren Dünya nüfusuna paralel olarak artan gıda gereksinimi ve insanların mevsimi dışında meyve-sebze tüketme istekleri dünyayı seracılık sektörüne yönlendirmiştir. İnsanoğlunun mevsim dışı ürün tüketme istekleri ve gıda gereksinimini karşılama gerekliliği, her geçen gün birim alandan yüksek verimin alınabildiği seracılık sektörüne, daha fazla yönelime ve sektörün hızlı bir gelişim göstermesine yol açmaktadır. Öyle ki seracılık sektörü artık bir sanayi sektörü olarak kabul görmektedir. Bu durumun en önemli sebebi ürün yetiştirme ortamlarının, sera ortamının kontrol edilebilir nitelik taşımasıdır.

Günümüzde seraların uluslararası düzeyde geniş bir yayılım gösterdiği, farklı iklim kuşaklarında seracılık faaliyetlerinin sürdürüldüğü bilinmektedir (Yüksel 2004). Dünyada toplamda yaklaşık 1,2 milyon hektarlık bir alanda, iklim koşullarına bağlı olarak değişik yöntemler kullanılarak seracılık faaliyetleri yürütülmektedir. Sera alanları iklim kuşaklarına göre üçe ayrılmaktadır. Bunlar; serin, ılıman ve iki iklimin egemen olduğu ülkeler olarak sınıflandırılmaktadır. En elverişli ekolojik koşulların yaşandığı, seracılığın ekonomik olarak karlı olarak yapılabildiği iklim kuşağı ılıman iklim kuşağıdır. Başta Türkiye olmak üzere, İtalya, İspanya, İsrail ve Yunanistan, ılıman iklim kuşağında yer almaktadır. Bu bölgelerde kurulan seraların % 90'ı plastik örtü malzemesi ile kaplanmıştır. Ülkemizin seracılık

potansiyeli çok yüksektir. Kış aylarında bile ortalama sıcaklığın yüksek olması, seraların en önemli ekonomik girdisi olan ısıtma maliyetinin düşük olmasına neden olmaktadır. Bu iklim kuşağında bulunan ülkelerin seracılık alanları bu nedenle her geçen gün hızla artmaktadır. (Yüksel 2004). Almanya, Bulgaristan, Danimarka, Hollanda, İngiltere, Romanya ve Rusya serin iklim kuşağında yer almaktadır. Hollanda Avrupa ülkeleri arasında 10.000 ha cam sera alanı ve üretim tekniği yönünden seracılık sektörü önderliğini üstlenmiştir (Yüksel 2004). Plastik seralarda da yüksek teknoloji uygulandığı, iki iklimin egemen olduğu ülkeler ise ABD ve Japonya gibi ülkelerdir. İki iklimin egemen olduğu ülkelerde cam ve plastik seralar bir arada uygulanmaktadır (Yüksel 2004). Dünya üzerinde seracılık konusunda önde gelen ülkelerin sera (Yüksek tüneller dahil) varlıkları Çizelge 2.4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Dünya ülkelerindeki toplam sera alanları

Sıra No	Ülkeler	Alan (ha)	Yıl
1	Çin	3.131.000	2013
2	İspanya	63.300	2009
3	Güney Kore	51.787	2014
4	Türkiye	49.239	2014
5	Japonya	49.049	2009
6	İtalya	42.546	2010
7	Fransa	19.323	2010
8	Fas	16.500	2006
9	Hollanda	9.488	2014
10	Fransa	9.140	2012
11	ABD	8.720	2014

Kuzey ve Orta Avrupa Orta ülkelerinde yer alan sera işletmelerinin, diğer bölgelere kıyasla daha modern ve kompleks işletmeler oldukları ve tüm yıl boyunca bitkiler için gerekli besin elementleri ve şartları (sıcaklık, nem, ışınım ve CO₂) optimum şekilde karşılayabildikleri bilinmektedir. Akdeniz bölgesinde ılıman iklim kuşağında kurulan seralar uygun ilk yatırım bedelleri ile kurulmasının yanı sıra, işletim maliyetleri de diğer iklim kuşaklarına göre daha ucuza karşılanmaktadır. Ancak Akdeniz Bölgesi’nde yer alan son yıllarda kurulan seralarda modern seralarda teknolojilerinin tüm imkanlarından faydalanılmaktadır. Akdeniz iklim kuşağında, işçilik masrafları, ısıtma masraflarından daha yüksektir. Türkiye’nin sera işletmeciliği konusunda Avrupa ülkelerine kıyasla en önemli avantajı iklim şartlarının ürün üretimi için elverişli olması ve işçilik masrafının çok daha uygun olmasıdır. Türkiye’de seracılık işletmelerinde çalışan bir işçinin saatlik ücreti, İspanya’dakinin sadece 1/3’ü

kadardır. Ayrıca Türkiye, jeotermal kaynaklar açısından zengin bir ülke konumundadır. Jeotermal kaynakların, çevreye zarar vermeden sera ısıtmasında kullanılması takdirinde sebze ihracatında İspanya'yı bile önüne geçilebileceği öngörülmektedir. Tüm bu avantajların yanı sıra, 2023 vizyonunda Türkiye'nin tarım sektörü için 50 milyar ABD Doları ihracat hedefi konduğu düşünüldüğü takdirde, sera işletmelerinin yaş sebze ve meyve üretimi ile bu hedefe ulaşmada önemli bir katkı sunmasının beklendiği de açıktır (Orta ve ileri teknolojiye sahip sera fizibilite-2017).

2.5. Bitkinin Su-Toprakla İlişkisi ve Bitkiler İçin Suyun Önemi

Su, tüm canlılarda olduğu gibi, bitkilerinde yaşamsal faaliyetleri sürdürebilmesi için en önemli temel ihtiyaçtır. Bitki yapısını oluşturan temel bileşendir. Bitki ağırlığının %60 ile %85'ini sudan oluşturmaktadır (Demirel, 2005)

Bitkiler, toprak bünyesinde bulunan esansiyel besin elementlerini ve mineralleri kökleri vasıtasıyla alıp ve yapraklara kadar iletirler. Bu süreçte su taşıyıcı akışkan görevi üstlenir. Ayrıca bitkilerde hücre aktivitesinin sürdürülebilmesi için, bitki bünyesinde bulunan suyun yeterli düzeyde olması, bu düzeyin sürdürülebilir şekilde korunması şarttır. Ancak bu şartlarda, bitki hücrelerinin gelişimi devam edebilir aksi halde gelişim durur (Sevgican vd 2000).

Bitki yapraklarında meydana gelen fotosentez olayının da temel yapıtaşlarından birisi sudur. Bu nedenle bitkilerin biyokimyasal ve fizyolojik olaylarını sürdürebilmeleri için, su mutlaka gerekli olan bir maddedir (Haroğlu, 2002).

2.6. Tarımda Suyun Önemi ve Sulama

Hem yeraltı su kaynaklarının hem de yüzey sularının temel kaynağı yağışlar olup, tarımsal ürün verimliliği için sadece yağış miktarının debisi değil aynı zamanda bu debinin mevsimsel dağılımı da önem arz etmektedir. Kurak ve yarı kurak olarak adlandırılan bölgelerdeki temel problem yağış debisinin azlığının yanı sıra, mevsimsel olarak yağış düzensizliği yaşanmasıdır. Bu sebeple, kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretim için sulama yapılması zorunlu hale gelmektedir. Bu bölgelerde sulama randımanı ve sulama tekniği ürün kalitesini ve verimliliğini en fazla etkileyen unsurdur.

Tekinel vd., (2000)'e göre sulama bitkilerin canlılığını sürdürebilmesi ve ürün verimliliğinin arttırabilmek amacıyla, bitkilerin ihtiyaç duyduğu en temel kaynak olan suyun, mevsimsel yağışlar ile karşılanamayan bölümünün bitkinin kök bölgesine verilmesi sürecidir. Cihan ve Acar (2016)'da benzer şekilde sulamayı yağışların bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu yeterli ölçüde karşılayamadığı şartlarda, gerekli suyun özel bir sistemle karşılanması olarak tanımlamışlardır. Sayın, (1993) ise daha teknik bir yaklaşımla, tarımsal sulamayı sulama yapılacak şebekenin niteliği ve suyun bitkiye ulaştırılma sistemlerini de içine alan bir kavram olarak değerlendirmiştir.

Bitkisel üretimde maksimum verim elde etmek için, toprak nem düzeyinin bitki yetiştirme dönemi boyunca optimal seviyede olması gereklidir. Transpirasyon ve buharlaşma gibi çevresel etmenler, bitkinin kök bölgesindeki suyun azalmasına yol açarak bitkilerin sürdürülebilir yaşamını zorlaştırır. Bu durumda, bitkilerin hem verimliliklerini arttırmak hem de canlılıklarını sürdürmek için doğal yağışlarla karşılanamayan su ihtiyacı, bitki kök bölgesine sulama yoluyla sağlanır (Cihan ve Acar, 2016). Bu bağlamda, sulama sistemlerinin ana hedefi, bitkilerin normal gelişimini sürdürebilmeleri için toprakta eksik olan suyun eklenmesini sağlamaktır (Demirel, 2005).

Bitkisel üretimin temel girdilerinden biri olan suyun eksikliği, bitkisel üretimi sınırlayan, verimi düşüren en önemli faktördür. Özellikle kurak ve yarı-kurak alanlarda tarımsal üretimi etkileyen en önemli faktör mevcut su kaynaklarının miktarı ve mevsimsel dağılımıdır (Tekinel vd., 2000). De Pascale ve ark. (2011)'da çalışmalarında, tarımsal üretimde üzerinde hassasiyetle durulması gereken konunun bitkilere sürekli ve randımanlı su temini olduğunun altını çizmişlerdir. Araştırmacılar “randımanlı sulamanın”, birim alandan elde edilen ürün verimini maksimize etmek amacı ile, birim alana verilmesi gereken su miktarı anlamına geldiğini vurgulamışlardır. Benzer şekilde, Shahnazari ve ark., (2007)'da çalışmalarında, tatlı su kaynak rezervinin sınırlı olduğunu ve su kaynaklarının yaklaşık olarak büyük (%75'lik) kısmının tarımsal sulama amacı ile kullanıldığını belirterek, tarımsal sulamanın daha akılcı yapılması gerektiğini, bu kapsamda maksimum ürün verimi almayı amaçlayan birim su miktarının belirlenmesi ve sulama programlarının oluşturulmasının gerekliliğini bildirmişlerdir.

Rockström (2003) ise çalışmasında, dünya genelinde, o günkü veriler ile yaklaşık 800 milyon insanın açlık yada kötü beslenme kaynaklı sağlık sorunları yaşadığını ifade etmiştir.

Mevcut problemin, toprak ve su kaynaklarının akılcı olarak yönetilememesinden kaynaklandığını, tarımsal sulamanın sürdürülebilir tarımsal üretimin elzem olduğunu öne sürmüştür. Sulama verimliliği ile ilgili yapılan çalışmaların gerçeğe en yakın şekilde yapılabilmesi için üretimi yapılan bitkilerin su ihtiyaçlarının belirli periyotlarla yada aylık olarak tespit edilmesi gerektiğini ifade eden Koç ve Güner (2005), su gereksiniminin bitki su tüketimi hesaplanması ile belirlenebileceğini vurgulamışlardır.

Dünya nüfusunun hızlı bir artış gösterdiği, nüfusun 2025’de 8 milyara, 2050 yılına gelindiğinde ise 9.15 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Bu artışa paralel olarak, mevcut nüfusun gıda gereksiniminin 2025 yılına kadar %60 artış göstereceği tahmin edilmektedir. Canlılığın sürdürülebilmesi için, öngörülen nüfus artışına paralel olarak, doğacak gıda ihtiyaç artışının da karşılanabilmesi amacıyla özellikle tarımsal üretimin artırılması gerekmektedir (Aküzüm ve ark. 1999).

Yapılan araştırmalar ve tahminler, artan gıda gereksinimine ilave olarak, nüfus artışının Dünyadaki su gereksinimini de artacağını ve temiz su kaynaklarının giderek azalacağını göstermektedir. 2030 yılından sonra Dünya genelinde su kıtlığı yaşanacağı ve bu durumun önemli su krizlerine neden olacağı öngörülmektedir (Özgüler, 1997).

Tarımsal sulama, küresel ölçekte tatlı su kaynaklarının en yoğun kullanıldığı sektördür. Dünya genelinde tarım yapılan alanların %19’u olan 280 milyon hektarlık bir alan tarımsal sulama ile kullanılmaktadır (Aküzüm ve ekibi, 1999). Tatlı su kaynaklarının yaklaşık %70’i tarımsal sulamada kullanılmaktadır (De Pascale ve ark., 2011; Yavuz ve ark., 2014; Acatay, 1996). Ancak, dünya çapında, içme suyu talebinin artmasıyla temiz su kaynaklarının tarımsal üretim için ayrılan payının azaldığı belirtilmektedir (Cai ve Rosegrant, 2003). Nüfus artışı, artan gıda ihtiyacı ve iklim değişikliği göz önüne alındığında, insan yaşamı için elzem olan en önemli doğal kaynağın su olduğu anlaşılmaktadır (Kim ve Kaluarachchi, 2015). Bu sebeple, tarıma ayrılan suyun daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılması giderek daha fazla önem taşımaktadır (Debaeke ve Aboudrare, 2004).

2.5.1. Türkiye’deki tarımsal sulama verileri ve su kaynaklarının genel durumu

Türkiye’nin sosyo-ekonomik açıdan gelişmesi ve kırsal bölgelerden şehirlere göçlerin azalması, tarımsal üretimdeki verimliliğin ve etkinliğin artmasına bağlıdır. Tarımsal

üretimdeki verimlilik artışıysa, tarım sektöründeki gelişmelerle ve tarımsal sulama verimliliği ile doğrudan ilişkilidir.

Ülkemizde, Doğu Karadeniz bölgesi haricindeki bölgeler, kurak ve yarı kurak iklim koşullarına sahiptir, bu sebeple tarımda sulama büyük bir öneme sahiptir. Tarımsal üretim, ülkemizde tohum, araç, yakıt, altyapı gibi oldukça maliyetli girdilerin bir sonucu olarak gerçekleşmektedir. Bu maliyetli girdilerin daha etkili bir şekilde kullanılması ve ürüne dönüşmesinde sulamanın kritik bir rolü bulunmaktadır. Sulama, sadece tarımsal üretimin sürekliliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bu pahalı girdilerin kuraklık nedeniyle zarar görmesini önleyen temel bir faktördür (Öğretir ve Beyribey, 1997, Çakmak 1999).

Türkiye, toplamda 28×10^6 hektarlık tarım arazisine sahip olup, bu arazinin 25.8×10^6 hektarı sulanabilir niteliktedir. 2015 yılı verilerine göre sulamaya açılan alan ise 5.9×10^6 hektardır. Tarım arazilerinin topografik özellikleri ve toprak yapısı göz önüne alındığında, %0-6 eğim grubundaki 13.5×10^6 hektarlık alanın %63'ünün teknik olarak basınçlı sulama yöntemleriyle sulanabileceği tahmin edilmektedir. Ancak ülkemizde sulamaya açılan tarım arazilerinin %75'inin yüzey sulama, %25'inin ise basınçlı sulama yöntemleriyle sulandığı bilinmektedir. Teknik olarak basınçlı sulamaya uygun tarım arazilerinde basınçlı sulama kullanılması, mevcut su kaynaklarının daha fazla alanlarda etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasına olanak tanıyabilir (Yıldırım, 1999). Bu nedenle, ülkemizde kullanılabilir suyun tarım sektöründeki yönetimi, sulama sistemlerinin tasarımı ve sulama planlaması için yeni stratejilerin geliştirilmesi ve uygulanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Smith, 2000; Malik vd, 2017).

Türkiye, 112×10^9 m³/yıllık su potansiyeline sahip olduğu ve mevcut su kaynaklarının içme ve kullanma, sulama ve sanayi ihtiyacını karşılamak için kullanıldığı bilinmektedir (Anonim, 2015). Mevcut sulama teknolojileri iyileştirilmediği takdirde, tarımda sulama amacı ile kullanılabilecek su kaynaklarının potansiyelinin sadece $8,6 \times 10$ sulanabileceği ön görülmektedir (Sönmez ve Benli, 1976).

Sonuç olarak, ihtiyaç duyulan/duyulacak olan tarım ürünlerinin üretiminde, mevcut temiz su kaynakları ve tarım yapılabilir arazilerin önemi büyük olduğu, ileri yıllarda ön görülen su ve gıda kıtlığı problemlerinin önüne geçmek, mevcut kriz senaryolarını yavaşlatmak için tarım arazileri ve suyun verimli kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır.

2.5.2. Sulama sistemleri

Suyun toprağa ve bitki kök bölgesine verilış şekli sulama sistemi olarak ifade etmektedir. Sulama sistemleri basit olarak iki temel başlıkta ele alınmaktadır. Bunlar; yüzey sulama (vahşi) ve basınçlı sulamadır. Tüm sulama sistemlerinin temel amacı aynıdır, bu da; sulama suyunda bitkinin maksimum düzeyde faydalanabilmesi için, verilen suyun bitki kök bölgesine homojen olarak dağılmasını sağlamaktır.

Yüzey sulama (Vahşi) yöntemleri

Su kaynağından tarlaya kadar çeşitli yöntemlerle getirilen suyun, araziye rastgele olarak dağıtıldığı sulama sistemi vahşi sulama sistemi yada yüzey sulama sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu sulamada sistemi ile yapılan sulamada, su hem tarla yüzeyinde ilerler hem de bitki kök bölgelerinde birikir ve toprak tarafından emilir.

