

# **Biyosistem Mühendisliği**

## **VI**

### **Editörler**

Atılgan ATILGAN  
Hasan DEĞİRMENCI  
Çağatay TANRIVERDİ  
Burak SALTUK



© Copyright 2024

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi AŞ'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

<b>ISBN</b>	<b>Yayın Koordinatörü</b>
978-625-375-204-0	Yasin DİLMEN
<b>Kitap Adı</b>	<b>Sayfa ve Kapak Tasarımı</b>
Biyosistem Mühendisliği VI	Akademisyen Dizgi Ünitesi
<b>Editörler</b>	<b>Yayıncı Sertifika No</b>
Atılğan ATILGAN ORCID iD:0000-0003-2391-0317 Hasan DEĞİRMENCİ ORCID iD:0000-0002-6157-816X Çağatay TANRIVERDİ ORCID iD:0000-0002-9005-0436 Burak SALTUK ORCID iD:0000-0001-8673-9372	47518
	<b>Baskı ve Cilt</b>
	Vadi Matbaacılık
	<b>Bisac Code</b>
	TEC003000
	<b>DOI</b>
	10.37609/akya.3410

#### **Kütüphane Kimlik Kartı**

Biyosistem Mühendisliği VI / ed. Atılğan Atılğan, Hasan Değirmenci, Çağatay Tanrıverdi [ve başkaları...].  
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2024.  
215 s. : resim, tablo, şekil, çizelge. ; 160x235 mm.  
Kaynakça var.  
ISBN 9786253752040

**GENEL DAĞITIM**

**Akademisyen Kitabevi AŞ**

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

**www.akademisyen.com**

## ÖN SÖZ

Akademisyen Yayınevi yöneticileri, yaklaşık 35 yıllık yayın tecrübesini, kendi tüzel kişiliklerine aktararak uzun zamandan beri, ticarî faaliyetlerini sürdürmektedir. Anılan süre içinde, başta sağlık ve sosyal bilimler, kültürel ve sanatsal konular dahil 3100'ü aşkın kitabı yayımlamanın gururu içindedir. Uluslararası yayınevi olmanın alt yapısını tamamlayan Akademisyen, Türkçe ve yabancı dillerde yayın yapmanın yanında, küresel bir marka yaratmanın peşindedir.

Bilimsel ve düşünsel çalışmaların kalıcı belgeleri sayılan kitaplar, bilgi kayıt ortamı olarak yüzlerce yılın tanıklarındır. Matbaanın icadıyla varoluşunu sağlam temellere oturtan kitabın geleceği, her ne kadar yeni buluşların yörüngesine taşınmış olsa da, daha uzun süre hayatımızda yer edineceği muhakkaktır.

Akademisyen Yayınevi, kendi adını taşıyan **“Bilimsel Araştırmalar Kitabı”** serisiyle Türkçe ve İngilizce olarak, uluslararası nitelik ve nicelikte, kitap yayımlama sürecini başlatmış bulunmaktadır. Her yıl mart ve eylül aylarında gerçekleşecek olan yayımlama süreci, tematik alt başlıklarla devam edecektir. Bu süreci destekleyen tüm hocalarımıza ve arka planda yer alan herkese teşekkür borçluyuz.

**Akademisyen Yayınevi A.Ş.**



# İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Yeni Miras Yasasına Göre Arazi Topplulaştırma Projelemesi..... 1 <i>Müge KİRMİKİL</i> <i>Şerife Tülin AKKAYA ASLAN</i>
Bölüm 2	Arazi Topplulaştırma İle Parsel Düzenlemesindeki Başarı Kriterleri ..... 11 <i>Müge KİRMİKİL</i> <i>Şerife Tülin AKKAYA ASLAN</i>
Bölüm 3	Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Mısır Bitkisi Verimi Üzerine Etkilerinin Bölgeler Bazında İncelenmesi ..... 23 <i>Yoldaş EKTİREN</i> <i>Hasan DEĞİRMENCİ</i>
Bölüm 4	Etlik Piliç Kümeslerinde Verimliliği Arttırmaya Yönelik Yaklaşımlar: Çevre Koşulları ve Yönetimi..... 37 <i>Ali ÇAYLI</i>
Bölüm 5	Tarımsal Sulamada Endüstri 4.0’A Bakış..... 55 <i>Mualla KETEN</i> <i>Çağatay TANRIVERDİ</i>
Bölüm 6	Seralarda Enerji Verimliliğini Arttırmak İçin Uygulanacak Bazı Teknik Önlemlerin Değerlendirilmesi ..... 79 <i>Sedat BOYACI</i>
Bölüm 7	Seralarda İklimlendirme ve Sürdürülebilirlik..... 103 <i>Nefise Yasemin TEZCAN</i>
Bölüm 8	Sera Yetiştiriciliğinde Kirletici Faktörlerin Değerlendirilmesi: Antalya Örneği ..... 119 <i>Hasan ERTOP</i> <i>Atılgan ATILGAN</i> <i>Burak SALTUK</i>
Bölüm 9	Hayvancılıkta Modern Teknolojiler ve Gelecek Beklentileri ..... 139 <i>Müge ERKAN CAN</i>
Bölüm 10	Seralarda Isı Gücü Gereksinimine Bağlı Isıtma Kazan Kapasitelerinin Belirlenmesi..... 157 <i>Sedat BOYACI</i>
Bölüm 11	Kesintili Damla Sulama..... 171 <i>Sertan SESVEREN</i>
Bölüm 12	Seralarda Soğutma Padi Olarak Bazı Yerel Malzemelerin Uygunluklarının Değerlendirilmesi Alanya Örneği..... 191 <i>Burak SALTUK</i> <i>Atılgan ATILGAN</i>



## YAZARLAR

**Prof. Dr. Şerife Tülin AKKAYA ASLAN**

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Biyosistem Mühendisliği Bölümü

**Prof. Dr. Atılğan ATILGAN**

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet  
Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem  
Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Sedat BOYACI**

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat  
Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Müge ERKAN CAN**

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi,  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

**Doç. Dr. Ali ÇAYLI**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği  
Bölümü

**Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği  
Bölümü

**Öğr. Gör. Yoldaş EKTİREN**

Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve  
Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve  
Hayvansal Üretim Bölümü

**Dr. Hasan ERTOP**

Tarım ve Orman Bakanlığı, Isparta İl Tarım ve  
Orman Müdürlüğü

**Araş. Gör. Mualla KETEN**

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi,  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Biyosistem  
Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Müge KİRMİKİL**

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi,  
Biyosistem Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Burak SALTUK**

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet  
Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem  
Mühendisliği Bölümü

**Doç. Dr. Sertan SESVEREN**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği  
Bölümü

**Prof. Dr. Çağatay TANRIVERDİ**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği  
Bölümü

**Doç. Dr. Nefise Yasemin TEZCAN**

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü





# Bölüm 1

## YENİ MİRAS YASASINA GÖRE ARAZİ TOPLULAŞTIRMA PROJELEMESİ

Müge KİRMİKİL<sup>1</sup>  
Şerife Tülin AKKAYA ASLAN<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Arazi toplulaştırması, ekonomik olarak tarımsal faaliyetlerin sürdürülemediği durumlarda devlet veya sahiplerin talepleri üzerine parçalanmış, dağılan veya bozuk parsel şeklindeki arazilerin düzenlenmesi ve tarım yapılabilir hale getirilmesi anlamına gelir. Modern tarım yöntemlerine uygun olarak yapılan bu düzenlemeler, tarım arazilerinin verimliliğini artırmayı ve tarım yapılabilir alanların sayısını çoğaltmayı amaçlar (1-9)

Türkiye’de tarım arazilerinin parçalanmasına yol açan başlıca nedenler; yasal düzenlemeler, arazi kullanım durumu, toprak verimliliği, nüfus yoğunluğu ve gelir yetersizliği ile kırsal alan altyapı hizmetleridir .

Tarımsal arazilerde miras hukukuna dair ilk yasal düzenleme, 1926 yılında yürürlüğe giren Medeni Kanun ile gerçekleştirilmiştir. 2001 yılında ise « 4721 Sayılı Kanun » ile tarımsal arazilerle ilgili miras hükümleri « 659-668. Maddeler » yeniden ele alınmıştır. Ancak bu düzenlemeler, tarımsal arazilerin parçalanmasını önlemede yeterli olmamış, bu nedenle 2005 yılında «5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu» kabul edilmiştir. Ancak, «5403 Sayılı Kanun’un» da tarım arazilerinin miras ve satış yoluyla bölünüp küçülmesini engelleyemediği anlaşılmış, bu sebeple Kanun’un temel hükümlerinden biri olan 8. maddesi, 2007 yılında yürürlüğe giren «5578 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun» ile önemli değişikliklere uğramıştır (10,11).

<sup>1</sup> Doç. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, muge@uludag.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6832-7742

<sup>2</sup> Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, akkaya@uludag.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5129-8642

Bugün, arazi toplulaştırma çalışmaları hızla sürdürülürken, aynı zamanda miras yoluyla arazilerin hisselendirilmesi süreci de devam etmektedir. Bu süreci kontrol altına almak ve tarımsal arazilerin miras yoluyla daha fazla bölünmesini önlemek amacıyla, 5403 Sayılı Kanun'da, 15 Mayıs 2014 tarih ve 29001 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan «6537 Sayılı 30.04.2014 tarihli Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun» ile daha kapsamlı ve köklü bir düzenleme yapılmıştır.

6537 sayılı Kanun'la 2014 yılında yürürlüğe giren değişikliklerin genel amacı, «toprağın korunması, geliştirilmesi, tarım arazilerinin sınıflandırılması, asgari tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüklerinin belirlenmesi ve bölünmelerinin önlenmesi, tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazilerin çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun olarak planlı kullanımını sağlayacak» usul ve esasları belirlemektir. Kanunda "Asgari Tarımsal Arazi Büyüklüğü", "Yeter Gelirli Tarımsal Arazi Büyüklüğü" ve "Ekonomik Bütünlük" olmak üzere üç önemli kavram öne çıkmaktadır.

Asgari tarımsal arazi büyüklüğü, «...Bakanlıkça belirlenen en küçük tarımsal parsel büyüklüğü» olarak ifade edilerek daha alt parçalara bölünemeyecek sınırı » ifade etmektedir. Yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüğü «..bir ailenin geçimini sağlayacak şekilde gelir elde edilebilecek arazi büyüklüğünü ifade etmekte olup, bölgesel farklılıklar dikkate alınarak bu büyüklük il ve ilçeler bazında sulu, kuru, dikili ve örtü altı araziler için büyüklükleri kanunun ekli listesinde verilmiştir».

Ekonomik bütünlük, «... mülkiyeti aynı kişiye ait birden fazla tarımsal arazinin tarımsal üretim faaliyetine ekonomik bir değer katacak şekilde birbirine bağımlı olarak işletildiği Bakanlıkça tespit edilen arazileri» ifade etmektedir.

Türkiye'de Tarım Bakanlığı'nın 2017 verilerine göre, tarım arazisi üzerinde faaliyet gösteren yaklaşık 3 milyon aktif kullanıcı bulunmaktadır. Ancak bu arazilerde 40 milyondan fazla hissedar olduğu belirtilmektedir. Türkiye'deki tarım işletmelerinin ortalama büyüklüğü 6.1 hektar, parsel büyüklüğü ise 10.9 dekadır. Her işletme başına düşen parsel sayısı ise ortalama 5.4 adettir.

Ülkemizde arazi toplulaştırma çalışmaları 1961 yılından beri sürdürülmekte olup, halen yoğun bir şekilde devam etmektedir. Arazi toplulaştırmasının temel amacı, bir işletmeye ait dağınık ve parçalı arazilerin mümkün olduğunca bir araya getirilmesidir. Ancak, tarımsal arazilerin miras paylaşımında yasada geçen «asgari tarımsal arazi büyüklüğü» ve «ekonomik bütünlük» kavramları nedeniyle, işletme sahiplerinin miras kanunundan etkilenmemek için arazi toplulaştırma çalışmalarına katılmakta isteksiz olabilecekleri düşünülmektedir. Bu çalışma ile

«6537 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun'dan» önce arazi toplulaştırması gerçekleştirilen Bursa İli Yenişehir ilçesi Çiçekközü Mahallesinde yeni miras kanuna göre analizi yapılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada «6537 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun»'dan önce arazi toplulaştırması gerçekleştirilen Bursa Yenişehir İlçesi Yazılı ve Çiçekközü mahallesine ait toplulaştırma verileri kullanılmıştır.

Toplulaştırma çalışmalarına ait veriler ilgili kurumlardan alınmıştır. Çalışmada veri analizleri için Licad GIS, LiTop 7 ve Netcad yazılımları kullanılmıştır. Yeni miras kanunuyla ilgili yasal durumu değerlendirmek amacıyla, miras hukukuna ilişkin kanunlar, yönetmelikler ve talimatlar ile bu konuda bugüne kadar yapılmış bilimsel araştırmalardan faydalanılmıştır.

Çalışmada, «6537 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu» kapsamında yer alan “asgari tarımsal arazi büyüklüğü”, “yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüğü” ve “ekonomik bütünlük” kavramları incelenmiştir. Bu kavramların, arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası çalışma alanındaki değişimleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Asgari tarımsal arazi büyüklüğü, bir tarımsal parselin daha küçük parçalara bölünemeyeceği en düşük sınırı tanımlamaktadır. «*Asgari tarımsal arazi büyüklükleri, mutlak tarım arazileri ve özel ürün arazileri için 20 dekar, dikili tarım arazileri için 5 dekar ve örtü altı tarımı yapılan araziler için 3 dekar olarak belirlenmiştir*». Bu çalışmada incelenen arazi toplulaştırma alanları mutlak tarım arazisi olduğu için dikkate alınan asgari tarımsal arazi büyüklüğü 20 dekar alınmıştır.

İşletme başına düşen ortalama parsel sayısı, bir tarım işletmesindeki toplam parsel sayısının, işletme sayısına bölünmesiyle elde edilen bir ölçüdür (Eşitlik 1). Bu ölçü, bir tarımsal işletmenin sahip olduğu ortalama parsel sayısını belirlemek için kullanılır ve tarım arazilerinin bölünme derecesini anlamak için önemlidir.

$$\text{İşletme başına düşen ortalama parsel sayısı} = \frac{\text{Parsel sayısı}}{\text{İşletme sayısı}} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Ortalama işletme büyüklüğü, bir tarım işletmesinin sahip olduğu toplam arazi alanının, işletme sayısına bölünmesiyle elde edilen bir ölçüdür. Bu ölçü, her bir tarım işletmesinin ortalama olarak ne kadar araziye sahip olduğunu gösterir ve tarımsal üretimin ölçeği hakkında bilgi verir (Eşitlik 2).

$$\text{Ortalama işletme büyüklüğü} = \frac{\text{Parsel alanı}}{\text{İşletme sayısı}}$$

(Eşitlik 2)

Toplulaştırma oranı, arazi toplulaştırma öncesi ve sonrasındaki parsel sayısındaki azalmayı değerlendiren ve en yaygın kullanılan göstergelerden biridir. Toplulaştırma oranının artması, tarımsal işletmelerin faaliyetlerini daha uygun ve verimli hale getirirken, toplulaştırma işleminin etkinliğini de artırır. Toplulaştırma oranının hesaplanmasında kullanılan formül ise Eşitlik 3'te verilmiştir.

$$\text{Toplulaştırma oranı (\%)} = \frac{\text{Arazi toplulaştırma öncesi parsel sayısı} - \text{Arazi toplulaştırma sonrası parsel sayısı}}{\text{Arazi toplulaştırma öncesi parsel sayısı}} * 100$$

(Eşitlik 3)

Ortalama parsel büyüklüğü, bir tarım işletmesindeki toplam tarımsal arazi alanının, o işletmedeki toplam parsel sayısına bölünmesiyle elde edilen bir ölçüdür (Eşitlik 4). Bu büyüklük, tarım arazilerinin ortalama olarak ne kadar büyük veya küçük olduğunu gösterir ve tarım işletmelerinin yapısal analizlerinde önemli bir göstergedir.

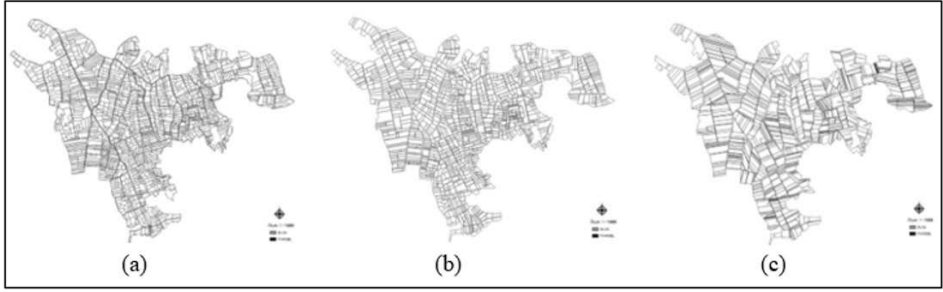
$$\text{Ortalama parsel büyüklüğü} = \frac{\text{Toplam parsel alanı}}{\text{Toplam parsel sayısı}}$$

(Eşitlik 4)

Bu çalışmada, işletmelerin sahip olduğu araziler, 6537 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu'na göre analiz edilmiş, tesadüfi tabakalama yöntemiyle seçilen 10 işletme verileri ayrıntılı olarak karşılaştırılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, arazi toplulaştırması tamamlanan Çiçekközü Mahallesi'ndeki işletme parsellerindeki değişimler analiz edilmiştir. Bu amaçla Çiçekközü Mahallesi arazi toplulaştırma verileri kullanılmış, toplulaştırma öncesi (a), toplulaştırma sonrası (b) ve 6537 sayılı kanuna göre önerilen (c) parselasyon haritaları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Bursa-Yenişehir-Çiçekközü Mahallesi Arazi Toplulaştırması Öncesi (a) Arazi Toplulaştırması Sonrası (b) ve Yeni miras kanuna göre Önerilen (c) Parselasyon Haritaları

Çiçekközü Mahallesi toplam işletme sayısı 724, arazi toplulaştırma çalışması öncesi toplam proje alanı 4712 da'dır. Arazi toplulaştırma sonrası ortak tesislere katılım payı kesintisi sonrası toplam proje alanı 4400 da olmuştur. Çalışma alanına ait arazi toplulaştırma öncesi, sonrası ve yeni miras kanuna göre önerilen projeye ait parsel büyüklükleri verilmiş, parsel grupları ekonomik bütünlük (10 da) ve asgari tarımsal arazi büyüklüğü (20 da) dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 1 incelendiğinde sözkonusu çalışma alanı için arazi toplulaştırma öncesi mevcut parsellerin % 98.56'sı ve toplam alanın % 93.10'u ekonomik bütünlüğü sağlamadığı görülmektedir. Aynı şekilde arazi toplulaştırma sonrası, bu oranlar sırasıyla %98.06 ve %91.05'e düşürülmüştür. Yeni miras yasası dikkate alınarak önerilen projede, bu değerler sırasıyla % 89.69 ve % 67.05'e düşürülmüştür. Asgari tarımsal arazi büyüklüğünü incelendiğinde, 20 dekar ve üzeri parsel sayısı arazi toplulaştırma öncesi % 0.13 iken, toplulaştırma sonrasında % 0.16' ya yükselmiş, yeni miras kanuna göre önerilen projede bu değer % 0.78'e çıktığı görülmüştür.

**Tablo 1. Çalışma alanına ait arazi toplulaştırma öncesi, sonrası ve yeni miras kanuna göre önerilen projeye ait parsel büyüklük değişimi**

	Arazi Toplulaştırma Öncesi						Arazi Toplulaştırma Sonrası						Yeni Miras Kanuna Göre Önerilen Proje					
	Parsel sayısı			Ortalama Parsel büyüklüğü			Parsel sayısı			Ortalama Parsel büyüklüğü			Parsel sayısı			Ortalama Parsel büyüklüğü		
	adet	%	da	%	da	Ortalama Parsel büyüklüğü	adet	%	da	%	da	Ortalama Parsel büyüklüğü	adet	%	da	%	da	Ortalama Parsel büyüklüğü
0-10	1509	98.56	4386	93.10	2.9	3.17	1265	98.06	4006	91.05	3.17	800	89.69	2950	67.05	3.69		
11--20	20	1.31	281	5.96	14.05	14.69	23	1.78	338	7.68	14.69	85	9.53	1223	27.80	14.35		
>20	2	0.13	44	0.93	22	28	2	0.16	56	1.27	28	7	0.78	227	5.16	29.57		
<b>Toplam</b>	1531	100	4711	100	38.95	45.86	1290	100	4400	100	45.86	892	100	4400	100	47.61		

*Biyosistem Mühendisliği VI*

Tesadüfi tabakalama yöntemiyle seçilen 186, 205, 239, 301, 373, 468, 612, 699, 10120 ve 10143 nolu işletmelerin parsel sayıları arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası olarak verilmiş, 6537 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu'na göre analiz edilmiş, ayrıntılı olarak karşılaştırılmıştır (Tablo 2).

<b>Tablo 2. Seçilmiş örnek işletmelerin parsel durumları</b>				
<b>İşletme Numarası</b>	<b>Parsel Büyüklük</b>	<b>Arazi Toplulaştırma Öncesi Parsel Sayısı</b>	<b>Arazi Toplulaştırma Sonrası Parsel Sayısı</b>	<b>Yeni Miras Kanuna Göre Önerilen Projeye göre Parsel Sayısı</b>
<b>186</b>	0-10 da	5	4	1
	10-20 da			
	>20 da			
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>205</b>	0-10 da	6	5	
	10-20 da			1
	>20 da			
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>239</b>	0-10 da	16	13	1
	10-20 da	0	0	2
	>20 da	0	0	0
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>3</b>
<b>301</b>	0-10 da	8	5	2
	10-20 da			
	>20 da			
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>373</b>	0-10 da	6	5	
	10-20 da	1	1	
	>20 da			1
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>7</b>		
<b>468</b>	0-10 da	5	4	1
	10-20 da			
	>20 da			
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

**Tablo 2. Seçilmiş örnek işletmelerin parsel durumları (Devamı)**

İşletme Numarası	Parsel Büyüklük	Arazi Toplulaştırma Öncesi Parsel Sayısı	Arazi Toplulaştırma Sonrası Parsel Sayısı	Yeni Miras Kanuna Göre Önerilen Projeye göre Parsel Sayısı
612	0-10 da	9	6	
	10-20 da		1	1
	>20 da			
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>1</b>
699	0-10 da	8	7	1
	10-20 da			1
	>20 da			
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>2</b>
10120	0-10 da			
	10-20 da	2	1	
	>20 da	1	2	1
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
10143	0-10 da	4	4	
	10-20 da	1	1	1
	>20 da			1
	<b>Toplam parsel sayısı</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>

## SONUÇ

Türkiye'nin en büyük ihtiyaçlarından biri olan tarım arazilerinin etkin kullanımı, tarımsal üretimin artırılması ve modern teknolojilerden faydalanarak tarım yapılabilmesi, yeter gelirli ürünlerin elde edilmesi ve böylece ülke ekonomisine katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, «6537 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun»'da belirtilen ekonomik bütünlük kavramı temel alınarak, arazi toplulaştırması yapılan Bursa ili, Yenişehir ilçesi, Çiçeközü Mahallesi'nin dağıtım planı yeniden düzenlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, arazi toplulaştırması öncesi ve sonrası mülkiyet durumları karşılaştırılarak, ekonomik bütünlük, asgari tarımsal arazi büyüklüğü ve yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüğü kavramlarının önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Buna göre arazi toplulaştırma öncesi 0-10 da arası parsel sayısı 1509 adet iken yapılan toplulaştırma sonrasında bu sayı 1265 adet olmuştur, yeni miras



kanuna göre yapılmış olan bu çalışmada parsel sayısı 800 adete düşürülmüştür. Aynı şekilde 11-20 da arası parsel sayısı toplulaştırma öncesi 20 adet, toplulaştırma sonrası 23 adete çıkartılmış, yeni miras kanuna göre bu sayı 85'e yükseldiği görülmüştür. 20 dekar ve üzeri parsel büyüklüğünde ise bu değerler sırasıyla 2, 2, 7 olarak bulunmuştur.

Çalışmada, Çiçeközü Mahallesi'nde ekonomik bütünlüğe sahip işletme sayısında belirgin bir artış olmadığı görülmüştür. Tarımsal arazilerin bölünmesini ve parçalanmasını engellemek amacıyla çıkarılan kanunun etkin olabilmesi için, tarımsal işletmelerin ekonomik bütünlük oluşturması gerekmektedir. «31 Aralık 2014 tarihli tarımsal arazilerin mülkiyet devrine ilişkin yönetmeliğin 8. maddesinin C bendine göre, birden fazla tarımsal araziye sahip olan kişiler, 7. maddeye göre yapılan ekonomik bütünlük değerlendirmesi sonucunda, ekonomik bütünlüğe sahip olmayan arazilerin devrine izin verilebilir». Bu durum, 10 dekarın altındaki parsellerin ekonomik bütünlük arz etmediği gerekçesiyle işletme sahibinin bu parselleri diğer arazilerinden bağımsız olarak satabilmesine olanak tanımaktadır (11).

30 Nisan 2014 tarihinde, tarım arazilerinin korunması, geliştirilmesi, sınıflandırılması ve bölünmelerin önlenmesi amacıyla çıkarılan 6537 sayılı kanun, tarımsal arazilerin planlı ve sürdürülebilir kullanımı hedeflerken, gelecekte arazi toplulaştırma projelerinin amacından sapmasına neden olabilecek bir düzenleme olarak değerlendirilmektedir. Arazi toplulaştırması ile birleştirilen ve 10 dekarın üzerindeki parsellerin satılamayacağını öğrenen işletme sahipleri, küçük parselleri birleştirmeye sıcak bakmayacaktır. Mevcut arazi toplulaştırma yasalarında bunu engelleyen bir düzenleme olmadığı gibi, zaten düşük olan arazi toplulaştırma oranları, işletmelerin yasanın farkına varması ile daha da azalacaktır. Bu nedenle, arazi toplulaştırma ile ilgili yasa ve yönetmeliklerde düzenlemeler yapılarak, yeni oluşacak parsellerin ekonomik bütünlük oluşturacak şekilde planlanması zorunluluğu getirilmelidir. İlerleyen aşamalarda, işletme büyüklüklerinin yeterli gelirli işletme düzeyine ulaşmasını sağlayacak ek önlemler alınmalıdır.

Tarımsal işletme büyüklüklerinin artırılması amacıyla, kırsal alanda yaşamayan veya tarımdan uzaklaşmış işletmelerin, tarımla uğraşan işletmelere devrini veya kiralanmasını kolaylaştıracak, teşvik edecek çalışmaların uygun bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Tarım arazilerinin miras yoluyla bölünmesi, ülkemiz tarımında önemli bir sorundur ve bu sorun her geçen gün büyümektedir. Yapılan yasal düzenlemelerle bu sorunun çözülmesi amaçlanmıştır; ancak miras veya diğer sebeplerle meydana gelen parçalı ve küçük yapıların düzeltilmesi, yeni mülkiyet

sorunlarının ortaya çıkmasını engellemek için ilgili bakanlıklar tarafından daha fazla çaba ve yeniden yapılanma gerektirecektir.

## **KAYNAKLAR**

1. Janus J, Ertunç E. Impact of land consolidation on agricultural decarbonization: Estimation of changes in carbon dioxide emissions due to farm transport. *Science of the Total Environment*. 2023;873.
2. Kirmikil M, Küçük M. Arazi Toplulaştırma Projelerinde Mülakat Tercihlerine Göre Dağıtımın İncelenmesi: Kilis Elbeyli Örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2024;38(1):1–11.
3. Bahar SK, Kirmikil M. The evaluation of agricultural landowner inputs before and after land consolidation: The Kesik Village example. *Land use policy*. 2021 Oct 1;109.
4. Kirmikil M, Aslan STA, Gundogdu KS, Arici I. The Hidden Fragmentation After Land Consolidation in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* . 2017;26(10).
5. Hong C, Jin X, Fan Y, Xiang X, Cao S, Chen C, et al. Determining the effect of land consolidation on agricultural production using a novel assessment framework. *Land Degrad Dev*. 2020;31(3).
6. Öz Z, Değirmenci H. Arazi Toplulaştırma Projelerinde Hisselilik Değişiminin Analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2022;9(3).
7. Değirmenci H, Arslan F, Keten M. Arazi Toplulaştırma Projelerinde Parsel Şekillerinin Değişimi: Şanlıurfa Bozca Köyü Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2019;6(3).
8. Sklenicka P. Applying evaluation criteria for the land consolidation effect to three contrasting study areas in the Czech Republic. *Land use policy*. 2006;23(4).
9. Arıcı İ, Akkaya Aslan ŞT. Arazi Toplulaştırması Planlama ve Projelemesi. Vol. 1. Dora Yayınları; 2014. 1–237 p.
10. Küsek G. Türkiye’de Arazi Toplulaştırmasının Yasal Durumu ve Tarihsel Gelişimi. *ÇÜZF Dergisi*. 2014;29(1):1–6.
11. Akkaya Aslan ŞT, Küçük M. Yeni Miras Kanununun Arazi Toplulaştırmasına Olası Etkilerinin İncelenmesi Üzerine Bir Çalışma. *Journal of Turkish Studies*. 2020;Volume 15 Issue 1(Volume 15 Issue 1).

## Bölüm 2

# ARAZİ TOPLULAŞTIRMA İLE PARSEL DÜZENLEMESİNDEKİ BAŞARI KRİTERLERİ

Müge KİRMİKİL<sup>1</sup>  
Şerife Tülin AKKAYA ASLAN<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Arazi toplulaştırma çalışmaları dünyada ve ülkemizde her geçen gün yaygınlaşmakta ve birçok bölgede yaygın uygulama imkânı bulmaktadır. Bir çok mühendislik alanında uygulanan çalışma gibi toplulaştırmada da hedef projelerin tekniğine uygun olarak yapılması ve projeden beklenen maksimum faydayı sağlamaktır. Arazi toplulaştırmasının en dar tanımı bir işletmeye ait dağınık, parçalı ve şekli parsellerin mümkün olduğunca tek parça ya da birkaç parça halinde yeniden düzenlenmesi olarak verilebilir. Arazi toplulaştırması ile proje alanına birçok alt yapı çalışması da götürülmekte ve kırsal alan sil baştan düzenlenmektedir.

Arazi toplulaştırması projelerinde, parsel sayısının azalmasıyla birlikte, tarım işletmelerinin arazi kullanımı verimliliği artmakta, parsel büyüklükleri ve şekilleri düzeltilmektedir. Bu süreç sonucunda parsellerin sınır uzunlukları azalmakta, sınır kayıpları ve kenar şeritlerinde verim düşüklüğüne yol açan alan kayıpları da azalmaktadır. Bunun sonucunda her parselde yaklaşık %10 oranında net üretim alanı artışı sağlanmaktadır (1,2).

Toplulaştırma projeleri planlanırken, tarım işletmelerinin parsellerinin birleştirilmesi ve yol şebekesine bağlanmasıyla çiftçiler arasındaki uyuşmazlıklar ve bağımlılıklar giderilmekte, zaman, iş gücü, ve işletme maliyetlerinde tasarruf sağlanmaktadır. Bu faydalar, yalnızca arazi toplulaştırması ile elde edilebilmektedir (2-4). Projeler kapsamında, işletme merkezleri ile parseller arasındaki mesafe %70'e varan oranlarda kısaltılmakta, bu da sulama sistemleri ve yol ağlarının daha

<sup>1</sup> Doç. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, muge@uludag.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6832-7742

<sup>2</sup> Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, akkaya@uludag.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5129-8642

kolay planlanmasına ve uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Sonuç olarak, hemen hemen tüm parseller bu hizmetlerden faydalanabilmektedir (1).

Arazi toplulaştırma projeleri, proje öncesi durum göz önünde bulundurularak farklı açılardan değerlendirilmekte ve bu değerlendirmeler ışığında projelerin başarı düzeyi belirlenmektedir. Toplulaştırma projelerinin başarısını ölçmek için çeşitli kriterler kullanılmaktadır (5-7). Bu kriterler arasında toplulaştırma oranı, parsel sayısı, parsellerdeki dağınıklık, ortalama parsel büyüklüğü, parsel şekli, yol ağının varlığı, parsellerin arazi derecelendirme durumları, parsellerin yer değişikliği oranı ve arazi sahiplerinin memnuniyet düzeyi yer almaktadır. Bu kriterleri bir arada ele alan birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (2,4,8-10).

Ancak arazi toplulaştırma da en temel amaç işletmenin sahip olduğu arazilerin yeniden düzenlenmesidir. Arazi toplulaştırma projeleri değerlendirilirken tarımsal işletmelerdeki bu değişimde detaylı olarak değerlendirilmelidir.

Arazi toplulaştırma projelerinin başarı ölçülürken kullanılan en temel parametre arazi toplulaştırma oranı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak işletmenin sahip olduğu araziler değerlendirilirken sadece toplulaştırma oranı yeterli bir parametre olmayıp, işletme parsellerin sayısındaki, şeklindeki, konumundaki değişimler ayrıntılı değerlendirmelidir. Bir projede bu kriterlerin değerlendirilmesi proje yapılırken bu konularda daha hassas davranılmasını her bir işletme için en iyi tasarımın yapılmasını sağlayacaktır. Böylece memnuniyet düzeyi daha yüksek projeler elde edilebilecektir.

Çalışmada arazi toplulaştırması başarı kriterleri aşağıda verilmiştir. Bu kriterler üç ana başlık altında toplanmıştır; parçalılık, şekil, alan- konum.

## **PARÇALILIK**

Tarım arazilerinin etkin ve sürdürülebilir kullanımında en önemli faktörlerden biri, işletmelerin sahip olduğu arazi büyüklüğü ve bu arazilerin parçalı yapısıdır. Arazilerin parçalanması, işletmelerin verimliliğini etkileyerek; arazi kullanımı, üretim maliyetleri, işçilik giderleri ve sulama projeleri gibi çeşitli alanlarda olumsuz sonuçlar doğurur(11-13). Arazi parçalanması, bir kişinin birden fazla arazisinin, birbirinden uzak mesafelerde ve dağınık şekilde bulunması olarak tanımlanabilir. Bu da, tarımsal verimliliği düşürür ve mekanizasyon uygulamalarını zorlaştırır. Özellikle küçük ve dağınık araziler, büyük ölçekli tarım faaliyetlerinin uygulanmasını güçleştirir.

Arazi toplulaştırması üzerine yapılan araştırmalarda, parsel şekilleri ve mekanizasyon arasındaki ilişkinin incelenmesi sonucunda, uygun parsel şekillerinin

sayısının artmasıyla mekanizasyon maliyetlerinin düştüğü görülmüştür (2,14,15). Toplulaştırma projelerinin başarısının değerlendirilmesinde, parçalanmış arazi yapısının azaltılması önemli bir kriterdir.

Tarım arazilerinin etkin kullanımı, arazi parçalanma durumu ve işletme büyüklüklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu arazilerin sürdürülebilir şekilde yönetilmesini etkileyen ana faktörlerden biri de işletmelerin büyüklüğü ve arazi parçalanma derecesidir. Yapılan toplulaştırma projelerinin başarısının belirlenmesinde, toplulaştırma öncesi ve sonrası parsel sayılarının karşılaştırılması önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir.

### **İşletme büyüklüğü oranı**

**Ortalama parsel büyüklüğü (OPB);** arazi toplulaştırmaya giren toplam alanının, alanının, toplam parsel sayısına bölümüdür. Bu formül ortalama parsel büyüklüğünü OPB formülü Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$OPB = \frac{PA}{PS} \quad (1)$$

Eşitlikte;

OPB = Ortalama parsel büyüklüğü,

PA = Proje alanı,

PS = Parsel sayısını ifade etmektedir.

**Ortalama işletme büyüklüğü (OİB);** arazi toplulaştırmaya giren toplam alanının, alanının, toplam işletme sayısına bölümü ile bulunmaktadır. OİB değeri proje öncesinde ve sonrasında ortalama parsel büyüklüğü parametresini ifade eden değişmeyen bir değerdir. OİB formülü Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$OİB = \frac{PA}{İS} \quad (2)$$

Formülde belirtilen kısaltmalar;

OİB = Ortalama işletme büyüklüğü,

PA = Proje alanı,

İS = İşletme sayısını ifade eder.

**İşletme başına düşen ortalama parsel sayısı (İBOP);** projedeki toplam parsel sayısının çalışma alanındaki toplam işletme sayısına bölünmesi ile bulunmaktadır. İBOP formülü Eşitlik 3’de verilmiştir.

$$\text{İBOP} = \frac{\text{PS}}{\text{İS}} \quad (3)$$

Eşitlikte;

İBOP = İşletme başına düşen ortalama parsel sayısı,

PS = Parsel sayısı,

İS = İşletme sayısını belirtir.

**Parsel başarı oranı göstergesi ise (PBOG);** projede elde edilen ortalama parsel büyüklüğü değerinin ortalama işletme büyüklüğü değerine bölünmesi ile bulunmaktadır. Bu göstergede elde edilen değer 0 ile 1 arasında değişir. Sonucun 1 olarak çıkması yeni tasarlanan parsel büyüklüklerinin projedeki ortalama işletme büyüklüğüne ulaştığını göstermektedir. PBOG formülü Eşitlik 4’te ifade edilmiştir.

$$\text{PBOG} = \frac{\text{OPB}}{\text{ÖİB}} \quad (4)$$

Eşitlikte ifade edilen kısaltmalar;

PBOG = Parsel başarı oranı göstergesi

OPB = Ortalama parsel büyüklüğü

ÖİB = Ortalama işletme büyüklüğü

### **Toplulaştırma oranı**

Toplulaştırma, proje alanındaki katılımcılara ait (kişi ve işletmelere ait) küçük parseller halinde dağılmış, parçalanmış veya uygun olmayan biçimde şekillenmiş arazilerin en uygun şekilde birleştirilmesi ve yeniden düzenlenmesi işlemidir.

**Toplulaştırma oranı (TO),** proje sonrasında oluşan yeni parsel sayısındaki azalmayı değerlendiren ve proje başarısını değerlendirmede en fazla kullanılan göstergelerden biridir. Toplulaştırma oranı değeri arttıkça işletmelerin yapmış olduğu tarımsal faaliyetler daha rahat ve uygun hale gelmektedir. Aynı zamanda yapılan arazi toplulaştırması işleminin etkinliği de artmaktadır. Bunların sonucu

olarak arazi toplulaştırması işleminin sürdürülebilirliği de artacaktır. Ülkemizde bitirilen projelerde toplulaştırma oranı %42,4' dür(1). Araz toplulaştırma oranı hesabındaki eşitlik aşağıda verilmiştir (Eşitlik 5).

$$TO = \frac{\text{ÖPS}-\text{SPS}}{\text{ÖPS}} \times 100 \quad (5)$$

Eşitlikte;

TO = Toplulaştırma oranı

ÖPS = Arazi toplulaştırma öncesi parsel sayısı

SPS = Arazi toplulaştırma sonrası parsel sayısını ifade etmektedir.

Toplulaştırma oranının hesaplanması, toplulaştırma öncesi ve sonrası parsel sayısı değişikliğine dayanır. Eğer bir işletmenin tüm parselleri tek bir parselde toplanabiliyorsa, bu teorik olarak projenin başarısını yüzde yüz olarak gösterir. Ancak, pratikte bu durumun gerçekleşmesi nadiren mümkündür, çünkü çeşitli yerel şartlar ve mülkiyet hakları bu birleştirmeyi kısıtlayabilir.

Bu bağlamda, en uygun sonuç, işletmeye ait dağınık parsellerin mümkün olduğunca az sayıda parselde toplanmasıdır. İdeal olarak, projede yer alan bir işletmeye tek bir parsel düşürülmesi hedeflenir. Ancak bu, her zaman mümkün olmayabilir.

**Yeni Toplulaştırma Oranı (YTO)**; bu gerçeklikleri dikkate alarak hesaplanır ve bu oran, toplulaştırma öncesi ve sonrası parsel sayıları arasındaki oransal değişimi yansıtır. Böylece, YTO formülü, projenin gerçekçi başarısını gösteren bir gösterge olarak kullanılır (Eşitlik 6).

$$YTO = \frac{\text{ÖPS}-\text{SPS}}{\text{ÖPS}-\text{İS}} \times 100 \quad (6)$$

Eşitlikte;

YTO = Yeni toplulaştırma oranı

ÖPS = Arazi toplulaştırma öncesi parsel sayısı

SPS = Arazi toplulaştırma sonrası parsel sayısı

İS = Proje alanındaki işletme sayısını ifade etmektedir.

**Januszewski indeksi (JI)**, arazi parçalanmasını değerlendirmek için kullanılan bir göstergedir. Bu indeks, bir işletmenin toplam parsel alanının, her bir bölünmüş parselin alanına oranlanmasıyla elde edilen bir sayısal değer olarak tanımlanmaktadır (16). JI değerinin hesaplanmasına yönelik formül Eşitlik 7'de sunulmuştur.

$$JI = \frac{\sqrt{TPA}}{\sum_i^n \sqrt{PA_i}} \quad (7)$$

Eşitlikte;

JI = Januszewski indeksi

TPA = İşletme toplam parsel alanı

PA = Parsel alanını ifade etmektedir.

Eğer JI değeri 1'den küçükse, bu durum parsel sayısının arttığını gösterir; JI değeri 1'e eşit olduğunda ise işletmenin tek bir parselden oluştuğu anlaşılmaktadır. Parsel sayısı arttıkça, parsel alanıyla ters orantılı olarak Januszewski indeksi düşüş eğilimi gösterir.