Yüzey sulama yöntemi (Şekil 2.12), dört ana grupta incelenir: (i) salma sulama, (ii) karık sulama, (iii) tava sulama ve (iv) uzun tava sulama. En yaygın kullanılan metotlar karık ve tava sulamadır. Karık sulamada, tarlanın genel eğimine paralel veya eğime dik küçük kanallar veya arklar oluşturulur. Oluşturulan karıklar boyunca ilerleyen sulama suyu, toprak içine sızarak infiltrasyon sağlar ve bitkiler tarafından kullanılır. Tava sulamada ise sulanacak tarla parseli, toprak yığınlarıyla çevrilir ve eğimsiz tavalar oluşturulur. Tavalarda biriken su, zamanla toprak tarafından emilir ve bitkiler tarafından kullanılır (Altun, 2017).



Şekil 2.12. Vahşi sulama sistemi (karık sulama) (Anonim 2018)

Basınçlı sulama yöntemleri

Basınçlı sulama sistemleri, (i). damla sulama (ii). yağmurlama sulama sistemleri olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır.

Damla sulama sistemleri

Arındırılmış suyun veya su-gübre karışımının, kısa süren bir akış veya damlalar halinde toprak yüzeyine veya içerisine verildiği sulama sistemlerine “Damla sulama sistemleri” denir. Damla sulama sistemi, meyve ağaçları, sebze ve süs bitkisi yetiştiriciliği gibi sektörlerde kullanılabilmektedir. Ancak sığ köklü çim benzeri bitkilerin sulanmasında elverişli olmadığı bilinmektedir.

Damla sulama sistemi ile az ama sürekli bir sulama yapılabilir. Bitki kök bölgesi stabil ve optimum bir nem değerinde tutulabilmektedir. Damla sulama sistemleri, topraktaki hava ve su dengesinin korunmasına yardımcı olmakta, su tüketimini azaltmakta ve bitkinin gerek duyduğu suyu sürekli karşılayabilmeye olanak sağlamaktadır. Bu sayede, bitkinin su stresine girmemekte ve bitkisel ürün veriminde artış sağlanabilmektedir (Hook ve Kincheloe, 1991; Şimşek ve ark., 2003).

Damla sulama sisteminin mevcut avantajları maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir;
(i). Sulama suyu kök bölgesine verildiği için bitkinin sadece kök bölgesi ıslanmakta ve su kaybı neredeyse hiç olmamaktadır.

- Sulama yapılan bitkinin kök bölgesi genellikle gölge bir bölge olduğundan, buharlaşma ile su kaybı da yok denecek kadar az düzeydedir.
- Sulama suyu toprağa yavaş bir şekilde sağlandığı için, bitki oksijen dengesi de çok daha iyi sağlanabilmektedir.
- Bitki kök bölgesine yönelik sulama sayesinde yabancı ot oluşumu da minimize edilir. Damla sulama sistemine gerek duyulduğu takdirde yeni damlatıcılar eklenebilir bu nedenle esnek bir sistemdir, revizyona açıktır (Aşılhoğlu, 2005).
- Damla sulama sisteminin (Şekil 2.13) mevcut avantajları dışında birkaç dezavantajı da vardır, bunlar maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Kemirgenler başta olmak üzere ve diğer hayvanların zarar verebileceği sistemlerdir.
- Damlatıcı nozzıllarında tıkanma problemleri yaşanabilir, sürekli kontrol ve bakım gereksinimi vardır.
- Nozzılların sulama yaptığı bölgelerde tuz birikimi gözlemlenebilir



Şekil 2.13. Damla sulama sistemi (Anonim 2018)

Yağmurlama sulama sistemleri

Herhangi bir su kaynağından (kanal, nehir ve kuyu vb gibi) belirli bir basınçla alınan suyun, kapalı bir boru sistemi ile tarlaya kadar taşındığı, belirli bir basınç altında atmosfere damlacıklar halinde püskürtüldüğü, bu amaçla da yağmurlama başlıklarının kullanıldığı sulama tekniği “yağmurlama sulama sistemi” olarak bilinir (Kay, 1988). Yağmurlama sulama sisteminin randımanlı çalışabilmesi için (suyun borularla taşınıp püskürtülebilmesi için) bir basınç farkı gereklidir, bu nedenle su kaynağı ya yeterli bir yükseklikte olmalıdır ya da su dağıtımında pompa ve güç kaynağı üniteleri yer almalıdır.

Yağmurlama sulama sisteminin tarımsal sulamada tercih edilme sebepleri şunlardır;

- Sulama suyu kapalı borularla sulama ortamına taşındığından, su iletim kayıpları minimum düzeydedir.
- Kil oranı yüksek olan ağır bünyeli olarak adlandırılan topraklar hariç tüm toprak türlerinde yağmurlama sulama sistemlerinin performansı oldukça yüksektir.
- Sulama performansı, işletmecilik performansına paralel olarak yükselir. İyi bir işletmecilikle sulama randımanı çok yüksektir.
- Sulama suyun bitkiler arasında homojen olarak dağıtılabildiğinden, tarımsal verimlilik

yüksektir.

- Sulama suyunda askıda katı partiküller bulunsa dahi, yağmurlama sistemi başlıklarının tıkanma olasılığı düşüktür. Bu da sulama verimliliğini düşürmez.

Yağmurlama sulama sistemlerinin (Şekil 2.14) sulama verimliliğinin doğru pompa ve güç kaynağı, boru hatları ve yağmurlama başlıkları seçimine vb. çeşitli faktörlere bağlı olduğu bilinmektedir (Kay, 1988). Sulama verimliliğini arttırmak için, ifade edilen sistem parametrelerinin sulama sistemi kurulmadan önce özenle projelendirilmesi gerektiği ifade edilmektedir (Yavuz ve ark. 2014; Yavuz 2006).



Şekil 2.14.Yağmurlama sulama sistemi (Anonim 2018)

Pompa seçimi sulama suyunun temin edildiği kaynağa bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Su yüzeyi ile pompa arasındaki düşey uzaklık 8 m den daha düşük ise santrifüj pompa tercih edilirken; yeraltı sularından sulama suyu temin söz konusu olduğunda derin kuyu pompaları kullanılır.

Yağmurlama sulama sisteminde kullanılacak ana ve lateral boru çaplarının seçimi de ayrıca önem arz etmektedir. Boru çaplarının ölçüsü, sulama sistemi projelendirilirken bilgisayar teknolojisinden yararlanılarak hesaplanmalı ayrıca uzman kişilerden bilgi desteği sağlanmalıdır. Suyun ortalama akış hızı 2 m/s'den yüksek olmaması temel bilgisi unutulmamalı, akış hızı ifade edilen değerin üzerinde ise daha büyük çaplı borular kullanılmalıdır.

2.5.3. Modern fide seralarının sulama sistemleri ve önemi

Modern fide seraları kapalı seraları sınıfında yer alan ve oldukça fazla işletme bakımı gerektiren bir sera türüdür. İlk yatırım maliyetleri de oldukça yüksektir. Fakat fide yetiştirmeciliği doğru şekilde yapıldığı takdirde ilk yatırımcının maliyetini, çok hızlı sürede geri kazandırabilir niteliktedir. Bunun yanı sıra fide seralarının işletme bakımının diğer sera türlerine kıyasla daha fazla titizlik ve önem gerektirir. Fide seralarda suyun doğru şekilde randımanlı olarak verilmesi, fide gelişimi ve verimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

Fidelerin normal gelişmelerini sürdürebilmeleri için kökleri aracılığıyla suyu almaları, bu suyu en uç noktasına kadar iletmeleri gerekmektedir. Bu iletim esnasında, su ile beraber gerekli besin maddeleri de yapraklara kadar taşınmaktadır. Fide tarafından alınan su daha sonra terleme ile yapraklardan geri atılmaktadır, bu döngünün sürdürülebilmesi fide toprağının (topraksız tarımda ise kök ortamının) yeterli nem oranına sahip olması gerekmektedir (Sevgican ve ark., 2000).

İşçilik gerektiren, otomasyonsuz sulama sistemlerinde herhangi bir elektronik aksam kullanılmamaktadır, fide ya da ürün kalitesi, verimliliği tamamen çiftçinin tecrübesine, bilgi birikimine ve özenine bağlıdır. Otomasyonsuz sulama sisteminde elektronik sistemler kullanılmadığı için maliyet düşük, bu nedenle genellikle iklim değişikliğinden etkilenmeyen bölgelerde otomasyonsuz sulama sistemi tercih edilmektedir, ancak, bu sistemde yine de iklim koşullarına bağlı olarak hava durumu sürekli takibinin yapılması gerekmektedir.

Fide üretimde doğru tohum ve gübre kullanılsa dahi, yanlış sulama tekniği kullanılması verimin düşmesine, fidenin strese girmesine ve büyüme hızında düşüşe yol açmaktadır. Bu sebeple fide seralarında otomasyon destekli sulama sistemlerinin tasarımı ve kullanımının yaygınlaştırılması önem arz etmektedir.

Otomasyon destekli sulama sistemleri

Otomasyon sistemi daha genel bir yaklaşımla, sürekliliği olan belirli hizmet ve işlemlerin yürütülmesi amacıyla makine ve teçhizatlarına yazılım tabanlı bir programlama alt yapısı ile otomatik olarak işletildiği sistemlerdir. Daha basit bir yaklaşımla otomasyon, yapılacak olan

bir işin, insan ve makine arasında paylaşılmasıdır. Toplam işin bu iki paydaş arasında paylaşım yüzdesi ise otomasyon düzeyi olarak tanımlanmaktadır. İnsan gücünün, makina gücüne göre aktif olarak kullanıldığı sistemler yarı otomasyon sistemi, makine gücünün insan gücüne göre aktif olarak kullanıldığı sistemler ise tam otomasyon sistemi olarak isimlendirilir. Sulama otomasyon sistemleri temel olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar donanım ve yazılım'dır. Mikroişlemci veya PLC gibi bir denetleyici, Arduino Uno denetleyici, sensör, röle, kontaktör gibi elamanlardan oluşan kısım donanımı oluşturmaktadır. Kulumu yapılmış donanım parçalarının, etkin ve istenen sulamayı gerçekleştirme amacı ile sensörlerden gelen anlık ölçümü değerleri ile tanımlı optimum "set" değerlerini kıyaslayan, sulama sistemin çalışıp çalışmamasına karar veren kısım ise yazılım kısmıdır.

3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

3.1. Otomasyon Tabanlı Sulama ile İlgili Literatür Özetleri

Teknoloji alanındaki ilerlemeler, günümüzde birçok alanda olduğu gibi tarım sektörünün de hızlı bir şekilde ilerlemesine yol açmıştır. Artan nüfusa bağlı olarak, gıda ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla, tarımsal ürünlerinin üretilmesini kolaylaştırmak, ürün verimliliğini ve kalitesini arttırmak için yürütülen çalışmalara hız verilmiştir. Bu kapsamda tarımsal üretimde otomasyon tabanlı sulama sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılmasına yönelim artmıştır.

Aktivatörler ve özel sensörlerin kullanıldığı bir çalışmada Angelopoulos vd. (2011), WNS tabanlı sulama sistemi dizayn etmişlerdir. Akıllı sulama sistemi niteliğindeki bu tasarım toprağa yerleştirilen nem sensörlerinden aldığı dataları Java uygulaması ile değerlendirmekte, verilere göre sendroid vafler vasıtası ile sulamaya yön verilmektedir.

Agrawal ve Singhal (2015), Arduino ve Raspberry Pi kullanarak düşük maliyetli damla sulama sistemi geliştirmişlerdir. Tasarladıkları sulama sistemini ölçüm verileri ile devreye giren selenoid vanalar ile desteklemişlerdir. Geliştirdikleri sulama sisteminin gerek enerji gerekse su tasarrufu sağladığını bildirmişlerdir.

Başka bir araştırma grubu ise, iRain olarak adlandırdıkları tasarım sayesinde, doğal yağışların olması durumunda üç gün sulama yapılmasını otomatik olarak engelleyen, toprağın nem değerini XBee yardımı ile ağ ortamına aktaran bir otomasyon sistemi dizayn etmişlerdir (Caetano vd. 2014).

Abbas vd. (2014), 6 adet sensör düğüm noktası, 1 adet baz istasyonu, USB programlama kartı veri toplama kartı, radio modülü ve kablosuz sensör ağını kullanarak, bahçeler için akıllı sulama sistemi tasarlamışlardır. Bu sistemin ile yağışlı mevsimlerde aşırı sulamanın önüne geçilebileceğini bildirmişlerdir.

Bitkinin yapraklarına yerleştirdikleri elektrot yardımı ile bitkinin su seviyesini ölçmeyi başaran Sakaguchi vd. (2011), bu sayede topladıkları dataları bilgisayara aktarmışlardır.

Yaptıkları çalışma ile kapalı-ısısı sabit ortam şartlarında uyku moduna geçen bitkilerin sıvı miktarında bir değişim olmadığını ortaya koymuşlardır.

Başka bir çalışmada ise, bahçenin her noktasından sıcaklık ve ölçüm alan, ölçüm verilerini bulanık mantık yöntemi ile değerlendiren araştırmacılar (Al-Ali vd. 2015), Zigbee tabanlı ev bahçe sulama sistemi dizayn etmişlerdir.

Fidan ve Karasekreter (2011) ise, SMS kontrollü sulama otomasyon kontrol birimi (SKB) tasarlamışlardır. Kullanıcının gönderdiği SMS ile kontrol edilebilen ve doğal yağış olması durumunda sulama zamanını ayarlayarak kullanıcıya bilgi mesajı gönderebilen sistem, elektrik ve su sarfiyatında artışa yol açmıştır.

Uzaktan kontrollü otomatik sulama sistemi geliştirilmesine yönelik çalışmalar yürüten Çakır ve Çalış (2007), çalışmalarında PIC 16F877 mikro denetleyicisi kullanmışlardır. PSTN telefon hattı üzerinden otomatik olarak veya elle sulama yapmaya olanak sağlayan sistem, tetikleyici veri olarak toprak nemini kullanmaktadır. Geliştirilen uzaktan kontrollü sulama sistemi ile, su ve işçilik tasarrufu sağlandığı ifade edilmiştir.

Başka bir çalışmada ise, “Güneş Enerjisi ile Çalışan PLC’li Otomatik Sulama Sistemi” geliştirildiği bildirilmiştir (Al-Ali vd. 2001).

Abdullah ve ark (2016)’da raporladıkları çalışmalarında tarım için kullanılacak AgriSys adlı akıllı bir sistem tasarlanmışlardır. AgriSys’de hava sıcaklığı, hava nemi, toprak nemi, toprak pH değeri ve ışık sensörler ile ölçümler alındığı bildirilmiştir. Bu sistemde daha fazla ışığı engellemek için panjur ünitesi, daha az ışık için ise aydınlatma ünitesi kullanılmamıştır. Su ve besin ihtiyaçları için sulama sistemi devreye sokulmuştur. Sera ortamındaki bitkileri yüksek sıcaklıklardan korumak için soğutma ünitesi, düşük sıcaklıklar için ise ısıtma ünitesi dizayn edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada tasarlanan AgriSys sisteminin, sera ortamında su tasarrufu sağladığı ve tarımda kullanılan insan gücünü azalttığı vurgulanmıştır.

Bhosure ve ekibi (2016) tarafından yapılan araştırmada, bitkilerin etkili bir şekilde büyümesini sürdürebilmesi amacıyla sıcaklık, nem gibi çevresel parametrelerin sürekli olarak izlenmesi ve kontrol edilmesinin tarım bilimi veya sera sistemleri için önemli olduğu ifade edilmiştir. Bu doğrultuda, araştırmacılar, sera ortamından gelen anlık ölçüm

parametrelerinin LAN bağlantısıyla bilgisayar üzerinde toplandığı ve bu verilerin ethernet aracılığıyla web sayfasında sunulduğu bir tasarım geliştirmişlerdir. Arduino kullanılarak uzaktan cihazlara erişim ve kontrol sağlanmıştır. Sonuç olarak, geliştirilen sistemin düşük maliyetli ve esnek olduğu, oluşturulan web sayfası sayesinde fan ve nemlendirici değerlerinin gerçek zamanlı olarak kolayca takip edilebildiği vurgulanmıştır.

Kavianand ve ark (2016)'da tam otomatik bir sulama sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem GSM, ARM işlemcileri, toprak nem sensörü, toprak pH sensörü ve damla sulama sisteminden oluşmaktadır. Sulama sistemi kontrolü için Nandurkar ve ark (2014) çalışmalarında olduğu gibi bir solenoid valf kullanıldığı bildirilmiştir. Sulama sistemine toprak gübresi de ilave edilebildiği için, sulama sistemini kontrolünde sadece toprak nemi değil, toprak pH'ı da dikkate alınmıştır. Ayrıca çalışmada yağmurlama sulama sistemi ile su 36 tüketimi açısından sistem karşılaştırması yapılmıştır. Tasarlanan sistem daha az su tükettiği vurgulanmıştır. Tasarlanan sistemde insan gücüne ihtiyaç duyulmadığı ayrıca bildirilmiştir.

Li ve ark (2017)'de sensörler, yazılım teknolojisi ve bir web sitesi ile donanımın uzaktan yönetimini içeren farklı bir sistem tasarımı önerilmiştir. Bu sistemde sera iklimlendirmesi ve sulama esas alınmıştır. Serada hava sıcaklığı, hava nemi ve aydınlatmayı dengelemek için çeşitli tip sensörler ve ekipmanlar kullanılmıştır. Gerek duyulması halinde kullanıcının deneyimine ve kararına bağlı olarak, bazı sistem birimlerinin devre dışı bırakılabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca web sitesinde anlık sera durumu görüntülenebilir olduğu vurgulanmıştır.