**Simmons indeksi (Sİ)**, arazi parçalanmasını sayısal olarak değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu indeksin değeri 1'den ne kadar uzaklaşırsa, işletmenin daha fazla parçalandığını ve sürdürülebilir tarıma daha az uygun olduğunu gösterir. İşletmenin sadece bir parseli varsa, Sİ değeri 1 olur (17). Sİ değerinin hesaplanması için kullanılan formül Eşitlik 8'de yer almaktadır.

$$Sİ = \frac{\sum_i^n PA_i^2}{TPA^2} \quad (8)$$

Eşitlikte;

Sİ = Simmons indeksi

TPA = İşletme toplam parsel alanı

PA = Parsel alanını ifade etmektedir.

Arazi toplulaştırma oranı, yeni arazi toplulaştırma oranı, Januszewski indeksi ve Simmons indeksi arazi toplulaştırma alanındaki parsel düzenlemesinin genel anlamda yorumlanmasında temel kriterler olarak karşımıza çıkmakta ve proje değerlendirmesinde çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (5,8,14,18,19).



Yeni arazi toplulaştırma oranı, arazi toplulaştırma oranına göre daha gerçekçi bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır.

## ŞEKİL

Parsellerin şekilleri, tarımsal mekanizasyon açısından büyük bir öneme sahiptir. Arazilerin şekilleri ile işlenme süresinde meydana gelebilecek zaman kayıplarını belirlemek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır.

**Şekil indeksi (SI):** Parsellerin şekillerini analiz etmek için kullanılan temel ölçüt şekil indeksi (SI) olarak adlandırılmaktadır (Eşitlik 9). SI değeri 1'e eşit veya 1'e yakın olduğunda, parselin yuvarlak ya da kare biçiminde olduğunu ifade ederken, 1'den uzaklaştıkça daha düzensiz ve biçimsiz alanları işaret eder (8,20-24).

$$SI = \frac{P_i}{\sqrt[2]{\pi a_i}} \quad (9)$$

Eşitlikte;

SI = Şekil indeksi

$p_i$  = Parsel çevre uzunluğu

$a_i$  = Parsel alanını ifade etmektedir.

**Fraktal büyüklük indeksi (FD):** Parsel şekillerini değerlendirmek için kullanılan bu indeks (FD) birçok araştırmacı tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (Eşitlik 10). Bu indeks ile alınabilecek değerler 1 ile 2 arasında değişmektedir. Elde edilen değerler 1'e yaklaştıkça kareye benzer düzgün alanları ifade etmektedir(21-24).

$$FD = \frac{2 \ln p_i}{\ln a_i} \quad (10)$$

Eşitlikte;

FD = Fraktal büyüklük indeksi

$p_i$  = Parsel çevre uzunluğu

$a_i$  = Parsel alanını ifade etmektedir.

Literatürde parsellerin şeklinin değerlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda yukarıda verilen şekil indekslerinin şekilsel değişimi analiz yapmada oldukça pratik olarak kullanıldığı belirtilmiştir (14,15,25-28).

## ALAN - KONUM

Arazi toplulaştırma sonrası, işletme merkezi ile parseller arasındaki yol mesafesindeki değişiklikler ve parsellerin önceki konumlarına olan yakınlık, proje memnuniyetini etkileyen ana faktörlerden biridir. Bu bağlamda, işletme merkezi ile parseller arasındaki yol uzunluğu ve parsel çakışma oranı analizleri sonraki bölümlerde sunulmuştur.

**Alan ve kuş uçuşu yol mesafesi uygunluğu (KUYUU):** Toplulaştırma projelerinde, yol mesafesi ile parsel alanları arasındaki ilişkiyi belirleyen önemli bir girdi alan-kuş uçuşu yol mesafesi uygunluğu (KUYUU) değeridir (Eşitlik 11). Bu değer, işletme merkezi ile parsel arasındaki en kısa yolu ifade etmektedir (20). KUYUU değerinin hesaplanmasına ilişkin formül Eşitlik 8'de verilmiştir.

$$KUYUU = \frac{KUYU}{0.038\sqrt{PA}} \quad (11)$$

Eşitlikte;

KUYUU = Kuş uçuşu yol uzunluğu uygunluğu

KUYU = Parsel işletme merkezine kuş uçuşu yol uzunluğu

PA = Parsel alanını ifade etmektedir.

**Parsel çakışma oranı (PÇO):** Arazi toplulaştırma projeleri yapısı gereği özel mülkiyetlere doğrudan müdahaleyi gerektirdiği için öncelikle çiftçi istek ve arzularının karşılanması yürütülen projenin başarı durumunu arttıran önemli bir unsur olmaktadır (23). Parsel çakışma oranı, 0 ile 100 arasında bir değer almaktadır. Değerin 100'e yakın olması, çakışma oranının yüksek olduğunu, 0'a yakın olması ise çakışmanın düşük olduğunu gösterir. Parsel çakışma oranını hesaplamak için ArcGIS 10.3 programı kullanılmış; proje öncesi ve sonrası parsel dosyaları "Identity" komutuyla tanımlanmış, ardından "Dissolve" komutuyla işletme numaralarına göre sınırlar kaldırılarak veriler sadeleştirilmiştir. Bu sayede toplulaştırma öncesi parsellerin konumları ile toplulaştırma sonrası konumları karşılaştırılmış ve kesişim alanları hesaplanmıştır. Parsel çakışma oranı (PÇO) Eşitlik 11 ile hesaplanmaktadır.

$$PÇO = \left( \left| \frac{\text{ÇYPA-EPA}}{\text{ÇYPA}} \right| \right) \times 100 \quad (11)$$

Eşitlikte;

PÇO = Parsel çakışma oranı

ÇYPA = Çakışan yeni parsel alanı

EPA = Eski parsel alanını ifade etmektedir.

Arazi toplulaştırması sonrası yeni oluşan parsellerin alansal ve konumsal değişimlerinin de değerlendirilmesi önemli birer parametredir. Parsellerin yol uzunluklarındaki değişimler, bu uzunluğun fazla artması ya da kısılması memnuniyeti etkileyen önemli faktörler arasındadır. O nedenle proje başarısında yol uzunluğunun da değerlendirmeye alınması gerekir. (19,21,29,30). Toplulaştırma çalışmalarında katılımcı istekleri alınırken katılımcılar mutlaka eski parsellerinin bir ya da birkaçının yanında istemektedirler. Yeniden tasarım aşamasında bu isteklerinin karşılanmış olması önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır (1,9,31) Özellikle sabit tesis, bağ – bahçe gibi yapıların olduğu durumlarda eski parselle çakışma oranı önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır.

## **SONUÇ**

Arazi toplulaştırması çalışmaları hem dünya genelinde hem de ülkemizde tarımsal faaliyetlerin yürütülmesinde sosyal ve ekonomik açıdan büyük bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmaların başarılı sonuçlar vermesi için birçok faktör dikkate alınmalıdır. Geniş çaplı yatırımlar gerektiren ve yoğun çaba isteyen arazi toplulaştırma projeleri, uygulanması oldukça zor süreçlerdir. Her proje alanı, kendine has yerel koşullar ve talepler barındırdığından, bu projelerde aynı standartları tutturmak her zaman kolay değildir. Toplulaştırma projelerinde pek çok değişken rol oynadığı için, başarı oranı, projelerin gerçekleştirildiği bölgelerdeki taleplerin ne ölçüde karşılandığına ve teknik gerekliliklerin ne kadar dikkate alındığına bağlı olarak artacaktır.

## **KAYNAKLAR**

1. ARICI İ ,AKKAYA ASLAN ŞT. Arazi Toplulaştırması Planlama ve Projelemesi. 2nd ed. BURSA: DORA; 2023. 1–239 p.
2. Arslan F, Değirmenci H. Çiftçilerin Arazi Toplulaştırma Projesine Bakışı: Kahramanmaraş Türkoğlu İlçesi ve Köyleri. Bursa Uludağ Üniv Ziraat Fak Derg,. 2016;30(2):23–34.
3. Demetriou D, Stillwell J, See L. Land consolidation in Cyprus: Why is an Integrated Planning and Decision Support System required? Land use policy. 2012 Jan;29(1):131–42.
4. Kirmikil M, Arici I. The use of landscape metrics to assess parcel conditions pre- and post-land consolidation. J Food Agric Environ. 2013;11(2).

5. Akdeniz M, Temizel Ke. Arazi toplulaştırma projelerinde başarının değişik göstergelere göre değerlendirilmesi. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*. 2018;
6. Ertunç E, Çay T. Analysis Of The Different Land Reallocation Results In Land Consolidation Project: A Case Study In Üçhüyükler Neighborhood, Çumra-Konya-Turkey. *Selcuk University Journal of Engineering ,Science and Technology*. 2017;5(2).
7. Lök E, Değirmenci H. Arazi Toplulaştırma Projelerinde Arazi Parçalılık Analizi: Niğde İli Hasaköy ve Bağlama Köyleri Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*. 2019;22(5).
8. Akkaya Aslan ŞT. Arazi Toplulaştırma Öncesi ve Sonrası Arazi Parçalılık Değişiminin Analizi: Denizli Tavas İlçesi Pınarlar Köyü Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 2018;
9. Akkaya Aslan ŞT. Evaluation of land consolidation projects with parcel shape and dispersion. *Land use policy*. 2021;105.
10. Ertunç E. Analysis of the effect of land consolidation projects in terms of land fragmentation and parcel shapes: the case of Konya, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*. 2020;13(10).
11. Demetriou D. Land Fragmentation. In 2014.
12. Sagaydak A, Sagaydak A. Agricultural land consolidation vs. land fragmentation in Russia. *International Journal of Engineering and Geosciences*. 2022;7(2).
13. Kontek P, Basista I, Maciuk K. GIS analyses of land consolidation in case of the highly fragmented of parcels. *Folia Forestalia Polonica, Series A*. 2023;65(3).
14. Kurşun E, Konukcu F, Altürk B. Tekirdağ İli Tarım Parsellerinin Arazi Toplulaştırma Açısından Şekil Analizi ile Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 2023;11(1).
15. Alkan T, Durduran Ss, Okka Ct. Arazi Toplulaştırma Projelerinde Parsel Şekillerinin Değişimsel Analizi: Konya/Akören/Çatören Mahallesi Örneği. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*. 2021;3(2).
16. Januszewski J. Index of land consolidation as a criterion of the degree of concentration. *Geogr Pol*. 1968;14:291–8.
17. Simmons AJ. 1964. An index of farm structure, with a Nottinghamshire example. *East Midlands Geographer*. 1964;3:255–61.
18. Döner H, Kaya S. Bingöl İli Merkez İlçe Köylerinde Uygulanan Arazi Toplulaştırma Projesinin Kırsal Alan Planlaması Yönüyle Değerlendirilmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*. 2021;10(2).
19. Türk M. Kocaeli İlinde Arazi Toplulaştırması Yapılan Alanlarda Arazi Toplulaştırma Başarısının Analizi . [Bursa]: Bursa Uludağ Üniversitesi; 2021.
20. McGarigal K, Marks BJ. 1995.FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. . Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.; 1995.
21. Gonzalez XP ACCR. Evaluation of Land Distributions with Joint Regard to Plot Size and Shape. *Agric Syst*. 2004;82(1):31–43.
22. Gónzalez XP, Marey MF, Álvarez CJ. Evaluation of productive rural land patterns with joint regard to the size, shape and dispersion of plots. *Agric Syst*. 2007;92(1–3).
23. Akkaya Aslan ST, Gundogdu KS, Arici I. Some metric indices for the assessment of land consolidation projects. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2007;10(9).

24. Libecap G LD. The Demarcation of Land and the Role of Coordinating Institutions. . Cambridge, Ma, National Bureau Of Economic Research Working Paper No 14942. 2009;
25. Ertunç E. Arazi Topplulaştırma Projelerinde Parsel Şekil Değişiminin Nicel Değerlendirmesi: Konya İli Çumra ilçesi Abditolu Mahallesi Örneği. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2020;
26. Ertunç E. Arazi Topplulaştırma Projelerinde Parsel Şekil Değişiminin Nicel Değerlendirmesi: Konya İli Çumra ilçesi Abditolu Mahallesi Örneği. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2020;
27. Bayram R, Değirmenci H. Arazi Topplulaştırma Projelerinde Parsel Şekillerinin Analizi: Niğde Misli Ovası 2. Kısım Yıldıztepe Örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi. 2018;
28. Değirmenci H, Arslan F, Ketten M. Arazi Topplulaştırma Projelerinde Parsel Şekillerinin Değişimi: Şanlıurfa Bozca Köyü Örneği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 2019;6(3).
29. Erenci T, Kayalak S. Çanakkale İli Biga İlçesinde Uygulanan Arazi Topplulaştırma Çalışmaları, Üreticilerin Memnuniyet ve Bilinç Seviyelerinin Belirlenmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 2018;6.
30. Yaman S, Temizel KE. Çorum Alaca Arazi Topplulaştırma ve Tarla İçi Geliştirme Hizmetleri Projesinin İncelenmesi ve Yararları. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 2023;9(3).
31. Arslan F, Degirmenci H, Akkaya Alan S.T, Jürgenson E. A New Approach to Measure Parcel Shapes for Land Consolidation. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi. 2021;24(5).



## Bölüm 3

# KISINTILI SULAMA UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİ VERİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BÖLGELER BAZINDA İNCELENMESİ

Yoldaş EKTİREN<sup>1</sup>  
Hasan DEĞİRMENÇİ<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar yaklaşık 9.8 milyara ulaşacağı düşüncesi, küresel ölçekte gıda ve su talebindeki artışları da beraberinde getireceği öngörülmektedir. Bu taleplere ek olarak gelecekte iklim değişikliği ve su stresinin de etkileri dikkate alındığında su kaynakları üzerine olan baskı her geçen gün daha da artacaktır. Dünyadaki toplam su miktarı 1.4 milyar km<sup>3</sup> olup bu suların %97.5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, kalan %2.5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır (1). Bu tatlı su miktarının ise yaklaşık %98.8'i kutuplarda ve yeraltında bulunurken ulaşılabilir tatlı su miktarı sadece %1.2 kadardır. Bu rakamlar dikkate alındığında gerçekte ulaşılabilir elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğu açıkça anlaşılmaktadır.

Türkiye'nin su potansiyeli; ortalama yıllık düşen yağış miktarı (643 mm/yıl) ve yüz ölçümü (783.577 km<sup>2</sup>) dikkate alındığında yaklaşık olarak 501 milyar m<sup>3</sup> olup, bu suyun yalnızca 112 milyar m<sup>3</sup> kullanılabilir (2, 3, 4). Falkenmark indeksine göre su sıkıntısı yaşayan ülkeler (yılda kişi başına düşen su miktarı 1.700 ~ 1.000 m<sup>3</sup> arası) arasında yer alan Türkiye'de (5) kişi başına düşen su miktarı 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 1311 metreküptür. Ülkemizde 2030 yılına kadar su potansiyelinde %20 oranında azalış ülke nüfusunda ise %10'luk artışın görülebileceği ve buna bağlı olarak da kişi başına düşen su miktarının 1000 m<sup>3</sup>e kadar düşeceği öngörülmektedir. Böyle bir senaryoda gerekli önlemler alınmaz ise önümüzdeki birkaç yılda su kıtlığı yaşayan ülkeler (yılda kişi başına düşen su miktarı 1.000 ~ 500 m<sup>3</sup> arası) arasında yer almamız kaçınılmaz olacaktır.

<sup>1</sup> Öğr. Gör., Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, yektiren@bingol.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6571-6806

<sup>2</sup> Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, degirmenci@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6157-816X

Ülkemizde su tasarrufuna, temiz su kaynaklarının yaklaşık %70-75 sulama amacıyla kullanıldığı (6,7) tarım sektöründen başlanması daha mantıklı bir yaklaşım olacaktır. Ilıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer alan ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi farklı iklim özelliklerinin görülmesine imkan sağlamaktadır. Kıyı kesimlerinde deniz etkisi ile daha ılıman bir iklim görülürken, iç kısımlara doğru gidildikçe karasal iklimin özellikleri görülmektedir (8). Yarı kurak ve yarı nemli iklim özelliklerinin görülmesi üretim periyodu içerisinde düşen yağışların yetersiz ve düzensiz olmasına yol açmaktadır. Bu durum sulama suyu kullanılabilirliğinin teknik ve ekonomik yönden sınırlı olduğu bölgelerde (9) tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak için sulama suyunun daha etkin ve yenilikçi kullanımını gerektirmektedir (10).

Son yıllarda küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olarak kuraklık ve su sıkıntısı, ülkemizin birçok bölgesinde etkisini hızla göstermektedir. Bu durum su kaynaklarının sulama amaçlı kullanıldığı tarım sektöründe (%70-75) suyun daha planlı ve daha etkin kullanımını zorunlu kılmaktadır (11). Mısır; ülkemizde endüstrinin birçok kolunda hammadde olarak kullanılan ve stratejik bir öneme sahip olan bir bitkidir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinin üretim periyodu boyunca bol su istemesi (12) ve su açığının arttığı dönemlerde ihtiyaç duyulan sulama suyunun karşılanmaması verim ve kalitede (özellikle proteinin azalması) ciddi düşüşlerin yaşamasına yol açmaktadır (13). Ülkemizde mısır bitkisi yetiştiriciliğinde, su kaynaklarının daha verimli kullanımına imkan sunan kısıntılı sulama uygulamalarının kullanılabilirliği üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Söz konusu çalışmaların sadece yürütüldüğü ilin iklim şartlarına bağlı kalması, o bölgede yer alan komşu illerde kısıntılı sulama uygulamalarının kullanılabilirliğini sınırlandırmıştır. Bu çalışmada, kısıntılı sulama uygulamalarının mısır bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılabilirliği bölgeler bazında incelenmiştir. Çalışma sonucunda sulama suyunda hangi bölgede hangi oranda kısıntı yapılabileceği ve mısır bitkisi üretim periyodu boyunca hangi fenolojik dönem/dönemlerde kısıntılı sulama yapılabileceği değerlendirilmiştir.

## **KISINTILI SULAMA**

Tarımsal üretimde geleneksel sulama yöntemleri yerine yüksek sulama randımına sahip basınçlı sulama yöntemleri (damla sulama, yağmurlama sulama vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır (14). Modern sulama teknikleri arasında da yer alan damla sulama yönteminde bitkilerin ihtiyaç duyduğu sulama suyu kapalı borular aracılığıyla bitki kök bölgesine damlalar halinde verilebilmektedir. Sulama



randımanı oldukça yüksek olan damla sulama yöntemi, bitkilerin ihtiyaç duyduğu sulama suyunda kısıntı yapılmasına da imkan sağlamaktadır. Kısıntılı damla sulama yöntemi; bitkilerin optimum gelişimleri için ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarının, verimde ciddi düşümlere neden olmayacak düzeyde kısıntı yapılarak bitki kök bölgesine verilmesidir. Başka bir ifadeyle bitki üretim periyodu boyunca topraktaki nem eksikliğine duyarlı dönemlerde bitki su ihtiyacının tamamının karşılandığı (tam sulama), topraktaki nem eksikliğine bağlı olarak bitki gelişiminin önemli düzeyde etkilenmediği dönemlerde ise evapotranspirasyon gereksiniminin altında sulama suyunun uygulanmasıdır. Bu sulama yönteminde toprak yüzeyinin belirli bir kısmının ıslatılması sulama suyundan yüksek oranda tasarruf sağlanmaktadır (15,16).

## **MISIR BİTKİSİNDE KISINTILI SULAMA ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Mısır bitkisi, insan gıdası ve hayvansal üretimde hayvan yemi olarak değerlendirilmesinin yanı sıra sanayinin birçok kolunda hammadde (nişasta, şeker, alkol vs.) olarak kullanılmaktadır (17). Mısır, ülkemizde son yıllarda sulanabilir tarım alanlarının artışı, rakip ürünlere kıyasla karlılığının yüksek olması, destekleme politikası ve yem talebindeki artışa bağlı olarak çiftçiler tarafından sıkça tercih edilen ürünlerin başında gelmektedir (18). Mısır bitkisi, üretiminin yapılacağı iklim koşullarına bağlı olmakla beraber 10-11°C çimlenebilmekte olup 5-10 cm derinliğindeki toprak sıcaklığının 15 °C'e ulaşması ile hızlanmaktadır. Kök ve sap gelişimi için gerekli olan ideal sıcaklık 10-30 °C arasında olup, belirlenen sınırların üzerindeki sıcaklıklarda ise kök ve sap gelişiminde yavaşlama gözlenebilmektedir (19). Belli sıcaklıktaki bir havada bulunan su miktarının, o havayı doymuş hale getirecek su miktarına oranı olarak tanımlanan bağıl nemin (20), mısır bitkisi yetiştiriciliğinde genel olarak %60 düzeyinin altında olmaması arzu edilmektedir (19).

Kuraklığa karşı oldukça duyarlı bitkiler arasında yer alan mısır (21) üretim periyodu boyunca yüksek oranda sulama suyuna ihtiyaç duymaktadır (22). Mısır üretiminin yapıldığı birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülke, kuraklık ve iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerine olan baskısını en aza indirmek amacıyla bitki verimliliğini ve sulama suyu etkinliğini artıracak çalışmalara yoğunlaşmıştır (23, 24, 25). Tarımsal üretimin yürütüldüğü alan içerisinde toprak yüzeyinden (evaporasyon) ve bitki yüzeyinden buharlaşarak (transpirasyon) atmosfere karışan toplam su miktarı evapotranspirasyon (ET=Bitki su tüketimi) olarak

tanımlanmaktadır (26). Bitki su tüketim miktarı yetiştiriciliği yapılacak bitkinin türü, genetik yapısı, iklim istekleri, yetiştirildiği toprak tipine vb. bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle sulama programlarına yönelik önerilerde bulunmadan önce, yetiştiriciliğin yapılması planlanan bölgenin bitki ve sulama üzerine olası etkileri detaylı bir şekilde açıklanmalıdır. Bu kapsamda ülkemizin birçok bölgesinde mısır bitkisi yetiştiriciliğinde ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarı ve kısıntı düzeyleri hakkında farklı çalışmalar yapılmıştır. Akdeniz bölgesinde Adana, Çukurova, Antalya, Kahramanmaraş; Güneydoğu Anadolu bölgesinde Şanlıurfa, Harran Ovası, Diyarbakır, Siirt, Mardin; Marmara bölgesinde Bursa, Balıkesir; İç Anadolu bölgesinde Konya; Ege bölgesinde Aydın ve Doğu Anadolu bölgesinde Van, Iğdır illerinde mısır bitkisi yetiştiriciliğinde kısıntılı sulama uygulamaları üzerine birçok çalışma yapılmıştır.

Akdeniz bölgesinde yer alan Adana (Çukurova), Antalya ve Kahramanmaraş illerinde iklim koşullarının elverişliliği nedeni ile mısır yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmaktadır. Adana koşullarında yetiştirilen mısır bitkisi mevsimlik su tüketimini (ET) 771.2 mm (27); tane mısırın ihtiyaç duyduğu sulama suyu miktarında yapılacak %50'lik kısıntının tane veriminde %10-23 oranında kayıpların yaşanmasına neden olabilmektedir (28). Çukurova koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisine üretim periyodu boyunca tam sulanan konuya 644 mm (ET=677 mm); %50 kısıntı uygulanan konuya ise 396 mm (ET=460 mm) sulama suyu uygulanmıştır. Konular arasında en yüksek verim (1040.3 kg da<sup>-1</sup>) 7 gün aralıklarla sulanan tam sulama konusundan (TS-100), en düşük verim ise (772.3 kg da<sup>-1</sup>) %50 kısıntı yapılan konudan (KS-50) alınmıştır. KS-50 (772.3 kg da<sup>-1</sup>) ve PRD-100 (774.3 kg da<sup>-1</sup>) konularının verim değerlerinin birbirine oldukça yakın olması su kaynaklarının daha ekonomik kullanımına imkan sunan yarı ıslatmalı sulama uygulamaları (PRD) yaygın olarak kullanılabilir (29). Kahramanmaraş koşullarında kısıntılı sulama uygulamalarının (tam sulanan kontrol konusu  $M_{100}$ ,  $M_{80}$ ,  $M_{60}$ ,  $M_{40}$  ve  $M_{20}$ ) silajlık mısır verimi üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürütülen 2 yıllık çalışmada konulara uygulanan sulama suyu miktarının araştırmanın birinci yılında (2018) 530.57-848.64 mm; ikinci yılında (2019) ise 502.49-935.87 mm değerleri arasında hesaplanmıştır. Mısır bitkisi su tüketim değeri ( $M_{20,40,60,80,100}$ ) konuları için çalışmanın birinci yılında 859-1092 mm; ikinci yılında ise 667-928 mm değerleri arasında değişmiştir. Çalışmada iki yıllık silajlık mısır verimi ortalaması en yüksek değerini sulama ihtiyacının tamamının karşılandığı  $M_{100}$  konusunda (7366.45 kg da<sup>-1</sup>); en düşük değerini ise %80 kısıntının uygulandığı  $M_{20}$  konusunda (3374.17 kg da<sup>-1</sup>) alınmıştır. Su kaynaklarının yetersiz olduğu koşullarda kontrol konusuna uygulanan sulama

suyu miktarında yapılacak %20'lik kısıntı silajlık mısır veriminde yaklaşık %13'lük kayıplara yol açabileceği ifade edilmiştir (30). Antalya iklim koşullarında kısıntılı damla sulama uygulamalarının ( $I_{100}, I_{75}, I_{50}, I_{25}$  ve  $I_0$ ) Şafak ve Ant-İ90 mısır genotiplerinin su kullanım, verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada Şafak ve Ant-İ90 mısır genotiplerine aynı miktarda sulama suyu ( $I_{100}, I_{75}, I_{50}, I_{25}$  ve  $I_0$  konuları için sırasıyla; 722.2, 573.8, 425.4, 277, 128.6 mm) uygulanmasına rağmen genotipler arasında verim değerlerinin değiştiği belirtilmiştir. Çalışmada Ant-İ90 ve Şafak mısır genotiplerine uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak  $I_{100}, I_{75}, I_{50}, I_{25}$  ve  $I_0$  konuları için verim değerleri sırasıyla; 7.43, 6.41, 6.08, 4.63, 1.44; 9.35, 8.34, 7.89, 5.56, 3.63 ton/ha hesaplanmıştır. Ant-İ90 mısır genotipinde tam sulama konusuna göre sulama suyunda yapılacak %25'lik kısıntının ( $I_{75}$ ) verimde %14; %50'lik kısıntının ( $I_{50}$ ) ise verimde %18'lik kayıplara neden olabileceğini bildirmişlerdir. Şafak mısır genotipinde ise tam sulama konusuna göre sulama suyunda yapılacak %25'lik kısıntının ( $I_{75}$ ) verimde %11; %50'lik kısıntının ( $I_{50}$ ) ise verimde %16'lık kayıplara neden olabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca mısır bitkisine uygulanan kısıntı düzeyinin artmasına bağlı olarak mısır protein içeriğinin azaldığı ifade edilmiştir (31). Su kaynaklarının yetersiz olduğu koşullarda mısır bitkisinin ihtiyaç duyduğu sulama suyu uygulamaları fenolojik dönemler dikkate alınarak yapılabilmektedir. Fenolojik dönemler dikkate alındığında özellikle tozlaşma (tepe püskülü) döneminde yapılmayan sulama uygulamaları %9'luk verimde kayıplarının yaşanmasına neden olabileceğinden (32) kısıntının daha çok vejetatif dönemlerde yapılması önerilmektedir.

7.5 milyon hektarlık arazi varlığına sahip olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde mevcut alanların %43.6'sı bitkisel üretim (3.290.575 ha), %29.4'ü çayır-mera (2.214.473 ha) ve %19.2'si orman-fundalık (1.451.185 ha) kullanılmaktadır. Tarım alanı bakımından oldukça zengin olan bölgede Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) ile birlikte sulama imkanları artmış ve kuru tarımdan sulu tarıma geçiş sağlanmıştır. Bu gelişme beraberinde bölgedeki ürün deseninin değişmesine ve sulamanın da katkısıyla birçok üründe verim artışlarının görülmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca sulama ile birlikte bölgede vejetasyon süresi kısa olan ikinci ürünlerin (mısır) ekimine de başlanılmış ve bir dönemde birden fazla ürün alınarak çiftçi gelirlerinde artış sağlanmıştır (33). Güneydoğu Anadolu bölgesi Harran ovası koşullarında sulama aralığının (5,10 ve 15 gün) ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinin verimine etkisinin araştırıldığı çalışmada en yüksek tane verimini ( $1015 \text{ kg da}^{-1}$ ) 5 gün aralıklarla sulanan; en düşük verimi ise ( $524 \text{ kg da}^{-1}$ ) 15 gün aralıklarla sulanan konulardan elde edilmiştir. Kontrol konusuna

göre (5 gün aralıklarla sulanan konu) sulama aralığının 10 gün olması verimde %24; 15 gün olması halinde ise %52'lik kayıplarının yaşanmasına yol açabilir (34). Farklı sulama düzeylerinin (kontrol konusuna uygulanan sulama suyunun % 20, 40, 60, 80'ni) uygulandığı mısır bitkisi için kontrol konusuna uygulanan iki yıllık ortalama sulama suyu miktarı 1255 mm, ortalama bitki su tüketimi 1378 mm ve tane verimi yaklaşık 1350 kg da<sup>-1</sup> hesaplanmıştır. Konulara uygulanan sulama suyu miktarı belirli bir düzeye kadar artıkça mısır tane veriminin de arttığı belirlenmiştir. Sulama suyunun kısıtlı olduğu koşullarda kontrol konusuna uygulanan sulama suyu miktarından %40'lık su tasarrufunun verimde %15'lik kayıpların yaşanmasına yol açabilir (35). Şanlıurfa koşullarında yetiştirilen mısır bitkisi, A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suyun %100, 90, 80 ve %70'i dikkate alınarak ISC<sub>2</sub>, ISC<sub>4</sub>, ISC<sub>6</sub> ve ISC<sub>8</sub> günlük aralıklarla sulanmıştır. Çalışmada konulara (ISC<sub>2,4,6,8</sub>) uygulanan sulama suyu miktarı, çalışmanın birinci yılında (1998) 876-610 mm; ikinci yılında (1999) ise 889-612 mm değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Mısır bitkisi su tüketim (ET) değeri ISC<sub>2,4,6,8</sub> konuları için çalışmanın birinci yılında sırasıyla 1008, 930, 829, 700 mm; ikinci yılında ise 1071, 944, 899 ve 701 mm hesaplanmıştır. Bölgede yapılan mısır yetiştiriciliğinde ideal sulama aralığının 2 gün olması gerektiği önerilmiştir (36). Şanlıurfa koşullarında farklı sulama düzeyi uygulamaları (%100, %90, %80 ve %70'i) ve sulama aralıklarının (2, 4, 6 ve 8 gün) at dişi mısır verimi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada deneme konularına çalışmanın birinci yılında (1998) 814–1116 mm, ikinci yılında (1999) ise 843–1206 mm değerleri arasında sulama suyu uygulanmıştır. Çalışmada en düşük tane verimi (1027–953 kg da<sup>-1</sup>) 8 gün; en yüksek tane verimi ise (1407–1330 kg da<sup>-1</sup>) 4 gün aralıklarla sulanan konulardan elde edilmiştir. Bölgede yapılması planlanan at dişi mısır bitkisi üretiminde A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suyunun %90'nun 4 gün aralıklarla uygulanmasının ideal olduğunu sonucuna varılmıştır (37). Harran ovası koşullarında yetiştirilecek ikinci ürün mısır bitkisi için ideal sulama aralığı 7 gündür (38). Harran ovası koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan mısır bitkisinde sulama aralığının (2, 4, 6 ve 8 gün) verim üzerine etkileri incelenmiştir. Deneme konularına çalışmanın birinci yılında 814-1116 mm, ikinci yılında ise 843–1206 mm arasında değişen sulama suyu uygulamıştır. Çalışma sonucunda denemenin yürütüldüğü her iki yılda da en yüksek oransal su eksilişi; 8 gün aralıklarla sulanan sulama konusunda (ID8) %29.6 ve %29.3, buna karşın aynı konuda yıllara göre verimde oransal azalış %27.0 ve %28.4 olarak belirlenmiştir (39). Diyarbakır koşullarında kısıtlı sulama uygulamalarının silajlık mısır verimi üzerine etkisini araştırdığı çalışmada en yüksek silaj verimi (8960 kg da<sup>-1</sup>) 5 günlük yığışlı pan

buharlaştırmasının 1.25 katının uygulandığı; en düşük silaj verimi ise ( $5393 \text{ kg da}^{-1}$ ) 0.50 katının uygulandığı konulardan elde edilmiştir. Çalışmada  $I_{4(1.25)}$  konusuna  $529 \text{ mm}$  sulama suyu uygulamasına karşılık  $8960 \text{ kg da}^{-1}$ ;  $I_{3(1.00)}$  konusuna  $447 \text{ mm}$  sulama uygulamasına karşılık  $8782 \text{ kg da}^{-1}$  yeşil ot verimi elde edildiği ve iki konu arasında verim bakımından farkın önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Diyarbakır koşullarında yapılması planlanan silajlık mısır üretimi için ideal sulama aralığının 5 gün olduğu ve pan buharlaşmasının 1.0 katının uygulandığı sulama düzeyinin optimum verim için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (40). Siirt koşullarında kısıntılı sulama uygulamalarının ( $I_{100}$ ,  $I_{70}$ ,  $I_{35}$ ) silajlık mısır çeşitleri (P32K61, P31Y43 ve P30B74) verimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada su kaynağının yeterli olduğu koşullarda maksimum verim için mısır bitkisinin ihtiyaç duyduğu sulama suyu miktarının tamamının karşılanması gerektiği ancak su kaynaklarının sınırlı olduğu koşullarda tam sulama konusuna oranla en fazla %30'luk bir kısıntının yapılabileceği ifade edilmiştir (27).

Marmara bölgesinde yükseltinin az olması, tarıma elverişli düz ve verimli alanların geniş olması, farklı iklim özelliklerinin görülmesi ve modern tarım tekniklerinin yaygın olarak kullanılması farklı iklim istekleri olan tarımsal ürünlerin (buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, zeytin, üzüm, biber vb.) yetiştirilmesine olanak sağlamıştır. Marmara bölgesinde yüksek kaliteli ürünlerin yetiştirilmesi, tarım sektöründe istikrarlı büyümeye ve ekonomik kalkınmaya önemli katkılar sağlamıştır. Bitkisel üretim; Bursa, Balıkesir ve Trakya'nın sahip olduğu verimli tarım alanlarında yoğun olarak yapılmaktadır. Bursa koşullarında farklı sulama düzeyi uygulamalarının mısır bitkisi verimi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada konulara uygulanan sulama suyu, fenolojik dönemler dikkate alınarak 7 günlük aralıklarla yapılmıştır. Konulara uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak mısır bitkisi tane veriminin  $1120.1-1852.8 \text{ kg da}^{-1}$  değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Vejetatif gelişme ve tepe püskülü dönemlerinde yapılan sulamaların verimi artırdığı; koçan çıkarma ve süt olum dönemlerinde ise yapılan kısıntının verimi etkilemediği sonucuna varılmıştır (41). Bursa koşullarında farklı sulama düzeylerinin (%100, %75, %50, %25) cin mısırının (*Zea Mays L. Everta*) tane verimi ve agronomik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, mısır üretim periyodu boyunca konular arasında sulama suyu miktarı  $129-516 \text{ mm}$ , bitki su tüketiminin ise  $245-590 \text{ mm}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda mısır yetiştiriciliğinde optimum verim için bitki sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılanması gerektiği ancak su kaynaklarının yetersiz olduğu koşullarda sulama suyu miktarında %25'lik bir kısıntının kabul makul düzeyde (%6) verim kaybına yol açabileceği ifade edilmiştir (42). Balıkesir

koşullarında kısıntılı sulama uygulamalarının mısır bitkisi tane verimi üzerine etkisi araştırıldığı çalışmada en yüksek verim ( $882 \text{ kg da}^{-1}$ ), sulama suyu ihtiyacı  $586 \text{ mm}$  ve bitki su tüketimi (ET)  $761 \text{ mm}$  olan tam sulanan konuda elde edilmiştir. Su kaynaklarının yetersiz olduğu koşullarda kısıntının vejetatif dönemde ve koçan çıkarma dönemlerinde yapılabileceği sonucuna varılmıştır (43). Trakya iklim koşullarında farklı sulama düzeyi uygulamalarının (%0 ( $I_0$ ), %33 ( $I_1$ ), %66 ( $I_2$ ) ve %100 ( $I_3$ )) silajlık mısır bitkisinin yeşil ot verimine etkisini araştırmak amacıyla iki yıllık (2007 ile 2008) bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmada  $I_0$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  konuları için iki yıllık ortalama silajlık verim değerleri sırasıyla  $1387$ ,  $4218$ ,  $5800$  ve  $7476 \text{ kg da}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Sulama suyunda yapılan %33'lük kısıntının yeşil ot veriminde yaklaşık %28; %66'lık kısıntının ise yeşil ot veriminde yaklaşık %43'lük verim kaybına yol açabileceği sonucuna varılmıştır (44).

Karasal iklim özelliklerinin görüldüğü İç Anadolu bölgesinin iklim ve toprak yapısının elverişliliği bölgede birçok tarım ürününün yetiştirilmesine imkan sağlamaktadır. Bölgede tarımsal üretimde geleneksel tarım uygulamalarının yanında modern tarım tekniklerinin de benimsenmesi ürün kalitesi, çeşitliliği (tahıl ve baklagil) ve verimi üzerine önemli katkılar sağlamıştır. İç Anadolu bölgesinde bulunan Konya ili tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı merkezlerden biridir. Konya-Karapınar koşullarında yetiştirilen mısır bitkisine (*Zea Mays L.*) farklı fenolojik dönemlerde uygulanan su stresinin tam sulama (%100 ( $S_{100}$ ), tam sulama suyu miktarının %70'i ( $S_{70}$ ), tam sulama suyu miktarının %40'ı ( $S_{40}$ )) tane verimi, sulama suyu kullanım etkinliği ve maliyet üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada en yüksek ortalama tane verimi ( $1104 \text{ kg da}^{-1}$ ) tam sulanan, en düşük ortalama tane verimini ( $749 \text{ kg da}^{-1}$ ) ise %40 kısıntı uygulanan konudan elde edilmiştir. Mısır üretiminde vejetatif dönemde yapılan su kısıntısının generatif dönemde yapılan kısıntıdan daha az verim kaybına yol açtığını bildirilmiştir (45).

Aydın iklim koşullarında farklı sulama düzeyi uygulamalarının (%100, %70, %50, %30 ve %0) mısır bitkisi verimi üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürütülen iki yıllık çalışmada, konulara uygulanan sulama suyu miktarı ortalamasının  $174-558 \text{ mm}$ ; mısır dane veriminin ise  $288-1134 \text{ kg da}^{-1}$  değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Sulama suyunda yapılacak %30 kısıntının mısır bitkisi veriminde %16'lık bir verim kaybına neden olabileceğini bildirilmiştir (46).

Günümüzde su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla bitkilerin ihtiyaç duyduğu sulama suyu geri kazandırılmış atık sulardan sağlanmaktadır. Atık suların bitki verimi üzerine olumlu katkı sağlayan besin maddeleri bakımından zengin olması, toprağın özelliklerini iyileştirmesi bitkisel üretimde verim ve kalite artışını desteklemektedir

(47). Van iklim koşullarında yetiştirilen ve sulama suyu ihtiyacı (%100, %67, %33'ü) geri kazandırılmış atık suların sağlanan silajlık mısır bitkisinde en yüksek verim, su ihtiyacının tamamı atık suların karşılanmasıyla sulama konusunda (%100) elde edilmiştir. Su kaynaklarının kısıtlı olduğu koşullarda mısır bitkisinin sulama suyu ihtiyacının karşılanmasında atık suların kullanılması, sulama suyunda %33'lük bir kısıntının yapılmasına imkan sağlayabileceği sonucuna varılmıştır (48). Iğdır koşullarında farklı sulama yöntemleri (karık ve damla) ve sulama düzeylerinin (tarla kapasitenin %25, %50, %75 ve %90 tüketildiğinde) silajlık mısır (*Zea mays L.*) verimi üzerine etkilerini incelenmiştir. Damla sulama yöntemiyle sulanan konular arasında en yüksek yeşil ot verim değeri (10046.6 kg da<sup>-1</sup>) tarla kapasitesinin %25'i tüketildiğinde sulama yapılan konulardan elde edildiği bildirilmiştir. Sonuç olarak silajlık mısır bitkisi yetiştiriciliğinde su kaynaklarının yetersiz olduğu koşullarda her iki sulama yönteminde de tarla kapasitesinin %25-50'si tüketildiğinde sulama yapılabileceği ifade edilmiştir (49).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizin kurak, yarı kurak veya yarı nemli bölgelerinde yağışların yetersiz ve düzensiz olması tarımsal üretimde bitkilerin asgari gelişimi için ihtiyaç duyulan sulama suyunun yağışlarla karşılanamaması tarımsal üretimde verim kayıplarının yaşanmasına neden olmaktadır. Su kaynaklarının yaklaşık %70-75 sulama amacıyla kullanıldığı tarım sektöründe ihtiyaç duyulan sulama suyu, mevcut kaynakları koruyan bir program dahilinde (bitkisel üretim planlaması, modern tekniklerin kullanılması, otomasyon sistemleri v.s) ve daha etkin kullanımı ile bu kayıpların olumsuz etkileri asgariye indirilebilir. Günümüzde küresel bir sorun haline gelen kuraklık, su kıtlığı ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri su stres indekslerinden, bitki su stres indeksi (CWSI) ve su açığı indeksi (WDI) ile takip edilebilmektedir (50). Bu kapsamda bitkilerin iklim istekleri ve su verim ilişkileri dikkate alınarak sulama suyuna karşı hassas olmayan dönemlerde sulama uygulamalarının yapılmaması veya ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarında kısıntıya gidilebileceği birçok çalışmada belirtilmiştir. Bitkilerin optimum gelişimi için gerekli olan sulama suyu, bitki gelişim dönemleri ve etkili kök derinliği dikkate alınarak yapılmalıdır.