Lomo (2016) tarafından yürütülen çalışma, kablosuz sensörlerin kullanılmasıyla sera kontrolünün gerçekleştirildiği ve bu sistemin popüler bir seçenek olduğu şeklinde ifade edilmiştir. Sıcaklık, bağıl nem, toprak nem ve ışık gibi koşulların uzaktan kontrolü sağlanmıştır. Arduino Mega 2560 R3, sistemde kontrol merkezi olarak kullanılmış, SHT-11 ve YL-69 ile sera içi koşullar izlenmiştir. Havalandırma, nemlendirme ve su pompası sensör verilerine göre uygun şartlara ulaşmak için kullanılmıştır. Ayrıca, kablosuz veri transferi ile uzaktan kontrol ve izleme imkanı sunulmuştur.

Mritunjay ve ekibi (2016), yaptıkları çalışmanın temel amacını unutkanlık veya eksiklik kaynaklı durumların önüne geçmek ve kişilerin bitki yetiştirme keyfini artırmak olarak

belirtmişlerdir. Saksı bitkilerinin sulanmasını ele alan çalışmada, yağmurlama sulama sistemi kullanılmış ve Arduino kartı programlanarak sistem, bitkilerin nem seviyesini algılayacak ve gerektiğinde su sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem, günlük iki sulama seansına programlanmıştır. Bu tasarım, kendi su ihtiyacını karşılayabilen ve ışık ihtiyacını suni ışıklandırma ile karşılayabilen bir şekilde geliştirilmiştir. Su deposunun boşalması durumunda kullanıcıya doldurmayı hatırlatan bir yazılım, kullanıcıya destek olacak şekilde tasarlanmıştır.

Patil ve ark (2016)'da sundukları çalışmalarında Arduino Uno kullanılarak tasarladıkları bir sulama sistemini tanıtmışlardır. Tasarlanan bu sistemde Arduino, Arduino uyumlu Ethernet shield ve Arduino uyumlu Motor shield kullanılmıştır. Genel olarak sistemde toprak nemi toprak nem sensörü ile ölçülmektedir. Ölçülen nem değeri Arduino tarafından değerlendirilmektedir. Eğer önceden belirlenmiş bir eşik değerinin altında ise servo motor çalıştırılmakta ve sulama başlatılmaktadır. Toprağın nem değeri eşik değerini aştığında ise servo motor kapatılmakta ve sulama bitirilmektedir. Tüm bu işlemler ve anlık nem değer bilgisi, Ethernet kalkanı aracılığıyla kullanıcıya sunulabilmektedir.

Priyatharshini ve ark (2015)'de ise farklı dalga boylarında ışık üreten ve ışık yayan diyotlu bir spektroskopi sensörü kullanılmıştır. Bu ışık kaynağından çıkan farklı dalga boylarındaki ışığın yaprak tarafından absorpsiyonu, her dalga boyundaki ışık için farklı foto diyotlarla izlenmiştir. Foto diyotlardan elde edilen veriler ile bitkinin azot ve potasyum ihtiyacı tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma verilerine göre, tarım arazisi üzerine kurulu ve yatay hareket edebilen sulama sistemi ile bitkiye potasyum ve azot temini sağlanmıştır.

Saini ve ark (2016)'da tek bir bitki için sadece su ve ışık miktarının kontrol edilebildiği bir sistem tasarlanmıştır. İfade edilen mini serada, toprak nemine bağlı sulama sistemi ve bitkinin fazla ışık almasını önleyen perde sistemi kullanılmıştır. Bu sistem ile, mini seranın kalitesinin artırılması, ve yeniden kullanılabilirlik gibi hedeflere ulaşıldığı bildirilmiştir

Seyhan (2015) tarafından geliştirilen sistem, seralardaki sıcaklık, bağıl nem, ve PAR gibi fiziksel büyüklüklerin izlenmesini ve bu verilerin GPRS üzerinden sunucuya kaydedilmesini sağlamaktadır. Seradaki sıcaklık, bağıl nem ve PAR değerleri GPRS ile internet ortamına aktarılmış ve değişiklikleri izlemek amacıyla grafiğe dönüştürülmüştür. Sistemde Arduino kontrol sistemi kullanılmış, elde edilen değerlerin kaydedilmesi ve kısa mesaj bildirim

başarısının oldukça yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Shirsath ve ekibi (2017), çalışmalarında sera otomasyon sistemi üzerinde odaklanmış ve kırsal alanlardaki çiftçilere, sera ortamının otomatik olarak izlenmesi ve kontrol edilmesinden sağlayacakları bir teknik yaklaşım sunmuşlardır. Bitki kalitesinin ve veriminin çevresel faktörlere bağlı olduğunu, bu faktörlerin sırasıyla sıcaklık, bağıl nem, aydınlatma, toprak nemi ve seradaki CO₂ miktarı olduğunu vurgulamışlardır. Arduino ile bir seranın uzaktan kontrolünün ele alındığı çalışmada hem Arduino hem de Nodemcu kullanılmış ve bir prototip kullanılarak bitki yetiştirme işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

3.2. Sulama Sistemi ile İlgili Literatür Özetleri

Sulama sisteminin tasarımsal özellikleri ve sulama suyunun miktarının suyunun arazi yüzeyine veya bitki kök bölgesine homojen dağılımını etkilediğini bildiren Wallach (1990) sulama sisteminin seçiminin önemini vurgulamıştır. Benzer şekilde, Allaire-Leung ve ark. (2001) da çalışmalarında sulama suyunun araziye eş dağılımının öneminde değinmiş ve suyun homojen dağılımı sağlandığı takdirde, bitki kök bölgesi derinine sızma kayıplarının ve azot'un kök bölgesi altına yıkanma oranının olmayacağını bildirmişlerdir.

Magar (1995), yaptığı çalışmada, vahşi sulama yöntemlerine kıyasla, damla sulama yöntemi ile, %60 su tasarrufu sağlanabileceğini ve ürün verimliliği de ise %30 artış 38 sağlanabileceğini gözlediklerini bildirmiştir. Ayrıca damla sulama metodu ile üretilen ürünlerin kalitesinin de daha yüksek olduğunu ifade etmiştir.

Topak (1996), çiftçilerin yağmurlama sulama sistemini tercih etmelerinin sebebini ortaya koyan çalışmada, yağmurlama sulamanın pratik olması, işçilik giderlerinin azaltması ve toprağı sıkıştırmaması nedeniyle tercih edildiğini ifade etmiş, yağmurlama sulamanın bitkisel verimi önemli oranda arttırdığını bildirmiştir.

Şimsek ve ark. (2003)'nın mısırın verim ve su tüketimi üzerine Şanlıurfa'da yaptıkları bir incelemede, iki farklı sulam sistemini değerlendirmişlerdir. Vahşi sulama ve damla sulama teknikleri ile dört farklı sulama aralığında (2, 4, 6 ve 8 gün) ürün sulaması yapılmış, su ve ürün verimi ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. En yüksek ürün verimliliğine, damla sulama sisteminde 4 günlük sulama periyodu ile (1368 kg/da), en düşük ürün verimine ise

karık sulama sisteminde 8 günlük sulama periyodun (959 kg/da) sonunda ulaşılmıştır. Denemenin ikinci yılında, damla sulama ile sulanan mısır bitkisinin mısır bitkisinin dane veriminin, vahşi sulamaya kıyasla %11,6 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde gerçekleştirilen çalışmalarda, Humphreys ve ark. (2005) Coleambally/Avustralya'da %14, Gençel ve ark. (2006) Harran'da %15-23, Nazirbay ve ark. (2005) Özbekistan'da, %1.5 ile 5.5 arasında dane verimine ulaşıldığını bildirmiştir.

Şimşek ve Gerçek (2005), mısır bitkisinin üretiminde sulama aralığının etkilerini incelemiştir. Dört farklı sulama Aralığında (2, 4, 6 ve 8 gün), su-verim ilişkisini ortaya koymuş ve verim tepki faktörünü (ky) hesaplamışlardır. En yüksek sulama suyu kullanım randımana ulaşmak için 4 günde bir sulama yapıldığını belirtmişlerdir. Verimlilik faktörünün ise 1.43-1.22 kg/m³ aralığında olduğunu rapor etmişlerdir.

Gençel ve ark. (2006), Harran'da mısır ürünü verimine damla sulamanın etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçları (tam sulamada 581 mm sulama ile 1192 kg/da dane verimi), daha önce aynı bölgede yapılan araştırma verileri ve karık sulama ile elde edilen önceki verilerle karşılaştırmışlardır. Damla sulamanın, karık sulamaya göre %50 su tasarrufu sağlayabileceğini ve dane veriminde ise %15-23 oranında artışa neden olduğunu vurgulamışlardır.

Meksika San Pedro'da üç farklı toprak derinliğinde toprak altı damla sulamanın silajlık mısırın verim parametrelerine etkisini araştıran Trejo ve ark. (2006), damlama sulama yönteminin karık sulamaya göre %28 tasarruf sağladığını ve yeşil ot verimini %5.2 oranında artırdığını belirtmişlerdir.

Yavuz (2006)'nın Çumra/Konya'da yürüttüğü çalışma sonucunda, havuç bitkisinin tarla üretimi için, elektrik motoru ile tahrik edilen düşey milli pompalı ve dalgıç pompalı yağmurlama sulama sistemlerinde, işletme basıncının 2.38 atm, sulama suyu akış debisinin 2.6 t/h, lateral boru çapının 75 mm, yağmurlama başlık ölçüsünün 12mx12m, yağmurlama başlığı meme çapının 4.5/4.8, olduğu durumda mevsimlik sulama sayısını 19-20 olacağı tespit edilmiştir.

Yavuz ve ark. (2014) Çumra/Konya ilçesinde yürüttükleri başka bir çalışmada, yağmurlama sulama sistemi ile sulanan havuç bitkisinin üretimindeki enerji tüketimini belirlemişlerdir.

Sonuç olarak, elektrik motoru ile tahrik edilen düşey milli pompalı yağmurlama sulama sistemi için elektrik tüketimi ve uygulanan su miktarını sırasıyla; 33.87 kwh/h, 110.91³ m³/h; dalgıç pompalı sistemi için ise 37.32 kwh/h, 119.07 m³/h olarak sunmuşlardır.

Birim alan başına ürün verimini arttırmak için, akılcı su yönetiminin büyük önem taşıdığını vurgulayan Quezada ve ark. (2011), çalışmalarında Şili’ de beş farklı sulama seviyesinde (%25 Epan, %50 Epan, %75 Epan, %100 Epan ve %125 Epan) damla sulama tekniği ile sulama havuç bitkisinde kök verimi üzerine su kullanım randımanının etkisini araştırmışlardır. 104 t/ha ile %100 Epan uygulaması ile kök veriminin en yüksek olduğu, 67 t/ha ile %25 Epan uygulaması ile de en düşük kök verimine ulaşıldığı bildirilmiştir. Sınırlı su rezervlerine sahip bölgelerde, sunulan verilerin dikkate alınmasının (akılcı sulama yöntemleri ile üretim yapılmasının), tarımda su yönetim performansını artıracağını belirtmişlerdir.

Havuç bitkisinin sulanmasında önceliğin yağmurlama sulama olduğunu belirten Seidazimova ve ark. (2016), çalışmasında ayrıca, yağmurlama sulama sistemiyle yüksek ve kaliteli bir havuç üretimi yapılabileceğini, ayrıca tarım arazilerinde kirlenmenin azalacağını vurgulamışlardır. Ludong (2008)’da çalışmasında benzer bir sonuca ulaşmıştır, havuç bitkisinin yağmurlama sulama tekniği ile sulanması durumunda ürün verimliliğinin arttığını bildirmiştir.

Arif ve Abbas (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Arduino tabanlı bir sera kontrol sistemi geliştirilmiştir. Kablosuz sensör ağı kullanılarak, sera için gereken sulama sistemini otomatik olarak kontrol etmişlerdir. Yaptıkları model ve sistem, uzaktan kontrol sunucu aracılığıyla yönetilebilir hale getirilmiştir. Bu, iş gücünü azaltmış ve uzaktan kontrol ve izleme imkanı sağlamıştır. Ayrıca, bu modelde toprak nemi, bağıl nem, sıcaklık, CO₂ ve ışık ölçümleri başarıyla gerçekleştirilmiş ve izlenmiştir.

Basnet ve arkadaşları (2016) tarafından vurgulanan bir konu ise sera otomasyon sistemlerinin daha düşük maliyetli olmasına rağmen yüksek verimli ürün üretimini desteklediğidir. Otomasyon sistemlerinde, koşulların optimumda tutulabildiği ve sistemin düzenli olarak optimum şartlara ulaşmak için tetiklendiği programlanmış sensörlerle üretimin daha verimli sürdürüldüğü belirtilmiştir. Sera içi otomasyon sistemi tasarımında üç önemli mikroklimatik parametre (nem seviyesi, sıcaklık ve ışık) dikkate alınmıştır.

Yaptıkları çalışmada bu üç parametrenin kontrolü için, sensör verileri izole edilmiş ve filtrelenmiş, ardından Arduino tarafından işlenmiştir. Sinyallerin dalga form analizi için LabView programı ve Fourier kullanılmıştır.

Belsare ve arkadaşları (2015) da, sıcaklık, toprak nemi, ışık yoğunluğu gibi çeşitli parametreleri izlemek için bir kontrolör sistemi tasarlamışlardır. Kontrol işlemi hem manuel hem de otomatik olarak gerçekleştirilmiş, mikroişlemciye bağlı bir merkezi sunucu tarafından sistem izlenmiş ve Android tabanlı bir cep telefonu kullanılmıştır. Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak 8051 mikro işlemcisi kullanılmış ve mikrodenetleyici çeşitli sensörlerle iletişim kurarak gerekli ortam şartlarının oluşturulmasını sağlamak için değerlendirilmiştir. Bu sayede sera içi şartların optimum düzeyde korunabildiği bildirilmiştir.

Enokela A ve Othoigbe O. (2015) çalışmalarında, mahsül verimini belirleyen mikroklimatik parametreleri sürekli olarak izleyip kontrol ederek seralarda daha fazla ürün elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Sera sistemi, bir bilgisayar programı ile kontrol edilen mikro denetleyici tarafından izlenmiş ve işletilmiştir. Arduino kullanılarak tasarlanan otomasyon sistemi, XBee (Modem) sayesinde uzaktan kontrol edilebilir nitelikte dizayn edilmiştir. Bu sistem, insan gücünün azaltılabileceği ve kırsal alandaki çiftçiler ile küçük ölçekli tarım işletmeleri için uygun olduğu öngörüsüyle sonuçlanmıştır.

Ersin'in (2015) geliştirdiği bir bitki sulama sistemine dayalı güneş enerjisiyle çalışan sistem, Arduino Uno tabanlı bir kontrol sistemini içermektedir. Bu çalışma, bitkinin optimal su miktarının belirlenmesini ve etkili bir şekilde karşılanmasını hedeflemektedir. Bitki türü, Lcd Shield üzerindeki düğmeler aracılığıyla Arduino'ya iletilmiş ve nem seviyesi belirlenmiştir. Arduino Uno tarafından nem seviyesi kontrol edilmiş, nem düştüğünde bitki sulanmadan önce Raspberry Pi ile fotoğraf çekilmiş ve kullanıcının e-postasına gönderilmiştir. Bitkinin sulaması, belirlenen nem seviyesine ulaşana kadar devam etmiştir. Sulama tamamlandığında, Raspberry Pi ile bitkinin sulanmış halinin fotoğrafı çekilip yetiştiricinin e-postasına gönderilmiştir. Çalışmada vurgulanan önemli bir nokta, kullanılan enerjinin tamamen güneş paneli aracılığıyla sağlanmasıdır.

Kopdra ve Martin (2016), Arduino mikrodenetleyici kullanarak akıllı sulama sistemi tasarımını gerçekleştirmiştir. Tasarımda Arduino Yun, gerçek zaman saati DS1302, iki nem

sensörü, röle ve selenoid valf kullanılmıştır. Mobil uygulama arayüzü, sulama sisteminin kontrolü için geliştirilmiştir. Mobil uygulama teknolojisi için Java programlama dili kullanılarak sulamanın uzaktan kontrolü sağlanmıştır. Bu sayede hem telefonlardan hem de tabletlerden kontrol edilebilmektedir.

Jun ve ark (2011)'de, hava nemini ve hava sıcaklığını kontrol eden bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde AT89C52 mikrodenetleyiciye kullanılmıştır. Tasarlanan bu sistemde hava nemi arttırıcı ekipman, hava nemi düşürücü ekipman, hava sıcaklığı arttırıcı ekipman ve hava sıcaklığı düşürücü ekipman gibi bazı ekipmanlarla hava sıcaklığı ve hava nem dengesi kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır. Ayrıca tasarlanan bu sistemde bir uyarı sistemi olduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak bu sistem seranın hava nemi ve hava sıcaklığı gereksinimlerini karşıladığı bildirilmiştir.

Li ve ark (2017)'de sensörler, yazılım teknolojisi ve bir web sitesi ile donanımın uzaktan yönetimini içeren farklı bir sistem tasarımı önerilmiştir. Bu sistemde sera iklimlendirmesi ve sulama esas alınmıştır. Serada hava sıcaklığı, hava nemi ve aydınlatmayı dengelemek için çeşitli tip sensörler ve ekipmanlar kullanılmıştır. Gerek duyulması halinde kullanıcının deneyimine ve kararına bağlı olarak, bazı sistem birimlerinin devre dışı bırakılabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca web sitesinde anlık sera durumu görüntülenebilir olduğu vurgulanmıştır.

Patel ve ark (2014) çalışmalarında toprak nem sensörü, hava nem sensörü ve hava sıcaklık sensörünü içeren bir izleme sistemi tanıtmışlardır. Bu sistemde sensörlerden ölçülen değerler kablosuz olarak mikrodenetleyici aracılığıyla ilgili birimlere (sulama, havalandırma vb.) aktarılabilmektedir. Ancak çalışmada ifade edilen bu ünitelerden sadece sulama sistemi denenmiştir. Tüm birimlerin birlikte uygulanmasının zorluğu nedeniyle diğer birimlerin testleri gerçekleştirilememiştir.