Sonuç olarak; yapılan çalışmalarda elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde mısır bitkisinin su tüketimi miktarı (ET) yetiştiriciliğin yapıldığı bölgenin değişen iklim özelliklerine (sıcaklık, bağıl nem, güneşlenme süresi, rüzgar hızı vb.) bağlı olarak farklılık göstermekte olduğu ve mısır bitkisi

yetiştiriciliğinde vejetatif dönemde yapılan su kısıntısının generatif dönemde yapılan kısıntıdan daha az verim kaybına yol açtığı belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Dündar, M. 2007. Su Kaynaklarının Uluslararası Sorun Oluşturması. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Uluslararası İlişkiler, ABD., Uluslararası İlişkiler Programı, Trabzon, Y. Lisans Tezi. 157s.
2. Burak, S., Duranyıldız, İ., Yetiş, Ü. 1997. Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi. Odak Noktası Kuruluş: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
3. Akın, M., Akın, G. 2007. Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. Ankara: Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi. 47(2), 105-118.
4. Anonim, 2014. Yüzeysel sular ve yeraltı sularının izlenmesine dair yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/02/20140211-4>. (Erişim tarihi: 04.09.2024).
5. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). 2020. 2018 Yılı Faaliyet Raporu. Erişim adresi: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2018-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>
6. Değirmenci, H. 2008. Sulama Yönetimi ve Sorunları. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 20-22 Mart, Ankara.
7. Türkyılmaz, A. 2010. Su Yönetimi Mevzuatı Dünyada ve Ülkemizde Su. Türkiye Belediyeler Birliği. Ankara.
8. Atalay, İ. 1997. Türkiye Coğrafyası, Ege Üniversitesi yayınları.
9. Fereres, E., Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for Reducing Agricultural Water Use. Journal of Experimental Botany, 58 (2): 147-159.
10. Panda, R.K., Behera, S.K., Kashyap, P.S. 2004. Effective Management of Irrigation Water for Maize under Stressed Conditions. Agricultural Water Management, 66: 181-203.
11. Tanrıverdi, Ç. 2005. Using TDR in the Agricultural Water Management, KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2)-2005.
12. Keten, M., Değirmenci, H. 2022. Comparison of stress susceptibility index of silage corn and sorghum crops. Commission of Technical Rural Infrastructure. No I/1/2022. Polish Academy of Sciences, Cracow Branch, pp. 21-28.
13. Keten Gokkus M., Degirmenci H. Comparison of physical and quality characteristics of silage maize and silage sorghum under deficit irrigation conditions. International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences 2023;7(3):550-562 DOI: <https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.3.9>
14. Ektiren, Y., Değirmenci, H. 2022. Kahramanmaraş Koşullarında Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Pamukta (*Gossypium hirsutum L.*) Lif Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Biyosistem Mühendisliği IV. 29-39s, Akademisyen Yayınevi Bilimsel Araştırmalar Kitabı (AYBAK), Ankara.
15. Doorenbos, J., Kassam A.H. 1986. Yield to Water Response. Irrigation and Drainage. Paper 33. Rome, Italy: FAO.
16. Dağdelen, N., Yılmaz, E., Sezgin, F., Gürbüz, T., Akçay, S. 2005. Effects of different trickle irrigation regi mes on cotton (*Gossypium hirsutum L.*) yield in Western Turkey. Pakistan of Biological Sciences, 2005; 8(10): 1387-1391
17. Süzer, S. 2003. Mısır Tarımı, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne.



18. USDA, 2016. Foreign Agricultural Service (GAIN Reports, Grain: World Markets and Trade Reports, WASDE Reports, Production, Supply and Distribution Database).
19. Kırtok, Y. 1998. Mısır Üretimi ve Kullanımı, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana.
20. Öztürk, T. 2003. Tarımsal Yapılar, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ders Kitabı No: 49, Samsun.
21. Otegui, M.E., Andrade, F.H., Suero, E.E. 1995. Growth, Water Use, and Kernel Abortion of Maize Subjected to Drought at Silking. *Field Crops Research*, 40 (2): 87-94.
22. Stone, L.R., Schlegel, A.J., Gwin, R.E., Khan, A.H. 1996. Response of Corn, Grain Sorghum, and Sunflower to Irrigation in the High Plains of Kansas. *Agricultural Water Management*, 30: 251-259.
23. English, M. 1990. Deficit Irrigation I: Analytical Framework. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 116 (3): 399-410.
24. Zhang, X., You, M., Wang, X. 1999. Effects of Water Deficits on Winter Wheat Yield During its Different Development Stages. *Acta Agriculturae Boreali Sinica*, 14:79-83.
25. Wang, H.X., Zhang, L., Dawes, W.R., Liu, C.M. 2001. Improving Water Use Efficiency of Irrigated Crops in the North China Plain—measurements and Modelling. *Agricultural Water Management*, 48:151-167.
26. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. *Crop evapotranspiration*, FAO, 300, Rome.
27. Uçak, A.B., Bağdatlı, M.C., Turan, N., Arslan, H., Mikail, N. 2015. Siirt koşullarında kısıntılı sulama uygulamaları altında silajlık mısır (*Zea mays L.*) çeşitlerinin, verim ve silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. 10.13140/RG.2.1.1779.8645.
28. Kırdı, C., Topcu, S., Kaman, H., Ulger, A.C., Yazıcı, A., Cetin, M., Derici, M.R. 2005. Grain Yield Response and N-Fertiliser Recovery of Maize Under Deficit Irrigation. *Field Crop Res.*, 93: 132-141.
29. Gökçel, F., Yazar, A. 2008. Çukurova koşullarında yarı ıslatmalı (PRD) ve kısıntılı sulama programlarının II. ürün mısır verimi ve su kullanma randımanına etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yıl:2008 Cilt:18-1.
30. Ketin, M. 2020. Kısıntılı sulama koşullarında bitki stres indeksleri (CWSI ve WDI) kullanılarak silajlık mısır ve sorgum bitkilerinin su-verim ilişkilerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. *Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi.* 183s.
31. Aydınsakir, K., Erdal, S., Buyuktas, D., Bastug, R., Toker, R. 2013. The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (*Zea mays L.*) genotypes. *Agricultural Water Management* 128 (2013) 65-71.
32. Uçak, A. B., Değirmenci, H., Gençoğlan, C., Uçan, K., Aykanatı S., Karaca, Ö.F. 2010. Mısır bitkisinde farklı gelişme dönemlerinde su stresinin verime etkisi. Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Müdürlüğü. 1. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Sempozyumu 28-29 Mayıs 2010.
33. Güneydoğu Anadolu Projesi. 2022. T.C. GAP İdaresi Başkanlığı Kütüphane ve e-Kaynaklar GAP'ta Son Durum Raporları Yayınları.
34. Çetin, Ö. 1996. Harran Ovası Koşullarında İkinci Ürün Mısır Su Gereksinimi. Köy Hizmetleri, Genel Müdürlüğü, Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel yayın, No: 90. Şanlıurfa.

35. Kırnak, H., Gençoğlan, C., Değirmenci, V. 2003. Harran Ovası Koşullarında Kısıntılı Sulamanın II. Ürün Mısır Verimine ve Bitki Gelişimine Etkisi. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Dergisi. 34 (2), 117-123.
36. Öktem, A., Şimşek, M., Öktem, A.G. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn with drip irrigation system in a semi-arid region I. water-yield relationship. Agricultural Water Management, 61: 63-74.
37. Öktem, A. 2006. Effect of Different Irrigation Intervals to Drip Irrigated Dent Corn (*Zea mays L. indentata*) Water-Yield Relationship. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9 (8): 1476-1481.
38. Artan, H., Okant, M. 2023. Harran ovası sulu koşullarında kısıtlı sulamanın ikinci ürün mısır çeşitlerinde bazı tarımsal karakterlere etkisinin araştırılması. EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences. Year 7 (2023) Vol:4. ISSN 2602 – 4136.
39. Şimşek, M., Gerçek, S. 2011. Yarı-Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays L. indentata*) Su Verim İlişkilerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36(1), 77-82.
40. Yolcu, R. 2011. Diyarbakır koşullarında damla sulama ile sulanan silajlık mısırdaki farklı sulama düzeylerinin ve farklı dönemlerde uygulanan azotlu gübrenin verim ve verim özelliklerine etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Doktora tezi 166s.
41. Okay, D., Yazgan, S. 2016. Farklı su uygulama düzeylerinin mısır bitkisi verimi üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016, Cilt 30, Sayı 1, 1-12.
42. Tüfekçi, A. 2021. Farklı sulama seviyelerinin Bursa koşullarında yetiştirilen cin mısırının (*Zea Mays L. Everta*) tane verimi ve agronomik özellikleri üzerine etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek lisans tezi.80s.
43. Korkmaz, N. 2008. Güney Marmara Koşullarında Mısırın Su Verim İlişkisi. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tayek 2008 Yılı Tarla Bitkileri Grubu Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri.
44. Okursoy, H. 2009. Trakya Koşullarında Farklı Sulama Yöntemleri Altında İkinci Ürün Silajlık Mısırın Su Üretim Fonksiyonlarının Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.s:160.
45. Gönülal, E., Soylu, S. 2020. Mısır Bitkisinde (*Zea Mays L.*) Farklı Fenolojik Dönemlerdeki Su Stresi Uygulamalarının Tane Verimi, Sulama Suyu Kullanım Etkinliği ve Maliyet Üzerine Etkileri. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 9(1), 11-20.
46. Dağdelen, N., Yılmaz, E., Sezgin, F., Gürbüz, T. 2006. Water-Yield Relation and Water Use Efficiency of Cotton (*Gossypium Hirsutum L.*) And Second Crop Corn (*Zea Mays L.*) in Western Turkey. Agr. Water Manage., 82: 63-85.
47. Cakmakci, T., Sahin, U., 2021. Productivity and heavy metal pollution management in a silage maize field with reduced recycled wastewater applications with different irrigation methods. J. Environ. Man 291, 112602. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112602>.
48. Yerli, C., Şahin, Ü., Ors, S., Kızıloğlu, F.M. 2023. Improvement of water and crop productivity of silage maize by irrigation with different levels of recycled wastewater under conventional and zero tillage conditions, Agricultural Water Management, Volume 277, ISSN 0378-3774, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108100>.

49. Keskin, B., Akdeniz, H., Temel, S., Hosafloğlı, İ. 2015. Farklı sulama sistemleri ve sulama seviyelerinin silajlık mısır üretiminin (*Zea Mays L.*) verimi üzerine etkileri. UMTEB 6. Uluslararası mesleki ve teknik bilimler kongresi. 11-12 Nisan 2019 Iğdır Üniversitesi. İksad Publications – 2019. ISBN – 978-605-7875-36-5.
50. Tanriverdi, Ç., Atilgan, A., Degirmenci, H. ve Akyuz, A. 2017. Comparison of Crop Water Stress Index (CWSI) and Water Deficit Index (WDI) by Using Remote Sensing (RS). Commission of Technical Rural Infrastructure, Nr. III/1/2017, Polish Academy of Sciences, Cracow Branch, pp. 879-894.



## Bölüm 4

# ETLİK PİLİÇ KÜMESLERİNDE VERİMLİLİĞİ ARTIRMAYA YÖNELİK YAKLAŞIMLAR: ÇEVRE KOŞULLARI VE YÖNETİMİ

Ali ÇAYLI<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Etlık piliç üretimi, dünya genelinde düşük maliyetli ve yüksek kaliteli protein sağlayan önemli bir besin kaynağıdır. Etlık piliçlerin düşük üretim maliyeti ve hızlı büyüme özellikleri, bu sektörü ekonomik açıdan cazip hale getirmekte ve küresel üretimin sürekli artış göstermesine neden olmaktadır. Aynı zamanda etlik piliçlerin hızlı üretim performansı ve besin değeri sayesinde birçok ülke için stratejik bir gıda kaynağı olmasını sağlamaktadır. Ancak, bu hızlı büyüme ve yüksek verimliliğin sürdürülebilmesi, çevresel koşulların etkili bir şekilde yönetilmesine bağlıdır.

Etlık piliçlerin sağlıklı bir şekilde yetiştirilmesi ve yüksek performans göstermesi, çevresel faktörlerin dikkatle yönetilmesine bağlıdır. Özellikle ısı stresi, etlik piliçlerin sağlık ve üretim verimliliği üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahip olabilir. Isı stresi, tavukların metabolizmasını ve genel sağlık durumunu olumsuz etkileyerek, üretim verimliliğinde belirgin düşümlere yol açabilir. Bunun yanı sıra, nem, hava akışı ve genel iç iklim koşulları da etlik piliçlerin performansını doğrudan etkileyen diğer önemli çevresel faktörlerdir (1).

Son yıllarda hızlı bir büyüme gösteren küresel etlik piliç üretimi, küresel gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. (2) FAO verilerine göre, dünya çapında etlik piliç üretimi 2020 yılında 93 milyon tonu aşmış ve bu miktar, 2010 yılına kıyasla yaklaşık %30 artış göstermiştir. Bu büyümenin temelinde, etlik piliçlerin düşük üretim maliyetleri ve hızlı büyüme özellikleri yatmaktadır. Etlık piliçler, kısa sürede yüksek kaliteli protein üretimi sağlayarak, dünya genelindeki artan protein talebini karşılamakta önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedir.

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, alicayli@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8332-2264

Modern teknolojilerin kullanımı, bu çevresel etmenlerin kontrol altına alınmasında büyük rol oynamaktadır. Özellikle, otomatik sıcaklık ve nem kontrol sistemleri, hava akışı düzenleme teknolojileri ve diğer iç mekân iklim yönetim sistemleri, etlik piliçlerin uygun büyüme koşullarında yetiştirilmesine olanak tanır. Bu tür teknolojik gelişmeler, sadece piliçlerin sağlık ve performansını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda üretim süreçlerinin verimliliğini de artırır. Ancak, teknolojinin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için uygun konfor parametrelerinin belirlenmesi ve uygulanması gerekmektedir (3, 4).

Etlik piliç üretiminde uygulanan modern teknolojiler ve verimlilik artırıcı yöntemler, üretim süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirmiştir. Beslenme optimizasyonu, genetik iyileştirme ve etkili sağlık yönetimi stratejileri gibi yenilikçi yaklaşımlar, etlik piliçlerin üretim verimliliğini önemli ölçüde artırmıştır. Ancak, bu büyüme süreci çevresel etkiler ve sağlık riskleri gibi çeşitli zorluklarla da karşı karşıyadır. Küresel ısınma ve su kaynaklarının azalması gibi çevresel sorunlar, etlik piliç üretiminin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Ayrıca, antibiyotik kullanımı ve zoonotik hastalıklar (fokal orijinli koliform bakterilerin pek çoğu, tifo, tifüs, dizanteri hastalıkları, tüberküloz, Q humması, şarbon (anthrax),...) gibi sağlık sorunları, sektördeki en büyük endişeler arasında yer almaktadır (5).

Etlik piliç üretiminin gelecekteki sürdürülebilir olması hem üretim yöntemlerinin iyileştirilmesine hem de çevresel ve sağlık risklerinin etkin bir şekilde yönetilmesine bağlıdır. Etlik piliç sektörü, dünya çapında protein ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol oynamaya devam edecektir. Ancak, bu rolün sürdürülebilir bir biçimde yerine getirilebilmesi için sürekli yenilik ve iyileştirme gereklidir (6).

Sıcak bölgelerde, uygun kümes tasarımı ve iç iklim yönetimi özellikle kritik öneme sahiptir. Yüksek sıcaklıklar ve nem oranları, etlik piliçlerin sağlığını tehlikeye atabilir ve performanslarını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu bağlamda, kümeslerin tasarımı, izolasyon malzemeleri ve iç mekân iklim kontrol sistemleri, tavukların sağlığını korumak ve üretim verimliliğini maksimize etmek için optimize edilmelidir. İyi bir kümes tasarımı, sıcaklık dalgalanmalarını minimize ederken, uygun havalandırma sistemleri ve nem kontrolü de sağlanmalıdır (7).

Dünyanın tropikal bölgelerindeki aşırı sıcak hava koşullarının, genel olarak hayvancılık üretimine olumsuz etkileri bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Bu olumsuz etkiler, özellikle tavuklar üzerinde daha belirgin bir şekilde görülmektedir. Bunun nedeni, tavukların sıcaklık değişimlerine karşı yüksek derecede hassasiyet göstermeleridir. Tropikal iklimlerdeki ekstrem sıcaklıklar, tavukların vücut

sıcaklığını düzenleme yeteneğini zorlayarak, sağlıklarını ve üretkenliklerini ciddi şekilde etkileyebilir. Bu durum, tavukların verimliliğini ve genel refahını olumsuz yönde etkileyen önemli bir çevresel stres faktörü olarak değerlendirilmektedir (8-13).

Memelilerde olduğu gibi, kanatlı türleri de çevre sıcaklığına yanıt olarak vücut sıcaklıklarını düzenleme yeteneğine sahiptir. Kanatlılar, çevre sıcaklıklarına karşı ısı kaybı veya ısı üretimi yoluyla vücut sıcaklıklarını dengede tutmaya çalışırlar. Ancak, normalde 39.4 ile 40°C arasında değişen vücut sıcaklıklarının bu seviyelerin üzerine çıkmasına izin verildiğinde, hayvanların performansı olumsuz etkilenir. Kümes hayvanı üretiminde ısı stresi yetersiz beslenmeye, bodur büyüme, azalmış yumurta üretimi ve boyutu, erken yumurtlamaya ve hatta ölüme neden olabilir. Bu tür etkiler, tavukların genel sağlık durumunu ve üretkenliğini ciddi şekilde tehlikeye atmaktadır (14-16). Bu sorun, yüksek yumurta üretim oranlarına sahip genetik olarak iyileştirilmiş hayvanların artan metabolik aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan yüksek vücut ısısıyla daha da karmaşık hale gelmektedir. Yüksek vücut ısısı, bu hayvanların ısı stresine karşı duyarlılığını artırmakta ve dolayısıyla genel sağlık durumlarını ve üretkenliklerini olumsuz etkilemektedir. Bu durum, özellikle sıcak hava koşullarının belirgin olduğu tropikal bölgelerde önemli bir sorun teşkil etmektedir. (17-19).

Kümes tasarımı, hayvanların optimum sağlık, büyüme ve üretkenlik performansını sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır. Bu tasarım, genişlik, yükseklik, ısıtma ve soğutma sistemleri, otomasyon, yalıtım, yapı malzemeleri, çatı ve aydınlatma gibi birçok parametreyi içerir ve bu parametreler kümes içindeki iklim koşullarının belirlenmesinde hayati öneme sahiptir. Kümes tasarımı, çiftliğin bulunduğu bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak değişir. Tropikal ülkelerde, açık kümeslerin yapımındaki basitlik, ısı yönetimindeki kolaylık ve düşük yönetim maliyetleri nedeniyle tercih edilmektedir. Öte yandan, kontrollü kümesler, ılıman bölgelerde daha yaygın olarak kullanılmaktadır, çünkü bu sistemler daha iyi iklim kontrolü sağlar ve hayvanlar için çevresel koşulları daha uygun hale getirmede etkilidir (1, 20).

Bu çalışmada, etlik piliçlerin üretiminde çevresel koşulların etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Kümeslerdeki çevresel faktörlerin etlik piliçlerin üretim verimliliği ve konfor parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve bu faktörlerin yönetiminde kullanılan modern teknolojilerin rolü analiz edilmiştir. Bu inceleme, etlik piliç üretiminin sürdürülebilirliğini artırmak ve sektördeki verimliliği geliştirmek adına önemli bilgiler sunmayı amaçlamaktadır.

## **KÜMES HAYVANLARININ ISI DÜZENLEME MEKANİZMASI**

Etlik piliçlerin ısı düzenleme mekanizması, vücut sıcaklıklarını dengede tutma çabasını termoregülasyon yetenekleri üzerinden gerçekleştirir. Bu süreç hem büyüme performansını hem de genel sağlık durumunu korumak açısından kritik bir öneme sahiptir. Piliçlerin vücut sıcaklıklarını düzenleme kapasitesi, çevresel sıcaklık koşullarına ve içsel metabolik faaliyetlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Genç piliçler, özellikle ilk haftalarda, dış ortam sıcaklıklarına karşı daha hassastır ve bu nedenle daha etkin bir termoregülasyon gerektirir. Isı düzenleme mekanizmaları, temel olarak iki ana stratejiye dayanır: konveksiyon yoluyla ısı transferi ve evrimsel adaptasyonlar. Konveksiyon, piliçlerin çevredeki havayı hareketlendirerek ısı kaybını veya kazanımını düzenler. Ayrıca, evrimsel adaptasyonlar sayesinde piliçler, vücutlarındaki özel termoregülasyon mekanizmaları aracılığıyla sıcaklık kontrolü için çeşitli fizyolojik ve davranışsal stratejiler geliştirmiştir. Fizyolojik stratejiler arasında, vücut sıcaklığını düzenlemek için kan damarlarının genişlemesi veya daralması, terleme ve tüylere bağlı ısı yalıtımı yer alır. Kan damarlarının genişlemesi, vücut sıcaklığını dışa doğru iletmekte etkili bir yöntemken, damarların daralması ise vücut ısısının korunmasına yardımcı olur. Piliçlerin tüylü yapıları, vücut sıcaklığını yalıtarak aşırı soğuma veya ısınmanın önüne geçilmesine katkı sağlar. Davranışsal stratejiler ise, piliçlerin çevresel koşullara tepki olarak serin alanlara veya gölgeye yönelmesi, suya girme gibi aktiviteleri içerir. Ayrıca, grup halinde bir araya gelerek birbirlerinin vücut ısısından yararlanma gibi sosyal davranışlar da gözlemlenebilir (1, 21, 22).

Tavuklar, dakikada 40-50 nefeslik normal bir solunum hızına sahip olup, yüksek metabolizma hızına sahip sıcakkanlı (homoeternik) omurgalıdır. Bu özellikleri sayesinde, iç vücut sıcaklıklarını çevresel sıcaklık değişimlerinden bağımsız olarak sabit tutabilme kapasitesine sahiptirler. Tavukların iç vücut sıcaklıkları genellikle 39 ila 42.2°C arasında değişir. Sıcak hava koşullarında, bu hayvanlar termonötr sıcaklığı koruyabilmek için iletim, konveksiyon, radyasyon ve buharlaşmalı soğutma gibi mekanizmaları kullanarak ısı kaybederler. Bu termoregülasyon stratejileri, tavukların çevresel ısıl streslere karşı adaptasyon yeteneklerini optimize eder ve sağlıklı bir iç sıcaklık dengesinin sürdürülmesini sağlar (23, 24).

Konveksiyon, radyasyon ve iletim yoluyla hissedilir ısı kaybı yalnızca çevre sıcaklığı hayvanın termonötr bölgesinin altında veya içindeyse etkilidir. Bununla birlikte, buharlaşmalı soğutma, termonötr bölge içinde vücut sıcaklığı



düzenlemesi sırasında dağılan ısının yaklaşık %60'ını oluşturur (25). Hissedilir ısı kaybı, gerdan, bacak, boyun ve kanatlar etrafındaki diğer tüysüz alanlar gibi açık yüzeyler yoluyla oluşur (26). Bu işlemle vücut sıcaklığının düzenlenmesi, hayvanın davranış kalıplarını, yem alımını veya metabolizmasını değiştirmez. Duyulur ısı kaybının etkinliği ise hayvan ile çevresi arasındaki sıcaklık farkının bir fonksiyonudur (27).

Çevre sıcaklığının 24°C'yi aştığı durumda, yaştan bağımsız olarak hayvanlarda ısıyı dağıtmanın ana yöntemi evaporatif soğutma (gizli ısı kaybı) olmaktadır. Termonötr bölgenin ötesindeki sıcaklıklarda evaporatif soğutma yoluyla ısı kaybına ihtiyaç duyan hayvan, büyüme ve gelişmesi için gereken enerjiyi, solunumu hızlandırmak için kullanır ve nefes nefese kalır. Bu durum, yetersiz su temini ve aşırı karbondioksit atılması nedeniyle kan pH'ında düşüş nedeniyle dehidratasyona ve solunum alkalozuna yol açabilir. Nefes nefese kalma sırasında, hayvanın solunum sisteminden su buharlaştığından, evaporatif soğutma meydana gelir. Eğer ortamdaki nem aşırı yüksek ise bu işlem etkili olmayabilir. Özellikle yılın sıcak dönemlerinde hava sıcaklığını düşürmenin birincil yöntemi olan evaporatif soğutma, yüksek nemli ortamlarda etkili değildir (26). Bununla birlikte hayvanların üzerinde hareket eden havanın hacmi ve hızının artırılması da hayvanlarda ısı kaybını artırır. Simmons ve ark. (28), üç haftalık etlik piliçleri 4 hafta boyunca kontrollü bir ortamda, durgun hava (<0,25 m/s), 2 m/s ve 3 m/s değişen gibi değişen hava hızlarında 25-30-25°C'lik döngüsel bir sıcaklığa maruz bırakan bir çalışma yürüttüler. Artan rüzgâr hızının daha yaşlı hayvanların büyüme ve gelişimine olumlu etki ettiğini gözlemlediler.

## **TAVUKTA ISI STRESİ**

Isı stresi, kümes hayvancılığı endüstrisinde, özellikle tavuk eti ve yumurta üretiminde genel bir sorundur. Tavuklar, çevre sıcaklığı 26.7°C olduğunda veya bu sıcaklığın üzerine çıktığında ısı stresi yaşamaya başlarlar. Bu sıcaklıktan sonra hayvanlar, soluk soluğa kalmaya başlarlar ve hayvanın optimum büyüme hızına, yumurta boyutuna, yumurta kabuğu kalitesine ve yumurta üretimine zarar verir. Isı stresi sorunu, nem arttığında sıcak bir ortamda daha da karmaşık hale gelebilir. Isı stresinin piliçlerin konforu, büyüme hızı, yem dönüşümü ve canlı ağırlık artışı üzerinde olumsuz etkisi olduğu bildirilmektedir (26, 29).

Yüksek ortam sıcaklığı, özellikle tropikal ve subtropikal bölgelerde, piliç yetiştiriciliğinin gelecekteki gelişimi için büyük bir engel haline gelmiştir. Sınırlı kaynaklar ve zorlu çevresel koşullar, piliçlerin optimum üretimini sağlama yolunda

en kritik sorunlardır. Isı stresi, piliçlerin fizyolojik biyokimyasını bozarak, yem alımını ve yem verimliliğini azaltır; bu da performans ve verimliliğin düşmesine yol açar. Sıcak çevre koşullarında, yem kullanımı yağ birikimi ve oksidatif stres nedeniyle bozulur. Ayrıca, ısı stresi kan hücreleri, asit-baz dengesi, bağışıklık yanıtı, karaciğer sağlığı ve antioksidan durumu gibi önemli dinamikleri değiştirir (30).

Etlık piliç üretiminde, hayvanların kısa süreler boyunca yüksek sıcaklığa aniden maruz kalması akut ısı stresi olarak adlandırılırken, uzun süre maruz kalması kronik stres olarak adlandırılır. Kronik stres, tropik bölgelerde yaygın olarak kullanılan açık kümeslerde yetiştirilen hayvanlar üzerinde zararlı etkilere sahiptir ve etlik piliç, yumurtacı tavuk ve damızlıklarda büyüme ve üretim verimliliği, yumurta kalitesi, et kalitesi, embriyonik gelişim, üreme performansı, bağışıklık ve hastalık insidansı üzerinde olumsuz etkileri olduğu bildirilmiştir (31-33).

## **İÇ İKLİM KOŞULLARININ TAVUK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Kümes içi iklim koşullarının hayvanlar üzerindeki etkisini, hayvanların bunlara nasıl tepki verdiğini ve kümes hayvanı üretiminde ısı yönetiminin üretim performansı üzerindeki etkilerini anlamak oldukça önemlidir. Bu bilgiler, tropik bölgelerde optimum kümes hayvanı üretim performansını garantilemek için ısı stresini hafifletecek kümes tasarım parametrelerinin belirlenmesi konusunda rehberlik sağlayacaktır. Bu iklim faktörleri arasında sıcaklık, bağıl nem, hava bileşimi ve hızı ile aydınlatma koşulları yer almaktadır.

### **Sıcaklık**

Sıcaklık, tavukların refahını ve üretim performansını doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Özellikle yüksek sıcaklık koşulları, tavukların termoregülasyon yeteneklerini zorlar ve bu durum, onların yem tüketimini, büyüme hızını ve yumurta üretimini olumsuz yönde etkileyebilir (22). Yüksek sıcaklıklar, ayrıca, strese bağlı davranışsal değişikliklere ve artan ölüm oranlarına yol açabilir. Sıcaklığın üretim performansı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar, sıcakta tavukların yem dönüşüm oranlarının düştüğünü ve büyüme hızlarının azaldığını göstermiştir. Ayrıca, sıcaklık artışı, tavukların yumurta veriminde ve yumurta kalitesinde belirgin düşümlere neden olabilir. Bu nedenle, sıcaklık yönetimi ve uygun iklimlendirme sistemleri, etlik piliç kümeslerinde verimliliği artırmak için hayati öneme sahiptir. Sıcaklık stresine karşı dayanıklılığı artırmak amacıyla genetik seleksiyon ve iyi yönetim uygulamaları, tavuk sağlığını ve üretim performansını iyileştirmede önemli rol oynamaktadır (34-38).

Civcivler için ilk bir haftalık periyotta 30–32°C’lik bir sıcaklık önerilmektedir. Daha sonra, Çizelge 1’de gösterildiği gibi civcivler 4 haftalık olana kadar sıcaklık 3–4°C azaltılmalıdır. Dört haftadan sonra ise piliçler için 18–22°C’lik bir sıcaklık aralığının gerekli olduğu bildirilmektedir (39, 40).

Çizelge 1. Büyüme gelişimine bağlı olarak istenen iç ortam sıcaklıkları	
Tavuk Yaşı (Hafta)	Sıcaklık (°C)
1	30–32
2	30–26
3	26–23
4	23–20
≥5	20

Mutaf ve ark. (1), tarafından yapılan diğer incelemelerde, hayvanların çevre sıcaklığının 18–24°C arası olduğunda rahat oldukları sonucuna varılmıştır. Ancak, tavuğun optimum performansının, ürünün besleme maliyetiyle ilgili piyasa değerine bağlı olduğu da unutulmamalıdır. Sıcak iklimde optimum üretim sıcaklığını korumak zor olduğundan, kümes tasarımcısının sıcaklık değişimine önemli ölçüde dikkat etmesi önemlidir.

### Bağıl Nem

Etlük piliç kümeslerinde oransal nem, tavukların sağlığı ve üretim verimliliği açısından kritik bir çevre koşuludur. Oransal nem, havadaki su buharı miktarıdır ve genellikle yüzde olarak ifade edilir. Bu parametrenin optimum aralığı, piliçlerin büyüme performansını, sağlık durumunu ve genel konforunu doğrudan etkiler. Kümes içindeki oransal nemin aşırı düşük veya yüksek olması, çeşitli olumsuz etkiler doğurabilir. Oransal nemin düşük olduğu durumlarda, havada bulunan nem miktarının azalması, tavukların solunum yollarının kurumasına ve mukus üretiminin artmasına neden olabilir, bu da solunum yolu hastalıklarına ve enfeksiyonlara yol açabilir. Ayrıca, düşük nem, piliçlerin su tüketimini artırarak yem verimliliğini düşürebilir. Öte yandan, oransal nemin aşırı yüksek olması da çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir. Yüksek nem seviyeleri, kümes içindeki havanın doygun hale gelmesine ve buharlaşma yoluyla ısı kaybının azalmasına yol açar, bu durum tavukların ısı stresine maruz kalmasına neden olabilir (3). Ayrıca, yüksek nem, bakteri ve mantarların üremesi için uygun bir ortam sağlar, bu da çeşitli enfeksiyonların ve solunum yolu hastalıklarının görülme riskini artırır (41, 42).

Kümeslerde 26.7°C'nin üzerindeki iç sıcaklık, yüksek bağıl nemle birleştiğinde tavukların yem verimliliğini, tüylenmesini, pigmentasyonunu ve kilo alımını olumsuz etkiler. Ayrıca, 35–37.8°C arasındaki iç sıcaklık aralığında hayvanların performansı, bağıl nemdeki değişimden bağımsız olarak daha zayıftır. Bu durum, daha yüksek nemin hayvanların daha düşük sıcaklıktaki performansını artırabileceği anlamına gelir. Ancak nemin kontrol altında tutulması gerekir, çünkü yüksek nem mikroorganizmalar için uygun bir yaşam alanı sağlayabilir ve böylece hayvanları hastalık riskine maruz bırakabilir (43, 44).

Bağıl nemin sıcaklık değişimiyle güçlü bir ilişkisi vardır. Kuluçka aşamasında, özellikle ilk haftalarda, tavuğun ihtiyaç duyduğu ısınma nedeniyle veya civcivler susadığında ya da daha yüksek sıcaklıkta yumurtadan çıktığında iç bağıl nem düşük veya çok düşük olabilir. Ancak tavuklar büyüdükçe, vücut sıcaklıklarını düzenlemek için buharlaştırıcı soğutma eylemiyle üretilen su buharı nedeniyle iç bağıl nem artar (19). Sonuç olarak, 3 haftalık ve üzeri yaşlar, tavuk sınıfından bağımsız olarak tavuk üretiminde çok kritik dönemlerdir. Oloyo (45), optimum performans için kuluçka döneminde ve kuluçka döneminden sonra yumurtlayan tavukların sırasıyla %60-80 ve %50-70 bağıl nem aralığına ihtiyaç duyduğu bildirilmiştir.

### **Hava Kalitesi**

Karbondioksit ve amonyak gibi zararlı gazların yüksek seviyelerine maruz kalmanın, piliçlerde büyümeyi, yem dönüşümünü ve bağışıklık tepkisini azalttığı bilinmektedir. Bir günlük civcivlerde yüksek karbondioksit konsantrasyonlarına iki hafta maruz kalmak bile geç ölümlerin sıklığını artırmak ve kalp özelliklerini değiştirmek için yeterlidir (29, 46).

Reece ve ark. (47), etlik piliçler üzerinde yaptıkları çalışmada, 4 hafta süren kuluçka dönemi boyunca sırasıyla 3000, 6000 ve 12000 ppm karbondioksit (CO<sub>2</sub>) seviyelerine maruz bırakılarak performansları, CO<sub>2</sub> seviyesinin 1000 ppm'yi geçmediği kontrol grubu ile karşılaştırmışlardı. 3000 ve 6000 ppm seviyelerine maruz kalmanın 4 veya 7 haftalık yaşlarda vücut ağırlığını önemli ölçüde etkilemediği, ancak 12000 ppm CO<sub>2</sub> seviyesine maruz kalmanın 4 haftalık yaşta vücut ağırlığını yaklaşık 60 gram azalttığı ve bu eksikliğin 7 haftalık yaşa kadar devam ettiğini, yem dönüşüm oranlarının ise etkilenmediğini bildirmiştir.

Son yıllarda yakıt fiyatlarındaki artış, yakıt tasarrufu amacıyla minimum havalandırmanın azaltılmasına yol açmış ve bu durum, kümes içindeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını artırmıştır. 28 ila 49 günlük tavuklar üzerinde artan CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının etkilerini değerlendirmek amacıyla dört deneme yapılmıştır.

Her bir denemede, 28 ila 42 gün boyunca CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının sırasıyla kontrol (CO<sub>2</sub> eklenmemiş), her zaman 2500 ppm, gündüzleri 2500 ppm ve gece 4500 ppm veya gündüzleri 2500 ppm ve gece 6500 ppm olarak sürdürüldüğü çevre kontrollü odalarda 300 adet düz cins etlik tavuk kullanılmıştır. Canlı üretim (vücut ağırlığı, vücut ağırlığı artışı, yem tüketimi ve yem dönüşüm oranı) veya işleme verimlerinde herhangi bir fark gözlemlenmemiştir. Ticari bir etlik tavuk kümesinde test koşullarını sağlamak için yapılan havalandırma oranları analizi, 4500 veya 6500 ppm seviyelerini korumak için gereken ek ısıtma ihtiyaçlarının daha düşük olduğunu, ancak ilişkili havalandırma oranlarının nemin uzaklaştırılması için yetersiz olduğunu göstermiştir (48).

Kuluçka, modern etlik tavukların yaşam döngüsünün yaklaşık üçte birini temsil etmektedir; bu nedenle, bu dönemin uygun yönetimi, yeni doğanların kalitesini sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Bir çalışmada, kuluçka sırasında CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının, 35 ila 42 gün arasında dalgalı sıcaklıklara maruz kalan etlik tavukların canlı performansı, kalp morfolojisi ve kanındaki diferansiyel lökosit sayımı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Toplamda, ilk on gün boyunca dört farklı CO<sub>2</sub> konsantrasyonu (4000; 6000; 8000 ve 10000 ppm) ile tamamen rastgele bir tasarıma göre dağıtılan 2520 dömlü yumurta kullanılmıştır; ardından tüm yumurtalar aynı CO<sub>2</sub> seviyesinde (4000 ppm) kuluçkalanmıştır. Türediğinde, erkek civcivler deneysel etlik tavuk kümelerine yerleştirilmiş ve 35 günlük yaşta, her CO<sub>2</sub> seviyesinden 25 kuş ayrılmış ve 42 güne kadar döngüsel sıcaklık değişimlerinin canlı performansları, heterofil: lenfosit oranı ve kalp morfolojisi üzerindeki etkilerini incelemek üzere kafeslere konulmuştur. 42 günlük yaşta, hematoloji için kan örnekleri alınmış ve her replikadan iki kuş kurban edilip asit skoru, kalp ve karaciğerin görelî ağırlıkları değerlendirilmiştir. Kalp morfolojisi dijital görüntülerin analizi ile değerlendirilmiştir. Bu deneyde, kuluçka sırasında hiperkapni ve büyüme dönemindeki dalgalı sıcaklıklar, ölüm oranını, asit skorunu, kalp ve karaciğerin görelî ağırlıklarını veya kalp özelliklerini etkilememiştir ( $p>0.05$ ). Ancak, kuluçka sırasında artan CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile heterofil: lenfosit oranının arttığı gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Sonuç olarak, kuluçka sırasında yüksek CO<sub>2</sub> seviyelerinin, etlik tavukların yaşlarının son haftasında dalgalı sıcaklıklara karşı direncini etkilemediği sonucuna varılmıştır (49).

Yapılan bir çalışmada gaz konsantrasyonları ve havalandırma akışları 3 denemede eşzamanlı olarak ölçülmüştür; bunlardan biri deneysel koşullarda, diğer ikisi ise ticari bir etlik tavuk çiftliğinde gerçekleştirilmiştir. Deneysel denemede, etlik tavuk aktiviteleri de belirlenmiştir. Deneysel denemenin sonunda, etlik

piliçlerin kaldırılmasından sonraki gün altlıklar toplam CO<sub>2</sub> üretiminin %20'sini oluşturmuş ve etlik piliç, metabolik ağırlık başına saatte 3.71 L CO<sub>2</sub> üretmiştir. Ticari çiftlikte, CO<sub>2</sub> üretimi iki döngü için aynı kalmıştır (metabolik ağırlık başına saatte 2.60 L,  $p > 0.05$ ). Ancak, ışık durumundaki değişikliklerden sonra CO<sub>2</sub> ve etlik piliç aktivite desenleri arasında önemli farklar bulunmuştur. Bu farkları açıklamak için bir regresyon modeli kullanılmıştır ( $R^2 = 0.52$ ). CO<sub>2</sub>, hayvanların aktivitesi ile artmakta olup, hareketsiz kuşlarda ortalama olarak metabolik ağırlık başına saatte 3.02 L, aktivitenin en yüksek olduğu durumda ise 4.73 L/h değerine çıktığı bildirilmiştir (50).

Hayvanların dışkı materyallerinin ayrışması, amonyak, karbondioksit, metan ve hidrojen sülfür gibi hoş olmayan kirli gazlar üretir. Bu gazların hayvanlara ve genel olarak çevreye olumsuz etkileri vardır. Yapılan bir çalışmada farklı NH<sub>3</sub> (Amonyak) konsantrasyonlarının (0, 30, 60 ppm) performans, trakeyal lezyonlar, konjonktival lezyonlar, asit sıklığı, hematokrit (HCT), kan ürik asidi (BUR) ve kan üre nitrojeni (BUN) üzerindeki etkileri ticari etlik piliçler kullanılarak araştırılmıştır. Nihai vücut ağırlığı, yem tüketimi ve vücut ağırlığı artışı, NH<sub>3</sub> konsantrasyonunun 0'dan 60 ppm'ye çıkmasıyla önemli ölçüde etkilenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Bununla birlikte, yemden kilo kazancı oranı 60 ppm NH<sub>3</sub>'te düşüş göstermiştir ( $p = 0.05$ ). Sağ ventrikül ağırlığı (RV), HCT, trakeyal lezyonlar ve pulmoner lezyonlar yaşla birlikte ( $p < 0.05$ ) 21 güne kadar artmış, ancak atmosferik NH<sub>3</sub> tarafından etkilenmemiştir. Bu veriler, kümeslerde NH<sub>3</sub> düzeylerinin performansı düşürdüğünü ve hastalık duyarlılığını artırabileceğini göstermektedir (51).

Sonuç olarak, tavuklarda optimum üretim için 25 ppm'lik amonyak konsantrasyon seviyesi ve karbondioksit için 2500 ppm'den fazla olmayan bir konsantrasyon seviyesi önerilmiştir. İyi bir hayvan sağlığı yönetimi için, gaz emisyon hacmini azaltmak amacıyla dışkı materyallerinin kümeslerden sık sık uzaklaştırılması önerilmektedir (29, 52).

### **Hava Hızı**

Yüksek iç sıcaklık, kümes içindeki hava hızını değiştirerek bir dereceye kadar kontrol edilebilir. Ayrıca, hava hızı konveksiyonel soğutmada ve hava kalitesinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Yapılan bir çalışmada, geleneksel havalandırma ve tünel havalandırma sistemlerinin vücut ağırlığı kazancı ve yem kazanım oranı üzerindeki etkileri incelenmiştir. 1,320 etlik piliç ile yapılan denemelerde, tünel havalandırma sisteminin geleneksel havalandırmaya kıyasla vücut ağırlığı kazancını ve yem kazanım oranını iyileştirdiği bulunmuştur.

Geleneksel havalandırmalı ortamdaki tavukların daha fazla nefes alıp-verme yapması, vücut ağırlığı kazancında azalma olduğu görülmüştür (53).

Blanes-Vidal ve ark. (54), yaptıkları çalışmada, mekanik havalandırmalı kümeslerde hava giriş açıklıklarının ayarlanmasında sıkça kullanılan iç-dış basınç farkının, tipik bir etlik piliç kümesinin farklı kesitlerinde iç hava hızını nasıl etkilediğini ölçmüş ve istatistiksel olarak analiz etmişlerdir. Araştırma sonuçları, basınç farklarının (20, 30, 38 ve 45 Pa) tavukların seviyesindeki iç hava hızını anlamlı şekilde etkilemediğini ( $p \geq 0.05$ ) göstermiştir. Çalışma, tüm test edilen durumlarda, tavukların seviyesindeki hava hızının, yapının ortasında (1.31 m/s) duvarlardan 1.5 metre uzaklıktaki noktalarla (0.32 m/s) karşılaştırıldığında anlamlı şekilde daha yüksek olduğunu ( $p < 0.001$ ) ortaya koymuştur. Bu bulgular, basınç farkı ölçümünün etlik piliçler üzerindeki hava hızını kontrol etmek için tek başına yeterli bir parametre olup olmadığını sorgulamaktadır ve bu tipik kümeste yaz aylarında kullanılan havalandırma sisteminin, sıcak ve nemli iklimlerdeki kümesler için uygun olmadığını, çünkü tavukların seviyesinde yüksek ve üniform hava hızları sağlamadığını ortaya koymuştur.

Sıcak iklim bölgelerinde, havalandırma kapasitesinin tavuk başına saatte en az  $5 \text{ m}^3$ , giriş açıklıklarının ise  $\text{m}^3$  havalandırma başına  $1.5 \text{ cm}^2$  olması önerilmektedir (19). Eğer kümes içinde sıcaklığın  $25\text{--}30^\circ\text{C}$  arasında kalması sağlanabiliyorsa durgun hava hızı (0.1–0.2 m/s) koşullarında üretime devam edilebilir (55). Ancak, Lacy ve ark. (56), aynı sıcaklık koşulu altında, piliçler için sırasıyla 2 ve 3 m/s hava hızında daha iyi bir büyüme oranı bildirmiştir. Hayvanların büyüme ve gelişimine katkı sağlayacak hava hızı hayvanların yaşına göre değişmektedir. Yapılan bir çalışmada, 2-3 m/s hava hızının 4 haftalıkılara göre 6 haftalık hayvanlarda büyüme daha fazla katkı sağladığı bildirilmiştir (28).

### **Aydınlatma**

Aydınlatma, üreme sisteminin gelişimi ve işleyişi ile büyüme üzerinde önemli bir role sahiptir ve birçok fizyolojik ve davranışsal sürecin kontrolünde güçlü bir dışsal faktördür. Soğuk katot ve floresan ampuller genellikle aydınlatma için kullanılır ve bu aydınlatma, ampul tipi, zemin, duvar ve tavanın yansıma özellikleri ile yükseklik gibi değişkenlerden etkilenir. Etlik piliçler için aydınlatma düzenleri, yem alımını teşvik etmeyi ve kontrol etmeyi amaçlar. Aydınlatma, yoğunluk, süre ve dalga boyu gibi üç farklı açıdan çevresel bir faktör olarak değerlendirilir. Aydınlatma yoğunluğu etlik piliçlerin davranışını etkilerken, aydınlatma süresi büyük ölçüde tavukların yaşına ve kullanılan barınma türüne bağlıdır. Işığın rengi dalga boyu tarafından belirlenir ve tavukların performansı üzerinde değişken

etkiler oluşturur. Karanlık, etlik piliçlerin büyüme ve sağlığı için aydınlatma kadar önemlidir. Hayvanlarda erken yaşta aydınlatmanın hormonal sistem üzerinde çok az veya hiç etkisi yoktur ve bu erken dönemlerinde kısa foto-periyotların yem alımını azaltacağı ve büyümeyi sınırlayacağı ileri sürülmektedir (57). Aydınlatma periyotlarında ve ışık yoğunluğunda artış yorgunluğa, yamyamlığa, bağışıklık tepkilerine, bacak anormalliklerine ve hatta ölüme neden olabilir (58, 59).

Genellikle kullanılan aydınlatma programı, 16 saat ışık ve 8 saat karanlıktan oluşan sürekli aydınlatma programıdır ve genel tavuk performansı için başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, aralıklı aydınlatma olarak bilinen kısa ışık ve karanlık periyotlarının dönüşümlü olarak uygulanmasının tavuk performansını artırmaktadır. Cıvcıvlerin çevrelerine uyum sağlamalarına ve beslenmelerine yardımcı olmak için yumurtadan çıktıktan sonraki aşamada (1-7 günlük) en az 20 lüks ışık yoğunluğuna sahip sürekli aydınlatma programı önerilmektedir. (19, 58).

Işık yoğunluğunun manipülasyonu, etlik piliç üretimi ve refahı üzerinde önemli bir yönetim aracı olarak kabul edilir. Ancak, yoğun olarak barındırılan etlik piliçler için kullanılacak optimum ışık yoğunluğu seviyesi hakkında hâlâ bir tartışma vardır. Yapılan bir çalışmada, 1, 10, 20 ve 40 lux ışık yoğunluğu seviyelerinin, 35 günlük yaşa kadar yetiştirilen piliçlerin üretim, işleme özellikleri ve refahı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla iki deneme gerçekleştirilmiştir. Her bir ışık yoğunluğu için, her denemede 950 civciv bulunan iki çevresel kontrollü odada tekrarlanmıştır. Veriler, denemelerin blok olarak kabul edildiği rastgele tam blok tasarımı ile analiz edilmiştir. Tüm civcivler, ilk 7 gün boyunca 40 lux ışık yoğunluğu ve 23 saat ışık altında tutulmuş, sonrasında diğer muamelenin ışık yoğunluğuna ve 17 saat gün uzunluğuna geçilmiştir. Vücut ağırlığı ve yem tüketimi 7, 14 ve 35. günlerde belirlenmiş; her denemenin sonunda, 60 kuşun işlenerek et verimi detaylı bir şekilde ölçülmüştür. Kemik, ayak tabanı ve göz sağlığı ise sırasıyla 31 ve 32. günlerde izlenmiştir. Işık yoğunluğu, vücut ağırlığı, yem tüketimi, yem: kazanım oranı ve mortalite üzerinde etkili olmamıştır. Ancak, karkas, but ve paça verimi canlı ağırlığın yüzde olarak lineer bir şekilde azalmış, 1 lux aydınlatma uygulanan grupta ise kanatların canlı ağırlığa oranı daha yüksek bulunmuştur. Işık yoğunluğu, kemik sağlığı üzerinde etkili olmamış, ancak ülseratif ayak tabanı lezyonları ışık yoğunluğundaki artışla lineer olarak azalmıştır. 1 lux aydınlatma uygulanan hayvanlar, daha büyük ve ağır gözlere sahip olmuştur. Sonuç olarak, ışık yoğunluğu etlik piliç üretimi ve mortalitesini etkilememiş, ancak karkas özelliklerini etkilemiştir. 1 lux ışık yoğunluğu işleme etlik piliç refahı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmuştur (60).



Sarı, yeşil ve mavi ışık kaynakları altında yetiştirilen hayvanların, kırmızı ve turuncu ışık kaynakları altında yetiştirilenlere kıyasla daha fazla vücut ağırlığı kazandığı, ayrıca mavi ışık altında yetiştirilen hayvanların daha uysal, kırmızı ışık altında yetiştirilenlerin ise daha aktif ve saldırgan olduğu ve kırmızı ışığın hayvanlarda cinsel aktiviteleri artırdığı belirtilmiştir (61).

## **SONUÇ**

Etlik piliç üretimi, dünya genelinde hem ekonomik hem de beslenme açısından önemli bir role sahiptir ve bu sektördeki hızlı büyüme, küresel gıda güvenliğine önemli katkılarda bulunmuştur. Etlik piliçlerin düşük üretim maliyetleri ve hızlı büyüme özellikleri, artan protein talebini karşılamada büyük bir avantaj sağlamaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, etlik piliç üretiminin artışı, gıda güvenliğini ve beslenme düzeyini iyileştirmekte, ekonomik kalkınma ve istihdam yaratma açısından da önemli faydalar sunmaktadır. Ancak, etlik piliç üretiminin sürdürülebilirliği, çevresel ve sağlık risklerinin etkili bir şekilde yönetilmesine bağlıdır. Çevresel sorunlar, özellikle küresel ısınma ve su kaynaklarının azalması, üretim süreçlerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Ayrıca, antibiyotik kullanımı ve zoonotik hastalıklar gibi sağlık sorunları, sektördeki en büyük endişeler arasında yer almaktadır. Isı stresi, tavuk üretiminde karşılaşılan önemli bir sorundur ve bu sorun hem kısa hem de uzun vadede tavukların performansını olumsuz etkileyebilir. Tropikal bölgelerde aşırı hava koşulları, tavukların büyüme ve üretim verimliliği üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratabilir. Bu nedenle, kümes tasarımı, iç iklim koşullarının düzenlenmesi ve uygun aydınlatma sistemlerinin kullanımı, etlik piliç üretiminde önemli faktörlerdir.

Sonuç olarak, etlik piliç üretiminin gelecekteki başarısı, modern teknolojilerin ve verimlilik artırıcı yöntemlerin entegrasyonu ile çevresel ve sağlık risklerinin etkili bir şekilde yönetilmesine bağlıdır. Sektördeki sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için sürekli yenilik ve iyileştirme gereklidir. Hem üreticiler hem de politikacılar, bu zorluklarla başa çıkmak ve etlik piliç üretimini daha sürdürülebilir hale getirmek için iş birliği yapmalıdır. Bu yaklaşım, etlik piliç sektörünün küresel gıda güvenliğini desteklemeye devam etmesini ve gelecekte daha sürdürülebilir bir şekilde büyümesini sağlayacaktır.

## **KAYNAKLAR**

1. Mutaf S and Sönmez R, Hayvan barınaklarında iklimsel çevre ve denetimi, in Ege Üniv., Ziraat Fak., Yay. 1984, Ege Univ., Ziraat Fakültesi: İzmir, Turkey. p. 10-131.
2. FAO, World Food And Agriculture. Statistical Yearbook. Vol. 1. FAO; 2023. 384.doi: <https://doi.org/10.4060/cc8166en>.
3. Aviagen, Ross 308 broiler performance objectives. Huntsville, AL 35806, USA: Avia-gen Group; 2019.
4. Costantino A, Fabrizio E, Ghiggini A, et al., Climate control in broiler houses: A thermal model for the calculation of the energy use and indoor environmental conditions. *Energy and Buildings*. 2018;169: 110-126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.056>.
5. Patra AK, *Advances in poultry nutrition research*. BoD–Books on Demand; 2021.
6. Vaarst M, Steinfeldt S, and Horsted K, Sustainable development perspectives of poultry production. *World's poultry science journal*. 2015;71(4): 609-620.
7. Çaylı A, Kümelerin Su Gereksiniminin Yağmur Suyu Hasadından Karşılanması Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*. 2021;24(5): 1048-1058. doi: 10.18016/ksutarimdogavi.838619.
8. Nienaber J and Hahn G, Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*. 2007;52: 149-157.
9. Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, et al., Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*. 2010;130(1-3): 57-69.
10. Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, et al., Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. 2010;4(7): 1167-1183.
11. Kumar M, Ratwan P, Dahiya S, et al., Climate change and heat stress: Impact on production, reproduction and growth performance of poultry and its mitigation using genetic strategies. *Journal of thermal biology*. 2021;97: 102867.
12. Boyacı S, Etlük Piliç Kümelerinde, Isıtma ve Soğutma Derece Gün Değerlerinin Derece Gün Yöntemiyle Belirlenmesi: Kırşehir İli Örneği. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2018;7(1): 75-82.
13. Akyuz A, Boyacı S, and Caylı A, Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010;9(13): 1824-1827. doi: 10.3923/javaa.2010.1824.1827.
14. Çaylı A, Akyüz A, Üstün S, et al., Efficiency of two different types of evaporative cooling systems in broiler houses in Eastern Mediterranean climate conditions. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2021;22: 100844. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.100844>.
15. Keener K, McAvoy K, Foegeding J, et al., Effect of testing temperature on internal egg quality measurements. *Poultry science*. 2006;85(3): 550-555.
16. Irshad A, Kandeepan G, Kumar S, et al., Factors influencing carcass composition of livestock: A review. *J. Anim. Prod. Adv*. 2013;3(1): 1.
17. Deeb N and Cahaner A, Genotype-by-environment interaction with broiler genotypes differing in growth rate. 3. Growth rate and water consumption of broiler progeny from weight-selected versus nonselected parents under normal and high ambient temperatures. *Poultry Science*. 2002;81(3): 293-301.

18. Settar P, Yalcin S, Turkmüt L, et al., Season by genotype interaction related to broiler growth rate and heat tolerance. *Poultry science*. 1999;78(10): 1353-1358.
19. Ketelaars E, Lecture notes on chicken farming in warm climate zones . Agromisa Foundation. 2005.
20. Uğurlu N and Kara M, Islak ped sistemiyle serinletmenin performans verileri ve kafes sistem kümes iç sıcaklığının düşürülmesine etkisi. *Türk J Agric For*. 2000;24(2000): 79-86s.
21. Cherian G, Nutrition and metabolism in poultry: role of lipids in early diet. *Journal of animal science and biotechnology*. 2015;6: 1-9.
22. Wasti S, Sah N, and Mishra B, Impact of heat stress on poultry health and performances, and potential mitigation strategies. *Animals*. 2020;10(8): 1266.
23. Gerber P, Opio C, and Steinfeld H, Poultry production and the environment—a review. Animal production and health division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla. 2007;153: 1-27.
24. Verma KK, Singh V, Gupta SL, et al., Environmentally Controlled House-In Poultry Production. *Poultry Line*. 2014;1: 29-32.
25. Czarick M, III and Fairchild B, Poultry housing for hot climates. CABI. 2008: 80–131. doi: 10.1079/9781845932589.0080.
26. Bhadauria P, Kataria J, Majumdar S, et al., Divya and Kolluri G. 2014. Impact of Hot Climate on Poultry Production System-A Review. *Journal of Poultry Science and Technology*. 2014;2(4): 56-63.
27. Mack L, Felver-Gant J, Dennis R, et al., Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poultry science*. 2013;92(2): 285-294.
28. Simmons J, Lott B, and Miles D, The effects of high-air velocity on broiler performance. *Poultry science*. 2003;82(2): 232-234.
29. Mutaf S, Mühendislik yaklaşımı ile hayvan barınaklarında iklimsel çevre ve denetim ilkeleri. *Tarım Bilimleri Serisi*. Ankara, Türkiye: Ankara, Türkiye: T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Eğitim Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı.; 2012. 895.
30. Khan RU, Naz S, Ullah H, et al., Physiological dynamics in broiler chickens under heat stress and possible mitigation strategies. *Animal biotechnology*. 2023;34(2): 438-447.
31. Ghazi S, Habibian M, Moeini M, et al., Effects of different levels of organic and inorganic chromium on growth performance and immunocompetence of broilers under heat stress. *Biological trace element research*. 2012;146: 309-317.
32. Imik H, Ozlu H, Gumus R, et al., Effects of ascorbic acid and  $\alpha$ -lipoic acid on performance and meat quality of broilers subjected to heat stress. *British Poultry Science*. 2012;53(6): 800-808.
33. Zhang Z, Jia G, Zuo J, et al., Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat. *Poultry science*. 2012;91(11): 2931-2937.
34. He S, Arowolo M, Medrano R, et al., Impact of heat stress and nutritional interventions on poultry production. *World's Poultry Science Journal*. 2018;74(4): 647-664.
35. Kim D-H, Lee Y-K, Lee S-D, et al., Physiological and behavioral responses of laying hens exposed to long-term high temperature. *Journal of Thermal Biology*. 2021;99: 103017.

36. Nawab A, Ibtisham F, Li G, et al., Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. *Journal of thermal biology*. 2018;78: 131-139.
37. Chaiyabutr N, Physiological reactions of poultry to heat stress and methods to reduce its effects on poultry production. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*. 2004;34(2): 17-30.
38. Yahav S and McMurtry J, Thermotolerance acquisition in broiler chickens by temperature conditioning early in life—the effect of timing and ambient temperature. *Poultry Science*. 2001;80(12): 1662-1666.
39. May J and Lott B, The effect of environmental temperature on growth and feed conversion of broilers to 21 days of age. *Poultry science*. 2000;79(5): 669-671.
40. Aviagen, Ross Broyler Sevk-İdare El Kitabı. Vol. 1. www.aviagen.com; 2014.
41. Teeter RG and Belay T, Broiler management during acute heat stress. *Animal Feed Science and Technology*. 1996;58(1): 127-142. doi: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00879-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00879-9).
42. Rostagno MH, Effects of heat stress on the gut health of poultry. *Journal of animal science*. 2020;98(4): skaa090.
43. Yahav S, Relative humidity at moderate ambient temperatures: its effect on male broiler chickens and turkeys. *British poultry science*. 2000;41(1): 94-100.
44. Muhieldeen OA, Abdalla AHM, Youisf YE, et al., Improvement of Broiler Production by Evaporative Cooling. *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences*. 2019;13(1).
45. Oloyo A, The use of housing system in the management of heat stress in poultry production in hot and humid climate: a review. 2018.
46. Ben Sassi N, Averós X, and Estevez I, Technology and Poultry Welfare. *Animals*. 2016;6(10): 62.
47. Reece F and Lott B, Effect of carbon dioxide on broiler chicken performance. *Poultry science*. 1980;59(11): 2400-2402.
48. Purswell J, Davis J, Luck B, et al., Effects of elevated carbon dioxide concentrations on broiler chicken performance from 28 to 49 days. *International Journal of Poultry Science*. 2011;10(8): 597-602.
49. Fernandes J, Bortoluzzi C, Esser A, et al., Performance of broilers submitted to high CO2 levels during incubation combined with temperature fluctuations at late post-hatch. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2014;16: 285-290.
50. Calvet S, Estellés F, Cambra-López M, et al., The influence of broiler activity, growth rate, and litter on carbon dioxide balances for the determination of ventilation flow rates in broiler production. *Poultry Science*. 2011;90(11): 2449-2458.
51. Beker A, Vanhooser S, Swartzlander J, et al., Atmospheric ammonia concentration effects on broiler growth and performance. *Journal of Applied Poultry Research*. 2004;13(1): 5-9.
52. Karadöl H, Çaylı A, Akyüz A, et al., Etlik Piliç Yetiştiriciliğinde Çevre Koşullarının İzlenmesine Yönelik Web Tabanlı Bir Uzak İzleme Sisteminin Geliştirilmesi. *Black Sea Journal of Engineering and Science*. 6(4): 426-433.
53. Lott B, Simmons J, and May J, Air velocity and high temperature effects on broiler performance. *Poultry science*. 1998;77(3): 391-393.

54. Blanes-Vidal V, Fitas V, and Torres A, Differential pressure as a control parameter for ventilation in poultry houses: Effect on air velocity in the zone occupied by animals. Spanish journal of agricultural research. 2007;5(1): 31-37.
55. Hulzebosch J, What affects the climate in poultry houses? World Poultry. 2004;20(7): 36-38.
56. Lacy M and Czarick M, Tunnel-ventilated broiler houses: broiler performance and operating costs. Journal of Applied Poultry Research. 1992;1(1): 104-109.
57. Patel S, Patel A, Patel M, et al., Significance of light in poultry production: a review. Advances in Life Sciences. 2016;5(4): 1154-1160.
58. Olanrewaju H, Thaxton J, Dozier W, et al., A review of lighting programs for broiler production. International journal of poultry science. 2006;5(4): 301-308.
59. Classen H, Riddell C, and Robinson F, Effects of increasing photoperiod length on performance and health of broiler chickens. British Poultry Science. 1991;32(1): 21-29.
60. Deep A, Schwean-Lardner K, Crowe T, et al., Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare. Poultry science. 2010;89(11): 2326-2333.
61. Lewis P and Morris T, Poultry and coloured light. World's Poultry Science Journal. 2000;56(3): 189-207.



## Bölüm 5

### TARIMSAL SULAMADA ENDÜSTRİ 4.0'a BAKIŞ

**Mualla KETEN<sup>1</sup>**  
**Çağatay TANRIVERDİ<sup>2</sup>**

#### GİRİŞ

Endüstri 4.0 ifadesi sanayi devrimi süreçleri ile beraber ortaya çıkmıştır. Onsekizinci yüzyılın sona erip ondokuzuncu yüzyılın başlamasıyla beraber birinci sanayi dönemine girilmiş ve bu dönemde bilimsel konulara ağırlık verilerek çeşitli icatlar gerçekleştirilmiştir. İkinci sanayi devrimi onsekizinci ve ondokuzuncu yüzyıllarda petrolle çalışılan makineler ve elektriğin kullanımı ile geçmiştir. Yirminci yüzyılda üçüncü sanayi devrimine girilmiş ve elektronik cihazların kullanımı yaygınlaşmıştır. Yaşamakta olduğumuz yirmibirinci yüzyıl ise teknolojinin hayatımızın neredeyse her alanına dahil edilebildiği, çeşitli cihazları ve sistemleri kontrol etmeye yarayan otomasyon sistemleri, uzaktan haberleşme sistemleri, robotlar ve sensor sistemlerini içermektedir. Endüstrinin gelişimi hayatın pek çok yönünü etkilediği gibi tarımın işleyiş süreçlerini de buna paralel olarak geliştirmiştir. Özellikle tarımdaki teknolojik gelişmelerin başlangıcının yirminci yüzyılda gerçekleştiğini söylemek mümkündür. (1) Tarım 1.0'ı tarımda ilk dönüşümün yaşandığı işçilik ve emeğin çok, verimin ise düşük olduğu yoğun tarım (intensif tarım) olarak ifade etmişlerdir. Tarım 1.0'da toplumun büyük çoğunluğu temel geçim kaynağını çiftçilikten karşılamaktaydı. Tarım 2.0 dönemine 1950'lerin sonlarına doğru girilmiştir. Bu dönemde kimyasal ilaç, kimyasal gübre ve tarım makinelerinin kullanımı sayesinde üretim maliyetleri düşürülmüş ve düşük maliyetli girdiler sayesinde verimde artış sağlanmıştır. Tarım 3.0 dönemi 1990'lı yıllarda GPS sinyallerinin kullanılmaya başlanmasıyla beraber hassas tarım çalışmalarına ağırlık verilen bir zamanı kapsamıştır. 2000'li yıllarda Endüstri 4.0'ın gelişimi ile beraber tarım sektörü de Tarım 4.0 (akıllı tarım, dijital tarım) dönemine girmiştir. Tarım 4.0 nesnelerin interneti (IoT), bulut tabanlı iletişim teknolojileri, artırılmış gerçeklik (AR), otonom robotlar ve

<sup>1</sup> Araş. Gör., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, ORCID iD: mketen@nevsehir.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-7741-922X

<sup>2</sup> Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, ctanriverdi@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-9005-0436

karar sistemleri, mikroişlemciler, büyük veri ve analizi gibi akıllı teknolojilerin tarım sektöründe kullanılmasını kapsamaktadır. Tarım 4.0 döneminde teknolojik gelişmeler sayesinde tarımsal üretim ve hayvancılıkla ilgili pek çok konuda (2) verimlilik artışı, sürdürülebilirlik, kaynakların etkin kullanımı, veri odaklı tarım yönetimi, iklim değişikliği ile mücadele, gıda güvenliği ve takip sağlanabilir. (3) Tarım 4.0 kapsamında tarımsal sulama ile ilgili sulama sistemlerinin otomasyonu, nem sensörleri, akıllı telefon, kontrol cihazları ve gübre enjektörleri kullanan uygulamalar ile sulama verimliliğinde sulama yönetimi ile ilgili olarak da, uzaktan algılamanın bitki su tüketimi ile ilişkileri, bitki su durumunun izlenmesinde görüntü işleme gibi konularda çalışmak mümkündür. Dünyadaki insan nüfusunun ihtiyaçlarını karşılayabilecek kadar gıda ve suyun temini için tarımsal sulamada doğru uygulamaların gerçekleşmesi gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Su kaynaklarının korunması, doğru bir sulama yönetimi ve takibi için çağa uygun gelişen teknolojilerin uygulamalar ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada Tarım 4.0 kapsamında yer alan ve sulamada yapılan uzaktan erişimli üniteler, su pompası sürücüler, haberleşme protokolleri, tarımsal sensor ve transdüserlerle ilgili bilgiler verilmiş ve literatürde bu konu ile ilgili yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

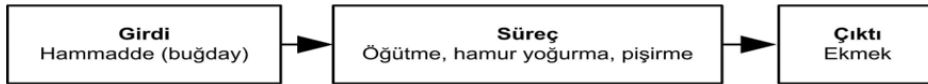
## **TARIMSAL SÜREÇ KONTROLÜ**

Tarımsal bir ürünün veya işlemin istenilen hedeflere ulaşp ulaşmadığının sürekli olarak denetlendiği sistemler bütünüdür. Şekil 1’de geri beslemesiz süreç kontrolün temel blok şeması verilmiştir.



Şekil 1. Geri beslemesiz süreç kontrolün temel blok şeması

Şekil 1’den yola çıkarak ekmek üretiminin geri beslemesiz süreç kontrol şeması Şekil 2’deki gibi olacaktır.

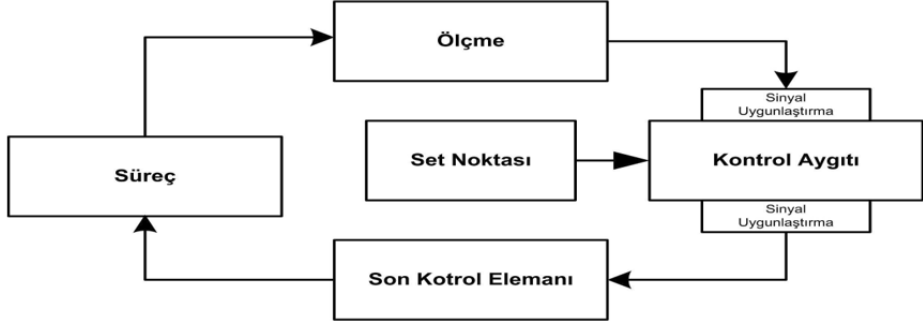


Şekil 2. Ekmek üretiminin geri beslemesiz süreç kontrol blok şeması

Şekil 1 ve Şekil 2’de verilen geri beslemesiz süreç kontrol temel yapıda olup

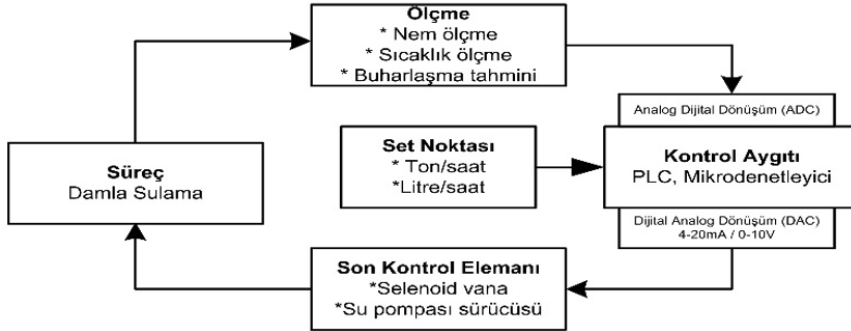


süreç kontrol sonucunda elde edilecek ürünün (çıkıtı) çok önem arz etmediği durumlarda kullanılabilir. Ancak gerçek anlamda süreç kontrol yapılacaksa yukarıda verilen tanımda olduğu gibi ürünün istenilen özelliklere sahip olup olmadığının sürekli kontrol edilmesi gerekir. Bu gibi bir durumda Şekil 3'te verilen ve geri beslemeli süreç kontrol döngüsüne başvurulur.



Şekil 3. Geri beslemeli süreç kontrol döngüsünün blok şeması

Şekil 3'te verilen blok şemanın her bir bileşeni süreç kontrolün sağlıklı bir biçimde tamamlanması ve ürünün istenilen özelliklere sahip olması için gereklidir. Geri beslemeli süreç kontrol döngüsü endüstriyel üretimde çok yoğun olarak kullanılmaktadır. Bunun dışında endüstriyel ürün üretiminin yanında geri beslemeli bir süreç kontrol döngüsü ile damla sulama yapmak ta mümkündür. Örneğin damla sulama sisteminin tasarımı geri beslemeli süreç kontrol döngüsü ile gerçekleştirmek istenirse Şekil 4'te verilen blok şema kullanılabilir.



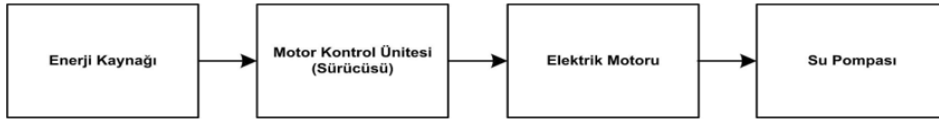
Şekil 4. Damla sulama sisteminin geri beslemeli süreç kontrol döngüsü

Şekil 4'te bir damla sulama sistemi ile sulama yapılmak istendiğinde işleme ölçme bloğu ile başlanır. Toprağın nem değeri çeşitli nem sensörleri ile ölçülür

ve uygunlaştırma bloğuna uygulanır (ADC). Bu blok sıcaklık ve nem gibi analog değerleri dijital çevirerek kontrol aygıtının anlayabileceği bir seviyeye dönüştürür. Kontrol aygıtı ölçülen bu dijital değerle set (ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarı veya ulaşılmaması istenilen toprak nem seviyesi) noktasını karşılaştırır. Bu karşılaştırma sonucunda bir hata değeri üretir. Üretilen hata değerinin negatif, pozitif, büyük veya küçük olma durumuna göre bir karar vererek dijital bir değer üretir. Bu dijital değer tekrardan sinyal uygunlaştırıcıya (DAC) ulaştırılır. Çıktıdaki sinyal uygunlaştırıcı son kontrol elemanının ihtiyacı olan elektriksel sinyali üretir. Son kontrol elemanı suyun debisini, basıncını ayarlayarak sulama sürecini başlatır. Döngü tekrardan başa döner ve böylece toprağın ihtiyaç duyduğu su miktarı geri beslemeli süreç kontrol döngüsü ile hata sıfır oluncaya kadar devam eder ve süreç tamamlanmış olur.

## SULAMADA KULLANILAN SU POMPALARININ KONTROLÜ

Su pompaları, suyun bir seviyeden başka bir seviyeye taşınmasını sağlayan mekanik bir bileşendir. Modern yapıdaki su pompaları döner hareket sağlayan bir kaynak (elektrik motoru) tarafından tahrik edilir. Döner hareket sağlayan tahrik kaynakları şebekelerden uzak noktalar için içten yanmalı motorlar, elektrik enerjisine dayalı ise elektrik motorlarından yararlanılır. Su pompalarında güç akışı Şekil 5'te verilen blok şema ile açıklanabilir



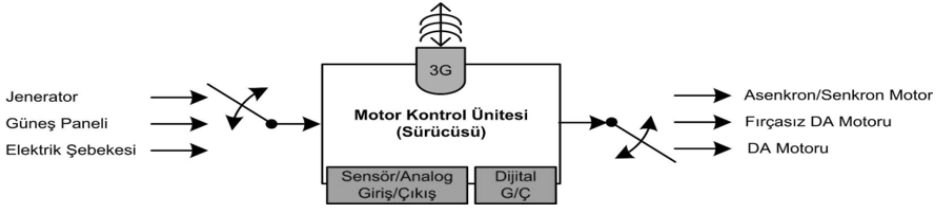
Şekil 5. Su pompalarında güç akışı grafiği

Su pompalarından istenilen miktarda su akışını sağlayabilmek için su pompasını tahrik eden güç kaynağının kontrol edilmesi gerekir. Elektrik motoru tahrikli su pompasının kontrolü için de öncelikle elektrik motorunun kontrol edilmesi gerekir. Günümüzde modern yapıdaki motor sürücüleri güç elektroniği içeren uygulamalardır. Bir motor sürücüsü, enerji kaynağından aldığı elektrik enerjisini belli prensiplere göre kontrol edilen güç elektroniği devreleri üzerinden elektrik motorlarına aktarır. Yoğun olarak kullanılan modern yapıdaki motor kontrol ünitesinin enerji kaynağı ve kontrol edebildiği elektrik motorları (sürücüsü) Şekil 6'da verilen blok şema ile açıklanmıştır.



Şekil 6. Modern yapıdaki elektrik motor kontrol ünitesi (sürücüsü)

Günümüzde, düşük bakım gereksinimleri, yüksek enerji verimliliği ve kolay kontrolü sebebiyle su pompalarını tahrikinde indüksiyon motorları (asenkr motorlar, ASM) kullanılmaktadır. Bu motorlar, güç ihtiyaçları ve faz sayıları bakımından çeşitli sınıflarda üretilebilmektedir. Bir ASM motorun kontrolünde çok çeşitli tekniklere başvurulabilir. Ancak değişken frekanslı sürme (Variable Frequency Drive, VFD) tekniğini içeren motor sürücüleri de kullanılabilir. Bu sürücüler çok geniş aralıktaki güçlerde ve farklı üreticiler tarafından üretilebilmektedir. Ek olarak günümüzde bu sürücüler uzaktan erişimli ünite (Remote Terminal Unit, RTU) şeklinde de çalışabilmektedir. Şekil 7’de RTU özellikli modern yapıdaki elektrik motor kontrol ünitesi verilmiştir.



Şekil 7. RTU özellikli modern yapıdaki elektrik motor kontrol ünitesi (sürücüsü)

RTU özelliğe sahip bir motor sürücüsüne uzaktan erişerek; durdurmak, çalıştırmak, su debisi, su sıcaklığı, enerji tüketimi ve motor hakkında çeşitli parametreleri de uzaktan okumak mümkündür. Uzaktan erişimli motor sürücüsü aynı zamanda nesnelerin interneti gibi (Internet of Things, IoT) gibi günümüzde popüler uygulamalar ve sensör ağlarına da uyum sağlayabilmektedir. Modern motor sürücülerinin su pompalarında kullanılması sonucunda sulama sisteminde meydana gelebilecek aşırı yüksek veya yetersiz basınç durumları ortadan kalkacaktır. Su debisi ve sulama sistemi basıncı istenilen seviyeye ayarlanabilecektir. Özellikle su kaynaklarının yetersiz olduğu sulama sistemlerinde suyun verimli kullanılması için suyun büyük bir hacimle bir anda sisteme verilmesi yerine daha kontrollü ve istenilen ölçekte sisteme verilmesini sağlar. Bu sayede suyun daha verimli kullanılabilmesi için sulama programları oluşturulabilecektir. Ek olarak

enerjinin birim maliyetinin yüksek olduğu zamanlarda değil de daha düşük olduğu tarife dilimlerinde sulama yapılabilecektir.

## ENDÜSTRİYEL HABERLEŞME PROTOKOLLERİ

Endüstriyel üretim ve otomasyon süreçlerinde bilgi akışının sağlanması önemli bir yere sahiptir. Aralarında fiziksel mesafe bulunan iki cihaz belirli bir kurala göre haberleşebilir. Bu kurallar endüstriyel haberleşme protokolü olarak isimlendirilir. Endüstriyel haberleşme protokolleri cihazlar arası haberleşme kurallarını düzenlemenin dışında farklı üreticilerden sağlanan ürünlerin de kendi arasında uyum sağlamasına yardımcı olur. Endüstriyel üretim süreçlerinde bilgi akışı;

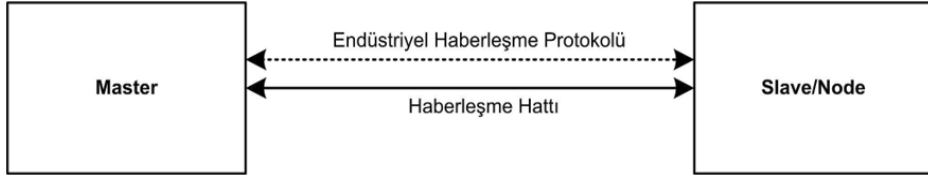
- Kablolü veya kablosuz,
- Tek yönlü veya iki yönlü,
- Yakın mesafe veya uzak mesafe,
- İki elemanlı veya çok elemanlı,
- Seri veya paralel haberleşme gibi pek çok sınıfta incelenebilir.

Tablo 1’de endüstriyel üretim süreçleri ve otomasyon sistemlerinde kullanılan haberleşme protokolleri verilmiştir.

Tablo 1. Endüstriyel süreçlerde kullanılan haberleşme protokolleri	
Protokol	Özelliği
Fieldbus	Fieldbus, birçok cihazın (sensörler, motorlar, aktüatörler) merkezi kontrol sistemine tek bir iletişim hattı üzerinden bağlanmasına olanak tanır ve veri bütünlüğünü sağlamak için hata algılama ve düzeltme mekanizmaları içerir.
UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)	UART, veriyi asenkron olarak ileten veya alan, endüstriyel cihazlarda genellikle mikrodenetleyicilerin veya sensörlerin veri iletişimde kullanılan bir protokoldür.
Profibus	Endüstriyel otomasyon sistemlerinde kullanılan ve özellikle saha seviyesindeki (sensörler, motorlar, aktüatörler) cihazların veri iletişimini yüksek hızlarda ve güvenilir bir şekilde sağlamak için kullanılan bir protokoldür. Profibus’un Profibus DP (Saha Periferi) ve Profibus PA (Proses Otomasyonu) gibi farklı varyasyonları mevcuttur
CANbus (Controller Area Network)	Alman şirket Bosch tarafından 1980 ortalarında tanıtıldı ve genellikle otomotiv sanayii ve endüstriyel otomasyon alanlarında kullanılmaktadır. Farklı türden cihazların aynı iletişim hattı üzerinden haberleşmesini sağlar, hata tespiti ve düzeltilmesi için dahili mekanizmalara sahiptir.

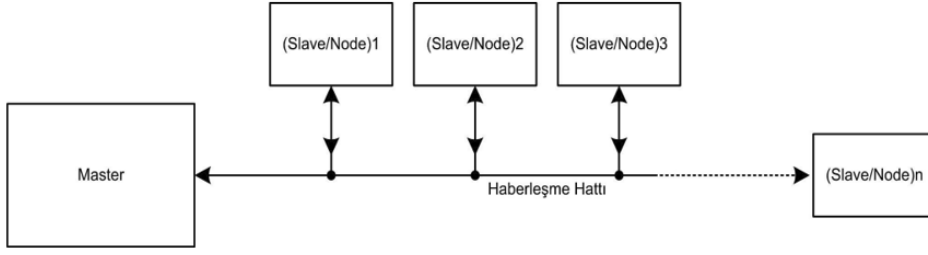
Tablo 1. Endüstriyel süreçlerde kullanılan haberleşme protokolleri (Devamı)	
Protokol	Özelliği
Ethernet	Ethernet tabanlı protokoller daha karmaşık sistemlerin yüksek hızlarda veri iletimini sağlamak için kullanılan bir protokoldür.
Profinet	Ethernet tabanlı bir haberleşme protokolüdür. Endüstriyel otomasyon sistemlerinde yüksek hızlı ve güvenilir veri iletimini sağlar.
Modbus	Otomasyon sistemlerinde en yoğun kullanılan seri iletişim protokollerindendir. Master-slave yapısını kullanır. Bu protokolda Master cihaz (ana bilgi veya istemci) tarafından slave cihazlara (köle cihazlar) veri talepleri gönderilir ve cevap beklenir. Modbus hem veri okuma hem de yazma işlemleri için kullanılır. Modbus RTU (seri port), Modbus ASCII (seri port) ve Modbus TCP (Ethernet tabanlı) gibi çeşitleri vardır.

Şekil 8'de iki elemanlı haberleşme sistemine ilişkin blok şema verilmiştir.



Şekil 8. İki elemanlı haberleşme

Bu haberleşme yönteminde iki eleman bulunur ve tüm bilgi akışı bu iki eleman arasında gerçekleşir. Seri port ile yapılan haberleşmeler buna örnek verilebilir. Seri port haberleşme hattında en fazla iki eleman olabilir. Ancak bazı durumlarda haberleşme hattına ikiden daha fazla eleman bağlantısına ihtiyaç duyulur bu gibi durumda hem haberleşme protokolü çoklu eleman bağlantısına izin vermelidir hem de haberleşme hattı bu yeteneğe sahip olmalıdır. Şekil 9'da çoklu eleman bağlantılı bir haberleşme hattı görülmektedir.



Şekil 9. Çok elemanlı haberleşme

IoT, gömülü teknolojiyle donatılmış ekipmanlar (motorlar, traktörler, tarım seraları, sensörler ve diğerleri) arasında, veri toplama, iletme ve alışverişinde bulunma yeteneğine sahip kablosuz bir ağ üzerinden bağlantı yoluyla gerçekleşen iletişimidir. Mevcut bilgisayar ağının bir uzantısı olarak kabul edilir ve ekipmanların uzaktan komut almasını ve hizmet sağlayıcı olarak kullanılmasını sağlayarak tarımda çok sayıda olasılığa yol açar (3).