Patil ve ark (2016)'da sundukları çalışmalarında Arduino Uno kullanılarak tasarladıkları bir sulama sistemini tanıtmışlardır. Tasarlanan bu sistemde Arduino, Arduino uyumlu Ethernet shield ve Arduino uyumlu Motor shield kullanılmıştır. Genel olarak sistemde toprak nemi toprak nem sensörü ile ölçülmektedir. Ölçülen nem değeri Arduino tarafından değerlendirilmektedir. Eğer önceden belirlenmiş bir eşik değerinin altında ise servo motor çalıştırılmakta ve sulama başlatılmaktadır. Toprağın nem değeri eşik değerini aştığında ise

servo motor kapatılmakta ve sulama bitirilmektedir. Tüm bu işlemler ve anlık nem değeri bilgisi, Ethernet kalkanı aracılığıyla kullanıcıya sunulabilmektedir.

Priyatharshini ve ark (2015)'de ise farklı dalga boylarında ışık üreten ve ışık yayan diyotlu bir spektroskopi sensörü kullanılmıştır. Bu ışık kaynağından çıkan farklı dalga boylarındaki ışığın yaprak tarafından absorpsiyonu, her dalga boyundaki ışık için farklı foto diyotlarla izlenmiştir. Foto diyotlardan elde edilen veriler ile bitkinin azot ve potasyum ihtiyacı tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma verilerine göre, tarım arazisi üzerine kurulu ve yatay hareket edebilen sulama sistemi ile bitkiye potasyum ve azot temini sağlanmıştır.

Saini ve ark (2016)'da tek bir bitki için sadece su ve ışık miktarının kontrol edilebildiği bir sistem tasarlanmıştır. İfade edilen mini serada, toprak nemine bağlı sulama sistemi ve bitkinin fazla ışık almasını önleyen perde sistemi kullanılmıştır. Bu sistem ile, mini seranın kalitesinin artırılması, ve yeniden kullanılabilirlik gibi hedeflere ulaşıldığı bildirilmiştir.

Zhao ve ark. (2010)'da yürüttükleri çalışmada, modern seracılık işletmeleri için sıcaklık ve nem kontrolü sağlayan bir sistem önerisinde bulunmuşlardır. Sistem, nesnelerin interneti (IoT) sensörlerinden oluşmaktadır. sıcaklık ve nem ölçümleri üzerinde otomatik kontrol sağlayabilmektedir. Önerilen sistemin, bitki büyümesi için ideal ortamı sağladığı, kullanıcı dostu bir arayüze sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak yapılan çalışmada, sistemin bitki üzerindeki etkisi sayısal verilerle tartışılmamıştır.

3.3. Bitki-Su İlişkisi ve Tarımsal Sulama Gereksinimi ile İlgili Literatür Özetleri

Bitkilerin su gereksinimleri üzerine incelemeler yapan Allen ve ark. (1998), mevcut su gereksinimini, bitkilerin genetik faktörlerinin yanı sıra, çevresel faktörlerinde etkilediğini bu faktörlerden bazılarının; atmosfer nemi, bitki yoğunluğu ve yüzey örtme durumu, radyasyon, rüzgar, sıcaklık, toprak nem içeriği ve yetiştirme safhası olduğunu bildirmişlerdir.

Yarı-kurak tarım alanlarında su kaynaklarının tasarruflu kullanımına ilişkin tavsiyelerde bulunan Topak ve Acar (2010), mevcut su kaynaklarına göre bitki deseninin yeniden düzenlenmesi gerektiğinin, sulama verimliliği daha yüksek sulama sistemlerine geçilmesi gerektiğinin altını çizmişlerdir.

Yavuz ve ark. (2014) Çumra/Konya ilçesinde yürüttükleri başka bir çalışmada, yağmurlama sulama sistemi ile sulanan havuç bitkisinin üretimindeki enerji tüketimini belirlemişlerdir. Sonuç olarak, elektrik motoru ile tahrik edilen düşey milli pompalı yağmurlama sulama sistemi için elektrik tüketimi ve uygulanan su miktarını sırasıyla; 33.87 kWh/h, 110.91 m³/h; dalgıç pompalı sistemi için ise 37.32 kWh/h, 119.07 m³/h olarak sunmuşlardır.

Tarımsal sulamada karşılaşılan temel sorunları, hububat, şeker pancarı, mısır, yonca, kuru fasulye, ayçiçeği vb. bitkiler üzerinden Konya-Çumra ilçesinde araştıran Bah ve Acar (2017), çiftçilerin maliyetlerini yüksek bulduğunu vurgulamışlardır. Kıt su kaynaklarına sahip olan yarı kurak bölgelerde mevcut su kaynaklarına uygun bitki deseni seçimi yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Çerezlik kabağın ürün verimliliği üzerine Konya bölgesinde incelemeler yürüten Yavuz ve ark.(2017), araştırma sonucunda, sulamanın tam olarak gerçekleştirilemediği parsellerde, tam sulanan bölgelere nazaran çekirdek veriminin önemli oranda azaldığını (2.5 kat) bildirmişlerdir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Yeni tip raylı sulama sisteminin prototipi, Aytekin Group - AYS Proje A.Ş. bünyesindeki Mersin Fide serasında kurulmuştur. Mersin Fide serası, Çilek Mahallesi- Tırmıl Sanayi Bölgesi 63140 yerleşkesinde yer almaktadır. Şekil 4.1.'de Dünya haritası üzerinde Mersin-Fide Serası yerleşkesi ve seraya ait birkaç sunulmuştur.



Şekil 4. 1. Fide serasının yerleşkesi ve sera içi fotoğraflar

4.1. Sulama Sistemi Uygulamasının Kurulacağı Yer, Seçilme Sebebi, Temel Bilgiler

Türkiye'nin önde gelen işletmelerinden Aytekin Group, özellikle seracılık ve demir-çelik sektörlerinde faaliyet gösteren firmaların öncü temsilcisi konumundadır. Şirket, Hasan Aytekin tarafından 1968 yılında Mersin/Zeytinli Bahçe Caddesi'nde Aytekin Demir Doğrama atölyesi olarak kurulmuş ve başta demir doğrama ile kaynak işleriyle uğraşmıştır. 1982 yılında, profil imalatı ve sera malzemeleri üretimi ile sera sektörüne adım atmıştır. Şirketin ikinci kuşak lideri Bülent Aytekin, 1999 yılında firma yapılanmasını yenilemiştir. 2003 yılında, Aytekin Sera adı altında sera sektörüne odaklanarak güçlenme, kurumsallaşma, eğitim, büyüme ve üretimde hızlanma stratejilerini benimsemiştir. Aytekin

Sera, kısa sürede "Türkiye'nin Sera Üretim Merkezi" olma unvanını elde etmiştir.

Yeni fabrikada, 10,000 m²'lik bir üretim alanında boru ve sera ekipmanları üretimine başlanmış, 2008 yılında bu yapılanmanın meyveleri toplanmaya başlanmıştır. Aytekin Sera Sistemleri ve Ticaret A.Ş.'nin yanı sıra, tarım projeleri konusunda hizmet veren AYS Proje A.Ş. de kurulmuştur. AYS Proje, Topraksız Tarım Seraları, Topraklı Tarım Seraları, Polyclima Sera Projeleri, Fide Üretim Seraları, Süs Bitkisi Üretim Seraları, Muz Üretim Seraları ve Hayvan Barınakları gibi alanlarda anahtar teslim çözümler sunmaktadır.

Fide seracılığı, seracılık sektöründeki en hassas yapıların başında gelmektedir. Tecrübe, fide üretimi için projelendirme sürecinde son derece kritik bir faktördür. Projelendirme aşamasında, montaj ve fide üretimi sırasında ortaya çıkabilecek tüm detaylar düşünülmelidir. Esnek projelendirme ve üretim kabiliyeti, özel istek ve ihtiyaçları karşılayabilmelidir. Bu bağlamda, Aytekin Group - AYS Proje A.Ş., kendi patentleri ile ürettiği ürünlerle Türk tarımına çeşitli çözümler sunmaktadır.

Aytekin Group - AYS Proje A.Ş bünyesinde geliştirilen tüm sistemler, önce bilgisayar ortamında üç boyutlu tasarlanmakta, ardından sistem analizleri ve simülasyonları yapılabilmektedir. En ekonomik ve verimli çözümler geliştirmesi için faaliyetler sürdürmektedir. Bu nedenle, yeni tip raylı tip sulama sistemi dizaynı Aytekin Group - AYS Proje A.Ş. bünyesinde bulunan Mersin-Fide serasında gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında gerek duyulan alt yapı, malzeme ve teknik birikimlerinden yararlanılmış, uygulama serasında sulama sisteminin kurulumu gerçekleştirmiş, denemeleri yapılmış ve elde edilen verilerle sulama sistemi geliştirilmiştir.

4.2. Mersin Fide Serasının Bitki Çeşitliliği, Özellikleri ve Su İhtiyaçları

Raylı tip yeni sulama sisteminin kurulacağı, AYS Proje-Mersin Fide Serasında çeşitli sebzelerin fideleri yetiştirilebilmektedir. Mersin bölgesi çevre koşullarına adapte olabilen, pazarlanması da kolay olan, yaygın olarak yetiştirilen bitki fideleri; patlıcan (*Solanum melongena*), domates (*Solanum lycopersicum*), hıyar (*Cucumis sativus*)'dır.

Patlıcan (*Solanum melongena*), sıcak iklim bitkisi olarak bilinir. Patlıcanın büyüme ve gelişmesi için optimal sıcaklık değerleri 25-30 °C arasındadır. Bu bitki, yüksek sıcaklık ve

bağıl nem koşullarında genellikle vejetatif olarak gelişir. Patlıcanın sağlıklı bir şekilde büyümesi ve gelişmesi için tercihen organik madde açısından zengin, pH değeri 6-7 arasında olan, iyi drenajlı, verimli kumlu-tınlı toprakları tercih edilmelidir. Sulama miktarı ve sıklığı, hava koşulları, toprak yapısı, bitkinin gelişme dönemi ve çeşidin kök gelişimi ile kök derinliğinden etkilenir. Damla sulama yöntemi, bitkilere her sulama ile gübre sağlama konusunda büyük avantajlar sunar ve kök boğazının sulama suyu ile temasını önleyerek mantar hastalıklarının oluşumunu engeller. Ayrıca, su miktarı kadar sulama zamanının da önemi vardır, bu nedenle sulama suyu sabah saatlerinde verilmelidir. Gübre kullanımının niteliği ve yeterliliği, başarılı bir üretim için kritik öneme sahiptir, özellikle makro element gübre uygulamaları, patlıcanın vejetatif büyümesi, gelişmesi, verimi ve meyve kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

Domates, ılık ve sıcak iklimlere uygun bir sebzedir ve soğuğa karşı hassas bir yapıya sahiptir. Optimum büyüme sıcaklığı 22-26 °C arasındadır ve bu değerlerin altına düşmesi veya 35 °C'nin üzerine çıkması durumunda meyve tutumunda sorunlar yaşanabilir. Domatesin sera içinde yetiştirilmesi durumunda, oransal nemin %65-70 olması ve dölleme için nemin %70-80 olması önerilir. Işık, domates yetiştiriciliğinde önemli bir faktördür. Domates, genel olarak toprak tipine çok seçici değildir; ancak, derin, geçirgen, suyu iyi tutabilen ve tuz içermeyen toprakları tercih eder. pH değeri 5-7 (hafif asidik) olan topraklar en iyi sonuçları verir. Sulama, serada domates yetiştiriciliğinde önemli bir faktördür ve bitki meyveye yattığında az ancak sık sulama yapılmalı, meyve tutumundan itibaren su miktarı artırılmalıdır.

Hıyar, tundra dışındaki her türlü iklimde yetişen bir bitkidir ve bol suyu sever. Hıyarın yapısı, aşırı soğuklara ve sıcaklara karşı dayanıklıdır. Ancak, aşırı soğuklar verim kaybına ve donma belirtilerine yol açabilir. Yüksek sıcaklıklarda ise mantarsal hastalıkların artışı ve terleme gözlemlenebilir. Optimum yetiştirme sıcaklığı gece 15-18 °C, gündüz ise 20-25 °C arasındadır. Gübre kullanımı verimi artırabilir, ancak zirai ilaç kullanımından kaçınılmalıdır. Hıyar, %50'nin altındaki nem seviyelerini istemez ve nemli topraklarda en iyi şekilde yetişir. Toprak yapısı olarak tınlı-kumlu, kumlu-tınlı bünyeye sahip, derin, geçirgen, kireç içermeyen, organik maddece zengin ve pH değeri 5,5-7,5 (hafif asidik) olan toprakları tercih eder. Hıyarın kökleri yüzeye yakın olduğundan sulama sık ve azar azar yapılmalıdır.

Yukarıda temel gereksinimleri ve su ihtiyaçları sunulan bitkilerin, farklı sulama ve gübre

gereksinimleri dikkate çekmektedir. Bu durum, fideye odaklı sulama yapılması gerekliliğini doğurmakta, yeni tip sulama sistemi dizaynındaki amacın (fideye yönelik sulama/gübreleme yüksekliği, debisi, programı sağlaması) önemini kanıtlamaktadır.

4.3. Araştırma Serasının Toprak Özellikleri ve Önemi

Mersin Fide Serasında topraksız tarım tekniği ile fide üretimi gerçekleştirilmektedir.

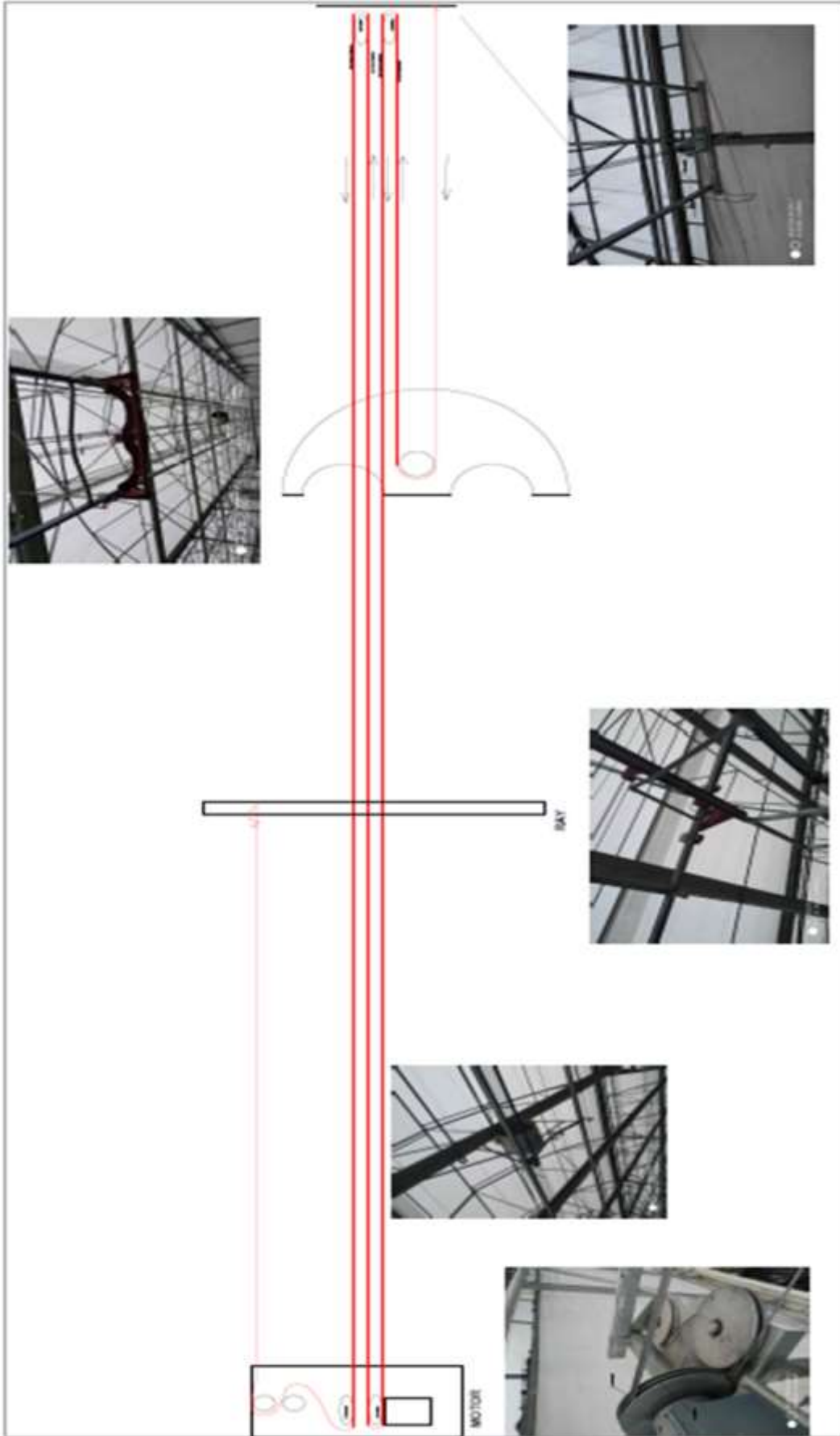
Bu nedenle, üretimi yapılan fide için toprak türü, yapısı, bileşimi, eser element ve makro element içeriği önem taşımamaktadır. Fide üretim esnasında en önemli parametreler, sulama miktarı, sulama sıklığı, sulamanın uygulanma şekli (basıncı, yüksekliği), gübreleme verimliliği vb'dir. Bu sebeple fide seralarında kaliteli ve verimli fide üretimi gerçekleştirebilmek amacıyla, randımanlı sulama/gübreleme yapabilmek yeni tip sulama sistemi dizaynının/kurulumunun yapılması amaçlanmıştır.

4.4. Yeni Tip Raylı Sulama Sisteminin Dizaynı

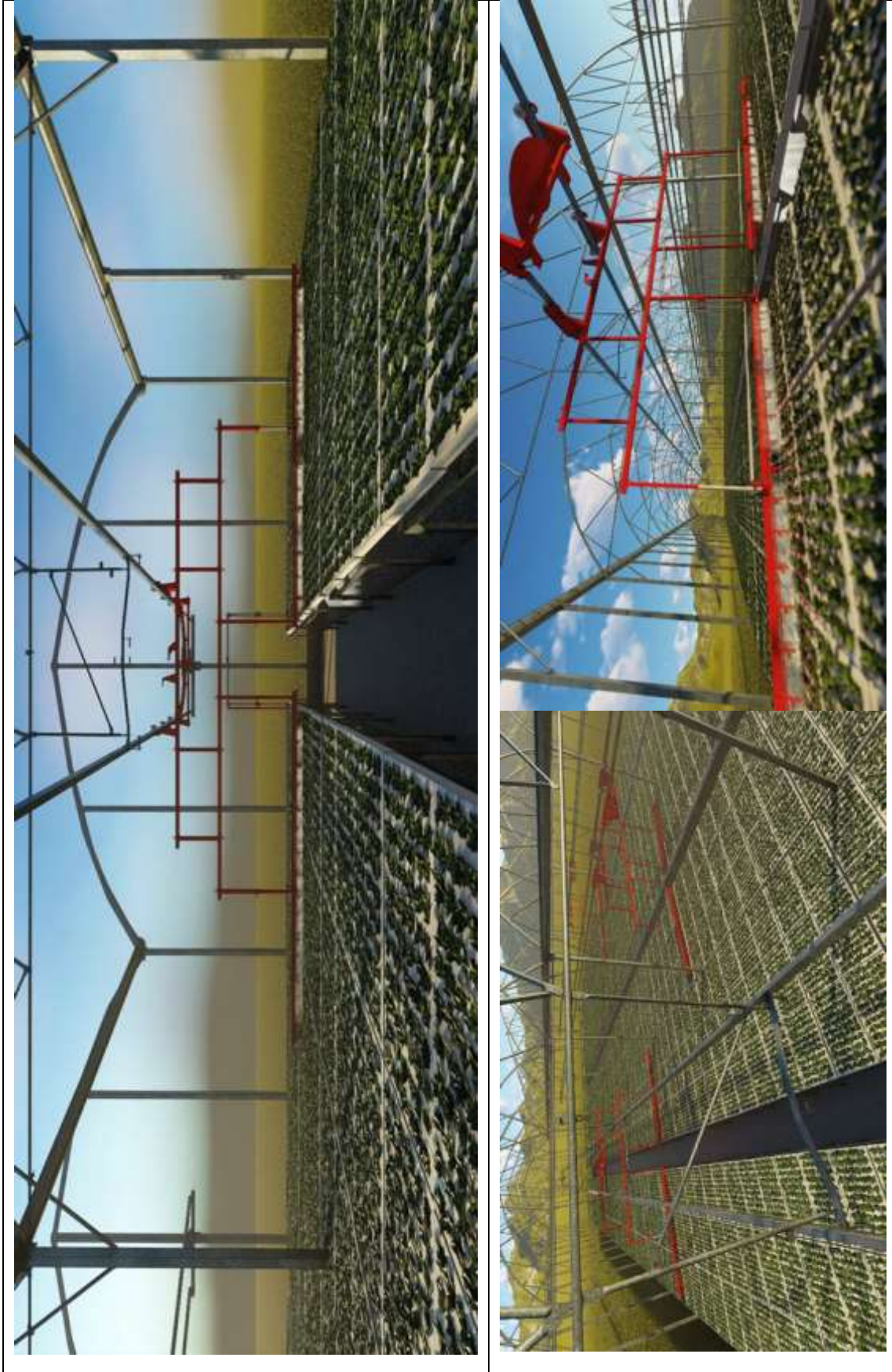
4.4.1. Raylı sulama sisteminin Autocad ve Lumion çizimleri

Yeni tip raylı sulama sistemi; fide üretim seralarında suyun fidelere verimli ve homojen dağılımını sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir. Yeni tip raylı sulama sisteminin çalışma prensibi, sera kafeslerine bağlanmış ray hattı üzerinde, sulama nozzlerinin bulunduğu bir tesisat takımının ve nozzlere suyu taşıyan hortum arabasının tünel boyunca, sera alanında bulunan redüktör ve çelik halatlar vasıtasıyla ileri-geri hareket ettirilerek en verimli sulama işleminin yapılması esasına dayanmaktadır.

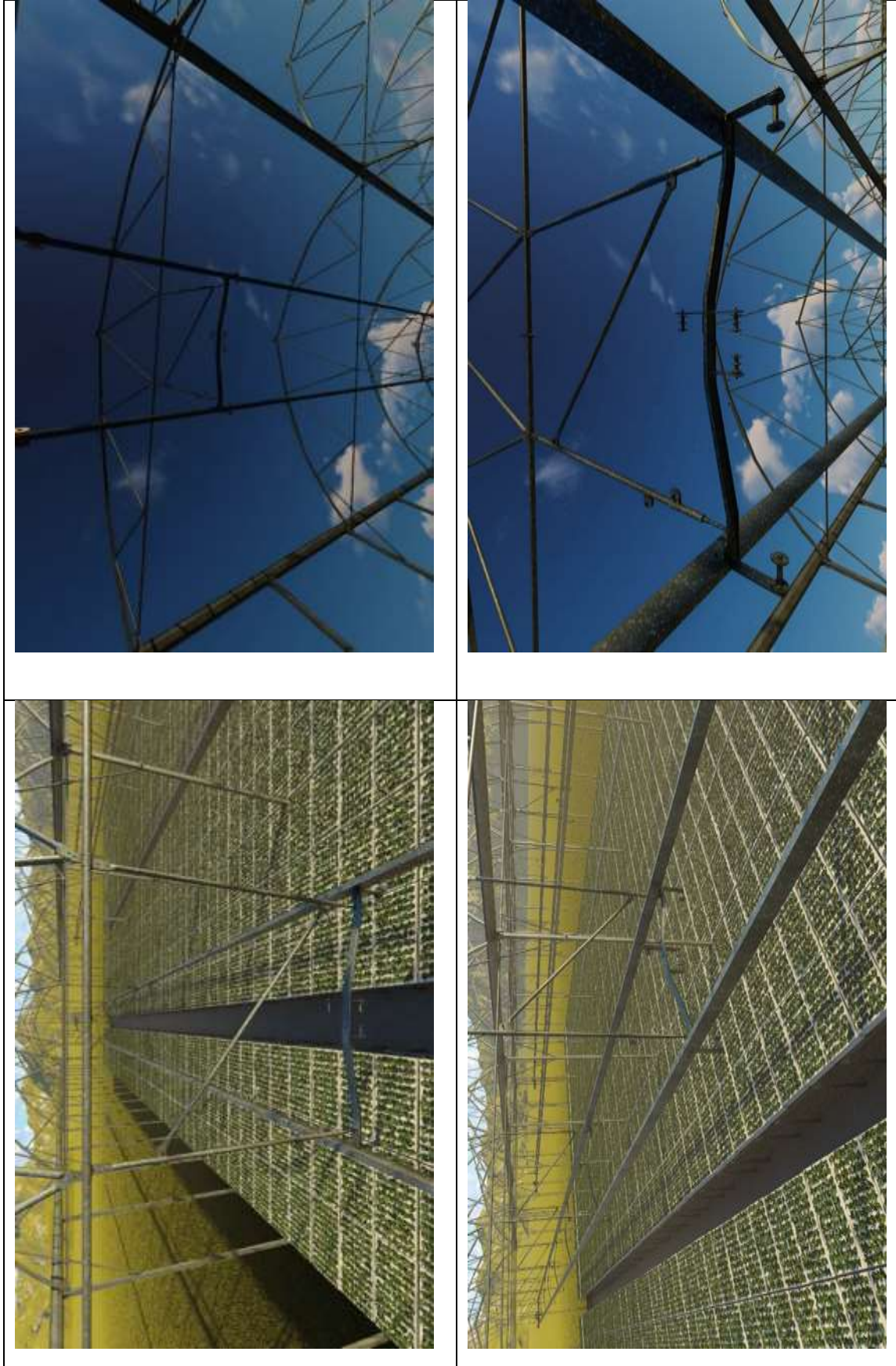
Şekil 4.2'de Yeni tip raylı sulama sisteminin Autocad çizimi sunulmuştur. Çizimde sulama sistemi bütün olarak görülmektedir. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de ise, Raylı sulama sisteminin, Lumion programı kullanılarak elde edilen genel görselleri sunulmuştur.



Şekil 4.2. Yeni tip raylı sulama sisteminin Autocad çizimi



Şekil 4.3. Raylı sulama sisteminin, Lumion programı kullanılarak elde edilen görselleri-1



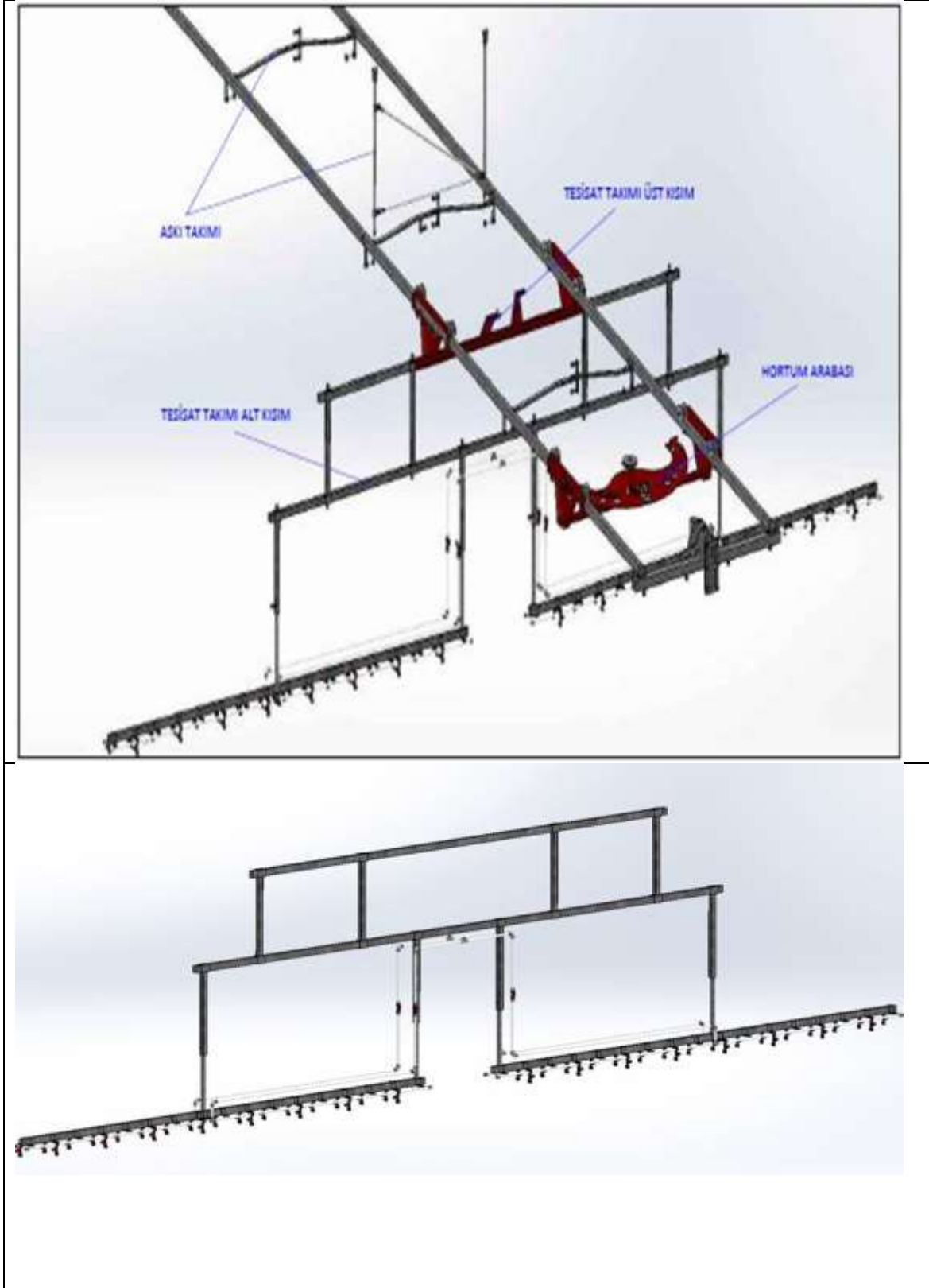
Şekil 4.4. Raylı sulama sisteminin, Lumion programı kullanılarak elde edilen görselleri-2

4.4.2. Raylı sulama sisteminin solidworks çizimleri

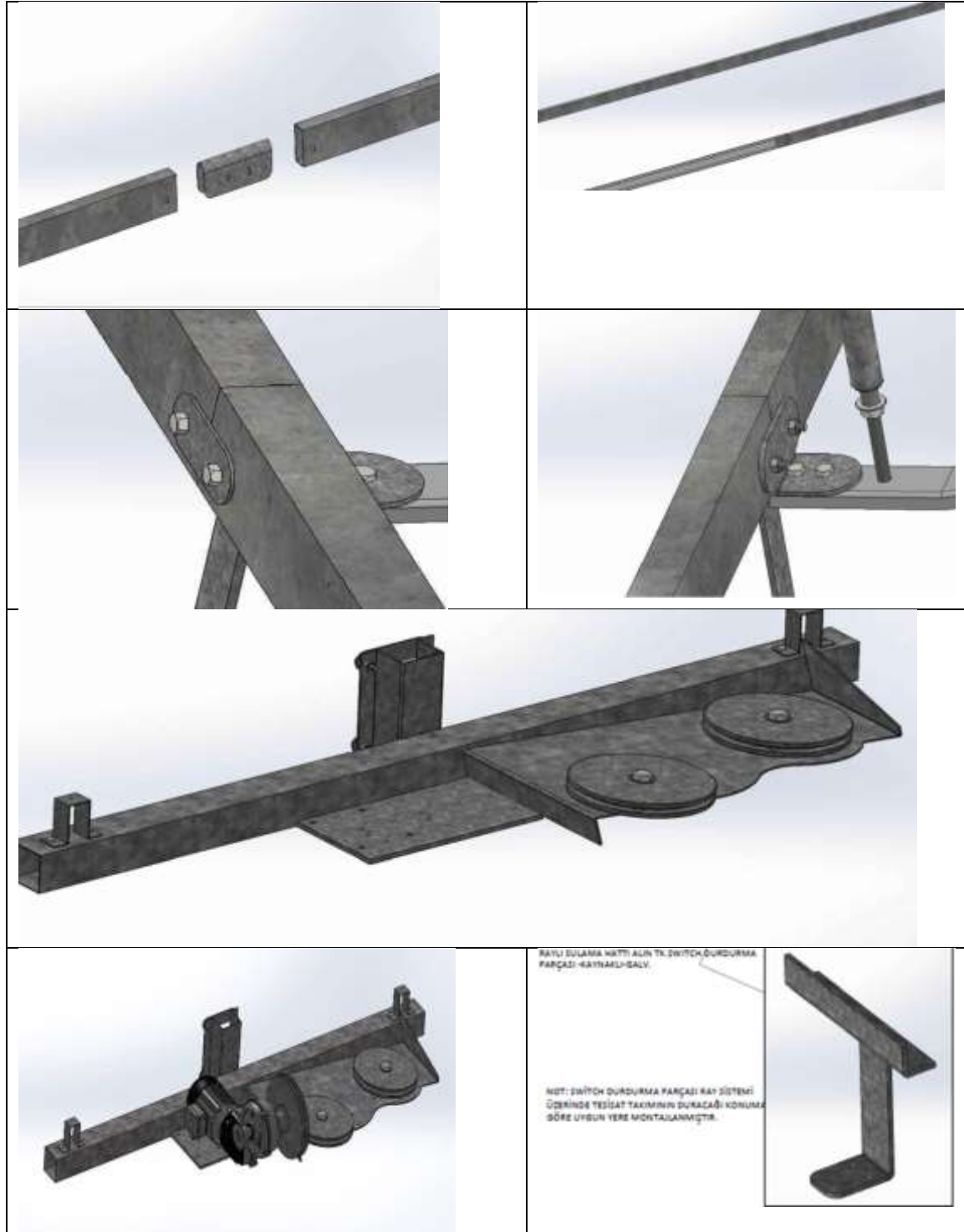
Fide seracılığı oldukça hassasiyet gerektiren bir tarımsal üretimdir. Sulama yapılırken sistem bir bütün olarak aynı hızda ilerleyip fide sehplarının her noktasına eşit miktarda su dağıtımı yapıldığından emin olunması gerekmektedir. Bu nedenle sistem üzerinde kullanılacak ray hattı, raylı sulama sisteminin hareketindeki en önemli ekipmanlardan biridir. Sulama sisteminin fizibil şekilde çalışmasına olanak sağlayabilmesi için sulama hattı galvanizli malzemeden üretilmiştir. Bu aşamada ray hattının, galvanizli boru profil, kutu profil ve D profil olmak üzere 3 farklı tip profil malzemesi ile üretilmesi düşünülmüş, ancak hem ray hattı hareket titreşimini minimize etmek, hem de maliyet düşürmek amacıyla imalatta kutu profil seçilmiştir. Kutu profilinin seçiminde; mukavemet, tedarik edilebilirlik, sera üzerindeki yük miktarı da özenle dikkate alınmıştır.

Ray hattı olarak 40x80x2 mm profil seçilmiştir. Bu ölçülendirme, Raylı sulama sisteminin sera içi ergonomik yapısı, mukavemeti ve kolay ulaşılabilirliği yönünden tercih edilmiştir. Raylı sulama sisteminin Solidworks genel akım şeması Şekil 4.5’de verilmiştir.