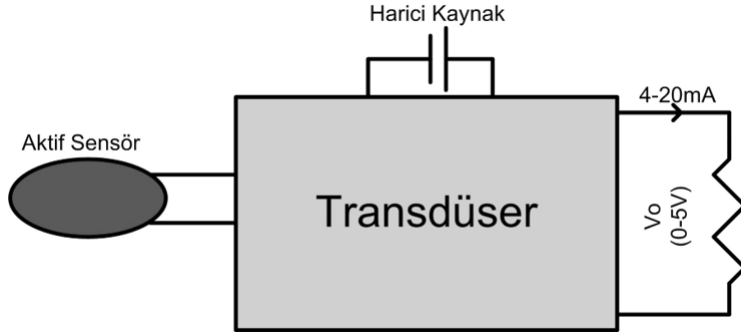
## TARIMSAL SENSOR VE TRANSDÜSERLER

Ortamdaki değişimleri (sıcaklık, basınç, ivme gibi) algılayan elemanlara sensör adı verilir. Bazı sensör türleri algıladıkları değişimleri doğrudan elektriksel sinyal olarak aktarır bu türden sensörlere pasif sensör adı verilir. Termokupul ve piezzo elektrik sensörleri pasif sensörlere örnek verilebilir. Şekil 10'da termokupl elemanını gösteren şema verilmiştir.



Şekil 10. Termokupl elemanı

Ancak bazı sensör türleri bu yeteneğe sahip değildir ve algıladıkları değişimleri bir devre üzerinden elektriksel sinyaline dönüştürür bu devrelere transdüser adı verilir. Şekil 11'de aktif sensör ve transdüser elemanına ilişkin bir blok şema verilmiştir.



Şekil 11. Aktif sensör ve transdüser elemanı

Transdüser kullanımına ihtiyaç duyan sensör türleri ise aktif sensörler sınıfında yer alır. Sensörler çıkış sinyallerine göre analog sensörler ve sayısal sensörler olarak ta sınıflandırılabilirler.

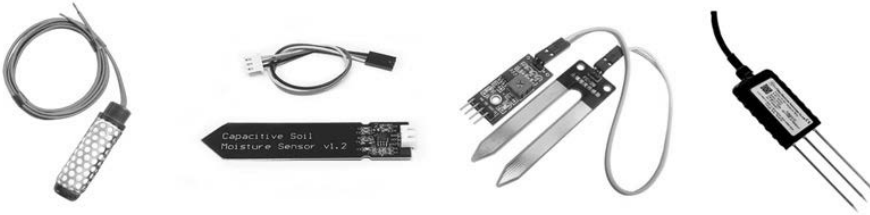
Tarımsal Sıcaklık Sensörleri: Bitki su ilişkilerinin incelendiği bitki su sitesi, bitki su tüketimi (evapotranspirasyon), sulama tahmini vb. durumlarda tarımsal sıcaklık sensörlerine sıklıkla başvurulur. Toprak, su ve ortam sıcaklığını ölçebilecek şekilde tasarlanmışlardır. Ölçüm yaptığı ortamın aşındırıcı ve bozucu etkilerine karşı özel koruma sınıfına sahip ayrıca programlanabilir mantıksal denetleyiciler (PLC) ile kolaylıkla haberleşebilecek bir arayüz de sahiptirler. Şekil 12’de toprakta kullanılan bazı sıcaklık sensörlerine örnekler verilmiştir.



Şekil 12. Çeşitli toprak sıcaklık sensörleri (<https://www.ekoton.com.tr/tr/Ekoton/217/STP-2-Toprak-Sicaklik-Sensoru>, <https://www.enerjimgunes.com/rika-rk500-01-toprak-sivi-sicaklik-sensoru>, <https://bitkiyetistirmekabini.com/urun/kablosuz-wifi-toprak-ve-su-sicakligi-sensoru/>)

## NEM SENSÖRLERİ

Toprak ve ortam neminin ölçümü sulama programı ve buharlaşma tahmininde önemli bir parametredir. Toprak nemi ölçümünde kapasitif ve rezistif yapıdaki nem sensörleri kullanılmaktadır. Kapasitif yapıdaki nem sensörleri toprağın dielektrik katsayısından yola çıkarak toprak nemini belirler. Topraktaki su miktarının artmasıyla beraber elektriksel kapasitesi de değişir. Kapasitif sensörler elektriksel kapasiteye göre bir çıkış sinyali üretir. Bu sensörlerin en önemli avantajı, topraktaki tuz içeriğinden fazla etkilenmemesidir. Bu sayede sensörün doğru ölçüm yapmasını ve uzun süre kullanılmasını sağlar. Rezistif sensörlerde toprağın direnci sensörün problemleri sayesinde belirlenir. Toprak nem seviyesi yüksek olduğunda elektrik direnci düşük dolayısıyla toprağın iletkenliği yüksektir. Rezistif sensörler, toprağın direncine göre nem seviyesini tespit eder. Rezistif sensörlerin belli bir zaman sonra oksitlenmeye meyilli oluşu ve toprağın tuzluluk seviyesinden etkilenebilmesi rezistif nem sensörlerinin dezavantajlı yönlerindedir. Şekil 12'de sulamada kullanılan bazı toprak nem sensörü tipleri verilmiştir.



**Şekil 13.** Kapasitif ve rezistif yapıdaki toprak nem sensörleri (<https://www.metos.com.tr/watermark-toprak-nem-sensoru/>, <https://www.direnc.net/kapasitif-toprak-nem-sensoru>, <https://www.hobidevre.com/toprak-nem-sensoru>, <https://www.olcumgerecleri.com/urun/rk520-02-toprak-nem-sicaklik-ec-sensoru>)

Günümüzde sulama planlamasını iyileştirmenin bir yöntemi, geleneksel olarak gravimetrik ( $\text{g kg}^{-1}$ ) veya hacimsel bazda ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) ölçülebilen toprak su içeriğini gerçek zamanlı olarak ölçmektir; toprak su içeriği belirli bir alan ( $\text{m}^2$ ) üzerindeki derinlik ( $\text{mm}$ ) olarak da ifade edilebilir. Toprak su içeriği, lizimetreler veya toprak nem sensörleri kullanılarak tahmin edilebilir. Her iki yöntem de toprak suyunun veya toprak nem içeriğinin doğru ölçümünü sağlamak için dikkatli bir kalibrasyon gerektirir; ancak her iki cihaz da üretici tarafından sağlanan genel kalibrasyon eğrilerini kullanarak veya bitkileri veya toprak koşullarını gözlemleyerek ve



bunu sensör ölçümleriyle ilişkilendirerek göreceli bir ölçüm (ıslak ve kuru) sağlamak için kullanılabilir. Tartım lizimetreleri toprak ve suyun doğrudan ağırlık ölçümlerini yapar ve çoğu sulama ortamında toplanması genellikle pratik olmayan bilgiler gerektirir. Öte yandan, toprak nem sensörleri yerleştirildikleri yerdeki ve derinlikteki su içeriğini ölçer. Doğru yerleştirilir ve kullanılırsa, bu sensörler toprak su içeriği ve bitki su durumu hakkında bilgi sağlayabilir. Çeşitli uygulamalar için birçok toprak nemi sensörü türü mevcuttur. Ticari sulama kontrol cihazlarıyla birlikte kullanılan toprak nemi sensörlerinin çoğu, genellikle belirli bir toprak için sabit olarak kabul edilen dielektrik geçirgenliğin ölçülmesine dayanır. Ancak pratikte topraktaki su ve/veya tuz içeriğine (yani toprakta bulunan ve toprak çözeltisinde çözünen metaller), toprak dokusuna ve yığın yoğunluğuna göre biraz değişiklik gösterir. Toprak geçirgenliği, belirli bir toprağın her bir alt bileşen malzemesi için geçirgenlik değerlerinin bir bileşimidir. Toprakların yığın geçirgenliğini yerinde ölçmek için, topraktan geçen bir elektromanyetik dalganın hızı ölçülmesi gerekir (4).

Bir sensör, çevresindeki olayları veya değişiklikleri algılayıp bilgiyi sıklıkla bir bilgisayar işlemcisine gönderen bir cihaz, modül veya alt sistemdir. Toprak nemi sensörleri, topraktaki hacimsel su içeriğini tahmin etmek için kullanılır ya da bu sensörlerin topraktaki su potansiyelini ölçer. Tarımda toprak neminin ölçülmesi, çiftçilerin sulama sistemlerini daha verimli bir şekilde yönetmelerine yardımcı olur. Kritik bitki büyüme aşamalarında, çiftçiler yüksek kaliteli mahsul yetiştirmek için daha az su kullanır. Toprak nemi sensörleri, dielektrik sabiti, elektriksel direnç veya nötronlarla etkileşim gibi toprağın bazı özelliklerini kullanarak hacimsel su içeriğini ölçer, bu da nem içeriğinin bir vekili olarak hareket eder. Ölçülen özellik ile toprak nemi arasındaki ilişki, sıcaklık, toprak tipi gibi çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Yansıtılan mikrodalga radyasyonu, nem tarafından etkilenir ve bu, hidroloji ve tarımda uzaktan algılama için kullanılır. Ayrıca, taşınabilir sondalar, çiftçiler veya bahçıvanlar tarafından kullanılabilir (5). Mikrobilgisayar ve iletişim teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte, çeşitli toprak sensörleri sulama araçları arasında hız kazanmaktadır. Bu teknolojinin ana avantajı, telemetri ve neredeyse gerçek zamanlı ölçümlerin sulama yöneticisine bir bilgisayar veya diğer taşınabilir iletişim cihazları aracılığıyla sürekli olarak iletilmesidir. Tasarım ve elektronik bileşenlerdeki gelişmelerle, bazı toprak nemi sensörleri, tarlada daha küçük bir alana sahip olup, farklı derinliklerde sensörler içermektedir. Ancak, yönetimde faydalı olabilmesi için, toprak suyu sensörlerinin doğruluğu 0.02 ila 0.04 inç inç<sup>-1</sup> aralığında olmalıdır (6). Toprak suyu sensörleri genellikle sadece etraflarındaki toprak için hassas olduklarından ve çoğu sensör

küçük olduğundan farklı derinliklere iki veya daha fazla sensör yerleştirmek mantıklıdır. Bu, belirsizliği azaltmakla kalmaz, aynı zamanda sulama ve bitki su tüketimine yanıt olarak toprak su içeriğindeki değişikliklerin anlaşılmasını sağlar. 6 ve 18 inç veya 6 ve 24 inç derinlikler yaygındır. Genel olarak, sulama olayları, belirli toprak için %50 su içeriğinin veya kullanılan suyun %50'sinin altında planlanmamalıdır.

Rusu (7) Düşük güçlü, gerçek zamanlı, çok parametrelili ve maliyeti düşük etkin bir toprak nem sensörü geliştirmişlerdir (7). Geliştirilen sensör iki toprak parametresini, su içeriği ve su iletkenliğini (örneğin toplam iyon konsantrasyonuna bağlı) algılamak için iki frekansta elektriksel empedans ölçümüne dayanmaktadır. Çalışmada elektriksel modeller geliştirilmiş ve iki frekanstaki verilere uyum sağlamıştır. Sensör için kolay ve verimli bir kalibrasyon yöntemi, çeşitli toprak türleri yerine bilinen sıvıların özellikleri kullanılarak oluşturulmuştur. Ölçümler, sensörün okuma sonuçları ile geleneksel toprak testleri arasında iyi bir korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu toprak sensörü, verileri kablosuz olarak kolayca iletebilir, serada/tarlada substrat nem seviyelerinin nokta kontrollerine olanak tanır ve/veya sensörlerin uzun vadeli ardışık ölçümler için toprak/substrat içine gömülmesini sağlayabilmiştir.

Varble ve Chávez (8) üç toprak su içeriği sensörünün (CS616/625, TDT, 5TE,) ve bir toprak su potansiyeli sensörünün (Watermark 200SS, Irrrometer Company, Inc., Riverside, CA) laboratuvar ve arazi koşullarındaki performansını değerlendirmişlerdir. Sensörler tarafından ölçülen toprak su içeriği/potansiyeli değerleri, kalıcı solma noktası (PWP) ile tarla kapasitesi (FC) hacimsel su içeriği değerleri arasında değişen gravimetrik örneklerden elde edilen ilgili hacimsel su içeriği ( $\theta(v)$ ,  $m^3 m^{-3}$ ) değerleri ile karşılaştırılmıştır. Laboratuvar ve saha koşullarında,  $\theta(v)$  için fabrika tabanlı kalibrasyonlar, doğu Colorado'daki kumlu killi tın, tınlı kum ve killi tın topraklarında hiçbir sensör için gerekli doğruluğu tutarlı bir şekilde sağlayamamıştır. Laboratuvar da topraklara eklenen tuz (kalsiyum klorür dihidrat), CS616, TDT ve 5TE sensörlerinin hacimsel su içeriği okumalarında, topraktaki hacimsel elektriksel iletkenlik (EC;  $dS m^{-1}$ ) arttıkça hatalara yol açmıştır. Kumlu killi tın ve tınlı kum topraklarında yapılan saha testlerinden elde edilen sonuçlar, TDT, CS616 ve 5TE sensörleri için doğrusal bir kalibrasyonun hatalarını  $0.02 \pm 0.035 m^3 m^{-3}$ 'den daha az bir düzeye indirebileceğini göstermiştir. Ayrıca, performans değerlendirme testleri, her bir sensörün arazi koşullarında her toprak türü ve lokasyonu için benzersiz bir kalibrasyon denklemi gerektirdiğini doğrulamıştır.  $\theta(v)$  arazi verilerinin analizi, CS616, 5TE ve Watermark sensörlerinin okumalarının günlük toprak

sıcaklığı dalgalanmalarından etkilendiğini, ancak TDT'nin etkilenmediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, CS616, 5TE ve Watermark sensörlerinin kalibrasyon sürecinde toprak sıcaklığının dikkate alınması önerilmiştir.

Bogena ve ark. (9) SMT100 sensörünü (Truebner GmbH, Neustadt, Almanya) örnek olarak, düşük maliyetli toprak su içeriği sensörlerinin ölçüm doğruluğunu artırmak için etkili bir kalibrasyon yöntemi sunmuşlardır. 700'den fazla SMT100 sensörünün sensör çıkışını, bilinen görünür dielektrik geçirgenliği olan beş referans ortamına ( $1 < K-a < 34.8$ ) dayalı standart bir prosedür kullanarak geçirgenliğe kalibre etmişlerdir. Sonuçta sensöre özgü bir kalibrasyonun, tek bir "evrensel" kalibrasyona kıyasla kalibrasyonun doğruluğunu artırdığını göstermiştir. Her bir sensörü ayrı ayrı kalibre etmenin getirdiği ek çaba, büyük sayıda sensörün sınırlı zamanda kalibre edilmesini sağlayan ve kalibrasyon sürecindeki hataları en aza indiren özel bir kalibrasyon düzeni sayesinde hafifletilebileceğini göstermişlerdir.

Toprak su potansiyeli, topraktaki suyun dinamiklerini belirlemede önemli bir faktördür. Ancak, toprakla etkileşim sırasında sensör içinde kavitasyon oluşması nedeniyle, tam otomasyonla uzun vadeli, sürekli ölçümler yapabilen çok az sayıda toprak su potansiyeli sensörü mevcuttur. Bununla ilgili Chen ve ark. (10) 0 ila -800 kPa arasında geniş bir dinamik aralıkta, yaklaşık 40 Pa'lık minimum tespit edilebilir su potansiyeli değişimi ve yaklaşık 0.248  $\mu\text{A}/\text{kPa}$  yüksek hassasiyete sahip, gerçek zamanlı ölçüm yapabilen, sahada kullanılabilir minyatür bir toprak su potansiyeli sensörde çalışmışlardır. Sensör, nanoporlu bir seramik plaka ile termal oksit kaplı ince bir silikon diyafram arasında sıkışmış sığ bir su rezervuarından oluşmaktadır. Seramik plakanın nanoskopik gözenekleri, hava giriş gerilimini artırmaya olanak tanırken, su rezervuarının pürüzsüz ve hidrofilik iç yüzeyleri, rezervuarda hava kabarcıklarının hapsolmesini en aza indirmeye yardımcı olmaktadır. Sensör doymamış topraklara yerleştirildiğinde, rezervardaki önceden doldurulmuş su, seramik plakanın nano parçacıklarından dışarı çıkma eğiliminde ve rezervuar ile toprak arasında su potansiyelinde bir denge sağlanana kadar devam etmektedir. Su kaybı, silikon bazlı diyaframın rezervuara doğru bükülmesine neden olur. Diyaframın yer değiştirmesi, sensörle monte edilen minyatür optik yer değiştirme dedektörü tarafından ölçülür ve bu, toprak su potansiyeline karşılık gelir. Çalışılan toprak sensörü, serada ve saha deneylerinde birkaç gün boyunca toprak su potansiyelindeki dinamik değişiklikleri gerçek zamanlı olarak izlemek için uygulanabilmektedir.

Xu ve ark. (11) Toprak su potansiyeli, suyun topraktaki hareketini ve mevcudiyetini belirleyen kritik bir parametredir. Ticari dielektrik toprak su potansiyeli (DSWP) sensörleri, prob içinde buz oluşumu nedeniyle donmuş

topraklarda doğru sonuç veremeyebilir. Bu yüzden, donmuş topraklarda DSWP sensörlerinin buz kaynaklı hatalarını düzeltmek amacıyla bir matematiksel model geliştirilmiştir. Araştırmada, DSWP-1 sensörü donmuş toprakta kullanıldığında, prob içindeki suyun donması nedeniyle hatalı sonuçlar vermiştir. Buna karşılık, buz oluşmayan DSWP-2 ve DSWP-3 sensörleri doğru toprak su potansiyeli ölçümleri sağlamıştır. Buz düzeltme modeli, DSWP-1 sensörünün ölçümlerindeki hatayı belirgin bir şekilde azaltmış ve RMSE değeri 1.065 MPa'dan 0.491 MPa'ya düşürülmüştür. Bu model, dielektrik sensörlerin doğruluğunu artırarak, donmuş topraklardaki su potansiyeli ölçümlerini iyileştirebilmesi ve sensörlerin kullanımını genişletebilmesi açısından avantaj sağlamıştır.

Agular ve ark. (11) sulamada nem sensörlerinden başarı elde edebilmek için aşağıdaki bazı hususlara dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır:

\*Toprak nemi sensörleri, sensörlerin etrafında yeterli toprak yerleşimini sağlamak için tarlaya olabildiğince erken kurulmalıdır.

\*İyi bir toprak-sensör teması önemli olsa da, bazı sensörlerin toprak profilini bozmadan doğru bir şekilde kurulması zor olduğu kadar da önemlidir.

\*Bazı sensörlerin öğrenme eğrisi oldukça dik olup, ölçülen değerlere güven inşa etmek zaman alabilir.

\*Sensör seçimi sırasında satış sonrası destek hayati önem taşır.

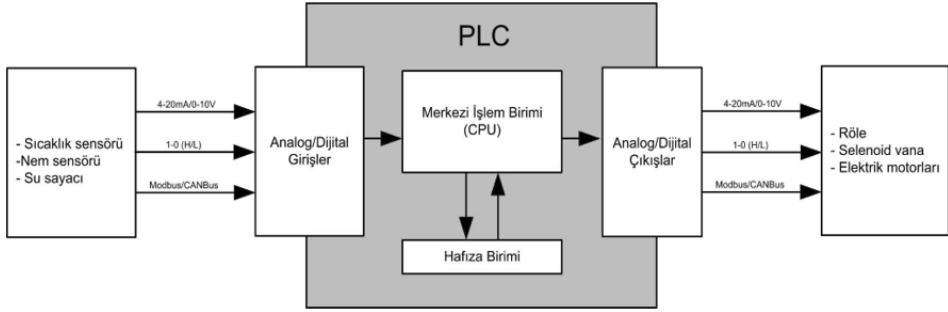
\*Toprak sensörü maliyetleri, ekipman, kurulum ve telemetri/hizmet aboneliği olmak üzere üç bileşenle ilişkilidir. Bütün bu bileşenler bir arada değerlendirilmelidir.

\*Kabloların olası kemirgen hasarına karşı korunması için uygun şekilde gömülmeleri veya borulara yerleştirilmeleri gerekir.

\*Toprağı temsil eden sensör konumlandırılması sonuçların doğruluğunu etkileyeceğinden, dikkatle yapılmalıdır.

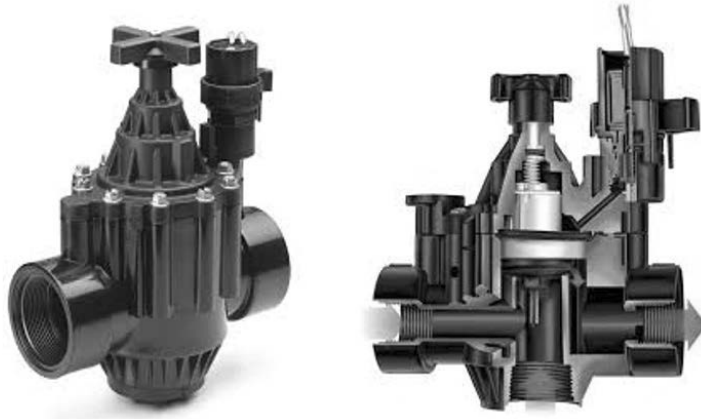
## **SULAMADA KULLANILAN OTOMASYON ARAÇLARI**

Bir işin belirli bir kurala göre tekrarlı olarak (otomatik) yapılmasını sağlayan sistemlere otomasyon ismi verilir. Belirli bir mantığa göre oluşturulmuş elektrik devreleridir. Elektrik devreleri önceleri mekanik ve röleli yapıdayken günümüzde programlanabilen mantıksal denetleyicilerini (PLC) içeren, kontrol ve izleme sistemleri ile güçlendirilmiş bir yapıdadır. Sulama sistemlerini kontrolünde mikrodenetleyiciler ve mikrodenetleyici tabanlı (PLC, RTU gibi) gömülü sistemler kullanılır. Şekil 14'te PLC'nin blok şeması verilmiştir.



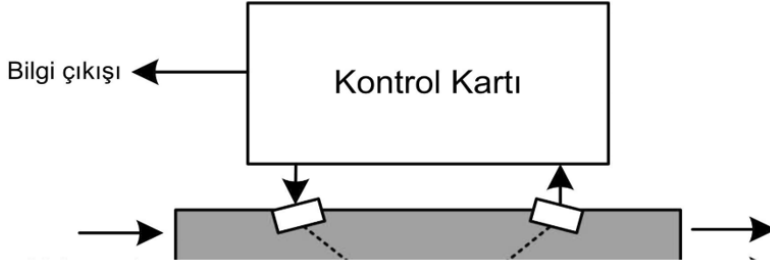
Şekil 14. PLC'nin yapısını gösteren blok şema

PLC'ler günümüzde çok geniş bir uygulama alanına sahiptir bu sebeple hem üretici hem de uygulama çeşitliliği bakımından zengin bir portföye sahiptir. Şekil 14'te görüldüğü üzere PLC'ler tek başına kullanılmazlar. Bir işin PLC yardımıyla otomatik bir biçimde yapılabilmesi için sensörlere ve çıkış aktivatörlerine (çıkış elemanlarına) sahip olması gerekir. Bu çıkış elemanlarının başında röleler, elektrik motor sürücüler, sesli ve ışıklı uyarıcılar, selenoid vana vb. elemanlar gelir. Selenoid vanalar, sıvı ve gazların akışını elektrik sinyali ile kontrol edebilmeyi mümkün kılan elektromekanik vanalardır. Selenoid vanaları seçerken kontrol edilecek akışkanın türü ve basıncı gibi parametrelere dikkat edilmelidir. Selenoid vanalar kontrol sinyalleri bakımından ve besleme gerilimleri bakımından bolca çeşide sahiptirler. Selenoid vananın dış görünümü ve kesit görünüşü Şekil 15'te verilmiştir.



Şekil 15. Selenoid vana ve iç yapısı (<https://www.altypimarket.com/rainbird-100-pga-solenoid-vana--1-bsp-disi-24-vac>)

PLC'ler ile birlikte sulama otomasyonunda kullanılan bir diğer eleman ise akıllı ve uzaktan erişimli su sayaçlarıdır. Bu yapılar klasik su sayaçlarının farklı olarak kullanılan toplam su miktarına ek olarak anlık debi gibi bilgileri ölçebilirler. Ayrıca mekanik yapıdaki su sayaçlarında farklı ölçüm tekniklerine sahiptirler. Bu sayaçlardan değer okuması göz ile yapılabileceği gibi kızılötesi, RF-ID ve RS485 gibi alt yapılar ile de yapılabilmektedir. Su kullanımını ultrasonik yöntem ile ölçerek uzak noktalara aktaran su sayacı yapısı Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 16. Uzaktan erişimli (RS485) su sayacı

Şekil 17'de ise ticari bir ürün olarak satılan ve uzaktan erişimi RS48 üzerinden yapılan bir su sayacı görülmektedir.



Şekil 17. Uzaktan erişimli (RS485) su sayacı (<https://daecontrol.com/product/dae-mj-100z-1-en-code-water-meter-ip68-npt-couplings-rs485-gallons/>)

## SULAMA SİSTEMLERİNDE NESNELERİN İNTERNETİNE BAKIŞ

Akıllı Sulama ve tarımsal ürünlerin yetiştirilmesine yardımcı olmak için toprağın sanal/yapay olarak sulanması uygulamasıdır (13). Bu nedenle, sistem

otomatikleştirilirse, ekim amaçları için kullanılan su miktarını azaltmak için ürünlere giden su akışı kontrol edilebilir ve izlenebilir (13, 14). Uzmanlar, akıllı sulama sistemlerinin ve kontrolörlerinin geleneksel sulama kontrolörlerine kıyasla çeşitli senaryolarda su tasarrufu sağladığı konusunda hemfikirdir. Birkaç kontrollü araştırma çalışması, %40'tan %70'e kadar önemli su tasarrufu olduğunu göstermektedir (15,16,17). Akıllı Sulama sistemi Nesnelerin İnterneti'ne (IoT) dayanmaktadır (16, 17, 18) IoT, basitçe, insan-insan veya insan-bilgisayar etkileşimi gerektirmeden bir ağ üzerinden veri aktarmak anlamına gelir. Bu nedenle, bu konseptte dayalı sulama sistemi, sensörler olan hesaplama cihazları arasında etkileşimde bulunacak ve gerçek zamanlı verileri internet üzerinden buluta gönderilecektir. Bu nedenle, bu sistemin kullanıcısının tarım arazisini ve sulanacak yerleri kontrol etmesine gerek kalmayacaktır (19, 20).

En iyi sulama yönetim planının belirlenebilmesi, çalışılan arazilerde izleme alanından elde edilen verilere bağlıdır. Akıllı bir tarım sistemi, bilgisayar bilimi ve bilgi teknolojisini kullanarak çeşitli kaynaklardan sulama yönetimi için veri toplar ve işler (21). Kullanıcılar, farklı ürün, toprak ve sulama sistemi türlerinin özelliklerinin yanı sıra analog tansiyometrelerin okumalarını da sağlayabilir. Tansiyometreler, bir tarladaki farklı derinliklerde ve izleme noktalarında nemi tahmin etmek için kullanılan matrik potansiyeli tespit eden toprak sensörleridir. Otomatik meteoroloji istasyonları (22) internet üzerinden halka açık veriler sağlayabilir. Ayrıca, tarlada kullanıcılara şeffaf bir şekilde hizmet sunmak için Nesnelerin İnterneti (IoT) nesneleri olarak birbirleriyle etkileşime girebilen sensörler ve aktüatörler bulunabilir (23). Bu tür hizmetler, izleme (yani su, toprak ve hava) ve tahmin (hava ve toprak koşulları) için sulama yönetimi ile ilgilidir.

Tarım 4.0 kapsamında sulama yönetiminin planlanması ve yürütülmesi için web sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, kablosuz sensör düğümleri tarafından toplanan toprak nemi ve hava durumu verilerinin görselleştirilmesinin ötesinde, veri analizi için net kurallar kullanmakta ve gerektiğinde sulama zamanlarını bildirmek (24) veya sulama sistemini otomatik olarak etkinleştirmek (25, 26) için kullanıcılarına mesajlar göndermektedir. Bazı yaklaşımlarda ise, sistem sulama sisteminin etkinleştirilip etkinleştirilmeyeceğine karar verirken yağış tahminini (internette mevcut) dikkate alır (27). Bir kablosuz sensör ağı da sulama yönetimini planlayabilir ve yürütebilir (28). Bu durumda, sensör düğümleri toprak nemi verilerini toplayıp analiz eder ve nem tarla kapasitesine ulaşıncaya kadar sulama sistemini açar (29).

Bulut platformunu da içeren IoT uygulaması gerçek zamanlı olarak sulama parametrelerini (sulama miktarı, sulama süresi, boru şebekesi basıncı), gübreleme parametrelerini (gübre elektriksel iletkenliği, pH değeri), toprak nem parametrelerini ve farklı alanlarda aşağı akışa dağıtılmış sulama kontrolörlerinin saha meteorolojik parametrelerini toplayabilir, depolayabilir, analiz edebilir ve görüntüleyebilir. Sulama sistemlerinin bulut platformunda yıllarca süren sürekli sulama büyük verisi birikimi sayesinde, tarla sulama ve gübreleme süreçlerinin kontrolünü optimize etmek ve mahsul büyümesinin hassas kontrolünü gerçekleştirmek için mahsul su talebi kuralları, mahsul su tüketimi, verim ve kalite arasındaki ilişki daha doğru bir şekilde analiz edilebilir (30, 31).

Jayaraman ve ark. (32) toprak, sulama, gübreleme ve çevre koşullarıyla ilgili verilerin toplanmasını sağlayan, ürün performansını tahmin etmek ve akıllı çiftçiliği artırmak için veriler arasında ilişkiler oluşturabilen bir IoT platformu geliştirilebileceğini bildirmiştir.

SWAMP, ürün ve toprak nemi yaklaşımlarına dayalı olarak sulama yönetimi için farklı IoT uygulamalarının uygulanmasına izin veren bileşenlere sahiptir. Kullanıcılar, verilerin toplanması (MQTT veya LoRa), işlenmesi ve senkronizasyonu için hizmetleri farklı ürün türleri, hava durumu ve ülke ile özelleştirebilir. Bu nedenle, farklı arazi konfigürasyonları bu hizmetleri veri analizi ve depolama için yeniden kullanabilir ve SWAMP'ın mükemmel esnekliğini vurgulayabilir. Bununla birlikte, verilerin işlenmesi ve birleştirilmesine yönelik teknikleri ayrıntılı olarak açıklanmamıştır ve toprak neminin tahminine yönelik herhangi bir uygulama veya hizmet sunulmamıştır (33).

Agro-IoT, kullanıcılara akıllı tarım bağlamında gerçek zamanlı veri toplama, birleştirme (füzyon) ve analiz sağlayan bir platformdur. Agro-IoT, izlenen alanın ihtiyaçlarına göre IoT uygulamalarını hayata geçirmek için çeşitli bileşenleri yeniden kullanmaktadır. Agro-IoT, cihazların yönetimini (yani, sensörlerin ve aktüatörlerin kaydı) ve veri analizi yoluyla olay tespitini de sağlar. Bununla birlikte, veri senkronizasyonu ve aykırı değerlerin giderilmesi veya toprak nemi tahmini için modüller içermez (34).

Taştan (35) Akıllı tarım uygulamalarına bir örnek olarak IoT tabanlı bir akıllı sulama sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen sistemin donanımı 32 bitlik işlemciye sahip WiFi modül içeren bir IoT denetleyicisi olan ESP8266- 12E (NodeMCU), toprak nem sensörü, hava sıcaklığı ve nemini ölçen DHT22 dijital sensörden oluşmaktadır. Sistemin yazılımı ise, Blynk iOS/Android uygulama geliştirici ile android cihazlar için bir kullanıcı arayüzünden oluşmaktadır. Android arayüz,



sulama sistemi ile ilgili sayısal verileri gerçek zamanlı olarak görüntüleyebilir ve Blynk Bulut alt yapısı ile depolayabilir. Geliştirilen bu akıllı sulama sistemi ile hava sıcaklığı, hava nemi ve toprağın nem değerini kullanarak uygun bir sulama programı oluşturulabilir. Akıllı sulama sistemi ile, sensörlerden edinilen bilgiler dikkate alınarak yağış tahmininde bulunulup hava durumuna göre sulama zamanı da ötelenebilmektedir. Ayrıca android tabanlı kullanıcı arayüzü sayesinde sensör verileri, sulama süresi, elektrik ve su tüketimi gibi bilgilere ulaşılabilmektedir. Bulut sistemi üzerine kaydedilebilen sensör verilerinin analizi ideal sulama periyodu ve sulama süresinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. İnsan müdahalesini en aza indiren bu akıllı sulama sistemi ile uzaktan izleme ve kontrol imkanı yanında elektrik ve su tasarrufu sağlanabilmektedir.

#### **TARIM 4.0'DA SULAMA UYGULAMALARI ÖRNEKLERİ**

Yu ve ark. (31) Sulama kontrol cihazı ile çiftlik içi denetleme cihazları (solenoidler ve sensörler gibi) arasındaki iletişim moduna göre, tarım alanlarında şu anda kullanılan sulama kontrol cihazları üç kategoriye ayrılabilir: (a) çok kablolu kontrol cihazı, (b) kablosuz kontrol cihazı ve (c) iki kablolu kod çözücü kontrol cihazı. Bu üç sulama kontrol cihazının özellikleri ve uygulama kapsamaları incelendiğinde kablosuz kontrol cihazının ve iki kablolu kod çözücü kontrol cihazının Çin'deki büyük ölçekli yoğun sulama tarımı için daha uygun olduğunu göstermiştir. Ek olarak, sulama sistemlerinin kontrolü, sensör geri bildirim ve bitki su gereksinimi modeline dayalı olarak hassas sulama kararları elde edebilen geleneksel açık devre modundan kapalı devre moduna doğru kademeli olarak ilerlemektedir. Bitki kuraklığını veya toprak nemini büyük bir alan üzerinde güvenli bir şekilde yansıtabilen ürün gölgelik kızılötesi sıcaklık sensörleri ve meteorolojik sensörler gibi tahribatsız test teknolojileri, sulama kontrol cihazlarının geri bildirim sensörleri olarak tercih edilmektedir. Daha da önemlisi, internetin gelişmesiyle birlikte sulama kontrol cihazlarının yerel işletimi yavaş yavaş uzaktan kontrolle ve ardından bulut bilişimine dayalı kapsamlı kontrol ve yönetimle yer değiştirilmektedir. İnternet teknolojisinin uygulanması, farklı yerlerde bulunan birden fazla sulama kontrol cihazını verimli bir şekilde yönetebilir, büyük veri toplamaları yapabilir, sulama deneyimlerini paylaşabilir ve makul sulama kararlarını çok daha kolay hale getirebilir. Son yıllarda, toprak ve bitki büyümesini değerlendirmek için sensörlere dayanan, teşhis ve sulama karar verme işlevlerine sahip bu tür kapalı devre kontrolörler giderek daha fazla kullanılmaktadır. Sulama kararları almak için genellikle kullanılacak parametreler üç kategoriye ayrılır: (a) toprak suyu parametreleri, (b) bitki suyu

fizyolojik durum parametreleri ve (c) meteorolojik parametreler (36, 37, 38). Geçtiğimiz 10 yılda, internet kapsamının daha da iyileştirilmesiyle birlikte, birçok çiftlik, meyve bahçesi ve tarla internet kapsamı kurmuştur. Aynı zamanda, sulama otomasyon kontrolörlerinin uygulaması önemli ölçüde artmaktadır. Çok sayıda sulama kontrolörünün yönetimini birleştirmek için, bazı entegre sulama yönetimi hizmeti bulut platformları ortaya çıkmaya başlamıştır. Bulut sunucularının kurulmasıyla, platformlara bağlı her sulama kontrolörü uzaktan kapsamlı sulama yönetimi gerçekleştirebilir. Dahası, genel bulut hizmetlerinin yardımıyla, ağ uzaktan kontrolünün maliyeti daha da düşürülebilir. Ayrıca, genel bulut sunucuları aracılığıyla, farklı alanlara dağıtılmış tipik mahsullerin sulama parametreleri ve gübre parametreleri hakkında büyük veri toplama, depolama ve analiz yapılabilir (39, 30).

Roy ve ark. (40), sulanan ürün tarlalarının verimli su yönetimi için “AgriSens” adı verilen dinamik bir sulama planlamasına göre bir IoT sistemi tasarladı. AgriSens, farklı büyüme evreleri için gerçek zamanlı, otomatik sulama ve uzaktan manuel sulama sağlar. IoT, yalnızca sulama süreçlerinin verimliliğini artırmaya değil, aynı zamanda su kayıplarını da en aza indirmeye yardımcı olur. Suya olan kesin ihtiyaçları hesaplamak için, bağıl nem, toprak nemi, sıcaklık ve ışık yoğunluğu gibi çeşitli parametreleri ölçen sensörlere ihtiyaç vardır. Böyle bir mekanizmaya sahip IoT tabanlı akıllı sulama sistemleri, daha yüksek sulama verimliliğine katkıda bulunabilir.

Dayoğlu ve Türker (41) Şili’deki bir vadide, 30 hektarlık üzüm bağlarının sulanması için damla sistemi kurulumunu planlanmıştır. Su kaynağından, biri 40000 m<sup>3</sup>, diğeri 15000 m<sup>3</sup> olan ve 61 metre yükseklikte bulunan iki rezervuara, çapı 140 mm olan 2,5 km uzunluğunda boru hattı döşenmiştir. Saatte 62 metreküpe kadar akış sağlayabilen ve maksimum 90 metre yükseklikte çalışabilen dalgıç güneş pompa sistemi seçilmiştir. Güç kaynağı, 6 adet paletli diziye monte edilmiş 16,56 kWp’lik fotovoltaik modüllerle sağlanmıştır. Sistem tasarım performansı, yılda 134000 m<sup>3</sup> pik akış hızı, günde 500 m<sup>3</sup>, yani yıllık ortalama 10 L s<sup>-1</sup> olarak pompalanan hacim olarak alınmıştır.

Campo ve ark. (42) akıllı sulama için veri izleme, ön işleme, birleştirme, senkronizasyon, depolama ve toprak neminin tahminiyle zenginleştirilmiş sulama yönetimi gibi hizmetler sunmak üzere Smart&Green çerçevesi üzerine çalışmışlardır. Smart&Green toprak nem sensörleri olmayan alanlar için, tahmin modeli hava durumu, ürün ve sulama bilgilerini kullanarak matris potansiyelini tahmin etmişlerdir. Tahmin edilen matris potansiyeli yaklaşımını, bir sulama

yönetim şemasında kullanılan nemi belirlemek için Van Genutchen modeline uyarlamışlardır. Sonuçta sulama suyundan ortalama %56,4 ile %90 arasında tasarruf edebilmişlerdir.

## **SONUÇ**

Endüstri 4.0 çağında çeşitli teknolojik gelişmeler tarıma da yansımış, tarımdaki son yaşanan gelişmeleri tarif etmek için de Tarım 4.0, akıllı tarım veya dijital tarım ifadeleri kullanılmıştır. Endüstri 4.0 tarımda sadece sulama konusunda da değil tarımla ilgili pek çok konuda kolaylıklar sağlamıştır. Bu çalışma Endüstri 4.0 çağında yaşanan gelişmelerin sulama programı, yönetimi ve uygulamalarının kolay ve başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir. Sulamada süreç kontrol döngüleriyle sulama uygulamaları kontrol altına alınıp toprak nem ve bitki su ihtiyacına yönelik gerektiği zamanda gerekli ölçülerde suyun verilebileceği anlatılmıştır. Çeşitli sensor teknolojileri, otomasyon araçları, haberleşme araçları ve uzaktan erişimli sistemlerle tarımsal sulamada yaşanan kolaylıklar anlatılmaya çalışılmıştır. Nesnelerin internetinin sulamada uygulanabilirliği ve sağladığı kolaylıklar çeşitli çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Her ne kadar Endüstri 4.0'ın tarımda uygulanması ile ilgili çalışmalar yeni gibi gözükse de hem Türkiye hem de Dünyada üzerine yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Bu gibi önemli gelişmeler tarımda birim alandan daha fazla ürün elde etmekle beraber suyun ve zamanın doğru bir şekilde yararlanılabileceğini göstermektedir. Sonuçta tarımsal üreticilerin çağa ayak uydurarak imkanların teknolojiyle paralel olacak şekilde geliştirilmesi önerilmiştir.

## **KAYNAKLAR**

1. Saygılı F, Kaya, AA, Çalışkan, ET. vd. Türk Tarımının Global Entegrasyonu Ve Tarım 4.0. 2016. *İzmir Ticaret Borsası, İzmir*.
2. Seveli, O. Tarım 4.0 Ölçeğinde Bir Dijital Tarım Uygulaması: Çiftlik İzleme Ve Yönetim Sistemi. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 2023; 7(2), 105-116.
3. Silva, AOD, Silva, BAD, Souza CF, et al. Irrigation in the age of agriculture 4.0: management, monitoring and precision. *Revista Ciência Agronômica*, 2020; 51, e20207695.
4. Sample DJ, Owen JS, Fields JS, et al. Understanding soil moisture sensors: A fact sheet for irrigation professionals in Virginia.
5. Aravind D, Sarathkumar EM, Sivadhas EE, vd. Automated water irrigation aided by moisture sensor and self-developed mobile app.
6. Evett SR, Colaizzi PD, Schwartz RC, et al. Soil water sensing – Focus on variable rate irrigation. Proc 26th Annu Cent Plains Irrigation Conf. Burlington, Colorado. 2014.
7. Rusu C, Krozer A, Johansson C, et al. Miniaturized wireless water content and conductivity soil sensor system. *Comput Electron Agric*. 2019;167:105076.

8. Varble JL, Chávez JL. Performance evaluation and calibration of soil water content and potential sensors for agricultural soils in eastern Colorado. *Agric Water Manag.* 2011;101(1):93-106.
9. Bogena HR, Huisman JA, Schilling B, et al. Effective calibration of low-cost soil water content sensors. *Sensors.* 2017;17(1):208.
10. Chen Y, Tian Y, Wang X, et al. Miniaturized, field-deployable, continuous soil water potential sensor. *IEEE Sens J.* 2020;20(23):14109-17.
11. Xu Q, Yan X, Grantz DA, et al. An ice correction model for dielectric sensor to improve accuracy of soil water potential measurement in frozen soils. *Soil Tillage Res.* 2021;211:105003.
12. Aguilar J, Rogers D, Kisekka I. Irrigation scheduling based on soil moisture sensors and evapotranspiration. *Kansas Agric Exp Stn Res Reports.* 2015;1(5):20.
13. Gungor VC, Hancke GP. Industrial wireless sensor networks: Challenges, design principles, and technical approaches. *IEEE Trans Ind Electron.* 2009;56(10):4258-65.
14. Gutiérrez J, Villa-Medina JF, Nieto-Garibay A, et al. Automated irrigation system using a wireless sensor network and GPRS module. *IEEE Trans Instrum Meas.* 2013;63(1):166-76.
15. Taneja K, Bhatia S. Automatic irrigation system using Arduino UNO. In: 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS). IEEE; 2017. p. 132-5.
16. Anne VK, Durgasai KRVS, Muddineni RK, et al. Smart irrigation using WSN based on IoT. *Int J Eng Technol.* 2018;7(2.8):331.
17. Kishor C, SunilKumar HU, Praveena HS, et al. Water usage approximation of automated irrigation system using IoT and ANN's. In: 2018 2nd International Conference on IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud (I-SMAC). IEEE; 2018. p. 76-80.
18. Robles T, Alcarria R, Martín D, et al. An internet of things-based model for smart water management. In: 2014 28th international conference on advanced information networking and applications workshops. IEEE; 2014. p. 821-6.
19. Meeradevi, Supreetha MA, Mundada MR, et al. Design of a smart water-saving irrigation system for agriculture based on a wireless sensor network for better crop yield. In: ICCCE 2018: Proc International Conference on Communications and Cyber Physical Engineering 2018. Springer Singapore; 2019. p. 93-104.
20. Ismail N, Rajendran S, Tak WC, et al. Smart irrigation system based on internet of things (IoT). *J Phys Conf Ser.* 2019;1339(1):012012.
21. Voutos Y, Mylonas P, Katheriotis J, et al. A survey on intelligent agricultural information handling methodologies. *Sustainability.* 2019;11:3278.
22. INMET. Brazilian Automatic Weather Station of INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Available online: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas> (accessed on 17 October 2019).
23. Borgia E. The internet of things vision: Key features, applications and open issues. *Comput Commun.* 2014;54:1-31.
24. Karimi N, Arabhosseini A, Karimi M, et al. Web-based monitoring system using Wireless Sensor Networks for traditional vineyards and grape drying buildings. *Comput Electron Agric.* 2018;144:269-83.
25. Mat I, Kassim MR, Harun AN. Precision agriculture applications using wireless moisture sensor network. In: Proc IEEE 12th Malaysia International Conference on Com-

- munications (MICC), Kuching, Malaysia, 23–25 November 2015. IEEE; 2015. p. 18-23.
26. Mat I, Kassim M, Harun IAN. Precision irrigation performance measurement using wireless sensor network. In: Proc 2014 Sixth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), Shanghai, China, 8–11 July 2014. IEEE; 2014. p. 154-7.
  27. Caetano F, Pitarma R, Reis P. Advanced system for garden irrigation management. *Adv Intell Syst Comput.* 2015;353:565-74.
  28. Balaji Bhanu B, Hussain MA, Ande P. Monitoring of soil parameters for effective irrigation using wireless sensor networks. In: Proc Sixth International Conference on Advanced Computing (ICoAC), Chennai, India, 17–19 December 2014. IEEE; 2014. p. 211-5.
  29. GS Campos N, Rocha AR, Gondim R, et al. Smart & green: An internet-of-things framework for smart irrigation. *Sensors.* 2019;20(1):190.
  30. Sinha A, Shrivastava G, Kumar P. Architecting user-centric internet of things for smart agriculture. *Sustainable Computing: Informatics and Systems.* 2019;23:88-102.
  31. Yu Y, Li Z, Gao Z. Research and development of smart irrigation in China. *Irrigation and Drainage.* 2020;69:108-18.
  32. Jayaraman PP, Yavari A, Georgakopoulos et al. Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt. *Sensors.* 2016; 16(11), 1884.)
  33. Kamiński C, Kleinschmidt J, Soininen JP et al. SWAMP: Smart water management platform overview and security challenges. In *2018 48th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN-W)* (pp. 49-50). IEEE.
  34. Kamilaris A, Gao F, Prenafeta Boldú F et al. Agri-IoT: A Semantic Framework for Internet of Things-Enabled Smart Farming Applications. In *Proceedings of the 2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, Reston, VA, USA, 12–14 December 2016; pp. 442–447.
  35. Taştan M. Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. *Avr Bilim Teknol Derg.* 2019;(15):229-36.
  36. Xinpıng L. Application of intelligent drip irrigation model in field. *Xinjiang Agricultural Science and Technology.* 2010:33.
  37. Nilesh RP, Rahul BL, Swarup SM et al. Microcontroller based drip irrigation system using smart sensor. In: *Annual IEEE India Conference (INDICON).* 2013:1-5.
  38. Kohanbash DG, Kantor TM, Crawford L. Wireless sensor network design for monitoring and irrigation control: user-centric hardware and software development. *Hort-Technology.* 2013;23:725–34.
  39. Janc K, Czapiewski K, Wójcik M. In the starting blocks for smart agriculture: The internet as a source of knowledge in transitional agriculture. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences.* 2019;90:100309.
  40. Roy SK, Misra S, Raghuwanshi NS, et al. IoT-based dynamic irrigation scheduling system for water management of irrigated crops. *IEEE Internet Things J.* 2021;8(6):5023-30. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3036126>.
  41. Dayıođlu MA, Turker U. Digital transformation for sustainable future-agriculture 4.0: A review. *J Agric Sci.* 2021;27(4):373-99.
  42. Campos N, Rocha AR, Gondim R, et al. Smart & green: An internet-of-things framework for smart irrigation. *Sensors.* 2019;20(1):190



## Bölüm 6

# SERALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRMAK İÇİN UYGULANACAK BAZI TEKNİK ÖNLEMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sedat BOYACI<sup>1</sup>

### 1. GİRİŞ

Ülkelerin geleceğe yönelik bazı gereksinimlerinin, nüfus artışı da dikkate alınarak karşılanabilmesi amacıyla, mevcut tarımsal üretimin daha verimli ve nitelikli duruma getirilmesi zorunludur. Ülkemizde tarım alanlarının son sınırına ulaşmış olması ve nüfusun hızla artması verimi artırıcı özel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Alınacak bu özel önlemlerin arasında üretilen meyve ve sebzelerin sera gibi kontrollü ortamlarda ve düşük üretim maliyetleriyle yetiştirilmesi de yer almaktadır (1). İklim değişiklikleri ve artan nüfus nedeniyle seralar önümüzdeki yıllarda giderek daha fazla önem kazanacaktır (2,3). Ancak, sera üretiminde söz konusu olan daha yüksek enerji maliyetleri büyük bir zorluktur. Düzenli olarak ısıtılan yüksek teknolojiye sahip seralardaki ısıtma maliyetleri, bölgenin iklimine bağlı olarak, işletme giderleri arasında işçilikten sonra birinci veya ikinci sırada yer alır. Akdeniz iklimine sahip bölgelerde düzenli olarak ısıtılan seralardaki ısıtma maliyetleri, %20-25 ile işçilik maliyetlerinden sonra ikinci sırada yer alırken, soğuk bölgelerde birinci sırada yer alır (4). Bu nedenle, seralarda ısıtma maliyetlerini düşürmek sera üretimini daha ekonomik ve sürdürülebilir hale getirebilir. Araştırmacılar tarafından seraların ısıtma maliyetlerini düşürmek amacıyla birçok çalışma yürütülmüştür; enerji açısından verimli yapısal tasarım, enerji açısından verimli örtülerin kullanımı, iyileştirilmiş ısıtma ve havalandırma sistemleri, iç ortam mikro iklimlerinin enerji açısından verimli yönetimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi stratejiler seraların konumuna bağlı olarak araştırılmıştır. Bu tekniklerin prensipleri genellikle seranın güneş ısısı kazanımını artırmak ve seradan ısı kaybını azaltmak üzerinedir. Bu tekniklerin yanında, bitkilerin agronomik ihtiyaçları ile farklı tekniklerin enerji tasarrufu

<sup>1</sup> Doç. Dr. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sedat.boyaci@ahievran.edu.tr, ORCID iD:0000-0001-9356-1736

potansiyeli arasındaki dengeyi göz önünde bulundurmakta oldukça önemlidir (5). Bu nedenle, enerji verimliliği stratejileri ile bunların bitkiler üzerindeki etkileri ve seralar için mevcut ısıtma enerjisi tasarrufu teknolojilerinin ekonomik uygulanabilirliği ile ilgili bilgiler, sera yetiştiricileri, araştırmacılar ve üreticiler için yararlı olacaktır.

Enerji maliyetlerinin yüksek olduğu günümüzde sürdürülebilir seracılık için enerji açısından seraların verimli tasarımı, enerji tasarruflu sera örtülerinin kullanımı, serada ısı perdelerinin enerji tasarrufu potansiyeli, serada yalıtımın enerji tasarrufu potansiyeli, serada iç ortam iklim yönetiminin enerji tasarrufu potansiyeli hakkında gelişen teknolojilerde dikkate alınarak önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlardan yararlanarak seralarda enerji verimliliğini arttırmak için uygulanacak bazı teknik önlemlerin kapsamlı bir incelemesini sunmaktır.

## **2. SERALARIN ENERJİ AÇISINDAN VERİMLİ TASARIMI**

İklim, seraların yapısal ve işlevsel özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür. Bir seranın tasarımı, iç ortam iklimini bitki yetiştiriciliğine uygun hale getirmek için dış iklim koşullarından yararlanmayı amaçlar. Bu nedenle, genel olarak sera tasarımı iklimten ve konumun enleminden etkilenir (6). Dış ortam düşük sıcaklık değerlerinin bitki yetiştiriciliğine uygun olmadığı soğuk bölgelerde yer alan seraların ısıtma maliyetlerini düşürmek için enerji açısından verimli bir sera yapı tasarımı oldukça önemlidir. Enerji açısından verimli tasarımın amacı ise sera içerisindeki güneş enerjisi kazanımını ve enerji tutulumunu artırmaktır. Isıtma gereksinimini büyük ölçüde etkileyen yapı tasarım parametreleri arasında sera şekli (tipi), yönü ve kuzey yarımkürede kuzey duvar özellikleri yer almaktadır.

### **2.1. Sera Tiplerinin Enerji Tasarrufuna Etkisi**

Bir sera çatısının geometrisi, güneş enerjisi kazanımı ve ısı kaybı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sera tipleri, eşit açıklıklı üçgen çatılı sera (beşik çatı), eşit açıklıklı olmayan üçgen çatılı sera (asimetrik çatı), düz yan duvarlı gotik çatılı sera, düz yan duvarlı yay çatılı sera, eğik yan duvarlı gotik veya beşik çatılı sera (Vinery) ve yüksek tünel (Quonset) şekli olmak üzere farklı şekillerde yaygın olarak bitkisel üretim için dikkate alınır. Büyüktaş ve ark. (7) örnek projeler yerine bölge iklimine uygun yapıların inşa edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Sera şeklinin enerji tasarrufu potansiyeli büyük ölçüde konumuna bağlı olduğundan, farklı yerler için enerji açısından verimli uygun sera şeklini seçmek için yapılan çalışmalarda, Chandra (8) üç farklı tipteki tek açıklıklı seranın (eşit açıklıklı üçgen



çatı, gotik çatılı ve yüksek tünel şekli) termal performansını incelediği çalışmada, gotik çatılı seranın, eşit açıklıklı üçgen çatı ve yüksek tünel tipi seralara kıyasla yaklaşık %15-25 daha az ısıtma gerektirdiği bildirmiştir. Gupta ve Chandra (9) soğuk iklim koşulunda üç tip seranın ısıtma gereksinimini inceledikleri çalışmada, gotik çatılı serada simüle edilen ısıtma gereksinimini, eşit açıklıklı üçgen çatı ve yüksek tünel şekline kıyasla sırasıyla yaklaşık %2.6 ve %4.2 daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Çakır ve Şahin (10) Türkiye'nin Bayburt ili (39°52'–40°37' enlem ve 39°37'–40°45' boylam ve rakım 1556 m.) koşullarında güneş radyasyonuna göre optimum sera şeklini seçmek için beş farklı sera şeklini (eşit açıklıklı üçgen çatılı sera, eşit açıklıklı olmayan üçgen çatılı sera, eğik yan duvarlı beşik çatılı sera, yüksek tünel ve düz yan duvarlı yay çatılı sera) analiz etmişlerdir. Çalışmada, seraların soğuk iklim bölgelerinde verimliliği artırmak için kullanılabilir ve kullanıma uygun olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca Bayburt ili şartlarında incelenen tüm sera türlerinde düz yan duvarlı yay çatılı seranın en uygun olduğunu ve bunu sırasıyla eşit olmayan açıklıklı, eşit açıklıklı, tünel sera ve eğik yan duvarlı gotik çatılı seralar izlemektedir. Çalışma sonucunda, çatının şekli ve tipi seraların güneş enerjisi kazanım oranlarını etkileyen temel parametreler olduğunu bildirmişlerdir. Singh ve Tiwari (11) tarafından yapılan çalışmada, Hindistan, Yeni Delhi'de benzer iklim koşullarında beş farklı sera şeklinin termal performansını incelemişlerdir. Çalışma, eşit olmayan açıklıklı üçgen çatı seranın (asimetrik çatı) en yüksek güneş radyasyonunu aldığını göstermiştir. Çünkü eşit olmayan açıklıklı sera çatısı güneş radyasyonunu almak için en yüksek yüzey alanına sahipken, yüksek tünel şekli en düşük güneş radyasyonunu almıştır. Bu nedenle, eşit olmayan açıklıklı üçgen çatılı seranın, optimum iç ortam sıcaklığını sağlamak için en düşük ek ısıtmaya gereksinim duyduğu belirlenmiştir. Benzer olarak, Sethi (12) Hindistan'ın üç farklı iklim koşulunda (10°N, 31°N ve 50°N) yürütmüş oldukları çalışmada, yaygın olarak kullanılan beş farklı sera tipinde (eşit açıklıklı, asimetrik çatı, eğik yan duvarlı beşik çatılı, düz yan duvarlı yay çatılı sera ve yüksek tünel) güneş radyasyonunun bulunabilirliğini deneysel veriler ve termal modeller kullanarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, üç farklı enlemde de benzer olarak yüksek tünel tip seranın minimum güneş radyasyonunu alırken, eşit açıklıklı olmayan tip seranın yılın tüm aylarında ve tüm enlemlerde maksimum güneş radyasyonunu aldığını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, eşit açıklıklı olmayan üçgen çatılı seranın ısıtma açısından en uygun sera olduğunu bildirmişlerdir. Ahamed ve ark. (13) tarafından Kanada, Saskatoon'da (52.13°N) beş farklı sera tipinin ek ısıtma gereksinimine göre şeklini optimize etmiştir. Sonuçlar, eşit olmayan açıklıklı üçgen çatılı şekil en yüksek güneş radyasyonunu

alırken yüksek tünel sera şeklinin ise en düşük güneş radyasyonunu aldığını göstermiştir. Ancak, yüksek tünel şeklindeki sera, eşit açıklıklı üçgen çatılı seraya kıyasla yaklaşık %7.6 daha az yıllık ısıtmaya gereksinim duymuştur. Fakat yüksek tünel seralar çok açıklıklı (blok sera) olarak kullanılmazlar. Bu nedenle, eşit açıklıklı üçgen çatı şeklindeki seraların oluk bağlantıları ile çok açıklıklı (blok sera) olarak inşası daha enerji verimli olarak kabul edilirken, yüksek tünel tip bir seranın tek açıklıklı olarak kurulmasının daha uygun olduğunu bildirmişlerdir. Ghasemi ve ark. (14), İran'ın Tebriz kentinin iklim koşullarında enerji tüketimi açısından eşit açıklıklı, eşit olmayan açıklıklı, eğik yan duvarlı beşik çatılı sera, tek açıklıklı (teksel), gotik çatılı ve yüksek tünel tipi olmak üzere altı sera tipini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, tek açıklıklı tip seranın kış aylarında en yüksek güneş ışımasını, eğik yan duvarlı beşik çatılı sera şeklinin ise en düşük güneş ışımasını aldığını bildirmişlerdir. Aynı zamanda, eğik yan duvarlı beşik çatılı sera şeklinin en az ek ısıtma gereksinimi gösterirken, gotik yay şeklinin ise istenen bitki sıcaklığına ulaşması için en yüksek ısıtma gereksinimini gösterdiğini ortaya koymuştur. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar incelendiğinde, enerji açısından verimli bir sera tipinin seraların konumuna ve fiziksel boyutlarına bağlı olarak farklı olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, bölge iklime göre uygun sera tipinin enerji tasarrufu potansiyelini belirlenmesinin önemli olduğu ortaya konulmuştur.

## **2.2. Serada Yönünün Enerji Tasarrufuna Etkisi**

Seralara verilecek yön, serada bitkilerin güneş ışığından ve enerjisinden yararlanmaları yönünden önemlidir. Bu nedenle sera uzun ekseninin yerleştirilme yönü güneş enerjisinden yararlanma oranına etki eder. Chandra (8) bir seranın uzun eksen yönünün, kış aylarında seraların ihtiyaç duyduğu ısı enerjisini azaltmada önemli bir etkiye sahip olduğunu ve enerji tasarruf potansiyelinin konuma bağlı olduğunu bildirmiştir. Araştırmacıların serada yönünün enerji tasarrufuna etkisini inceledikleri çalışmalarında tek açıklıklı seralarda, Stanciu ve ark. (15) tarafından Romanya'da (44.25°N) taban alanı 180 m<sup>2</sup> olan bir serada yönün ısıtma ve soğutma gereksinimi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, Haziran ayında Doğu-Batı yönelimli bir seranın, Kuzey-Güney yönelimli bir seraya göre yaklaşık 125 kWh/gün soğutma enerjisi tasarrufu sağladığını, Ocak ayında ise 87 kWh/gün ısıtma enerjisi tasarrufu sağladığını belirlemişlerdir. Sethi (12) tarafından Hindistan'da üç farklı enlemde (10°N, 31°N, ve 50°N) eşit açıklıklı üçgen çatılı bir serada güneş radyasyonunu teorik olarak incelemişlerdir. 10°N enleminde, Kuzey-Güney yöneliminin Doğu-Batı

yönelimine kıyasla yıl boyunca daha fazla güneş radyasyonu aldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, 31°N enlemindeki yönelim karşılaştırmasında, Doğu-Batı yönelimli bir seranın Aralık ayında yaklaşık %5.4 daha fazla ve Haziran ayında %15.8 daha az güneş radyasyonu aldığını belirtmişlerdir. Doğu-Batı ve Kuzey-Güney yönelimli seralarda güneş radyasyonu kazanımı arasındaki fark, daha kuzey enlemlerde (50°N) önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Buna göre, Aralık ayında %14.2 daha fazla güneş radyasyonu ölçülürken Haziran ayında ise bu oran %8 daha düşük ölçülmüştür. Ghasemi ve ark. (14), İran'daki Kuzey-Güney yönelimli bir seranın kış gününde Doğu-Batı yönelimli seraya kıyasla daha az ek ısıtma gerektirdiğini bildirmişlerdir. Çok açıklıklı seralar üzerine yapılan çalışmalarda, Harnett ve ark. (16), çok açıklıklı Doğu-Batı yönelimli bir seranın, Kuzey-Batı yönelimli olana kıyasla güneş ışığı geçirgenliği konusunda önemli bir fayda sağladığını bildirmişlerdir. Ancak bu durum Doğu-Batı yönelimli ve çok açıklıklı bir serada ışık geçirgenliğinin tekdüzeliğini azaltılabilir. Çünkü seraya monte edilen oluklar bitkiler üzerinde gölgeleme etkisi oluşturabilir. Fakat Ahamed ve ark.(13), serada uzunluk-genişlik oranının birden küçük olması durumunda, çok açıklıklı bir serada Doğu-Batı yöneliminin güneş ısı kazanımını büyük bir oranda azaltılabileceğini bildirmiştir. Uzun eksenli Doğu-Batı yönünde kurulan bir seranın, güneşin düşük eğimi nedeniyle yüksek kuzey enlemlerinde kış mevsiminde daha fazla güneş radyasyonu alması nedeniyle enerji gereksinimini azaltacak ve dolayısıyla enerji tasarrufunu arttıracaktır. Seranın güneşe bakan uzun eksenindeki yüzeyler kış aylarında daha fazla ve doğrudan güneş radyasyonu alır. Bu nedenle, araştırmacılarında bildirdiği üzere kuzey yarımkürede kurulan seralar için Doğu-Batı yöneliminin maksimum faydasını elde etmek için çok açıklıklı bir seranın uzunluk-genişlik oranının birden büyük olması gerekmektedir.

### **2.3. Kuruluş Şekline Göre Seraların Enerji Tasarrufuna Etkisi**

Genel olarak, seralar kuruluş şekline göre tek açıklıklı (teksel sera) ve çok açıklıklı (blok sera) olarak ikiye ayrılır. Seralarda ısı kayıplarının ortaya çıktığı örtü yüzey alanının küçültülmesi, enerji kayıplarını azaltacağından seraların tek açıklıklı olarak kurulması yerine, blok olarak kurulması durumunda, azalan örtü yüzey alanı nedeniyle enerji tasarrufu sağlanacaktır. Zabeltitz (17) tarafından yapılan çalışmada, seraların çok açıklıklı olarak kurulması durumunda, aynı büyüklükteki tek açıklıklı seralara oranla %8 oranında enerjinin tasarruf edilebileceğini belirlemiştir. Djevic ve Dimitrijevic (18), Sırbistan'da çeşitli tipteki çift katlı plastik örtü ile kaplı seraların enerji tüketimini inceledikleri çalışmalarında, çok açıklıklı

seranın farklı tipteki tek açıklıklı seralara kıyasla %4-10 daha az ısıtma enerjisi tüketimine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Baytorun ve Gügercin (1), sera taban alanı arttıkça birim alan için gereksinilen ısı enerjisinin azalacağını bildirmiştir. Buna göre, Türkiye'nin Antalya ili iklim koşullarında taban alanı 480 m<sup>2</sup> olan ısı perdeli 10 adet tek açıklıklı sera kurulması durumunda, birim taban alanı için gerek duyulan ısı enerjisi 98 kWh/m<sup>2</sup> yıl olurken, taban alanı 4800 m<sup>2</sup> olan tek bir blok halinde inşa edilen ısı perdeli serada, gerek duyulan ısı enerjisi %34 azalarak 64 kWh/m<sup>2</sup> yıl'a düştüğü belirlenmiştir. Çok açıklıklı seralar, tek açıklıklı seralara kıyasla daha enerji verimlidir. Çünkü birim taban alanı başına dış ortamla temas eden yüzey alanı azalmaktadır. Bu durumda, inşa edilen seralarda örtü yüzey alanının taban alanına oranının düşük olması serada tüketilecek enerjiyi azaltacak ve sera işletmeleri için enerji tasarrufu sağlayacaktır.

#### **2.4. Serada Saydam Olmayan Kuzey Duvarın Enerji Tasarrufuna Etkisi**

Kuzey duvarının tasarımı da önemlidir çünkü seraya gelen güneş radyasyonunun çoğu güney duvarı ve güney çatısı aracılığıyla alınır ve çoğunlukla saydam kuzey duvarından çıkar. Opak (saydam olmayan) kuzey duvarı kavramı, kışın güneşin daha düşük yükseklik açısı nedeniyle kuzey yarımküredeki seralar için uygulanır (13). Araştırmacıların saydam olmayan kuzey duvarının enerji tasarrufuna etkisi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında, Chandra (8), Doğu-Batı yönündeki bir serada saydam kuzey duvarından çok az güneş ısı kazanımı (yaklaşık %3) olduğunu gözlemlemiştir. Tiwari ve ark. (19) ise Hindistan'daki bir serada saydam olmayan tuğla ile yapılmış kuzey duvarı (0.275 m) ile güneş radyasyonu kaybının yaklaşık %24'ünün azaltılabileceğini bildirmiştir. Hertz ve Lewis (20), şeffaf kuzey duvarlı geleneksel serayla karşılaştırıldığında yansıtıcı kuzey duvarı (beyaz kaplama) ile Ekim ve Mart ayları arasında yaklaşık %14 daha az ısıtma gereksinimi olduğu belirlenmiştir. Andersson ve Nielsen (21), tarafından yapılan çalışmada ise alüminyum kaplamalı hava geçirmez polietilen filme sarılmış 3 cm kalınlığında cam yünü, camla kaplı bir serada opak kuzey duvarı yapmak için kullanılmıştır. Bu uygulama ile yalıtım yapılmayan seraya kıyasla ısıtma gereksiniminin yaklaşık %28'i azalmıştır. Ancak seradaki aydınlatma yoğunluğunu artırmak için ek tamamlayıcı aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi ise %35 artmıştır. Enerji tüketimindeki genel azalma, yalıtımsız seraya kıyasla yaklaşık %25 daha düşük bulunmuştur. Gupta ve Chandra (9), enerji tasarrufu ölçümlerinin etkisini araştırmak ve enerji açısından verimli bir sera için bazı tasarım özellikleri elde etmek için matematiksel bir model ortaya koymuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre, Doğu-Batı yönünde konumlandırılmış gotik yay çatılı seranın kuzey duvarının

yalıtılmasıyla %30 ısı enerjisi tasarrufu sağlanabileceğini bildirmişlerdir. Bunun yanında, serada gece perdesi kullanımı ile gece ortaya çıkan ısıtma ihtiyacının %70.8'ini ve tüm gün ısıtma ihtiyacının %60.6'nın azaltılabileceği belirlenmiştir. Mobtaker ve ark. (22), tarafından İran'ın Tebriz kentinde enerji tüketimi açısından en sık kullanılan altı sera tipini (eşit açıklıklı, eşit olmayan açıklıklı, asma, tek açıklıklı, kemerli ve kuonset tipi) araştırılmışlardır. Seralar hem Doğu-Batı hem de Kuzey-Güney yönelimleri için incelenmiş ve uzunluk, genişlik ve yükseklikleri aynı tutulmuştur. Bitkinin istenen sıcaklığını korumak için gereken toplam ek enerjiyi (güneş radyasyonu hariç) hesaplamak için sabit durum analizi yapmışlardır. Kuzey tuğla duvarın seraların enerji tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiş ve modelde dikkate alınmıştır. Modelin deneysel doğrulaması, tipik bir kış günü için tek açıklıklı, Doğu-Batı yönelimli bir serada gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, bitkilerin büyümesi için istenen sıcaklığı korumak için gereken ek enerji gereksiniminin, kuzey tuğla duvarlı Doğu-Batı yönelimli tek açıklıklı bir serada en düşük olduğunu göstermiştir. Kuzey duvar yalıtımının seranın ısıtma talebini %31.7'ye kadar azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. Deneysel ve teorik sonuçlar arasında makul bir uyum bulunduğunu bildirmişlerdir. Öte yandan, yansıtıcı kuzey duvarının eğimi zemindeki aydınlatma seviyesini artırabileceği çalışma ile ortaya konulmuştur.

### **3. ENERJİ TASARRUFLU SERA ÖRTÜLERİNİN KULLANIMI**

Bir sera için örtü malzemelerinin seçimi, sermaye maliyeti ve bakım maliyeti, bitki büyümesi ve verimi üzerindeki etkisi ve yerel iklim ve teknik destek gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (23). İyi örtü malzemeleri, özellikle fotosentetik olarak aktif radyasyon (PAR) aralığında, küresel güneş radyasyonuna karşı yüksek geçirgenliğe sahip olmalı, uzun dalga kızılötesi radyasyona (IR) mümkün olduğunca opak olmalıdır. İyi bir örtü malzemesi ayrıca daha yüksek difüzyon radyasyona, iyi yalıtıma ve yoğunlaşma önleyici özelliklere sahip olmalıdır (24). Sera örtü malzemeleri esas olarak plastik film ve sert paneller (cam, polikarbonat, fiberglas ve akrilik) gibi iki türdür. İdeal bir sera örtüsü yoktur; her birinin avantajları ve dezavantajları vardır ve bitki mikro iklimlerini benzersiz şekillerde etkiler. Kısa dalga güneş radyasyonuna yüksek geçirgenlik ve uzun dalga radyasyonuna düşük geçirgenlik ve düşük ısı iletkenliği, kış seralarında enerji tasarrufu için kullanılan sera örtüleri için önemli özelliklerdir (13). Sera örtüsü seralardaki enerji tüketimini büyük ölçüde etkileyen temel faktördür (25).

Farklı tipteki sera örtülerinin enerji tasarrufu potansiyelini değerlendirmek için yapılan çalışmalarda, Dieleman ve Hemming (26), seralarda ısıtma enerjisi

talebini azaltmanın en umut verici yönteminin tek kat örtü yerine çift kat örtü kullanımını olduğu sonucuna varmıştır. Baneshi ve ark. (27), seralarda uygun örtü malzemelerinin kullanılmasıyla yıllık olarak gereksinim duyulan soğutma ve ısıtma yüklerinin sırasıyla %9.8 ve %6.3 oranında azaltılabileceğini ifade etmişlerdir. Fabrizio (28), çift katlı polikarbonat kaplı bir seranın geleneksel cam seraya kıyasla enerji tasarruf potansiyelini araştırdıkları çalışmalarında polikarbonat kaplı bir seranın cam kaplı seradan %30-35 daha az ısıtma gerektirdiğini hesaplamışlardır. Hemming ve ark. (29) tarafından sera örtüsünün optik ve termal özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında, farklı yansımaya önleyici kaplamalara sahip yeni çift katmanlı cam panelin, geleneksel tek camla ( $7.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) karşılaştırıldığında benzer geçirgenliğe (%84) ve daha düşük ısı transfer katsayısına ( $3.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) sahip olduğu belirlenmiştir. Hemming ve ark. (30) tarafından Hollanda'nın batısındaki  $500 \text{ m}^2$ 'lik taban alanına sahip bir serada yürütülen çalışmada ise elde edilen sonuçlar yeni çift katmanlı camın yaklaşık %88'lik bir geçirgenliğe sahip olduğunu ve ısı transfer katsayısının  $1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  olduğunu, buna karşın geleneksel tek cam için bu değer  $6.7 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Kempkes ve ark. (31) bu yeni çift katmanlı cam örtünün kullanımının, Batı Hollanda'daki ticari bir fidanlık serasında üretim seviyesini etkilemeden %60'a kadar enerji tasarrufu sağladığını ifade etmişlerdir. Hemming ve ark. (32), ışık geçirgenliğinde yansımaya önleyici kaplamalar ve hidrofilik yoğunlaşma özelliklerine sahip difüz örtülerin kullanımıyla kış aylarında seralarda yaklaşık %10-20 daha fazla doğal ışık elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Cemek ve ark. (33) farklı tipteki polietilen film örtülerinin (UV katkılı polietilen (UV+PE), IR katkılı polietilen (IR+PE), çift katmanlı polietilen (DPoly) ve tek katmanlı polietilenin (PE) patlıcanın büyümesi, verimliliği ve enerji gereksinimi üzerindeki etkileri geç sonbahar mevsiminde araştırmışlardır. D-Poly serada yetiştirilen bitkilerin hasat sonu verimleri UV+PE, IR+PE ve PE'de yetiştirilenlerden daha yüksek bulunmuştur. Işık geçirgenliği PE'de en yüksek, UV+PE ve IR+PE'de orta ve D-Poly serada en düşük olmuştur. Bağıl nem D-Poly'de en yüksek, IR+PE ve UV+PE'de orta ve PE serada en düşük ölçülmüştür. D-Poly serasındaki bitkiler IR+PE, UV+PE ve PE serasındaki bitkilerden daha hızlı büyüme ve gelişim (daha fazla yaprak ve çiçek) göstermiştir. UV+PE ve IR+PE seralarındaki bitki büyümesi ve gelişimi benzer olmuştur. Ekonomik analizler, patlıcan üretiminin D-Poly, UV+PE ve IR+PE seralarda ekonomik olarak uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda, Karadeniz Bölgesi'ne benzer iklim koşullarında patlıcan üretimi için, UV+PE, IR+PE ve PE seralara kıyasla daha yüksek bir verimlilik ve daha düşük bir ısıtma gereksinimi olduğu için D-Poly serasında yetiştiriciliği önermişlerdir.

Baytorun ve Gügercin (1), Antalya ili iklim koşullarında farklı iç ortam sıcaklık değerlerinde ve farklı örtü malzemeleriyle örtülen seralarda, üretim periyodu süresince ihtiyaç duyulan ısı enerjisi değerlerini hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, seranın çatısında ve yan duvarlarında 16 mm'lik çift katlı PMMA (polimetil meta akrilat) kullanılması durumunda, tek katlı cam ile örtülmüş seraya kıyasla %42 oranında enerji tasarrufu sağlanabileceği belirtilmiştir. Ancak, seralarda yetiştirilen bitkilerin gelişimi için günlük toplam güneş radyasyonu değerinin 2.34 kWh/m<sup>2</sup>gün değerinden daha büyük olması gerekmektedir. Türkiye'de seracılığın yoğunlaştığı Akdeniz sahil şeridinde ise bu değer, Aralık ve Ocak aylarında 2 kWh/m<sup>2</sup>gün değerinden daha düşüktür. Bu nedenle, kış mevsiminde, seralarda ısı korunumu amacıyla çok katlı örtü malzemesinin sadece seranın yan duvar ve cephelerinde kullanılmasını önermişlerdir. Bunun yanında, yalnızca sera yan duvar ve cephelerinin çift katlı polietilen plastikle örtülmesi durumunda tasarruf edilebilecek ısı enerjisi, tek katlı plastikle örtülen seraya göre %7 olduğu bildirilmiştir.

#### **4. SERADA ISI PERDELERİNİN ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİ**

Modern olarak kurulan seralarda yapısal iyileştirmelerle ısı gereksiniminin azaltılmasının yanı sıra, ısı enerjisinin korunumu amacıyla da genellikle ısı perdesi kullanımı tercih edilmektedir (34). Isı perdeleri veya gece perdeleri genellikle kış gecelerinde seradan uzun dalga radyasyon kaybını azaltmak için kullanılır (13). İlman iklim bölgelerinde ısıtma için gereken tüm ısı enerjisi ve soğuk bölgelerde %70-75'i gece gerektiğinden, sistem termal perdelerle tasarlandığında ve malzeme iyi seçildiğinde önemli ısı tasarrufları elde edilebilir (35).

Sera ısıtma gereksinimini azaltmak için farklı tipte termal ekranlar kullanılmaktadır. Araştırmacıların kullanmış oldukları farklı ısı perdeleri sonucunda, Sethi ve ark. (36), Hindistan'da 21 m<sup>2</sup>lik bir cam serada (30.56°N) gece perdesi olarak alüminize polyester levha kullanmış ve perdesi olmayan seraya kıyasla 3-4°C daha yüksek iç ortam sıcaklığı gözlemlemiştir. Abak ve ark. (37), PE'den yapılmış gece perdesi bulunan tek cidarlı plastik serada gece sıcaklığının perdesiz seraya göre 3.4°C daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Boyacı ve ark. (38), termal perdeli serada iç mekan sıcaklığı ve bağıl nem değerleri termal perdesiz seraya kıyasla 1.3°C ve %10 arttırdığını bildirmiştir. Isı kayıplarının azalması neticesinde artan iç ortam sıcaklıklarına bağlı olarak araştırmacıların ısı perdelerinin enerji tasarrufu potansiyeli üzerine yapmış oldukları çalışmalarda, Öztürk ve Başçetincelik (39), PE ve polyester malzemedan yapılmış termal perdeler kullanmışlar ve enerji tasarrufu için termal perde etkinliği PE ve

polyester perdeler için sırasıyla %16 ve %19.8 olmuştur. Önder ve Baytorun (40), ısı perdelerinin ısıtma yapılan ve ısıtma yapılmayan plastik ve cam örtülü seralarda iç ortam sıcaklık değerleri üzerine etkisi ve ısıtma yapılan seralarda kullanılan ısı perdelerinin sağladığı yakıt tasarrufu incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ısı perdesi kullanımıyla ısıtma yapılmayan cam serada 3 K'lık sıcaklık farkı sağlanırken plastik serada ise bu değer 2 K olarak bulunmuştur. Isıtma yapılan cam örtülü serada kullanılan ithal LS17 ısı perdesi ile %63 oranında yakıt tasarrufu sağlanırken, plastik örtülü serada ise Türkiye'de üretilmiş sık dokulu polietilenden yapılmış beyaz renkli ısı perdesi kullanılmasıyla sağlanan yakıt tasarrufu %36 olarak bulunmuştur. Kim ve ark. (41), ısı perdelerin kullanılması ile %28.7 oranında enerji tasarrufu sağlayabileceğini bildirmiştir. Ayrıca, ısı perdelerinin seralarda ısı yalıtımını artırarak ısı iletim katsayısı değerlerini azaltmak için etkili bir yöntem olduğunu ifade etmiştir. Park ve ark. (42) alüminyum çok katmanlı perdeye sahip bir seranın, dokuma olmayan kumaşlı bir seraya kıyasla enerji kullanımında %35 oranında tasarruf edebileceğini, Shakir ve Farhan (43), farklı tipte hareketli ısı perdelerinin, ısıtma kayıplarını azaltmada güçlü olduğu, ısı perdesiz seraya kıyasla yaklaşık %21.7 oranında tasarruf edilebildiğini belirtmişlerdir. Boyacı ve ark. (38) ısı enerjisi tüketimini göz önünde bulundurarak, perdeli serada ortalama ısı enerjisi tüketimi 453.7 kWh/gece iken, perdesiz serada 568.6 kWh/gece olarak belirlenmiştir. Ortalama ısı transfer katsayısı (U) değerleri, termal perdeli serada 2.87 W/m<sup>2</sup>C'de ve termal perdesiz serada 3.63 W/m<sup>2</sup>C'de hesaplandı. Serada, termal perdenin gece saatlerinde kapatılması, U değerlerindeki azalmaya bağlı olarak yaklaşık %21'lik ısı enerjisi tasarrufu sağlamıştır. Baytorun ve ark. (34), Türkiye'nin Doğu Akdeniz iklim koşullarında yan duvarları polikarbonat ve çatısı tek kat polietilen örtülü olan ve alüminyum şeritli ısı perdesi kullanılan bir serada, ısı perdesinin sızdırmazlık durumu ve ısı perdesi ile sağlanabilecek yakıt tasarrufunu araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, ısı perdesinin sızdırmazlık katsayısını 0.30 ve yakıt tasarruf oranını %28 olarak belirlemişlerdir.

## **5. SERADA YALITIMIN ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİ**

Sera örtü malzemeleri, bitki gelişimi için gerekli olan maksimum ışık geçirgenliğine sahip olması gerektiğinden çok az yalıtıma sahiptir. Ancak, serada bitki gelişimini etkilemeyecek şekilde uygun yalıtım önlemleri ile enerji tasarrufu sağlanabilecektir. Bu nedenle, çift katmanlı örtüdeki hava boşluğu yalıtımı, yan duvardaki ve temel duvarındaki yalıtım dahil olmak üzere seraların yalıtımından elde edilen enerji tasarrufu da serada gereksinim duyulan ısı enerjinin azaltılmasına katkıda bulunması bakımından önemlidir.