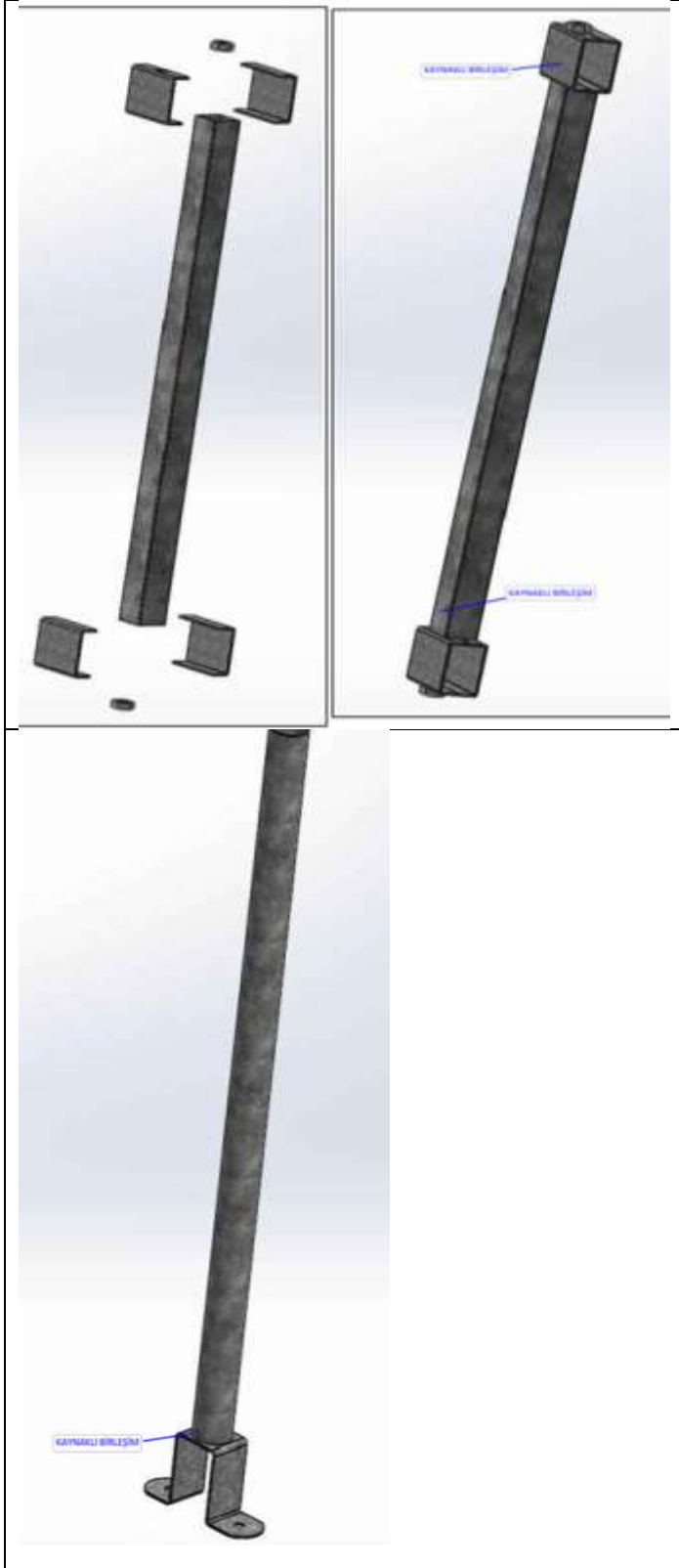
Raylı sulama sistemlerinin temel parçaların Solidworks çizimleri Şekil 4.6 ila Şekil 4.10 arasındaki sistematik olarak sunulmuştur. Şekil 4. 6.’da ray sistemi detayları ve alın takımı redüktörü, Şekil 4.7’de tesisat alt takımı, Şekil 4. 8’de tesisat üst takımı, Şekil 4.9’da askı takımı ve Şekil 4.10’da hortum arabasına ilişkin detaylı çizimler sunulmuştur.



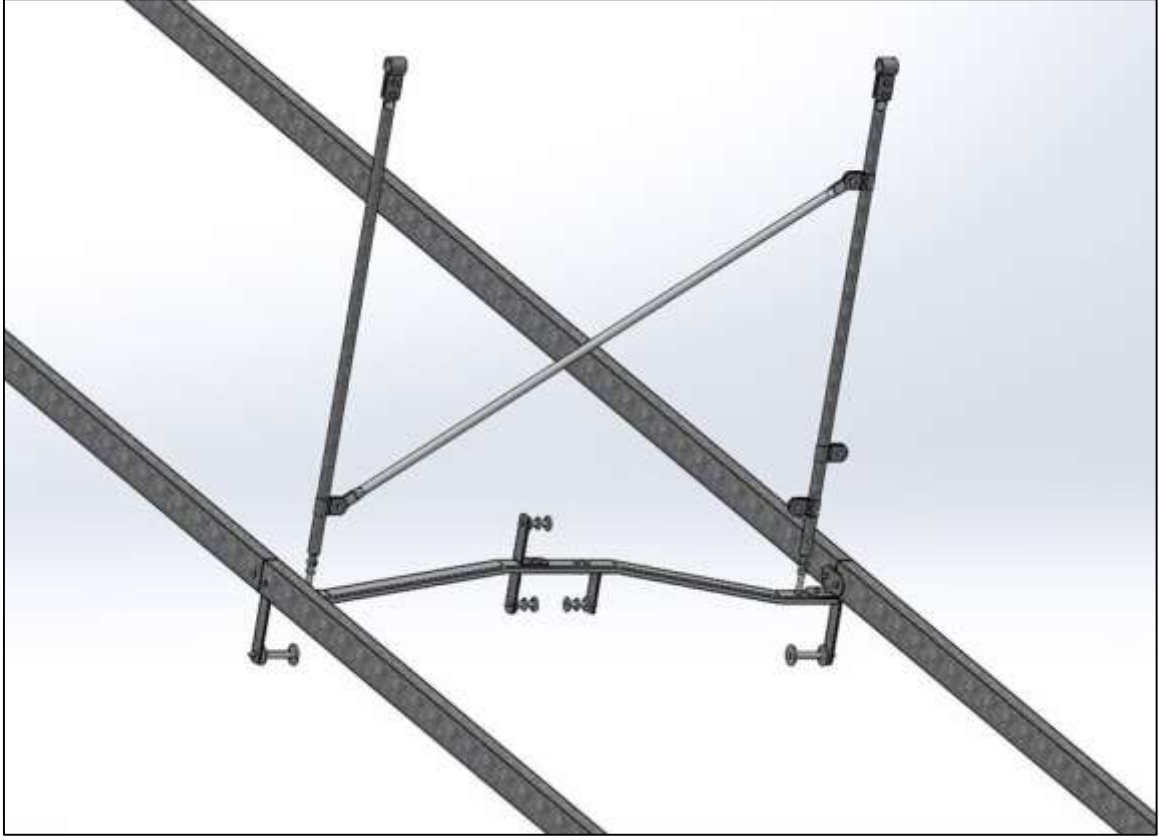
Şekil 4.5. Raylı sulama sisteminin genel şeması



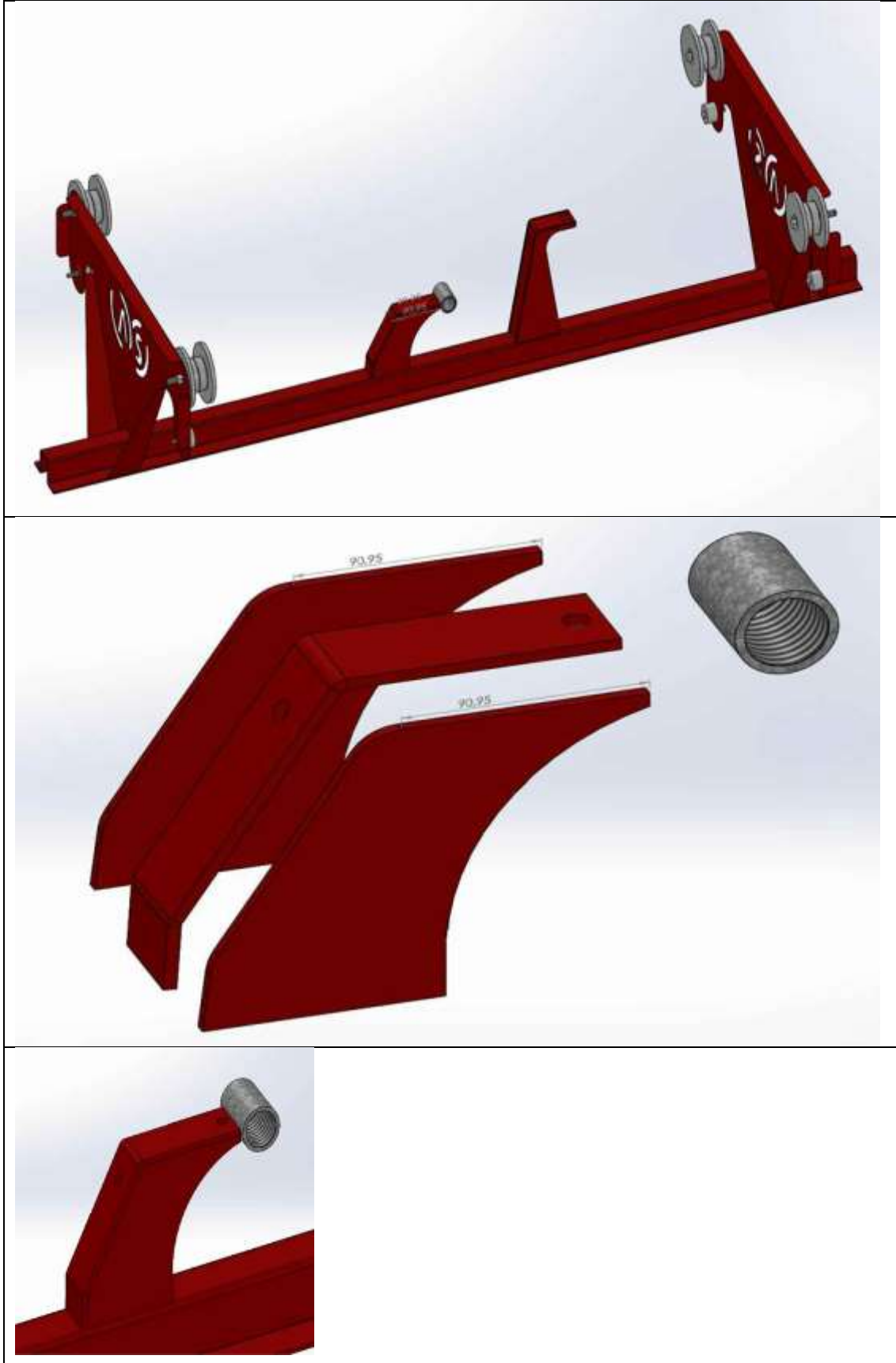
Şekil 4. 6. Ray hattının solidworks çizimleri-Ray sistemi detay



Şekil 4.7. Ray hattının solidworks çizimleri-Tesisat alt takımı



Şekil 4.8. Ray hattının solidworks çizimleri –Askı takımı

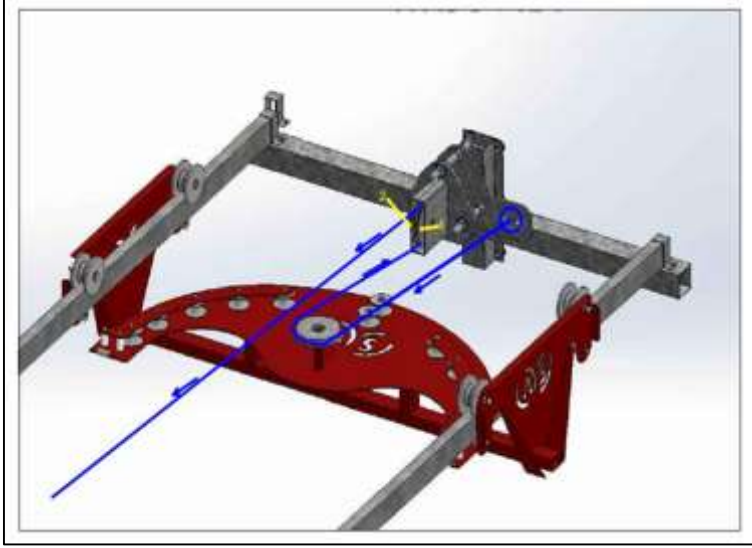


Şekil 4.9. Ray hattının solidworks çizimleri –Tesisat üst takımı



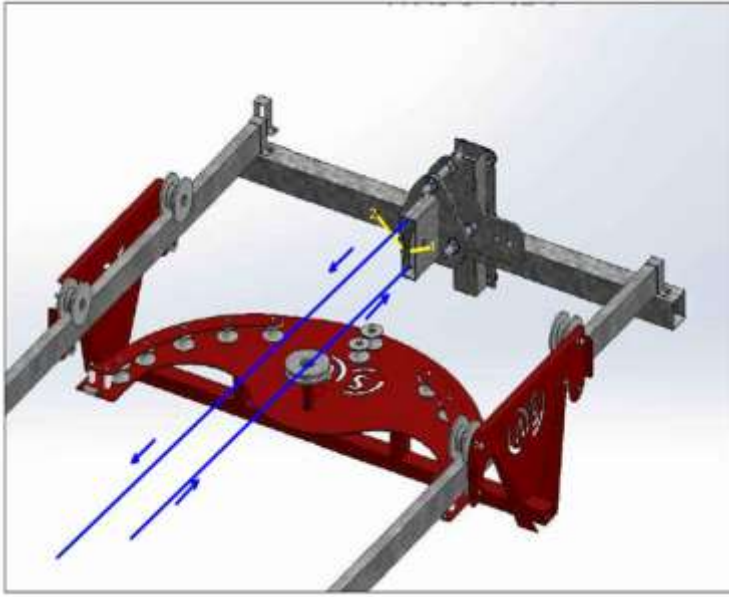
Şekil 4.10. Ray hattının solidworks çizimleri –Hortum arabası

4.5. Yeni Tip Raylı Sulama Sisteminin Montajı

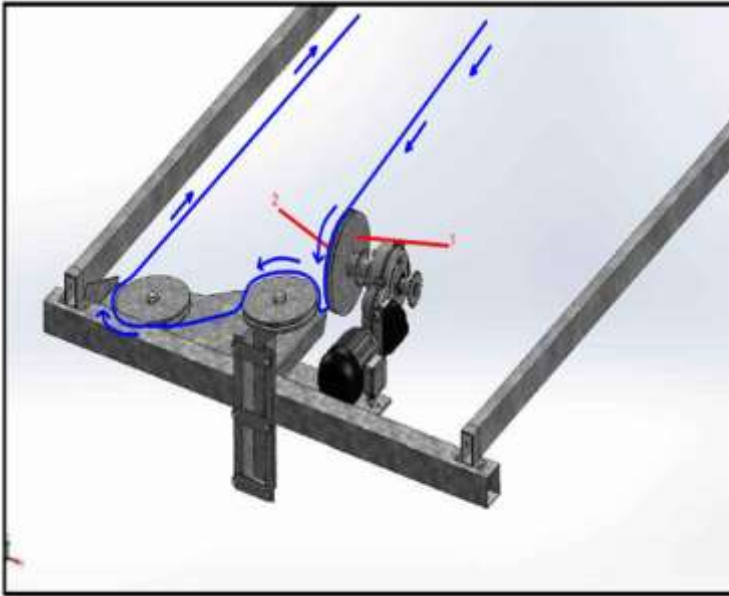


Şekil 4.11. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-1

Şekil 4.11-Şekil 4.16’da sulama sisteminin montaj aşamalarına ilişkin çizimler verilmiş ve montaj sürecine ilişkin teknik bilgiler paylaşılmıştır. Montaj başlangıcında, 6 mm çapındaki halat, 3 numara ile gösterilen delikten geçirilerek hortum arabasındaki (4 numara ile gösterilen) kasnağa sarılır, ardından redüktörsüz alında bulunan çift kanallı kasnağın 1 numaralı kanalının altından kasnağın üzerine sarılır. 3 numaralı bölümden geçirilen halat, klemens ile sıkıştırılır ancak tamamen montajı yapılmaz. Halat çekme işlemi bittikten sonra tamamen sıkıştırma işlemi gerçekleştirilir. Şekil 4.11’de gösterilen halat, redüktörlü alına kadar çekiler, Şekil 4.12’de verilen çift kanallı kasnağın 1 numaralı kanalının üzerinden geçirilip altından sarılma işlemine devam edilir.