### **5.1. İki Örtü Katmanı Arasındaki Yalıtımın Enerji Tasarrufuna Etkisi**

Seralarda ısı kaybı, hava katmanı yalıtımı, sıvı köpük yalıtımı, hava kabarcığı yalıtımı ve pelet yalıtımı gibi iki örtü katmanı arasında yalıtım sağlanarak büyük ölçüde azaltılabilir. Şişirilmiş hava katmanı yalıtımı, çift katmanlı polietilen kaplı seralar için en yaygın ve uygun fiyatlı tekniktir. Genellikle, örtüden geçen ısı kaybını azaltmak için bir ısı yalıtım bariyeri oluşturan iç hava katmanını korumak için elektrikli bir üfleyici kullanılır. Dış hava genellikle iç havadan daha kuru olduğundan, levhalar arasındaki yoğuşmayı önlemek için havanın dışarıdan çekilmesi daha uygun olur (5). Yalıtım önlemleri arasında, pelet yalıtımı, peletlerin taşınması ve dağıtılmasındaki zorluklar nedeniyle büyük ticari seralarda kullanımı çok yaygın değildir (44). Sıvı köpük yalıtımında ise, iki örtü tabakası arasındaki köpüğün işlenmesi açısından çok uygundur. Sıvı köpük üretilir ve örtünün iki tabakası arasındaki boşluğa enjekte edilir ve çöken köpük depolama tankına geri boşaltılır. Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda, sıvı köpük uygulamasının ısı iletim katsayısına etkisini Cunningham (45) 30 cm'lik bir köpük kalınlığı için 1.1 ile 1.7 W/m<sup>2</sup>K arasında, Villeneuve ve ark. (46) 2.26 W/m<sup>2</sup>K ve Persson ve ark. (47) 25 cm sıvı köpük kalınlığı için ölçülen ısı iletim katsayısını yaklaşık 1.6 W/m<sup>2</sup>K olarak belirlemişlerdir. Buna bağlı olarak sıvı köpük uygulamalarının enerji tasarrufuna etkisi ise Villeneuve ve ark. (46), dinamik sıvı köpük kullanımında sistemin geceleri %50'den fazla enerji tasarrufu sağlayabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, membranlar üzerinde köpük veya çözelti kalıntıları nedeniyle seranın içinde ölçülen güneş radyasyonunun referans seraya göre yaklaşık %5 daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Aberkani ve ark. (48), sıvı köpük sisteminin kullanımının domates verimini düşürmeden enerji tüketimini %62 oranında azalttığını belirtmişlerdir. Aberkani ve ark. (49) ise sıvı köpük yalıtım tekniğinin termal performansını araştırdıkları çalışmalarında Nisan ayında gece saatlerinde çatıdan olan ısı kaybını %62'ye kadar, Ocak ayında ise en az %29 azalttığını bulmuşlardır. EVA plastik veya hava kabarcıklı PE plastiğin serada yalıtım amacıyla tüm örtü yüzeyinde kullanılması durumunda %40 enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Ancak daha öncede belirtildiği gibi, seraya ulaşan ışık miktarı dikkate alındığında, sadece yan duvarların yalıtılması önerilmektedir (50). Öztürk (51), tarafından yapılan çalışmada çift katlı olarak tasarlanan örtü katmanları arasına belirli basınçta hava verilerek pnömatik devreler ile basıncın sürekli dengede kalması sağlanmıştır. Aynı yapıdaki seranın tek kat örtü ile kaplandığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, şişirme örtünün tek katlı örtüye kıyasla ısı kayıplarını %67.8 oranında azalttığı belirlenmiştir. Yapılan

ölçümlerde günlük toplam fotosentetik aktif radyasyon (PAR) değerleri güneşli geçen saatler toplamına göre değişmekle birlikte 2500–16000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{gün}$  arasında ölçülmüştür. Tek kat polietilen ile kaplı farklı serayla yapılan karşılaştırmada PAR ve sıcaklık değerleri arasında bir fark olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre şişirme örtülü seranın mevcut seralara göre önemli ölçüde ısıtma giderlerini azaltabileceği belirtilmiştir. Ahamed ve ark. (13), ise hava katmanı yalıtımı hariç bu yalıtım tekniklerinin çoğunun küçük veya prototip seralar için incelendiğini, sıvı köpük ve pelet yalıtım sistemini kullanmanın önündeki en büyük engelin sistemin bakımı ve işletimi olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, bu sistemlerin ticari ölçekli sera üretimi için ekonomik uygulanabilirliği hakkında sınırlı bilgilerin olduğu belirtmiştir. Bu nedenle konu hakkında yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu bildirilmiştir.

### **5.2. Temel ve Yan Duvar Yalıtımının Enerji Tasarrufuna Etkisi**

Seraların çevresi etrafındaki temele, bitkilerin yüksekliğine kadar yan duvarlara yalıtım yapılması, seralardan iletim yoluyla kaybedilen ısı miktarını önemli ölçüde azaltabilir (13). Gauthier ve ark. (52), ısı kaybını azaltmak için sera yan duvarlarına tezgah yüksekliğine veya bitki yüksekliğine kadar ekstrüde polistiren yalıtım levhası, alüminyum kaplı yapı kağıdı ve köpük yalıtımın yapılabileceğini bildirmiştir. Temel ve yan duvarların yalıtımı ile ilgili yapılan çalışmalarda, Latimer (53), 25-50 mm poliüretan veya polistiren yalıtımın yerleştirilmesiyle temel ısı kayıplarının %50 oranında azaltılabileceğini bildirmiştir. Bartok (54), ise poliüretan veya polistiren levhanın (20-50 mm kalınlığında) tüm çevre boyunca 60 cm derinliğe kadar dikey olarak yerleştirilmesi durumunda, kış mevsiminde yan duvarlara yakınındaki toprak sıcaklığının  $10^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar artırabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca Bartok (54), 40-50 mm kalınlığında köpük yalıtımının taban alanı  $250 \text{ m}^2$  olan bir serada yan duvarın 1 m yüksekliğine kadar yalıtılması durumunda soğuk iklimlerde ısıtma süresi boyunca yaklaşık 1514 L fuel oil veya  $1526 \text{ m}^3$  doğalgaz tasarrufu sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmalardan elde edilen sonuçlar, yan duvar yalıtımının seralarda ısıtma enerjisi tasarrufunu artırdığını göstermiş olsa da konu üzerinde daha fazla çalışmaya gerek duyulduğu açıktır.

### **5.3. Rüzgâr Kıranların Enerji Tasarrufuna Etkisi**

Esen yüksek rüzgâr hızlarının sera örtüsü üzerinde hasara neden olmasının yanında sera çerçeve ve temelinde çeşitli basınçlar ve gerilmeler meydana getirir. Orta hızlarda esen rüzgâr ise seralarda iç ortam ikliminin kontrolü için gerekli olan

doğal havalandırmayı sağlar (6). Ayrıca, rüzgar hızı seralardan ısı kaybını büyük ölçüde etkiler, bu nedenle seralar rüzgar kıranlar ile çevrili bir alanda olmalıdır (13). Bir seradaki rüzgar hızının neden olduğu konveksiyon ile enerji kayıpları söz konusu olduğunda rüzgar koruması önemli bir faktördür (55). Seradan ısı kaybı oranı, dış ortam rüzgar hızı yaklaşık 7 m/s olduğunda iki katından fazla olur. Bu nedenle, seranın etrafındaki rüzgar kıranların uygun tasarımı ve konumu, yıllık toplam ısıtma enerjisi gereksiniminin %5-10'unu azaltabilir (5). Çaylı ve Akyüz (56), tek katlı polietilen örtü ile kaplı bir serada ısı iletim katsayısını dış ortamda esen 0 m/s rüzgar hızında 5.9 W/m<sup>2</sup>K, 4 m/s rüzgar hızında 7.7 W/m<sup>2</sup>K ve 10 m/s rüzgar hızında 10.4 W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplamışlardır. Toplam ısı iletim katsayısı, ısı tüketiminin hesaplanmasında ana parametrelerden biridir. Seranın yapısal özelliklerine, örtü malzemesine, rüzgar hızına ve dış iklim koşullarına bağlı olarak değişir. Buna nedenle, Bartok (54), rüzgarın seradan neden olduğu ısı kaybını azaltmak için rüzgar kıranların kuzey ve kuzeybatı taraflarında olmasını önermiştir. Mistriotisve ark. (57), ağaçlardan oluşan geleneksel rüzgar kıranlar yerine plastik ağ örtülü rüzgar kıranları önermişlerdir. Ayrıca, seraya ışık girişini engellememesi bakımından rüzgar kıranların kurulumunda seranın belirli bir mesafesinde yerleştirilmesi gerektiğini, böylece gölgelemenin olumsuz etkisinin ortadan kalkacağını ifade etmişlerdir.

## **6. İÇ ORTAM İKLİMLERİNİN YÖNETİMİNİN ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİ**

Seralarda optimum iç ortam ikliminin kontrolü, ürünlerin nitelik ve nicelik bakımından daha iyi üretimi ve enerji gereksiniminin en aza indirilmesi bakımından çok önemlidir. İç ortamın etkili bir şekilde yönetilmesiyle, iç ortam ayar noktası sıcaklığı ve bağıl nemi dahil olmak üzere ısıtma enerjisinden önemli miktarda tasarruf sağlanabilir.

### **6.1. Enerji Açısından Verimli Sıcaklık Kontrol Stratejileri**

Seralarda uygulanan iç ortam iklim kontrol stratejilerinin temel amaçları arasında, ısı enerjisi tasarrufu, bitki büyümesinin optimizasyonu, bitki sağlığı ve kalitesinin iyileştirilmesi ve korunması vardır. Zhang ve ark. (58) sera sektörünün birçok ülkede tarımdaki toplam nihai enerji tüketiminin en büyük kısmını oluşturduğunu ve seralarda toplam enerji tüketimini en az düzeye düşürmenin etkili bir yolunun da, kabul edilebilir ve verimli bir kontrol stratejisi olduğunu belirtmişlerdir. Kontrol stratejisi, ısıtma/soğutma, havalandırma, gölgeleme sistemleri gibi ekipmanları etkin bir şekilde ayarlayabilen ve bunları düşük enerji ile çalışmayla

koordine edebilen seralar için konforlu iç ortam iklimin korunmasında ve enerji tüketiminin azaltılmasında oldukça önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir.

Serada sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde bitkilerin büyümelerini hızlandırarak daha düşük sıcaklık dönemlerini telafi ettikleri uzun bir süreden beri bilinmektedir. Bu potansiyelden en iyi şekilde faydalanmak amacıyla serada sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde bitkilerin büyümesine izin veren iklim kontrol stratejilerini geliştirmek önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Ancak bu stratejide dikkat edilmesi gerekli en önemli konu müsaade edilen düşük sıcaklıkların bitki kalitesine zarar vermemesi ve bitkilerin hastalıklara karşı değişen duyarlılıkları göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde seralarda kullanılan denetim stratejileri statik ve dinamik kontrol stratejileri olmak üzere iki ana grup altında toplanmaktadır. Seralarda kullanılan statik iklim kontrolünün en büyük dezavantajı, yüksek rüzgar hızı veya düşük sıcaklıklar gibi olumsuz dış iklim koşullarında ortaya çıkan yüksek ısı enerjisi tüketimine engel olamamasıdır (59). Ayrıca, statik iklim kontrolünde, bitki gelişimini önemli düzeyde etkileyen düşük güneş ışınımı dikkate alınmaz (60). Statik iklim kontrolünün bu dezavantajlarına karşın dinamik kontrol stratejilerinde bitkilerin büyüme potansiyeline bağlı olarak üretim maliyetinde önemli bir paya sahip olan ısı enerjisi dış iklim koşullarına göre düzenlenir. Dinamik kontrol stratejisinin karakteristik özelliği, serada iç sıcaklığın sabit olarak tutulması değil, farklı zaman aralıklarında bitki büyüme parametrelerine ve dış ortam iklim koşullarına bağlı olarak sıcaklıkların büyük ölçüde değişebilmesidir (61). Seralarda enerjinin tasarrufu amacıyla son yıllarda uygulanan dinamik kontrol stratejilerinden biride sıcaklık toplamına göre yapılan denetimdir. Uygulanan bu yöntemde, sera ısıtmasında sabit bir gece/gündüz sıcaklığı yerine kabul edilen toplam sıcaklığın kontrol için referans değişken olarak kullanılmasıdır. Seralarda gece saatlerinde ısıtma ayar sıcaklığının birkaç saat süresince optimum değerini birkaç derece altında ve gün içinde geriye kalan sürenin ise optimum değerini üzerinde tutulmasıyla yapılan sıcaklık düzenlemesi ısı enerjisinin tasarrufu bakımından önemlidir. Ayrıca bu yöntem, sıcaklık dalgalanmalarına karşı oldukça hassas olan bitkiler hariç, çoğu sera ürünü için enerji tasarrufu sağlamak amacıyla iyi bir seçenektir. Bugüne kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde, bitki büyümesine sıcaklık etkisinin gün ışığı koşullarında daha fazla olduğu ortaya konulmuştur (62). Yapılan birçok araştırma, serada üretilen bitkilerin çoğunun sabit gündüz/gece sıcaklıklardan çok, uzun süreli sıcaklık ortalamasına olumlu tepki gösterdiği belirlenmiştir (63,64). Bu nedenle, uzun süreli dinamik sıcaklık denetimi, ortaya çıkan soğuk bir günü takip eden günlerden birinde telafi ederek seralarda daha yüksek ısı enerjisi tasarrufu sağlayabilmektedir.

Düzenli olarak ısıtma yapılan seralarda ısı enerjisinin büyük bir kısmı gece saatlerinde tüketilmektedir (4,65). Baytorun ve ark. (35), ılıman iklimlerde ısıtma için gereken ısı enerjisinin tamamının ve soğuk bölgelerde %70-75'ine, Boyacı ve ark. (38), %80.5'ine gece ihtiyaç duyulduğunu belirlemiştir. Tantau (59) ise tek kat camla kaplı bir serada 15°C'lik ısıtma ayar sıcaklığı için, gece saatlerinde tüketilen enerjinin toplam tüketilen enerjinin yaklaşık %70'i olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, seralarda gece saatlerinde ayar sıcaklığının 1-2°C daha düşük tutulması, farklı iklim bölgelerinde ısı enerjisi tüketimini yaklaşık %30'a kadar azaltabilir (66). Sigrimis ve ark. (67), yapmış oldukları çalışmada, üç gün boyunca birkaç saat boyunca sıcaklığın 17°C'nin 1-2°C altına düşmesine izin verildi ve sabit sıcaklık stratejisindeki ortalama sıcaklığa benzer istenen ortalama sıcaklık (gece için 17°C ve gündüz için 22°C) 30 gün boyunca korundu. Sabit sıcaklık stratejisine kıyasla, uzun süreli (1-3 gün) dinamik kontrol stratejisinin enerji tüketimini %23 azalttığını belirlemişlerdir. Baytorun ve Üstün (68), Türkiye'de seracılığın yaygın olduğu Antalya ili ve son yıllarda jeotermal seracılığın yaygınlaşmaya başladığı Afyonkarahisar ilinin uzun yıllık iklim değerleri kullanılarak, sabit sıcaklık (statik strateji) ve bir günlük sıcaklık toplamına göre (dinamik strateji) yapılan sıcaklık denetiminde sağlanabilecek ısı tasarrufunu hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda ılıman iklime sahip Antalya ili koşullarında dinamik kontrol ile statik kontrol stratejisine kıyasla serada istenen gece sıcaklığına bağlı olarak en fazla %30 ve karasal iklime sahip Afyonkarahisar ili koşullarında ise %9 enerji tasarrufunun sağlanabileceği ortaya konulmuştur. Optimumdan daha düşük ayar noktası sıcaklıkları ile önemli miktarda sera enerjisi tüketimi azaltılabilir. Ancak, aşırı alt optimum sıcaklıklar bitki gelişimini geciktirebilir ve ayrıca kuru madde dağılımı gibi diğer bitki özelliklerini de etkileyebilir (69). Truffault ve ark. (70), dinamik kontrol stratejisinin domates meyve boyutunu ve bileşimini (şekerler, asitler, C vitamini) etkilemediğini, ancak yaprak alanının %11 oranında hafifçe azaldığını bildirmiştir. Hao ve ark. (71), tarafından yapılan çalışmada, iç ortam hava sıcaklığını Mart-Nisan döneminde saat 18:00-21:00 arasında 12°C'ye, Nisan-Mayıs döneminde saat 03:00-06:00 arasında 13°C'ye düşmesine izin verildi ve diğer saatler iç ortam sıcaklıkları 18-19°C arasında tutulmuştur. Çalışma sonucunda, dinamik kontrol stratejisinin serada hıyar üretimi için enerji açısından verimli bir iklim kontrol stratejisi olduğunu bildirmişlerdir.

## **6.2. Enerji Açısından Bağlı Nem Kontrol Stratejileri**

Seralarda nem yoğunlaşması, kullanılan iskelet malzemelerine zarar vermesi yanında bitkide ortaya çıkabilecek hastalık riskini de artırmaktadır. Körner ve

Challa (72)'nin bildirdiğine göre Bakker (73), yüksek miktarda kaliteli verim elde etmek için nem kontrolünün çok önemli olduğu ve seralarda nem kontrolü yapılmaması durumunda yüksek oransal nem seviyeleri mantar hastalıkları, yaprak nekrozu, kalsiyum eksiklikleri, yumuşak ve ince yapraklar nedeniyle ürün kalitesinde kayıplara neden olabilir. Polen taneleri iç kısımda kalma veya anterlere yapışma eğilimi gösterdiğinden, yüksek nem koşulları meyve sebzelerde tozlaşmayı da engelleyebilir. Ayrıca, gece saatlerinde başlayan nem yoğunlaşması, genellikle güneşin doğuşundan itibaren bir süre daha devam etmektedir. Bu durum örtü malzemesinin ışık geçirgenliğini olumsuz yönde etkilemektedir (74). Örtü malzemelerinin önemli bir özelliği, sahip olduğu yoğuşma özellikleriyle ilgili olmaktadır. Örtü malzemeleriyle ilgili önemli bir sorun, malzemelerin iç yüzeyinde damla şeklinde oluşan yoğuşmadır. Yüzeyde oluşan bu su damlacıkları sera içerisinde bir dizi istenmeyen etki meydana getirebilir. Bunlar arasında, gelen güneş radyasyonunun toplam iç yansıması nedeniyle güneş radyasyonu iletimini azaltması ve yoğuşan küçük damlaların daha büyük olanlarla birleşmesiyle birlikte bitki yüzeylerine damlamaya neden olmasıdır. Bu durum ise bitki hastalıklarının teşvik eder (75). Serada bağıl nem kontrolünün temel nedenlerinde biri bitki hastalığına neden olan yoğuşmayı önlemektir. Ayrıca, bağıl nemin kontrolü seralardaki enerji tüketimini etkileyebilir. Bağıl nem belirli bir sınırı aşarsa, ısıtma ayar noktası artacaktır çünkü nem kontrolü veya doyumluk açığı, ısıtma ve/veya havalandırma ile sağlanabilir ve enerji tüketimi yüksek olacaktır (59). Ancak, soğuk bölgelerde yetiştiricilik yapan sera üreticileri, ısıtma sezonu boyunca yüksek ısı kaybı meydana geldiğinden bağıl nem kontrolü için bu stratejiyi uygulamazlar, bu nedenle ticari üretimde diğer nem alma yöntemleri (örneğin ısı eşanjörü, kimyasal ve mekanik nem alma vb.) kullanılır. Campen ve ark. (76) ticari bir sera için farklı nem alma yöntemlerini (havadan-havaya ısı değiştiriciler, havalandırma, suyun yoğuşturulması) karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda en iyi ve ekonomik yöntemin ısı değiştiricilerin kullanımı olacağını bildirmişlerdir. Gao (77) serada dört farklı nem alma yöntemini (havadan-havaya ısı değiştiriciler, havalandırma, soğutulmuş su yoğuşması ve mekanik nem giderici) karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, mekanik nem almanın yıl boyunca etkili ve enerji açısından verimli bir nem alma yöntemi olabileceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, iç ortam havası yüksek bağıl neme sahip olduğunda sıcaklık stratejisi olan seralarda enerji tasarrufunun nispeten yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Baytorun ve Gügercin (1), tarafından yapılan çalışmada serada havalandırma sıcaklığının 19°C yerine 26°C de tutulması durumunda tasarruf edilen enerji miktarının %3 olacağını bildirmiştir. Körner ve Challa (78), bağıl nem kontrolü %80 ile %85 arasında

olduğunda, sabit %80 bağıl nem ayar noktasına kıyasla sıcaklık stratejisi için yıllık enerji tüketiminin %18 oranında azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmada ayrıca, %80-85 aralığındaki dinamik bağıl nem kontrolünün ürün gelişimi üzerinde olumsuz bir sonucu olmadığını, ancak tüm bitki organlarının kuru kütlelerinde önemli bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda sıcaklık stratejisine uygun bağıl nem kontrolünün sabit bağıl nem kontrolüne kıyasla daha enerji verimli olacağı belirlenmiştir.

## **7. SONUÇ**

Serada ısıtma gereksinimini azaltarak ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payını azaltmak amacıyla alınabilecek farklı teknik önlemlerin değerlendirildiği çalışmada enerji verimliliği için alınması gerekli tedbirler,

- Seralarda ısıtma enerjisi tasarrufu potansiyeli konumuna bağlı olarak değişeceğinden seçilecek sera tipinde bölgenin konumu ve yetiştirilecek bitki türleri dikkate alınması gerekmektedir. Genel olarak soğuk iklime sahip bölgelerde yön güneşten gelen kısa ve uzun dalgalı radyasyondan daha fazla yararlanılması bakımından önemlidir. Bu nedenle serada yön seçilirken genel olarak tek açıklıklı seraların doğu-batı yönünde, çok açıklıklı blok olarak inşa edilecek seralarda ise kullanılan uzunluk-genişlik oranına dikkat edilmesi gerekmektedir. Kuzey duvarın opak malzeme ile kaplanması genel olarak soğuk iklim bölgelerinde enerji tasarrufu sağlaması nedeniyle önerilse de seralarda aydınlatma ihtiyacını da arttıracaktır. Bu durum bir taraftan ek aydınlatma ihtiyacını ortaya çıkarsa da diğer yandan enerji tüketimindeki genel azalmanın yalıtımsız seralara kıyasla önemli olması nedeniyle seralarda uygulanabilir görülmektedir. Ancak, opak kuzey duvarının tesisinde sera kurulan bölgenin konumuna bağlı iklimsel özelliklerinin dikkate alınması ve ek aydınlatma ile tasarruf edilen enerji arasındaki dengenin oluşturulması oldukça önemlidir.

- Seraları dış ortamdan ayıran sera örtüleri iç ortam ikliminin oluşturulmasında oldukça önemlidir. Bu nedenle, kullanılacak örtü malzemesinin ısı iletim katsayısının düşük direncinin ise yüksek olması yalıtım bakımından önemlidir. Ayrıca çatıda kullanılacak örtülerin ışık geçirgenliğine dikkat edilmesi bitki yetiştiriciliği bakımından son derece önemlidir.

- Kış aylarında radyasyon etkisinin ortadan kalktığı gün batımından sonra serada ısı perdelerinin kullanımı önemli miktarda enerjinin tasarrufunu sağlayacaktır. Ancak kullanılacak ısı perdelerinin dokuma türü ve sızdırmazlığına dikkat edilmesi gerekmektedir.

- Seranın, özellikle çevre ve zemine yakın yan duvarların yalıtılması enerji tasarrufu sağlayacaktır. Ayrıca örtü malzemesinin yalıtımı ile ilgili çalışmalarda ışık miktarını azaltmayacak şekilde yalıtım önlemlerinin alınması önemlidir. Yüksek rüzgar hızları seralarda sadece örtü malzemelerinin yıpranmasına veya devrilmesine neden olmaz aynı zamanda serada ısı kayıplarının artmasına neden olur. Bu nedenle sera kurulan yerin rüzgar esme sayıları, yönü ve şiddeti dikkate alınarak serada gölgeleme etkisi oluşturmadan rüzgar kıranların tesis edilmesi enerjinin tasarrufuna önemli katkı sağlayacaktır.

- Seralarda optimum bitki yetiştiriciliğinin sağlanabilmesi için gelişen teknolojiler ile birlikte seralarda otomasyon sistemlerinin kullanılması iç ortam ikliminin bitki yetiştiriciliğine uygun hale getirilmesi bakımından önemlidir. Bu sistemler ile serada uygulanacak dinamik sıcaklık, bağıl nem, havalandırma sıcaklığı gibi iç ortam iklim kontrolü daha iyi yapılarak bitki gelişimine katkı sağlayacaktır.

Seralarda alınacak enerji tasarruf önlemlerinin incelendiği çalışma sonucunda, alınacak tasarruf önlemlerinin seranın bulunduğu bölgenin konumuna, seraların türüne ve bitki isteklerine göre seçilmesi gerektiği belirlenmiştir. Buna göre alınacak tasarruf tedbirlerinin bu faktörlere bağlı olarak seçilmesi enerji tasarruf oranlarını arttıracaktır.

## **KAYNAKLAR**

1. Baytorun AN, Gügercin Ö.. Seralarda enerji verimliliğinin artırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi; 2015; 30(2): 125-135.
2. Saltuk B. Energy efficiency of greenhouse tomato production in Turkey: A case of Siirt province. Fresenius Environmental Bulletin; 2019; 28(8): 6352-6357.
3. Saltuk B, Mikail N. Prediction of indoor temperature in a greenhouse: Siirt sample. Fresenius Environmental Bulletin; 2019; 28(4): 3577-3585.
4. Baytorun AN, Üstün S, Akyüz A, Çaylı A. Antalya iklim koşullarında farklı donanımlara sahip seraların ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology; 2017; 5(2): 144-152. doi:10.24925/turjaf.v5i2.144-152.960.
5. Sanford S. Reducing greenhouse energy consumptiondan overview. Madison: University of WisconsinExtension; 2011; A3907-01. (01/09/2024 tarihinde <https://farm-energy.extension.org/wp-content/uploads/2019/04/2.-A3907-01.pdf> adresinden ulaşılmıştır).
6. von Elsner B, Briassoulis D, Waaijenberg D, Mistriotis A, von Zabeltitz C, Gratraud J, Russo G, Suay-Cortes R. Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union countries, Part II: Typical Designs. J. agric. Engng Res.; 2000; 75:111-126. doi:10.1006/jaer.1999.0512
7. Büyüktaş K, Atılğan A, Tezcan A. Tarımsal üretim yapıları. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 101; 2016.



8. Chandra P. Predicting the effects of greenhouse orientation and insulation on energy conservation (Masters thesis). University of Manitoba; 1976.
9. Gupta MJ, Chandra P. Effect of greenhouse design parameters on conservation of energy for greenhouse environmental control. *Energy*; 2002; 27(8): 777-794.
10. Çakır U, Şahin E. Using solar greenhouses in cold climates and evaluating optimum type according to sizing, position and location: A case study. *Computers and Electronics in Agriculture*; 2015; 117: 245-257.
11. Singh RD, Tiwari GN. Energy conservation in the greenhouse system: A steady state analysis. *Energy*; 2010; 35(6): 2367-2373.
12. Sethi VP. On the selection of shape and orientation of a greenhouse: Thermal modeling and experimental validation. *Solar Energy*; 2009; 83(1): 21-38.
13. Ahamed SMD, Guo H, Tanino K. Energy saving techniques for reducing the heating cost of conventional greenhouses. *Biosystems Engineering*; 2019; 178: 9-33.
14. Ghasemi HM, Ajabshirchi Y, Ranjbar SF, Matloobi M. Solar energy conservation in greenhouse: Thermal analysis and experimental validation. *Renewable Energy*; 2016; 96: 509-519.
15. Stanciu C, Stanciu D, Dobrovicescu A. Effect of greenhouse orientation with respect to E-W Axis on its required heating and cooling loads. *Energy Procedia*; 2016; 85: 498-504.
16. Harnett RF, Sims TV, Bowman GE. Comparison of greenhouse types and their orientation. *Experimental Horticulture*; 1979; 31: 59-66.
17. von Zabeltitz C. *Gewachshauser*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmar; 1986.
18. Djevic M, Dimitrijevic A. Energy consumption for different greenhouse constructions. *Energy*; 2009; 34(9): 1325-1331.
19. Tiwari GN, Din M, Srivastava NSL, Jain D, Sodha MS. Evaluation of solar fraction (Fn) for the north wall of a controlled environment greenhouse: An experimental validation. *International Journal of Energy Research*; 2002; 26(3): 203-215.
20. Hartz TK, Lewis AJ. Reflective wall reduces energy consumption. *American Vegetable Grower*; 1982; 30(2): 22-24.
21. Andersson NE, Nielsen OF. Energy consumption, light distribution and plant growth in greenhouse partly insulated with non-transparent material. *Gartenbauwissenschaft*; 2000; 65(5): 190-194.
22. Mobtaker HG, Ajabshirchi Y, Ranjbar SF, Matloobi M. Solar energy conservation in greenhouse: Thermal analysis and experimental validation. *Renewable Energy*; 2016; 96: 509-519.
23. Papadopoulos AP, Hao X. Effects of greenhouse covers on seedless cucumber growth, productivity, and energy use. *Scientia Horticulturae*; 1997; 68(1-4), 113-123.
24. Castilla, N. *Greenhouse technology and management* (2<sup>nd</sup> ed.). Oxfordshire, UK: Cabi; 2013.
25. Papadakis G, Briassoulis D, Scarascia Mugnozza G, Vox G, Feuilleley P, Stoffers JA. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. *Journal of Agricultural Engineering Research*; 2000; 77(1): 7-38.
26. Dieleman JA, Hemming S. Energy saving: From engineering to crop management. *Acta Hort.*; 2011; 893: 65-73. doi: 10.17660/ActaHortic.2011.893.2
27. Baneshi, M., Gonome, H., Maruyama, S. Wide-range spectral measurement of radiative properties of commercial greenhouse covering plastics and their impacts into the energy management in a greenhouse. *Energy*; 2020; 210: 118535.

28. Fabrizio E. Energy reduction measures in agricultural greenhouses heating: Envelope, systems and solar energy collection. *Energy and Buildings*; 2012; 53: 57-63.
29. Hemming S, Kempkes FLK, Mohammadkhani V. New glass coatings for high insulating greenhouses without light losses- energy saving, crop production and economic potentials. *Acta Hortic.*; 2011; 893: 217-226. doi: 10.17660/ActaHortic.2011.893.15
30. Hemming S, Kempkes FLK, Janse J. New greenhouse concept with high insulating double glass and new climate control strategies- modelling and first results from a cucumber experiment. *Acta Hortic.*; 2012; 952: 231-239. doi: 10.17660/ActaHortic.2012.952.28
31. Kempkes FLK, Janse J, Hemming S. Greenhouse concept with high insulating double glass with coatings and new climate control strategies; from design to results from tomato experiments. *Acta Horticulturae*; 2014; 1037: 83-92.
32. Hemming S, Balendonck J, Dieleman JA, de Gelder A, Kempkes FLK, Swinkels GLAM, de Visser PHB, de Zwart HF. (2017). Innovations in greenhouse systems-energy conservation by system design, sensors and decision support systems. *Acta Hortic.*; 2017; 1170, 1-16. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1170.1
33. Cemek B, Demir Y, Uzun S, Ceyhan V. The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine. *Energy*; 2006; 31(12): 1444-1452.
34. Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A. seralarda ısı perdesi kullanımının ısı tasarrufuna etkisinin belirlenmesi ve ekonomik açıdan bir değerlendirme. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*; 2019; 22(6): 886-895. doi: 10.18016/ksutarimdog.vi.553702.
35. Baytorun AN, Önder D, Gügercin Ö. Seraların ısıtılmasında kullanılan fosil ve jeotermal enerji kaynaklarının karşılaştırılması. *Turk. J. Agric. Food Sci. Technol.*; 2016; 4: 832-839.
36. Sethi VP, Lal T, Gupta YP, Hans VS. Effect of greenhouse micro-climate on the selected summer vegetables. *Journal of Research - Punjab Agricultural University*; 2003; 40: 415-419.
37. Abak K, Bascetincelik A, Baytorun N, Altuntaş O, Öztürk HH. Influence of double plastic cover and thermal screens on greenhouse temperature, yield and quality of tomato. *Acta Hortic.*; 1994; 366: 149-154. doi: 10.17660/ActaHortic.1994.366.17
38. Boyacı S, Atilgan A, Kociëcka J, Liberacki D, Rolbiecki R, Jagosz B. Determination of the effect of a thermal curtain used in a greenhouse on the indoor climate and energy savings. *Energies*; 2023; 16: 7744. Doi:10.3390/en16237744
39. Öztürk HH, Başçetinçelik A. Effect of thermal screens on the microclimate and overall heat loss coefficient in plastic tunnel greenhouses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*; 2003; 86(2): 231-245.
40. Önder D, Baytorun AN. Akdeniz bölgesi iklim koşullarında seralarda kullanılan ısı perdelerinin sera içi sıcaklığına ve enerji tasarrufuna etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*; 2016; 13(03): 111-120.
41. Kim HK, Kang GC, Moon JP, Lee TS, Oh SS. Estimation of thermal performance and heat loss in plastic greenhouses with and without thermal curtains. *Energies*; 2018; 11(578): 1-11.
42. Park BS, Kang TH, Han CS. Analysis of heating characteristics using aluminum multilayer curtain for protected horticulture greenhouses. *J. of Biosystems Eng.*; 2015; 40(3): 193-200.

43. Shakir SM, Farhan AA. Movable thermal screen for saving energy inside the greenhouse. *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences*; 2019; 26(1): 106-112.
44. Enshayan K. (Performance of a pellet insulation system for greenhouses (PhD Thesis). The Ohio State University; 1984.
45. Cunningham, WA. New Materials & Developments for liquid foam greenhouse insulation & shading. *Acta Hortic.*; 1984; 148, 429-436. doi: 10.17660/ActaHortic.1984.148.54
46. Villeneuve J, De Halleux D, Gosselin A, Amar D. Concept of dynamic liquid foam insulation for greenhouse insulation and the assessment of its energy consumption and agronomic performances. *Acta Hortic.*; 2005; 691: 605-610. doi: 10.17660/ActaHortic.2005.691.73
47. Persson T, Chaillou A, Huang P. Low temperature heating system for greenhouses based on enclosed water curtain and liquid foam insulation. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*; 2022 53: 102472. doi: 10.1016/j.seta.2022.102472
48. Aberkani K, Gosselin A, Vineberg S, Dorais M. Effects of insulating foams between double polyethylene films on light transmission, growth and productivity of greenhouse tomato plants grown under supplemental lighting. *Acta Hortic.*; 2006; 711, 449-454 DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.711.64
49. Aberkani K, Hao X, de Halleux D, Papadopoulos AP, Dorais M, Vineberg S, Gosselin A. Energy saving achieved by retractable liquid foam between double polyethylene films covering greenhouses. *Transactions of the ASABE*; 2011; 54(1): 275-284. doi: 10.13031/2013.36254
50. Baytorun AN. Seralar ve Yönetimi. Nobel Akademik Yayıncılık; 2023.
51. Öztürk M. Şişirme örtülü sera geliştirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2014.
52. Gauthier C, Lacroix M, Bernier H. Numerical simulation of soil heat exchanger-storage systems for greenhouses. *Solar Energy*; 1997; 60(6): 333-346.
53. Latimer JG. Dealing with the high cost of energy for greenhouse operations. USA: Virginia Cooperative Extension; 2009. Publication 430-101. (01/09/2024 tarihinde [https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs\\_ext\\_vt\\_edu/430/430-101/HORT-284.pdf](https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/430/430-101/HORT-284.pdf) adresinden ulaşılmıştır).
54. Bartok JW. (2001). Energy conservation for commercial greenhouses Wisconsin- Madison: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES) Cooperative Extension; 2001. (01/09/2024 tarihinde <https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/94296529-4b0f-458f-ad91-f3a5cce811f5/content> adresinden ulaşılmıştır).
55. Kittas C. Greenhouse cover conductances. *Boundary-Layer Meteorology*; 1986; 36(3): 213-225. doi: 10.1007/BF00118660
56. Çaylı A, Akyüz A. The experimental determination of the impact of overall heat consumption coefficient and thermal screens on heat saving in plastic greenhouses. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*; 2019; 22(2): 270-280.
57. Mistriotis A, Giannoulis A, Briassoulis D. Numerical estimation of wind loads on a greenhouse protected by a net-covered windbreak analysed as an integrated system. *Acta Hortic.*; 2012; 952: 169-176. doi: 10.17660/ActaHortic.2012.952.20

58. Zhang S, Guo Y, Zhao H, Wang Y, Chow D, Fang Y. Methodologies of control strategies for improving energy efficiency in agricultural greenhouses. *Journal of Cleaner Production*; 2020; 274, 122695.
59. Tantau HJ. Energy saving potential of greenhouse climate control. *Mathematics and Computers in Simulation*; 1998; 48(1): 93-101.
60. Maeritz U. Potential von Energieeinsparungen durch computergestützte Klimastrategien bei Fruchtgemüse unter Glas. *Produktion und Kosten im Griff-Energie-Optimierung im Gartenbaubetrieb. Gemüseerzeugerring. Produktionstechnische Beratung*; 2011.
61. Baytorun AN. Seralarda iklimlendirme. Nobel Yayın Evi; 2022.
62. Challa H, Heuvelink E, Meeteren U. Crop growth and development. In Spanomitsios (eds). *SEdstructure and environment: Temperature control and energy conservation in a plastic greenhouse. Journal of Agricultural Engineering Research*; 1995; 80(3): 251-259.
63. Langhans RW, Wolfe M, Albright LD. Use of average night temperatures for plant growth for potential energy savings. *Acta Horticulturae*; 1985; 115:31-36.
64. Miller WB, Albright LD, Langhans RW. Plant growth under averaged day/night temperatures. *Acta Hortic.*; 1985; 174, 313-320. doi: 10.17660/ActaHortic.1985.174.40
65. Baytorun AN. Seralar, Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirilmesi. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık; 2016.
66. Gilli C, Kempkes F, Munoz P, Montero JI, Giuffrida F, Baptista FJ, Stepowska A, Stanghellini C. Potential of different energy saving strategies in heated greenhouse. *Acta Hortic.*; 2017; 1164: 467-474. doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1164.61
67. Sigrimis N, Anastasiou A, Rerras N. Energy saving in greenhouses using temperature integration: A simulation survey. *Computers and Electronics in Agriculture*; 2000; 26(3): 321-341.
68. Baytorun AN, Üstün S. Seralarda bir günlük toplam sıcaklığa göre yapılan dinamik kontrol stratejisine bağlı enerji tasarrufunun belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*; 2022; 25(5): 1119-1126. doi: 10.18016/ksutarimdog.vi.955275
69. Körner O, Challa, H. Design for an improved temperature integration concept in greenhouse cultivation. *Computers and Electronics in Agriculture*; 2003; 39(1): 39-59.
70. Truffault V, Fifel F, Longuenesse JJ, Vercambre G, Le Quillec S, Gautier, H. Impact of temperature integration under greenhouse on energy use efficiency, plant growth and development and tomato fruit quality depending on cultivar rootstock combination. *Acta Hortic.*; 2015; 1099: 95-100. doi: 10.17660/ActaHortic.2015.1099.7
71. Hao X, Zheng J, Little C. Dynamic temperature integration with temperature drop to improve early fruit yield and energy efficiency in greenhouse cucumber production. *Acta Horticulturae*; 2015; 1107: 127-132.
72. Körner O, Challa H. Process-based humidity control regime for greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture*; 2003; 39(3): 173-192.
73. Bakker, J.C. 1991. Analysis of humidity effects on growth and production of glasshouse fruit vegetables. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen; 1991. p.155.
74. Çolak A. Isıtılmayan bir cam serada sera içi sıcaklık, çiğlenme sıcaklığı ve bağıl nem deseni üzerine bir araştırma. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*; 2002; 39(3): 105-112.

75. Geoola F, Kashti F, Levi A, Brickman R. Quality evaluation of anti-drop properties of greenhouse cladding materials. *Polymer Testing*; 2004; 23: 755–761.
76. Campen JB, Bot GPA, De Zwart HF. Dehumidification of greenhouses at Northern latitudes. *Biosystems Engineering*; 2003; 86(4): 487-493.
77. Gao Z. Dehumidification of greenhouses in cold regions (MS thesis). Saskatoon, Canada: University of Saskatchewan; 2012.
78. Körner O, Challa H. Temperature integration and process-based humidity control in chrysanthemum. *Computers and Electronics in Agriculture*; 2004; 43(1): 1-21.



## Bölüm 7

# SERALARDA İKLİMLENDİRME VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Nefise Yasemin TEZCAN<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Örtüaltı yetiştiriciliği yüzeysel örtüler, yüksek tüneller, alçak tüneller ve seraları kapsayan geniş kapsamlı bir terim olup seraları bu sistemlerden ayıran en önemli özellik açık tarla tarımına göre bitkisel üretim için gerekli çevre koşullarının çeşitli sistemler (havalandırma, ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. sistemler) aracılığıyla kontrol altında tutulabildiği bir yetiştiricilik çeşidi olmasıdır.

Birim alandan daha fazla verim alınmasını sağlayarak küçük alanların değerlendirilmesine olanak sağlayan seracılık, aynı zamanda düzenli işgücü gereksinimi sağlayarak ülkemizde önemli tarımsal faaliyetlerden birini oluşturmaktadır (1). Ülkemizde seracılık 1940'lı yıllarda başlamış olup 1970'li yıllarda plastiğin örtü malzemesi olarak kullanılması ile sera alanlarımızda önemli artış olmuştur (2). Yıllar itibarıyla bu artış devam etmiş (Tablo 1) son yıllarda alternatif enerji kaynaklarından jeotermal enerjinin sağladığı ucuz ısıtma olanağıyla sera alanlarımız iç bölgelerde de hızlı bir gelişme ve yayılma göstermiştir. Jeotermal seracılık Türkiye'de özellikle Afyon, Kütahya, Balıkesir, Manisa, İzmir, Denizli, Aydın ve Urfa illerinde yaygındır. Sera varlığımızın önemli bir potansiyeli Akdeniz Bölgesinde (%83) yer almaktadır. Bunu sırasıyla Ege Bölgesi (%11), Karadeniz Bölgesi (%3), Marmara Bölgesi (%2) izlemektedir (3,4).

Türkiye'de örtüaltı yetiştiriciliği yapılan toplam 805159 da alan içerisinde alçak tüneller %27.1 (218326 da), yüksek tüneller %12.9 (104258 da), cam seralar %10 (80779 da), plastik seralar ise %49.9 (401795 da)'lık bir pay almaktadır. Toplam sera varlığı örtüaltı alan içerisinde 482574 da olup %60'lık bir orana sahiptir (5). Türkiye örtüaltı yetiştiriciliğinde dünyada 4. sırada Avrupa'da ise İspanya'dan sonra 2. Sırada yer almaktadır (6). Türkiye'de toplam sera üretim alanının %79'unu plastik sera alanları (401795 da) oluşturmaktadır (Tablo 1).