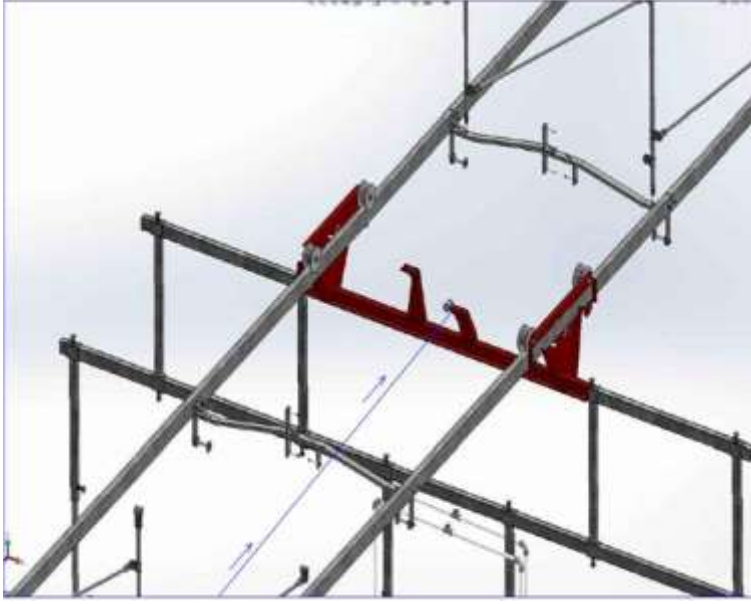


Şekil 4.14. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-4



Şekil 4.15. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-5

2 numaralı kasnak kanalının altından üstüne doğru sarılan halat, redüktörlü alına doğru çekilir, Şekil 4.14’de gösterilen redüktörlü alında bulunan 2 numaralı kasnak kanalının üzerinden geçirilip, Şekil 4.15’deki gibi yatayda bulunan kasnaklara sarılır. Redüktörlü alındaki yatay kasnaklara sarılıp tesisat arabasına kadar çekilen halat, tesisat arabası üzerinden klemenslenerek bağlanır (Şekil 4.16). Ve bütün klemensler tamamen montajlanarak halat çekme işlemi tamamlanır. Şekil 4.11’deki redüktörsüz alanda halatın ilk geçirildiği delik, halat çekme işlemi tamamlandıktan sonra, klemens ile sıkıştırılır.



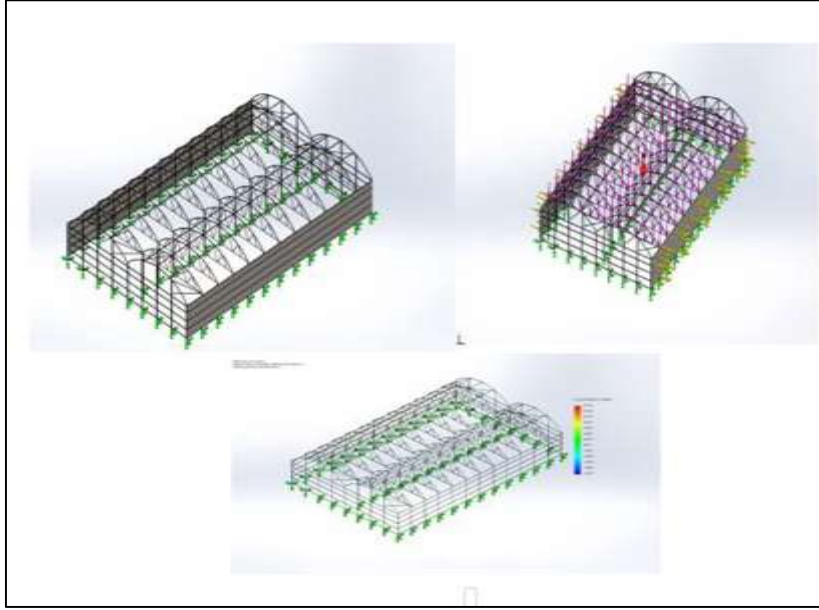
Şekil 4.16. Yeni tip raylı sulama sisteminin montaj aşaması-6

Üretimi gerçekleştirilen ve Şekil 4.11-4.16’da ifade edildiği gibi montajlanan yeni tip raylı sulama sisteminin basınç dayanımının yüksektir. Uygulanan su basıncı karşısında tesisat takımının stabil halini korumaktadır, ilaçlama ve sulamanın aynı anda yapılabilmesine de imkan vermektedir. Yani eş zamanlı sulama ve ilaçlama yapılabilmektedir. Sistem üzerinde hem sulama, hem ilaçlama için basınç göstergesi ve emniyet vanası bulunmaktadır.

Tünelin uzunluğuna göre ana hattın tasarımı yapılmıştır. Tesisat takımı üzerine çift nozzle sistemi monte edilmiştir. Yüksek basınçlarda çalışmaya olanak sağlayan tiplerdeki nozzler bu amaçla kullanılmıştır. Kutu profillerden tasarlanan tesisat takımına uygun şekilde monte edilen nozzler, sera tünel genişliği ve fide sehparlarının boyuna göre ayarlanabilir özelliktedir. Yani fide türüne ve verilecek ilaç miktarına göre su debisi ve nozzlar arasındaki mesafenin değişiklik gösterebileceği ön görülmektedir ve buna uygun seçim yapılması planlanmaktadır.

Sistem, tünel boyunca alındaki redüktör ve korozyona dirençli mukavemeti yüksek çelik halatlar ile hareket ettirilmektedir. Nozzlara giden suyun ise hortum arabasına bağlı, plastik esaslı borular ile iletilmesi sağlanmaktadır. Sulama sistemi kontrolü frekans invertörlü motor-redüktör üzerinden yapılmaktadır. Bu kontrol sisteminin seçilme amacı, hassas sulama ve gübreleme gerektiren durumda, motor üzerindeki frekans değişikliği ile motora bağlı rayın yetiştiricinin belirlediği hızda tünel boyunca hareket etmesine, ihtiyaca uygun

sulama ve gübreleme yapabilmesine olanak sunmasıdır.



Şekil 4.17. Modern bir seraya ait 3 boyutlu tasarıma Yük analizi

Uyguladığımız malzeme kullanmakta olduğumuz St 37 olup malzeme özellikleri yukarıdaki listede gösterilmiştir. Yükleme sonucunda oluşan basıncın maks. 72 Mpa olduğu görülmektedir. Malzemeler için elastik deformasyon sınırı olan (güvenlik sınırı) akma dayanımı St37 için 235 Mpa dır. Bizim değerlerimizin 235 Mpa dan küçük olduğu ve güvenli sınırlar içinde olduğu görülmektedir.

Standart		Kalite		Çekme Dayanımı	Akma Dayanımı		Uzama
					0-16 mm	16-40 mm	%
				M Pa	M Pa	M Pa	%
DIN 2448-1629	EN 10216-1	St. 37,0	P 235 T1	350-480	min. 235	min. 225	25
DIN 2448-1629	EN 10216-1	St. 44,0	P 265 T1	420-550	min. 275	min. 265	21
DIN 2448-1629	EN 10216-1	St. 52,0	P 355 N	500-650	min. 355	min. 345	21
DIN 17175-79	EN 10216-2	St. 35,8	P 335 GH	360-480	min. 235	min. 225	25
DIN 17175-79	EN 10216-2	St. 45,8	P 265 GH	410-530	min. 255	min. 245	21
DIN 17175-79	EN 10216-2	15 Mo 3	16 Mo 3	450-600	min. 270	min. 270	22
DIN 17175-79	EN 10216-2	10 CrMo 910	10 CrMo 9-10	450-600	min. 280	min. 280	20
DIN 17175-79	EN 10216-2	13 CrMo 44	13 CrMo 4-5	440-590	min. 290	min. 290	22
DIN 17175-79	EN 10216-2	14 Mo V 63	14 Mo V 6-3	460-610	min. 320	min. 320	20
ASTMA 106		Gr A		min. 330	min. 205	min. 205	35
ASTMA 106		Gr B		min. 415	min. 240	min. 240	30
ASTMA 106		Gr C		min. 485	min. 275	min. 275	30
API 5 L		Gr A		min. 331	min. 207	min. 207	
API 5 L		Gr B		min. 413	min. 241	min. 241	
API 5 L		X 42		min. 413	min. 289	min. 289	
API 5 L		X 52		min. 455	min. 358	min. 358	
API 5 L		X 60		min. 517	min. 413	min. 413	
API 5 CT		H 40		min. 414	276-552	276-552	
API 5 CT		J 55		min. 517	379-552	379-552	
API 5 CT		K 55		min. 655	379-552	379-552	
API 5 CT		N 80			552-758	552-758	
DIN 2391-94	EN 10305-1	St. 35	E 235	340-470	min. 235	min. 235	25
DIN 2391-94	EN 10305-1	St. 45	E 265	440-570	min. 255	min. 255	21
DIN 2391-94	EN 10305-1	St. 52	E 355	490-630	min. 355	min. 355	22

Şekil 4.18. Modern bir seraya ait 3 boyutlu tasarıma ait yük analiz sonuçları

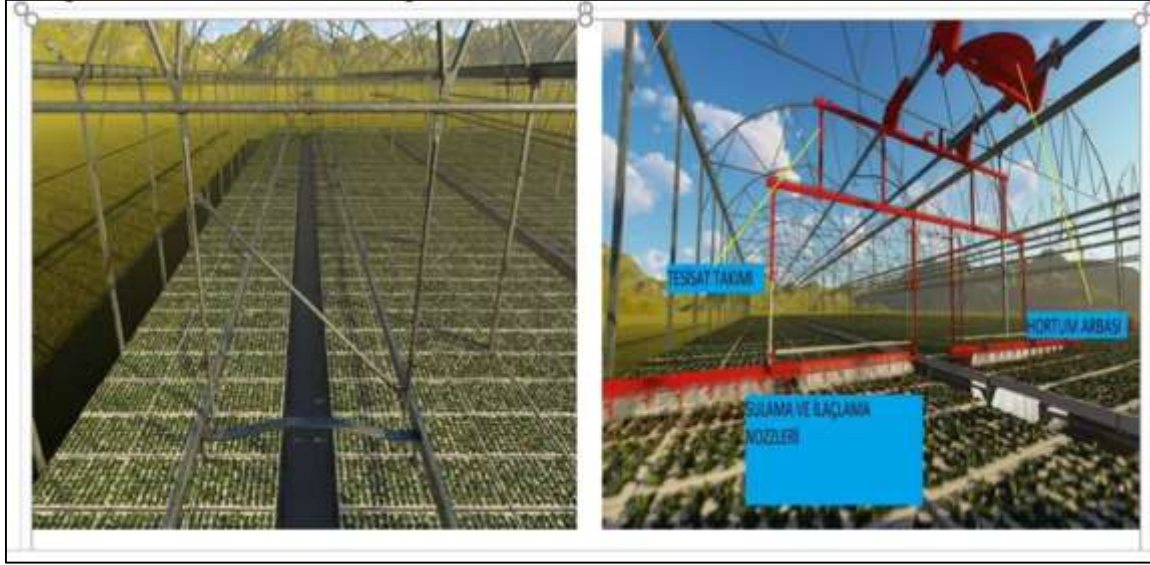
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Fide seralarında kullanılan eski tip yağmurlama sulama sistemine ilişkin görseller Şekil 5.1’de, dizayn edilen, kurumu gerçekleştirilen ve yukarıda sistem özellikleri anlatılan raylı sulama sistemine ilişkin görseller ise Şekil 5.2’de sunulmuştur.

Daha önceki dönemlerde tasarlanan eski tip yağmurlama sulama sisteminde, halat kullanılmaksızın sadece raylar üzerinde su hortumlarının hareketi ile sulama işlemi gerçekleştirilmekteydi. Yeni tasarladığımız sistemin en önemli farkı, çelik halatlar kullanılarak çekme–itme işlemi yapılıyor olmasıdır. Bu sayede seranın tünel uzunluğunun sadece yarısı kadar hortum ihtiyacı olmaktadır. Şekil 5.1 incelendiğinde, eski tip sulama sisteminde, tesisat takımının hortum karmaşası, sera içi kalabalık ortam dikkat çekmektedir. Yeni tip raylı sulama sistemi (Şekil 5.2) ile sera içi faydalı boş alanda artış sağlandığı göze çarpmaktadır.



Şekil 5.1. Eski tip sulama sistemi



Şekil 5.2. Yeni tip raylı sulama sistemi 3 Boyutlu görünümü



Şekil 5.3. Yeni tip raylı sulama sistemi gerçek görünümü

Tez kapsamında yürütülen literatür çalışmaları sonucunda dizayn edilen ve kurulumu gerçekleştirilen yeni tip raylı sulama sisteminin ileriki yıllarda uluslararası düzeyde ön görülen su ve gıda darboğazının aşılmasına destek olacağı ön görülmektedir.

Tez çalışması ve yapılan testler sonucunda aşağıda sunulan çizelgedeki çıktılarına ulaşılmıştır.

Çizelge 5.1. Tasarımı Yapılan Sistemin değişken Ray hareket hızına bağlı değerler değişim çizelgesi

İşlem Numar ası	SABİT		SABİT		SABİT		DEĞİŞKENLER		ELDE EDİLEN VERİLER		ELDE EDİLEN VERİLER		ELDE EDİLEN VERİLER	
	Birim Nozzle Akışı / Birim		Toplam Sistem Akışı / Birim		Baınç Değeri / Birim		Ray Hareket Hızı/Birim		Titreşim Şiddeti /Birim		Sulama Oranı / Birim		Sulanan Alan / Birim	
10	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,180	m/s	72-80	Hz	1,190	L/s	1,73	m ² /s
9	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,162	m/s	64-72	Hz	1,309	L/s	1,56	m ² /s
8	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,144	m/s	56-64	Hz	1,428	L/s	1,38	m ² /s
7	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,126	m/s	48-56	Hz	1,666	L/s	1,21	m ² /s
6	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,108	m/s	40-48	Hz	1,785	L/s	1,04	m ² /s
5	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,090	m/s	32-40	Hz	1,904	L/s	0,86	m ² /s
4	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,072	m/s	24-32	Hz	2,023	L/s	0,52	m ² /s
3	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,054	m/s	16-24	Hz	2,142	L/s	0,00	m ² /s
2	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,036	m/s	8-16	Hz	2,261	L/s	35,00	m ² /s
1	0,035	L/s	1,190	L/s	2,5	Pa	0,018	m/s	0-8	Hz	2,380	L/s	0,17	m ² /s

- Yeni tip raylı sulama sistemi ile fidelerin otomasyona bağlı sulama ve/veya ilaçlaması sağlanabilmektedir. Fide türüne göre sulama parametreleri (ayarlanabilir basınç ve yükseklik) ayarlanabilmektedir.
- Sera bakım maliyetleri ciddi oranda düşüş sağlanmıştır.
- Yeni tip raylı sulama sistemi ile mevcut su tüketimi azaltılmıştır.
- Sulama suyunun tüm sera alanına eşit ve verimli şekilde dağıtılması sağlanabilmektedir.
- Oluşturulan otomasyon sistemi sayesinde belirlenen/istenilen saat aralıklarında otomatik sulama gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede işçilik maliyeti minimize edilmiştir.
- Sera ortamında fidelerin serinletilmesi, neminin artırılması gibi ani müdahale gerektiren durumlarda, sistem otomatik olarak aktif hale getirilebilmekte ve istenilen ortam koşulu kısa süre içerisinde sağlanabilmektedir.
- Raylı sulama sisteminin düzenli kullanıma geçirilmesi ile, %60-70' oranında su
- Tasarrufu sağlanabileceği ön görülmektedir.
- Eski tip sulama sisteminde tünel uzunluğunun 4 katı kadar hortum kullanıldığı
- Düşünüldüğünde, sera içerisinde oluşan, kalabalık hortum yığınlarının, karmaşanın önüne geçilmiştir. Ayrıca sarf malzemesi (hortum) maliyeti de ortadan kaldırılmıştır.
- Eski tip sulama sistemde ilaçlama yapılırken oluşan basınç nedeniyle, tesisat takımının hareketi esnasında önemli düzeyde sarsıntılar meydana gelmekte, bu sebeple optimum ilaçlama yapılamadığı bilinmekteydi. Yeni dizayn edilen raylı sulama sistemi ile sarsıntılar minimize edilebildiğinden sulamanın yanı sıra, aynı anda elverişli bir ilaçlama da yapılabilmekte, zamansal tasarruf da sağlanabilmektedir.
- Yeni sulama sisteminin fidelerin homojen ve verimli sulama ilaçlama yapılabilmesine

olarak sağladığı için, fide kalitesi ve verimliliğinde artışa yol açacağı, sistemin en önemli sonuçlardan biridir.

- Kritik Titreşim Hız Değeri 94 -101 hz arasındadır.
- Sulama sisteminin fizibil şekilde çalışmasına olanak sağlayabilmesi için galvanizli malzemedan üretilmesi,
- Mukavemet, tedarik edilebilirlik, sera üzerindeki yük miktarı ve değişken basınç oranlarına göre hız değişimi dikkate alınarak, hem rayhareketi titreşimini hem de maliyet minimize edebilmek için kutu profil kullanılması,
- Tesisat takımına uygun şekilde monte edilecek nozzların, sera tünel genişliği ve fide sehplarının boyuna göre ayarlanabilir olması,
- Çift nozzle sistemi kullanılmasına imkan sağlaması
- Bitki türüne ve verilecek ilaç miktarına göre su debisi ve nozzlar arasındaki mesafenin değişiklik gösterebileceği düşünölüp buna uygun seçim yapılması,
- Sistemin, tünel boyunca alındaki redüktör ve korozyona dirençli mukavemeti yüksek çelik halatlar ile hareket ettirilmesi,
- Nozzlara giden suyun hortum arabasına bağı, plastik esaslı borular ile iletilmesi,
- Sulama sistemi kontrolünün frekans invertörlü motor-redüktör üzerinden yapılması'dır

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.
- Abdullah, A., Al Enazi, S., Damaj, I. (2016, March). *AgriSys: A smart and ubiquitous controlled-environment agriculture system*. In 2016 3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC) (1-6). IEEE.
- Acatay S.T. (1996). *Sulama Mühendisliği*, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Vakfı Basım ve Yayın Merkezi, 598.
- Agrawal, N., Singhal, S. (2015, May). *Smart drip irrigation system using raspberry pi and arduino*. In International Conference on Computing, Communication & Automation (928-932). IEEE.
- Aküzüm, T., Çakmak, B. ve Benli, B. (1999). *Yirmibirinci Yüzyılda Dünyada Su Sorunu*. 7.Kültürteknik Kongresi, 8-16, Nevşehir.
- 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., Al-Mardini, M., Radder, S., Zualkernan, I. A. (2015, February). *ZigBee-based irrigation system for home gardens*. In 2015 International Conference on Communications, Signal Processing, and their Applications (ICCSPA'15) 1-5, IEEE.
- Allaire-Leung, S. E., Wu, L., Mitchell, J. P. ve Sanden, B. L., (2001). Nitrate leaching and soil nitrate content as affected by irrigation uniformity in a carrot field. *Agricultural Water Management*, 48: 37-50.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, 300(9), D05109.
- Altunbaş Y., (2018). *Bitki Su İhtiyacına Göre Uzaktan Kontrollü Bahçe Sulama Sistemi*, Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.
- Angelopoulos, C. M., Nikolettseas, S., Theofanopoulos, G. C. (2011, October). *A smart system for garden watering using wireless sensor networks*. In Proceedings of the 9th ACM international symposium on Mobility management and wireless Access, 167-170.
- Arif, K. I., ve Abbas, H. F. (2015). Design and implementation a smart greenhouse. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 4(8), 335-347.

- 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.
- Apaydın, T. (2015, 3 Mart). *Seracılık Yatırımı*. Elazığ: Fırat Kalkınma Ajansı,
- Aydoğan, T. (1997). *Uzman Sistemler İle Sera Kontrolü*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Ankara.
- Altun M., (2017). *Mısrıda Farklı Sulama Sistemlerinin Kullanımında Etkili Olan Faktörlerin Belirlenmesi Ve Ekonomik Analizi: Şanlıurfa İli Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Bah, A. ve Acar, B., (2017). Analysis of water use in irrigation for Konya-Çumra province of Turkey. *World Journal of Innovative Research*, 2 (1), 14-17.
- Basnet, B., Lee, I., Noh, M., Chun, H., Jaffari, A., Bang, J. (2016). An smart greenhouse automation system applying moving average algorithm. 65(10), 1755-1760.
- Baytorun A.N. (1995). *Seralar*. Adana: Ç.Ü. Ziraat Fak. Yayın No:110.
- Baytorun, A. N. (2016). *Seralar. Sera tipleri, donanımı ve iklimlendirmesi*. Ankara: Nobel Yayın evi 415.
- Belsare, R., Deshmukh, K., Patil, M., Hattarge, A. M. (2014). Smart green house automation. *International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET)*, 5(12), 78-81
- Bhosure, A., Mayur, B. ve Sharma, R., (2016). Web Based Greenhouse Environment Monitoring and Controlling System using Arduino Platform, *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS)*, 2(2), 41-49
- Brassoulis, D., Aristopoulou, A., Bonora, M., Verlodt, I., (2004). Degradation Characterisation of Agricultural Low-density Polyethylene Films. *Biosystems Engineering*, 88(2), 131-143.
- Brassoulis, D., Waaijenberg, J., Gratraud, B Von Elsner, (1997). Mechanical Properties of Covering Materials for Greenhouses, part II: Quality Assesment. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67, 171–217.
- Caetano, F., Pitarma, R., Reis, P. (2014, June). *Intelligent management of urban garden irrigation*. In 2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (1-6). IEEE.
- Cai, X. M., and Rosegrant, M. W. (2003). World water productivity: current situation and future options. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*, 163-178.
- Cihan, İ. ve Acar, B., (2016). Performance of Ova water user association, *World Journal of Innovative Research*, 1(2), 25-28.

- Çakır, A., ve Çalış, H. (2007). Uzaktan Kontrollü Otomatik Sulama Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 258-261.
- Çakmak, B. (1999). *Sulama yönetimi*. Ankara: Türk Ziraat Yüksek Mühendisleri Birliği ve Vakfı Yayını, 25-27.
- Debaeke, P., Aboudrare, A. (2004). Adaptation of crop management to water-limited environments. *European Journal of Agronomy*, 21(4), 433-446.
- 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.
- De Pascale, S., Dalla Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G., Maggio, A. (2011). Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. *HortTechnology*, 21(3), 301-308.
- Doğan Ç., (2018). *Isı Korumalı Modern Seralarda Üretici Koşullarında Toplam Isı Gereksinim Katsayısının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dukes, M. D., Simonne, E. H., Davis, W. E., Studstill, D. W., and Hochmuth, R. (2003, May). *Effect of sensor-based high frequency irrigation on bell pepper yield and water use*. In Proceedings of 2nd International Conference on Irrigation and Drainage, May (12-15).
- Eltez R.Z. ve Günay A. (1998). *Bakırçay'da Seracılık*, Bergama: Bergama Ticaret Odası Yayınları, İmaj Reklam.
- Enokela, J. A., Othoigbe, T. O. (2015). An automated greenhouse control system using Arduino prototyping platform. *Australian Journal of Engineering Research*, 1(1), 64-73.
- Emeksiz, F., Albayrak, M., Güneş, E., Özçelik, A., Özer, O. O., ve Taşdan, K. (2005). *Türkiye'de tarımsal ürünlerin pazarlama kanalları ve araçlarının değerlendirilmesi*. Türkiye Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Kongresi, Bildiriler (II), 1155, 1172.
- Ersin, Ç. (2015). *Arduino mikrodenetleyici ve güneş enerjisi ile çalışan otomatik bitki sulama sistemi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Filiz M. (2001). *Sera İnşası ve Kliması. Üniversite Kitapları*, İzmir: Akademi Kitabevi, 266.
- Fidan, U., ve Karasekreter, N. (2011). GSM/SMS Tabanlı Sulama Otomasyon Kontrol Biriminin Geliştirilmesi ve Uygulaması, *e-Journal of Nem Sciences Academy*, 6(1), 71-77.
- Gençel, B., Yazar, A., ve Bozkurt, Y. (2006). Effects of Drip Irrigation Programs on Second Crop Maize Yield in Harran Plain. *Water and Land Management For Sustainable Irrigated Agriculture*. April, 4-8.

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

Humphreys L, Fawcett B, O'Neill Chris, Muirhead W (2005). Maize under sprinkler, drip and furrow irrigation. *IREC Farmers Newsletter*, 170, 35-38.

İnternet: Bradley Rowe, Matthew R. Kolp, Sarah E. Greer, Kristin L. (2019). Technical Reports, URL: https://www.irrigation.org/IA/FileUploads/IA/Resources/TechnicalPapers/2019/Rainwater-BMPs_Ackerman.pdf / Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Bitkisel Üretim Raporu, (2014). URL: <http://tarimsalistatistik.com/tr-TR/Sayfa/bitkisel-uretim> / Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Anonim, (2010). Yağmurlama Sulama Sistemleri ve Projelendirilmesi, Arılı, No. 1, İstanbul. URL: <https://www.pipelife.com.tr/tarim/urunler/yagmurlama-sulama-sistemleri.html> / Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Anonim (2011a). Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama Alanı. 2011. Antalya. URL: <https://tarimsalyapilar.akdeniz.edu.tr/> Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Anonim 2011b. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Uygulama Alanı. 2011. Antalya URL: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/batem/> Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Anonim (2011c). URL: <http://www.oakcroft.org.uk/pictures/oakcroft1.jpg>. 2011./ Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Anonim (2011d). <http://www.extremepumpkinstore.com/ecom-catshow/greenhouses/> / Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Anonim. (2015). URL: <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari/> Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Anonim (2018). URL: <https://www.ustagirisimci.com/tarimsal-alanda-uygulanan-ve-en-yaygin-kullanilan-4-sulama-yontemi/> Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Anonim (2019). URL: <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Alti-Yetistiricilik> / Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Orta ve ileri teknolojiye sahip sera fizibiliteleri-2017 raporu, URL: https://www.dogaka.gov.tr_679_HF9N19XO_Orta-Ve-ileri-Teknolojiye-Sahip-Sera-Fizibiliteleri-2017/ Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: TUIK, (2019a). URL: <https://www.tuik.gov.tr/> Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

İnternet: Tarım ve Orman Bakanlığı, (2019a), URL: <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Alti-Yetistiricilik/> Son Erişim Tarihi: 28.12.2023

- Jin, S., Jingling, S., Qiuyan, H., Shengde, W., and Yan, Y. (2007). *A remote measurement and control system for greenhouse based on GSM-SMS*. In 2007 8th international conference on electronic measurement and instruments (2-82). IEEE.
- Jun, Y. (2011). *Design of intelligent monitoring and controlling system for greenhouse*. In 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering (629-632). IEEE.
- Kavianand, G., Nivas, V. M., Kiruthika, R., and Lalitha, S. (2016). *Smart drip irrigation system for sustainable agriculture*. In 2016 IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR) (19-22). IEEE.
- Kay, M. (1983). *Sprinkler irrigation. Equipment and practice*. Londra: Batsford Academic and Educational Limited.
- Kırnak, H. (2006). *Automatic Irrigation Based on Soil Moisture for Nursery Crops. GAP V. Mühendislik Kongresi, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, 2628, 1540-1547.
- Kim, D., and Kaluarachchi, J. (2015). Validating FAO AquaCrop using Landsat images and regional crop information. *Agricultural Water Management*, 149, 143-155.
- Koç, A. C., ve Güner, Ü. (2005). Mevcut Sulama Projelerinin Fao Kriterleriyle Yeniden Değerlendirilmesi: Tavas Ovası Örneği. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, (009), 93-106.
- Koprda, Š., Magdin, M., and Munk, M. (2016). *Implementation of microcontroller arduino in irrigation system*. In Intelligent Computing Theories and Application: 12th International Conference, ICIC 2016, Lanzhou, China, August 2-5, 2016, Proceedings, Part I 12, 133-144.
- Kulkarni, S. (2011). Innovative technologies for water saving in irrigated agriculture. *International journal of Water Resources and Arid Environments*, 1(3), 226-231.
- Li Z., Wang J., Higgs R., Zhou L., and Yuan W. (2017). *Design of an intelligent management system for agricultural greenhouses based on the internet of things*. In 2017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE) and IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC), 2, 154–160.
- Ludong, D. P. M., (2008). *Effect of irrigation rate on the growth, yield, nutritive value, and water use efficiency of Carrot (Daucus carota) and Brocoli (Brasiola oleracea)*. MSc Thesis, Muesk Institute of Agriculture, Faculty of Science and Engineering, Curtin University of Technology, 111.
- Magar, S. S. (1995). *Adoption of micro irrigation technology in sugarcane on vertisoils semi arid climate. micro irrigation for a Changing World*. In Conserving resources/Preserving the Environment Proceedings of the International Micro irrigation Congress. Edited by Freddie R. Lamm, 735-739.

- Malik, A., Shakir, A. S., Ajmal, M., Khan, M. J., and Khan, T. A. (2017). Assessment of AquaCrop model in simulating sugar beet canopy cover, biomass and root yield under different irrigation and field management practices in semi-arid regions of Pakistan. *Water Resources Management*, 31, 4275-4292.
- Milla, K., and Kish, S. (2006). A low-cost microprocessor and infrared sensor system for automating water infiltration measurements. *Computers and Electronics in Agriculture*, 53(2), 122-129.
- Mritunjay, O., Mohite, S., Kathole, S., and Tarware, D. (2016). Microcontroller based automatic plant watering system. *International Journal of Computer Science and Engineering*, 5(3), 25-36.
- Nazirbay, I., Evett, S., Esanbekov, Y., and Kamilov, B. (2005). *Water use of maize for two irrigation methods and two scheduling methods*. In Asa-Cssa-Sssa Annual Meeting, Salt Lake City, Utah.
- Nandurkar S. R., Thool V. R., and Thool R. C.. (2014). *Design and development of precision agriculture system using wireless sensor network*. In 2014 First International Conference on Automation, Control, Energy and Systems (ACES), 1–6.
- Öğretir, K., ve Beyribey, M. (1997). *Eskisehir DSİ Sulama Sebekesinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi*, Ankara: Toprak ve Su Kaynakları Yıllığı, Yayın No:106.
- Özfuruncu M., (2019). *Malatya Yöresinde Modern Sera Yapılabilirliğinin Isıger-Sera Uzman Sistemi İle Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Özgürel M., (2019). *Adıyaman Bölgesi Modern Seracılık İşletmelerinin Isı Tüketimlerinin Hesaplanması Ve Isı Koruma Önlemlerinin Isı Tüketimine Etilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Özgüler, H., (1997). Su kaynakları ve çevresel konular, *Meteoroloji Mühendisliği TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası*, 2, 57-63.
- Öztürk, H. (2002). *Seralarda Havalandırma*. Ankara: Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayınları, ISBN: 975-8629-15-8, No: 227.
- Quezada, C., Fischer, S., Campos, J., and Ardiles, D. (2011). Water requirements and water use efficiency of carrot under drip irrigation in a haploxerand soil. *Journal of soil science and plant nutrition*, 11(1), 16-28.
- Patel N. R., Kale P. D., Raut G. N., Choudhari P. G., Patel N. R., and Bherani A. (2014). *Smart design of microcontroller based monitoring system for agriculture*. In 2014 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2014], 1710–1713.
- Patil A., Beldar M., Naik A., and Deshpande S. (2016). *Smart farming using arduino and data mining*. In 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 1913–1917.

- Priyatharshini R.. (2015). *Smart farming system using sensors for agricultural task automation*. In 2015 IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR), 49–53.
- Rockström, J., (2003). Resilience Building and Water Diment Management for Drouth Mitigation. *Physics and Chemistry of the Erath*. 28, 869-877.
- Saini S., Kumari P., Yadav P., Bansal P., and Ruhil N. (2016). *Smart farming pot*. In 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), 3247–3250.
- Sakaguchi, Y., Nakamura, T., Sugisaka, Y., Tanaka, H. T. (2011). *Water-volume measurement of plants by using itplanter*. In SICE Annual Conference 2011 (2798-2800). IEEE.
- Salivahanan, S., Selvathi, D., Indumathi, G., Vijay Kumar, K. R. (2001). *Intelligent Control for Automatic Irrigation Using Fuzzy Logic*. In National conference on Intelligent and Efficient Electrical Systems, PSG College of Technology, Coimbatore (9-13).
- Sayın, S. (1993). Ülkemizdeki sulama organizasyonu ve su yönetimi sorunlarına çağdaş yaklaşımlar. *TZOB, Çiftçi ve Köy Dünyası Dergisi*, (100), 10-16.
- Seidazimova, D., Aitbayev, T., Hufnagel, L., Kampitova, G., and Rakhymzhanov, B. (2016). Prospects for using Sprinkler Irrigation for Carrots (*Daucus carota* L.) in the Foothills of South-east Kazakhstan. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13(2), 653.
- Sevgican. A. (1999). *Örtüaltı Sebzeciliği*. (Cilt I). İzmir: E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, ISBN 975-483-384-2i No:528.
- Sevgican A., Tüzel Y., Gül A., ve Eltez R.Z. (2000). *Türkiye’de örtüaltı yetistirciligi*. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, Ankara, Cilt II: 679-707.
- Seyhan, T. G., (2015). *Kısa Mesaj Servisi Tabanlı Bir Sera İzleme Sisteminin Tasarımı*, Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M. N., Jacobsen, S. E., and Jensen, C. R. (2007). Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research*, 100(1), 117-124.
- Shirsath, D. O., Kamble, P., Mane, R., Kolap, A., and More, R. S. (2017). IoT based smart greenhouse automation using Arduino. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 5(2), 234-238.
- Smith, M. (2000). The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103(1-2), 99-108.
- Sönmez, N., ve Benli, E. (1976). Lineer Programming As a Means in Project Evaluation and Application to the Alpu Irrigation Project. *Faculty of Agriculture, University*, (25).
- Şimsek, M., Gerçek, S., ve Öktem, A. (2003). *Farklı Sulama Yöntemlerinin Mısır Bitkisinde Verim ve Su Tüketimine Etkisi*. GAP III. Tarım Kongresi, Bildiri No: 29, Sanlıurfa.

- Tiwari G.N. (2003). *Greenhouse Technology for Controlled Environment*. England, Alpha Science International Ltd. Pangbourne.
- Titiz K.S., (2004). *Modern Seracılık: Yatırımcıya Yol Haritası*. Antalya: Ansiad, 124.
- Topak, R. ve Acar, B., (2010 June). *Konya Basin agriculture-environment relationships and sustainability*, Second International Symposium on Sustainable Development, Sarejevo, 204-213.
- Trejo, J. A. M., Gómez Monsivais, Á. O., Olague Ramírez, J., Zermeno González, A., Ruiz Cerda, E., Fortis Hernández, M., Aldaco Nuncio, R. (2006). Effect of three driptape installation depths on water use efficiency and yield parameters in forage maize (*Zea mays* L.) cultivation. *Técnica Pecuaria en México*, 44(3), 237-241
- TS EN 13031-1 (2003). *Seralar- Tasarım ve Yapım- Bölüm 1: Ticari Üretim Seraları ICS 65.040.030*, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Wallach, R. (1990). Soilwater distribution in a nonuniformly irrigated field with root extraction. *Journal of hydrology*, 119(1-4), 137-150.
- Yang, S., Lu, P., Okushima, L., Sase, S. (2004, June). *Precision irrigation system based on detection of crop water stress with acoustic emission technique*. In International Conference on Information Acquisition, 2004. Proceedings. 444-447. IEEE.
- Yavuz, D., (2006). *Yağmurlama Sulamanın Enerji Gereksinimi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 49.
- Yavuz, D., Topak, R., Yavuz, N. (2014). Determining energy consumption of sprinkler irrigation for different crops in Konya Plain. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(3), 312-321.
- Yavuz, N., Seymen, M., Yavuz, D., Acar, B., ve Türkmen, Ö. (2017). Deficit irrigation affect on yield performance of pumpkin in semi-arid Middle Anatolian Region of Turkey. *International Journal of Agriculture and Economic Development*, 5(2), 1.
- Yüksel, A.N. (2004). *Sera Yapım Tekniği*, İstanbul: Hasad Yayıncılık, ISBN 975-8377-09-4, 287.
- Zhao, J. C., Zhang, J. F., Feng, Y., Guo, J. X. (2010). *The study and application of the IOT technology in agriculture*. In 2010 3rd international conference on computer science and information technology, 2, 462-465. IEEE.



Gazili olmak ayrıcalıktır