<sup>1</sup> Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, nytezc@akdeniz.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3384-0108

**Tablo 1. Örtüaltı üretim alanları (TUİK 2021)**

Yıllar	Toplam üretim alanı (da)	Cam sera oranı (da)	Plastik sera oranı (da)	Yüksek Tünel oranı (da)	Alçak Tünel oranı (da)
2010	563 805	80 772	230 543	81 521	170 969
2011	611 451	78 878	247 962	108 910	175 701
2012	617 760	80 728	278 730	95 095	163 207
2013	615 124	80 739	278 661	97 986	157 737
2014	643 442	80 976	298 651	107 095	156 720
2015	660 265	79 977	306 074	112 674	161 541
2016	691 724	80 137	328 745	112 974	169 867
2017	752 168	85 749	355 121	119 899	191 399
2018	772 091	78 110	368 527	114 232	211 222
2019	789 604	75 495	378 670	111 038	224 400
2020	805 159	80 779	401 795	104 258	218 326

Türkiye’de 2020 yılında 31 milyon ton sebze üretilmiştir. Bu üretimin 23.2 milyon tonu açıkta, 7.8 milyon tonu örtüaltında gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde son 10 yılda ortalama örtüaltı işletme büyüklüğü 2 dekardan 4 dekara yükselirken, modern şartlarda üretim yapan örtüaltı işletmelerinde ise ortalama büyüklük 27 dekara ulaşmıştır (7). Örtüaltı ve sera yetiştiriciliğinde yetiştirilen bitki türlerinin dağılımı incelendiğinde ana ürünü sebzeler (%83.1) bunu sırasıyla meyveler (%15.3) ve süs bitkileri (%1.7) izlemektedir. Örtüaltı yetiştiriciliğinde sebze meyve üretim miktarları dikkate alındığında toplam üretimin 8.519.754 ton olduğu, bunun %91.2’i sebze (7.771.766 ton), %8.8’i de (747.988 ton) meyve üretimin oluşturduğu görülmektedir. Toplam 7.8 milyon ton sebze üretim değerinin %53’ü domates, meyve üretiminin %73’ü de muz oluşturmaktadır (8). Son yıllarda serada yetiştirilen meyve türleri içerisinde özellikle ticari olarak “Blueberry” literatürde ise “Maviyemiş” olarak tanımlanan meyve seraları hızla artmaktadır (Şekil 1).





**Şekil 1.** Ticari olarak “Maviyemiş” yetiştiriciliğinin yapıldığı Antalya ilinden örnek bir sera işletmesi

Türkiye’de seraların genel yapısını kendi geçimini sağlayabilmek amacıyla inşa edilmiş küçük aile işletmeleri oluşturmaktadır. Bu tip seralar daha çok yöredeki demirci ustaları tarafından inşa edilmektedir. Aile işletmeleri şeklinde planlanan bu seralarda karşılaşılan sorunlar özellikle sera boyutlarının yörenin ekolojik koşullarına uygun olmaması, konstrüksiyonun demir profillerden oluşması, sera kolonunun toprağa gömülerek serada aynı zamanda temel görevi görmesi, kalıp ve işçilik maliyetlerinden dolayı su basman hatılının planlanmaması buna bağlı olarak şiddetli bir yağışta seraların su basması, havalandırma pencerelerinin yetersiz olması sonucu havalandırma koşullarının uygun olmaması ve buna bağlı olarak ortam mikro klimasının bitki isteklerini karşılamaması şeklinde sıralanabilir.

Aile işletmesi şeklinde planlanan bu seralarda ısıtma ise dondan koruma amaçlı sobalar ile sağlanmaktadır. Seralarda üretim yılda tek ürün yetiştiriciliğinin yanı sıra sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde olmak üzere çift ürün yetiştiriciliği şeklinde de yapılabilir. Üretim periyoduna bağlı olarak bu tip seralardan ortalama olarak 15 ton/ da verim (domates) alınabilmektedir. Türkiye’de son 15-20 yıllık periyotta geleneksel seraların yanında modern seralar yaygınlaşmaya başlamıştır. Antalya ilinde ilk modern sera uygulamaları 2008 yılında görülmeye başlamıştır. Elde edilen potansiyele göre 2008 yılında ilde 34 adet modern sera işletmesinde katı ortam kültürü ya da durgun su kültüründe serada sebze üretimi gerçekleştirilmektedir. Sera işletmelerinin Antalya ilinde kapladığı toplam alan 956.1 dekadır. Bu alanın 525 dekarını plastik seralar 431.1 dekarını cam seralar oluşturmaktadır. Türkiye’de toplam modern seracılığın 2010 yılı verilerine göre kapladığı alan 391.2 ha olup bu alanın 286.0 hektarı ise Antalya ilinde bulunmaktadır (9).

Son yıllarda modern seralar jeotermal enerjinin sağladığı ucuz ısıtma olanağı ile iç bölgelerimizde de hızlı bir gelişme göstermektedir. 2023 yılı verilerine göre 51 ilde (Antalya %30, Afyon %12, Mersin %11, İzmir %9, diğer iller %38) 22 bin dekada modern seralarda topraksız tarımda üretim yapılmaktadır. Modern seralarda üretilen ürünlerin %90’ı ihraç edilmektedir. Geleneksel örtüaltı üretiminin ise %85’i iç piyasada tüketilmektedir (6).

Modern sera alanlarındaki artışta etkili başlıca faktörler; tüketici taleplerindeki değişiklik, artan çevre duyarlılığı üretim, gıda güvenliğini öne çıkaran üretim teknikleri ve bununla ilgili sertifikasyon işlemleri olarak sıralanabilir. Modern sera tarım, biyosistem, tarımsal yapılar ve sulama, inşaat, makina, elektrik-elektronik ve bilgisayar mühendisliği gibi farklı disiplinlerdeki teknolojilerin bir arada kullanıldığı endüstriyel bir uygulamadır. Ülkemizdeki modern seralarda üretim genelde tek ürün yetiştiriciliği şeklinde (yaygın olarak domates) uygulanmaktadır. Modern seralardan elde edilen verim (domates) ortalama dekara 35-45 ton arasında değişmektedir. Nitekim açık tarla koşullarında bu değer dekara 6-10 ton arasındadır. Sera iç ortam koşullarının daha iyi sağlanabildiği durumlarda bu verim daha da yüksek değerlere çıkmakla birlikte özellikle ısıtma gibi iç ortam koşullarının yetersiz uygulandığı modern seralarda verimin daha da düştüğü gözlemlenmektedir. Örneğin, Antalya ilinin sahil şeridindeki modern seralarda ısıtma giderlerinin artması nedeniyle gece saatlerinde bitki isteklerine uygun sıcaklık değerleri sağlanamamaktadır. Bu nedenle anılan seralarda verim de düşüşler gözlemlenmektedir. Dolayısıyla modern seracılıkta jeotermal enerji

ile ısıtmanın maliyet yönünden de avantajlı olduğu bu durumun verime de yansıdığını söylenebilir (9).

## **2. SERA İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ**

Seralar bitkisel üretim için gerekli çevre koşullarının kontrollü sağlandığı tarımsal yapılar olup seralarda bitki büyümesi ve gelişmesi için; ışınım, sıcaklık, bağıl nem, CO<sub>2</sub> miktarı ve hava hareketi gibi çevresel etmenler oldukça önemlidir (4). Seranın inşası, seranın kurulacağı bölgenin iklim özellikleri başta olmak üzere arazi yapısı gibi faktörlere bağlı olarak özel niteliklere sahip konstrüksiyon ve örtü malzemesi gerektirmektedir. Sera mikro ikliminde bitkisel üretime faaliyetlerine bağlı olarak değişen sıcaklık, nem oranları, serada kullanılan koruma ilaçları ve çevre şartları hem konstrüksiyon hem de kaplama malzemesini zarar vermemelidir.

Sera tarımında bitkisel üretim için gerekli olan çevre koşulları aşağıda belirtilmiştir (10,11):

- Serada bitkilerin kış aylarında gerçekleşen düşük sıcaklık değerlerinden ve dondan zarar görmemesi için seralarda sıcaklığın 0 °C üstünde tutulması ayrıca günlük ortalama dış sıcaklığın ise 7 °C'nin üstünde olması gerekmektedir. Bu durumun gerçekleştiği zamanlarda gün içinde meydana gelen 0 °C'nin altındaki sıcaklık değerleri göz ardı edilebilir.

- Serada bitkisel üretimde bitkiler ortalama 17-27 °C'ye adapte olmuşlardır. Enerji dengesi ve buna bağlı olarak sera etkisi dikkate alındığında, günlük ortalama sıcak değerlerinin 12-22 °C arasında olması istenmektedir. Bu sıcaklık değerlerinin 0-8 °C olması durumunda ise bitkide büyüme hızı yavaşlamaktadır.

Serada bitkisel üretim için günlük ortalama sıcaklık değerlerinin 12 °C altına düşmesi durumunda seraların gece ısıtılması gerekmektedir. Günlük ortalama sıcaklık değerlerinin 22 °C'nin üstüne çıkması durumunda ise seraların soğutulması kaçınılmazdır.

Serada çevre koşulları ısıtma sistemleri, havalandırma sistemleri, soğutma sistemleri, aydınlatma sistemleri ve sulama sistemleri ile kontrol altında tutulmaktadır. Son yıllarda gelişen teknoloji ile bu sistemler otomasyon sistemleri ile desteklenmiştir. Buna bağlı olarak serada otomasyon sulama-gübreleme otomasyonu ile iklimlendirme otomasyonu olmak üzere ikiye ayrılır. Sulama-gübreleme otomasyon sistemleri yetiştirme ortamının kontrolünde iklimlendirme otomasyon sistemleri ise gerekli sensörler aracılığıyla sera içi ikliminin kontrol altında tutulmasını sağlamaktadır. Günümüzde otomasyon sistemlerinin yanı sıra yapay zeka ve robotik uygulamalar gibi yeni teknolojiler sera tarımında

önemli bir değişim potansiyeline sahiptir. Bu bölümde seralarda ısıtma ve havalandırma sistemleri anlatılacaktır.

## **2.1. Seralarda Isıtma Sistemleri**

Seralarda kış aylarında uygun bitki gelişimi ve çevre koşullarının sağlanabilmesi için ısıtma yapılması gerekmektedir (12). Ülkemiz şartlarında, ısıtma giderleri sera kârlılığını etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Seracılık işletmelerinde ısıtma giderleri, yetiştirme mevsimi, bölge ve ürün tipine bağlı olarak değişmekle birlikte toplam maliyetin %40 ile %80'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle seralardan oluşabilecek ısı kayıpları, ısıtma maliyetlerini arttırarak elde edilen kazancı düşürmektedir (13). Dolayısıyla kullanılan örtü malzemesinin özellikleri (kullanılan katkı maddesi özellikle IR katkı maddesi, ısı iletim katsayısı, filmin kalınlığı vb.) ortam mikroklimasını etkilediği gibi sera yıllık işletme giderlerini de etkilemektedir.

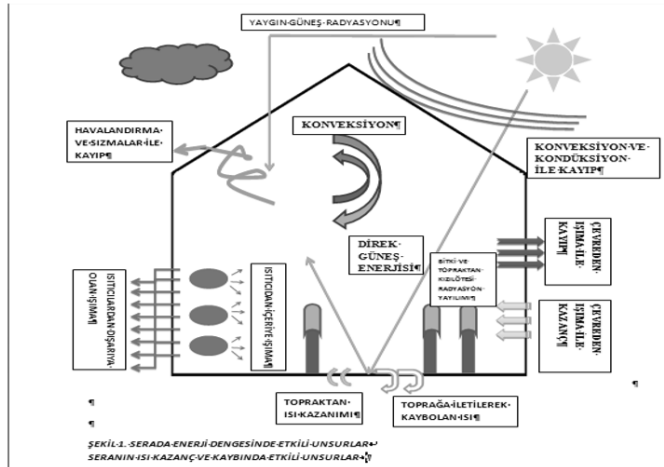
Ülkemiz seralarında düzenli bir ısıtma yapılmamakta, sadece bitkileri dondan korumak amacıyla ısıtma uygulanmaktadır. Düzenli ısıtma yapılmaması, verim düşüklüğü, üretim çeşidinde sınırlama, tarımsal savaş ilacı ve hormon kullanma zorunluluğu gibi problemleri beraberinde getirmektedir. Seralarda kış aylarında yapılacak ısıtma sadece içi sıcaklığını kontrol etmek için değil, aynı zamanda yüksek nem koşullarının kontrolü için de gereklidir. Nitekim kış aylarında düşük sıcaklığa bağlı yüksek nem koşullarında mantar hastalıkları daha sık görülmektedir (9). Bitkilerin gereksinim duyduğu sıcaklık değerlerinin sürekli sağlanması ise ekonomik olmayacağı için ısıtma maliyeti dikkate alınarak sera iç ortam sıcaklığının kış aylarında 15°C'den düşük olmaması önerilmektedir (3,14).

Seraların ısıtılması için gerekli enerji, birim zamanda sera içine verilmesi gereken ısı miktarıyla belirlenir ve bunun birimi kJ/h, Kcal/h veya W'tır. Sera için gerekli ısı miktarının belirlenmesinde; sera hacmi ve dış yüzey alan büyüklüğü (iletim ile ısı kaybı), sera örtü malzemesinin çeşidi ve örtü katsayısı (ısı iletim katsayısı), ısı sızma kayıp alanlarının büyüklüğü etkilidir. Seranın şekli ve büyüklüğüne bağlı olarak, sera yüzeylerinden iletim yoluyla ısı kaybı, sera dış yüzey alanıyla doğru orantılıdır. Serada ısı transferi iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve ışıınım (radyasyon) yoluyla gerçekleşmektedir (Şekil 2) (14). Şekil 2'de görüldüğü gibi sera iç ve dış sıcaklık farkı nedeniyle örtü malzemesinin kondüksiyon yolu ile ısı kaybı meydana gelirken, kapı ve havalandırma pencerelerinden, konstrüksiyonu oluşturan yapı elemanlarının birleştiği noktalardan ve örtünün konstrüksiyon üzerine yerleştirildiği yerlerden taşınım yolu ile sızma kayıpları oluşmaktadır. Serada gündüz güneşlenmeye bağlı olarak sera içinde ısınan bitki ve toprak yüzeyi, yapı elemanları, sera konstrüksiyonu

ışınmayla sera ortamına dalga boyu 6000-14.000 nm arasında uzun dalga boylu ışınlar yayar. Dolayısıyla ışınım yoluyla (radyasyon) kayıpların önüne geçmede kullanılan örtü materyalinin özellikleri önemlidir. Nitekim kullanılan plastik mutlaka ısı kayıplarının önüne geçmek için infrared (kızılötesi-IR) katkı maddesi içermelidir. Aynı zamanda bu ısı kayıplarında malzemenin ısı iletim katsayısı da önemli rol oynamaktadır (9,15,16).

Uygun bir sera ısıtma sisteminin seçimi, sera yapısının türü, yetiştirilen bitkilerin ihtiyaçları, hakim iklim koşulları, mevcut bütçe ve kullanılan enerji kaynağı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Isıtma sisteminin doğru yönetimi sadece optimum yetiştirme koşullarının sağlanması için değil, aynı zamanda enerji tüketiminin en aza indirilmesi için de gereklidir. Sera ısıtma sistemleriyle ilişkili çevresel etkilere dikkat etmek önemlidir. Bazı sistemler sera gazı emisyonlarına veya hava kirliliğine katkıda bulunabilirler. Bu da hem insan sağlığı hem de çevre üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilir. Dolayısıyla, enerji tasarruflu ısıtma çözümlerinin seçilmesi ve bu etkileri azaltmak için sürdürülebilir uygulamaların hayata geçirilmesi çok önemlidir.

Genel olarak, sera ısıtma sistemlerinden beklenen performans üniform bir ısı dağılımı, randımanlı bir çalışma ile uygun çevre koşullarının sağlanmasının yanı sıra düşük karbon ayak izine sahip çevreye duyarlı bir sistem olarak planlanmalıdır. Özellikle son yıllarda çevre dostu uygulamalar önem kazanırken bu süreçte seralarda fosil yakıt kullanıma bağlı olarak bitkisel üretimde gerçekleşecek karbon ayak izi ile yenilebilir enerji ile kullanımı ile bitkisel üretimde gerçekleşecek karbon ayak izi farklı olacaktır.



Şekil 2. Serada enerji dengesi

Seralarda ısıtma sistemlerini kaloriferli ısıtma, sıcak havayla ısıtma, sobalarla ısıtma, doğal enerji (güneş ve jeotermal enerji) kaynaklarından yararlanarak ısıtma, elektrik enerjisiyle ısıtma ve atık enerjilerden yararlanarak uygulanan ısıtma sistemleri şeklinde sıralayabiliriz (17). Jeotermal enerjinin sağladığı ucuz ısıtma olanağı ile seralar düzenli ısıtılabilirdiği için ürün kalitesi ve verimde de artış görülmektedir.

Jeotermal ısıtmalı seralarda ortalama işletme büyüklüğü yaklaşık 21 dekar ve sera örtüsü ağırlıklı olarak plastiktir. Ülkemizde topraksız tarım üretimi yapılan yaklaşık 9.536 dekarlık sera alanının tamamına yakınında ısıtma yapılmaktadır. Seraların ısıtılmasında kullanılan başlıca enerji kaynakları, kömür ve jeotermal enerji olup ısıtma yapılan toplam sera varlığının, 3.908 dekarlık (%30'luk) kısmında jeotermal enerji kullanılmaktadır (8).

Seraların jeotermal enerji ile ısıtılması sera alanlarımızda önemli bir artış sağlasa da bu enerjinin doğrudan ya da dolaylı olarak kullanıldıktan sonra soğuyan jeotermal kaynaklı suların çevreye bırakılmaması gerekmektedir. Nitekim jeotermal su ile taşınan etkili maddeler toprak çökmesi, ekolojik bozulmalar ve ısıl kirlenme gibi sorunlara neden olabilmektedir. İçerdikleri ağır metaller ve toksik elementler nedeniyle çevre kirliliğine neden olmamak için, derin kuyular açılarak yeniden derin katmanlara enjekte edilmeleri gerekmektedir (18).

Seraların ısıtılmasında diğer bir yenilebilir enerji kaynağımız güneş enerjisidir. Ancak güneş enerjisinden yararlanmada gerekli güneş panelleri için gereksinim duyulan arazi büyüklüğü buna bağlı arazi bedeli ayrıca sistemin parçası olan yalıtımlı su deposunun maliyeti gibi faktörlerden dolayı ilk yatırım giderleri seranın kurulum maliyetini geçmektedir. Ülkemiz koşulları için seraların bu şekilde ısıtılması ekonomik olmamaktadır. Kırsal Kalkınma Yatırımlarının desteklenmesinde ilk teşvik programlarında güneş enerjisinden yararlanarak sera ısıtmasına destek verilmiş ancak maliyet unsurlarından dolayı ilerleyen süreçte teşvik programlarından çıkartılmıştır. Ülkemiz koşullarında güneş enerjisinden yararlanma daha çok elektrik enerjisi elde etme amacıyla olmaktadır.

## **2.2. Seralarda Havalandırma Sistemleri**

Havalandırma, geleneksel sera sistemlerinin gerekli bir bileşeni olup özellikle ılık ve sıcak yaz aylarında sadece iç ortam sıcaklığını değil, aynı zamanda nem ve CO<sub>2</sub> gibi diğer gaz konsantrasyonlarını da kontrol etmek için temel bir araçtır.

Güneşlenmenin fazla olduğu bahar ve yaz dönemlerinde sera iç ortam sıcaklığı dış ortam sıcaklığına göre oldukça yüksek olmaktadır. Oluşan yüksek sıcaklık değerlerinin istenilen sınır değerlerine indirilmesinde en ekonomik ve

kolay yöntem sera iç ve dış atmosfer havasının kendiliğinden yer değişimini sağlayan doğal havalandırma gelmektedir. Havalandırmada kullanılan ekipmana göre doğal (pasif) havalandırma sistemleri ve mekanik (zorunlu) havalandırma sistemleri olmak üzere iki yöntem bulunmaktadır. Doğal havalandırmada hava hareketine sera iç ve dış ortam sıcaklık farkı, rüzgar hızı ve bunların birlikte etkisi sebep olmaktadır. Zorunlu havalandırmada ise serada hava hareketi havalandırma fanları ve yardımcı ekipmanlar ile sağlanmaktadır. Bu amaç için negatif basınçlı (aspiratörler), pozitif basınçlı (vantilatörler) ve basınçsız tip (kombine) sistemler kullanılmaktadır (17,19,20).

Seralarda doğal havalandırmada, havalandırma pencereleri kullanılır ve bu pencereler genellikle çatı mahyasının her iki yanında, mahya uzunluğunca ve ayrıca sera yan duvarlarında saçak altı uzunluğunca yerleştirilmektedir. Havalandırmada en etkili olan pencereler, çatı pencereleridir. Ülkemizde plastik örtülü seralarda, çatıda genellikle havalandırma pencerelerinin olmaması havalandırmayı önemli ölçüde azaltmaktadır. Nitekim seraya taze hava girişi yan pencerelerden sağlanırken sera içerisinde oluşan sıcak ve nemli havanın dışarı atılmasında çatı pencereleri etkili olmaktadır (17). Bireysel seralarda genellikle havalandırma kapaklarının açma-kapatma mekanizmalarının pahalı olması nedeniyle yan havalandırma pencereleri planlanmamaktadır. Havalandırma için gerekli toplam açıklık çatı pencerelerine verilmektedir. Modern seralarda iklim kontrolü için otomasyon sisteminin bulunması, sera iç ortam koşullarının sağlanabilmesi ve zararlılara karşı açıklık alanını azaltmak amacıyla yan pencerelerden kaçınılmaktadır.

Doğal havalandırmada, rüzgâr hızı ve yönü, havalandırma açıklıklarının şekli, sera yüzeyindeki dağılımı, açılma açısı, miktarı ve konumu, yapı konstrüksiyonu, yörenin iklim koşulları ve yetiştirilecek bitki türü gibi çeşitli faktörler etkili olmaktadır (20).

Doğal havalandırmanın yeterli olabilmesi için pencerelerin toplam alanının sera taban alanına oranı, soğuk bölgelerde %10, sıcak bölgelerde ise %25-30 arasında olması önerilmektedir. Modern seralarda ise anılan oranın %40 olması uygun bulunmaktadır (3,19). Bu oranın pencerelere dağılımı da havalandırmanın etkinliğini etkilemektedir. Bu nedenle çatı pencerelerinin toplam alanı sera taban alanının %16-25'i arasında olmalıdır. Bu açıklıklar çevre koşullarına göre ayarlanabilmelidir. Bu oran, soğuk bölgelerdeki seralarda %10 kadar düşürülebilir. Yan pencere alanı ise çatı pencere alanının 2/3'ten az olmamalıdır. Tekil seralarda ilk yatırım maliyetini düşürmek amacıyla yan duvar havalandırmasından kaçınılıp sadece çatıda %25 oranında (sıcak bölgede) bir açıklıkta da kullanılabilir.

Çatı ve yan duvardaki havalandırma açıklıklarının alanı yaklaşık olarak eşit de olabilir. Doğal havalandırmada etkili bir diğer unsur havalandırma pencerelerinin açılma açısıdır. Bu açının çatı havalandırma pencerelerinde yatay olarak yukarıya doğru ve çatıyla 60° açı yaparak açılması istenmektedir. Yan havalandırma pencereleri ise düşey olarak yana doğru ve yan duvarla 45° açı yaparak açılmalıdır. Doğal havalandırma pencereleri hastalık etmenlerine karşı sinek tülü ile donatılmalıdır (14,17,19,21).

Seralarda mekanik havalandırma, iç-dış sıcaklık farkının küçük olması durumunda (yaklaşık durgun havada) uygulanan etkin bir yöntemdir (21). İlk yatırım giderleri yüksek olan zorunlu havalandırma sistemlerinde emici sistemde, bir veya birden fazla aspiratör yardımıyla içerideki hava dışarı atılır. Böylece sera içinde oluşan alçak (negatif) basınç nedeniyle taze hava açıklıklardan içeri alınır. Basıncı sistemde ise, vantilatörler yardımıyla taze hava sera içerisine basılır. Bunun sonucunda, sera içinde oluşan yüksek (pozitif) basınç nedeniyle içerideki hava, hava çıkış açıklıklarından dışarı atılır. Kombine sistemlerde, her iki sistem birlikte kullanılır. Yani taze hava vantilatörlerle seraya verilirken aynı anda aspiratörler içerideki havayı dışarı atar (4,19).

### **3. SERA TARIMINDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK**

Seracılık tarımın modern yüzü olarak her geçen gün gelişen teknoloji ile kendini yenilemektedir. Küresel ısınma buna bağlı iklim değişiklikleri serada üretime verilmesi gereken önemi daha da arttırmaktadır. Serada yapılan bitkisel üretimde verimliliği arttırmak, ürün kalitesini iyileştirmek uzun vadede çiftçi gelirini artırma ve sürdürülebilirlik açısından son derece önemlidir. Bu amaç için serada teknoloji kullanım düzeyini arttırmak, seralara sağlanacak desteklerin ve teşvik miktarlarının artırılması aynı zamanda çevre dostu uygulamaların yaygınlaşması ile sağlanabilir. Sera mekanizasyon sistemleri, bu hedefe ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır. Seralarda mekanizasyon sistemlerinin sürdürülebilirlik açısından faydaları aşağıda sıralanmıştır.

**Su tasarrufu:** Sulama-gübreleme otomasyon sistemleri ile su kullanımını optimize ederek su israfını önler ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlar.

**Enerji tasarrufu:** Aydınlatma, havalandırma ve ısıtma sistemleri ile enerji tüketimini azaltarak sera işletme maliyetlerini düşürür ve sera gazı emisyonlarını azaltır.



**Gübre tasarrufu:** Sulama-gübreleme otomasyon sistemleri ile gübre kullanımını optimize ederek toprak ve su kirliliğini önler.

**İşgücü tasarrufu:** Otomasyon sistemleri, yapay zeka, robotik uygulamalar ile manuel işgücüne olan ihtiyaç azalır işgücü maliyetlerinde tasarruf sağlanır. Ayrıca işgücüne yönelik insan kaynağı potansiyelinin az olduğu bölgelerde üretim desteklenmiş olur.

**Verim artışı:** Hassas tarım, akıllı tarım uygulamaları, otomasyon, yapay zeka ve robotik uygulamalar bitki büyüme koşullarını optimize ederek verimi ve ürün kalitesini artırır.

**Hastalık ve zararlı böceklerle mücadele:** Otomasyon sistemleri, akıllı tarım uygulamaları ile hastalık tespiti bununla birlikte hastalık, zararlı böceklerle mücadelede daha etkin yürütülür.

Sera tarımında sürdürülebilirlik açısından uluslararası uygulamalar incelendiğinde Hollanda'da Wageningen Üniversitesi ve Araştırma Merkezi (WUR), Hollanda Sera İşletmeleri Derneği (LTO Glaskracht Nederland) ve Hollanda Hükümeti Tarım Bakanlığı kurumlarının birlikte yürüttüğü çalışmalar incelenebilir. Bu kurumlar yaptıkları ortak çalışmalar ile serada damla sulama ve su geri dönüşümü sayesinde su kullanımında %70'e varan azalma sağlamayı başarmışlardır. Ayrıca sera ısıtma ve aydınlatma için güneş enerjisi panellerinin kullanımı yaygınlaştırılmış ve sera atıklarının %90'ı geri dönüştürülmekte yada kompostlanmaktadır (22,23). İsrail'de Volcani Center Tarım Araştırma Enstitüsü, İsrail Sera Çiftçileri Derneği ve İsrail Tarım ve Kırsal Kalkınma Bakanlığının yürüttüğü çalışmalarında su kısıtı nedeniyle tasarruf odaklı sera sistemleri geliştirilmiştir. Bu sayede su kullanımını %50'ye kadar azaltılmıştır. Verimli aydınlatma sistemleri ve ısı geri kazanım sistemleri ile de enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Sera tarımında otomasyon ve robotik gibi yeni teknolojiler kullanılmaktadır (24,25,26). ABD ise California Üniversitesi, Davis-Tarım ve Çevre Bilimleri Bölümü, National Greenhouse Manufacturers Association (NGMA) ve ABD Tarım Bakanlığı (USDA) birlikte yürüttükleri uygulamalar ile kombinasyonlu ısıtma ve soğutma sistemleri ile enerji verimliliği sağlanmıştır. Biyolojik mücadele yöntemleri ile zararlı böceklerle mücadele edilmektedir. Yerel bitki türlerinin yetiştirilmesi ile su ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır (27,28).

Sera tarımında sürdürülebilirlik açısından Türkiye'den bazı örnek projelere aşağıda değinilmiştir:

**Tarım ve Orman Bakanlığı Sulama Sistemleri Modernizasyon Projesi:** Bu proje ile damla sulama ve yağmurlama sistemleri yaygınlaştırılarak su tasarrufu sağlanmaktadır (29).

**Güneş Enerjili Sera Isıtma ve Aydınlatma Sistemleri Projesi:** Bu proje ile sera işletmelerinde güneş enerjisi panelleri kurularak enerji tasarrufu sağlanmaktadır (30).

**Topraksız Sera Tarımı Geliştirme Projesi:** Bu proje ile topraksız sera tarımına yönelik üretim teknikleri geliştirilmekte ve teşvikler sağlanmaktadır (31,32).

**Sera Atık Yönetimi Projesi:** Bu proje ile sera atıkları geri dönüştürülmekte veya kompostlanarak çevre kirliliği önlenmektedir (33).

Son yıllarda gelişen teknolojiye bağlı olarak sürdürülebilirlik açısından seralarda diğer önemli bir kazanım yapay zeka, robotik uygulamalar ve otomasyon sistemlerinin uygulanması önemli bir kazanım olmaktadır. Sera tarımı, artan gıda talebini karşılamak ve tarımsal üretimi optimize etmek için son derece önemli bir araçtır. Bununla birlikte, sera tarımının yaygınlaşması bazı çevresel ve ekonomik sorunlara da yol açmaktadır. Bu sorunların çözümü ve sera tarımının sürdürülebilirliğini artırmak için yeni teknolojilere ihtiyacımız vardır. Yapay zeka uygulamaları ile veri toplama ve analizi, hastalık ve zararlı tahmini, sulama ve gübreleme optimizasyonu, ürün kalite kontrolü sağlanabilmektedir. Tarımda yapay zeka ve yapay zeka'nın sunduğu tahmine dayalı analitik ve bağlantılı sensörler; bitki verimiyle birlikte su, bitki besin maddeleri ve diğer girdilerin kullanımda da etkinliği artırabilmektedir. Robotik uygulamalar ile hasat robotları, dikim robotları, ayıklama robotları, taşıma ve paketleme robotları işgücü gereksinimi azaltmada seralarda yerini almıştır. Otomasyon sistemleri ise, sera iklim kontrol sistemleri, otomatik sulama-gübreleme sistemleri olup girdilerin etkin ve randımanlı kullanılması aynı zamanda işgücü, zaman kazanımı sağlama şeklinde seralarda uygulama bulmaktadır (34,35).

İsrail'de 2018 yılında MetoMotion şirketi tarafından geliştirilen GROW isimli domates hasat robotu, sera tarımında işgücü tasarrufu ve verimlilik artışı sağlayarak sürdürülebilirlik açısından önemli bir yenilik sunmaktadır. Domates hasat robotu GROW'un özellikleri aşağıda sıralanmıştır (36).

**Üç boyutlu görüntüleme sistemi:** Olgunlaşan domatesleri algılar ve dijital veriye dönüştürür.

**Stres ölçümü:** Bitkilerin stres düzeyini ölçer ve verim tahmini yapar.

**Hassas hasat:** Domatesleri dalından hassas bir şekilde toplar.

**Otomatik raporlama:** Üreticiye ürün hakkında detaylı bilgiler sunar.

**İşgücü tasarrufu:** Toplamda işgücünden %50'ye varan tasarruf sağlar.

**Ürün bilgisi:** Üreticinin yetiştirdiği ürünü daha yakından tanımmasına yardımcı olur.



**Şekil 3.** Domates Hasat Robotu GRoW

**Domates Görüntüleme Sistemi:**

- ✓ GRoW ile uyumlu şekilde çalışır.
- ✓ Seradaki meyvelerin olgunlaşma düzeyini görüntüler.
- ✓ Robota hangi meyveyi toplayıp hangisini henüz dalında bırakması gerektiği bilgisini verir.

- ✓ Çalışma verimliliğini artırır.

#### **GRoW'un Faydaları:**

✓ Sera işletmelerinin en büyük sorunlarından biri olan işgücü açığını kapatmaya yardımcı olur.

- ✓ Daha hızlı ve hatasız hasat sayesinde ürün kaybını ve verimsizliği azaltır.

- ✓ Ürüne zarar vermeden hasat yaparak gıda güvenliğini artırır.

✓ Su ve gübreleme gibi kaynakların daha verimli kullanılmasına katkıda bulunur.

✓ Üreticilere ürünler hakkında detaylı bilgiler sağlayarak data tabanlı üretim yapmalarına imkan tanır.

## **SONUÇ**

Seralar bitkisel üretim için gerekli çevre koşullarının kontrollü sağlandığı tarımsal yapılardır. Seralarda birim alandan alınan ürün ve verim kalitesini artırmaya yönelik kontrollü ortamın sağlanmasında gelişen teknoloji ile her geçen gün yenilikçi uygulamalar yerini almaktadır. Bu uygulamalar otomasyon sistemleri, robotik uygulamalar ve yapay zeka olarak sıralanabilir. Seralarda bu teknolojilerin randımanlı bir şekilde kullanılması tarımsal üretimde verimliliği ve sürdürülebilirliği sağlamasının yanında kaynaklarımızın da etkin kullanımını sağlayacaktır. Bu anlamda ülkemizde de bu uygulamalara geçiş sürecini hızlandırmak ve yaygınlaştırmada tarımsal üretim ve seralara verilecek destekler önem arz etmektedir. Önümüzdeki süreçlerde ise bu alandaki araştırmaların ve teknolojik yeniliklerin, tarım sektörünü daha da ileriye taşıyacağı düşünülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

1. Kendirli B. Ülkemiz seralarının ısıtılmasında jeotermal enerji kullanımı. Türk-Ko-op Ekin ISSN-1301-515X Tarım Kredi Kooperatifleri Merkezi Birliği Yayın Organı. 2002;6(19):20-25.
2. Yüksel, A.N. Ülkemiz seracılığının durumu ve gelişme olanakları. *Topraksu Dergisi*. 1992;1:27-28.
3. Yüksel, A.N. *Sera yapım tekniği*. İstanbul: Hasad Yayıncılık Ltd. Şti.;2004.
4. Öztürk HH. *Sera iklimlendirme tekniği*. İstanbul: Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., 2008.
5. TÜİK. *Türkiye İstatistik Kurumu kayıtları 2021*. (25/04/2022 tarihinde <https://www.tuik.gov.tr/> adresinden ulaşılmıştır).
6. BAİB. Batı Akdeniz İhracatçılar Birliği Ekonomi Sohbetleri, 27/02/2024, Antalya, 2024.
7. Tarım ve Orman Bakanlığı. *Tarım ve Orman Bakanlığı bitkisel üretim verileri 2020*. (15/02/2022 tarihinde <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf> adresinden ulaşılmıştır).

8. Polat E. *Örtüaltı yetiştiriciliği*. İsa K (ed) *Örtüaltı yetiştiriciliği ve iklimlendirme* içinde. Kocaeli: Doğa Yayıncılık Ltd. Şti.; 2023. p. 1-11.
9. Tezcan NY. *Seraların planlanması*. İsa K (ed) *Örtüaltı yetiştiriciliği ve iklimlendirme* içinde. Kocaeli: Doğa Yayıncılık Ltd. Şti.; 2023. p. 15-45.
10. Zabeltitz C. *Technologies for climate control in greenhouses*. Expert Consultation Workshop on Greenhouses in the Antalya Region; 1992. 13-17 Jan 1992, Antalya, p10-12.
11. Baudoin WO, Zabeltitz C. Greenhouse constructions for small scale farmers in tropical regions. *Acta Horticulturae*; 2002;578: 171-179.
12. Baytorun AN, Gügercin Ö. Seralarda enerji verimliliğinin artırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 2016; 30(2):125-135.
13. Kendirli B, Çakmak B. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sera ısıtmasında kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*. 2010; (1):95-103.
14. Alkan Z. *Sera planlama ve inşaa tekniği*. Ege Üniv. Mühendislik Bilimleri Fakültesi Denizli Ön Lisans Yüksek Okulu, Denizli, 1977.
15. Baytorun NA. *Seralar*. Ç. Ü. Zir. Fak. Genel Yayın No: 110, Adana, 1995.
16. Korkmaz C, Tezcan NY. A new approach to the determination of heat losses in the greenhouse: thermal cameras. *Fresenius Environmental Bulletin*;2018;27(11):7691-7697.
17. Yüksel AN, Yüksel E. *Sera yapım tekniği*. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 2012.
18. Karaman S, Kurunç A. Seraların jeotermal enerji ile ısıtılmasında ortaya çıkabilecek çevresel etkiler. *Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi*;2004;21(2):80-85.
19. Hakgören F, Kürklü A. *Sera planlaması*. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Antalya, 2007.
20. Tekinel O, Baytorun NA. *Seralarda hava değişim katsayısının belirlenmesinde kullanılan yöntemler*. Ç. Ü. Ziraat. Fakültesi Dergisi; 1989;4(3):118-132
21. Özmerzi A, Kürklü, A. Seralarda havalandırma yöntemleri ve zorunlu havalandırma sistemlerinin hesaplanması. *Akdeniz Üniv. Zir. Fak. Dergisi*; 1989;2(2):101-120.
22. Hollanda Hükümeti Tarım Bakanlığı. (22/04/2024 tarihinde <https://www.government.nl/ministries/ministry-of-agriculture-nature-and-food-quality> adresinden ulaşılmıştır).
23. Wageningen Üniversitesi ve Araştırma Merkezi (WUR). (22/04/2024 tarihinde <https://www.wur.nl/en.htm> adresinden ulaşılmıştır).
24. İsrail Sera Çiftçileri Derneği. (22/04/2024 tarihinde <https://www.greenhousegrower.com> adresinden ulaşılmıştır).
25. Volcani Center Tarım Araştırma Enstitüsü. (22/04/2024 tarihinde [https://www.gov.il/en/departments/ministry\\_of\\_agriculture\\_and\\_rural\\_development/govil-landing-page](https://www.gov.il/en/departments/ministry_of_agriculture_and_rural_development/govil-landing-page) adresinden ulaşılmıştır).
26. Kaynak: İsrail Tarım ve Kırsal Kalkınma Bakanlığı. (22/04/2024 tarihinde <https://www.agri.gov.il> adresinden ulaşılmıştır).
27. California Üniversitesi Davis-Tarım ve Çevre Bilimleri Bölümü. (22/04/2024 tarihinde <https://aes.ucdavis.edu> adresinden ulaşılmıştır).
28. ABD Tarım Bakanlığı (USDA). (22/04/2024 tarihinde <https://www.usda.gov/> adresinden ulaşılmıştır).
29. Tarım ve Orman Bakanlığı. Sulama Sistemleri Modernizasyon Projesi. (29/04/2024 tarihinde [https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tar%C4%B1msal%20Sulama%20SPB\\_2021-2025.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tar%C4%B1msal%20Sulama%20SPB_2021-2025.pdf) adresinden ulaşılmıştır).
30. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Güneş Enerjisi (29/04/2024 tarihinde <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> adresinden ulaşılmıştır).

31. Tarım ve Orman Bakanlığı. Topraksız Tarım Sistemleri. (29/04/2024 tarihinde <https://tarfin.com/blog/topraksiz-tarim-nedir-hidroponik-tarim> adresinden ulaşılmıştır).
32. Sera İşletmeleri Derneği. Topraksız Tarım Sistemleri Raporu. (29/04/2024 tarihinde <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata/Belgeler/Diger-belgeler/Topraks%C4%B1zK%C3%BClt%C3%BCrHP%C4%B1nar.pdf> adresinden ulaşılmıştır).
33. Tarım ve Orman Bakanlığı. Sera Atık Yönetimi Yönetmeliği. (22/04/2024 tarihinde <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=20644&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> adresinden ulaşılmıştır).
34. Martos V, Ahmad A, Cartujo P, et al. Ensuring agricultural sustainability through remote sensing in the era of agriculture 5.0. *Applied Sciences*;2021;11:5911.
35. Çakmakcı MF, Çakmakcı R. Uzaktan algılama, yapay zekâ ve geleceğin akıllı tarım teknolojisi trendleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*;2023;52:234-246. doi: 10.5281/zenodo.10439935.

## Bölüm 8

# SERA YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KİRLETİCİ FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ANTALYA ÖRNEĞİ\*

Hasan ERTOP<sup>1</sup>  
Atılğan ATILGAN<sup>2</sup>  
Burak SALTUK<sup>3</sup>

### GİRİŞ

Bitkisel üretimde verimi yükseltmek için uygulanan pestisitler ve bilinçsiz gübreleme gün geçtikçe çevreyi kirletecek seviyelere gelmiştir (1). Yüzyıllardır; tarımsal aktiviteler dünyanın büyük bir kısmı için temel hayat biçimi konumundadır. Zamanla, tarımsal işlemler aşamalı şekilde gelişmiş ve daha iyi bir konuma gelmiştir. Ayrıca, yeni araştırma ve teknolojik gelişmelerle, tarımın çevre üzerindeki olumsuzlukları ortaya çıkarılmaya başlanmıştır (2).

Üretim boyunca kullanılan girdiler insan gereksinimlerini karşılayacak mal ve hizmetlere dönüşürken beraberinde çevreye zarar verebilecek atıklar ve emisyonlar meydana getirmektedir. Tarım ürünlerinin üretimi sırasında kullanılan girdiler üretimi yapılan ürünün birim alanda verimini yükseltip, hastalık ve zararlılara karşı daha dirençli olmasını sağlarken, yakın çevresinde yer alan canlılar ve ekosistem üzerine negatif etkilerde bulunabilmektedir. Türkiye’de her yıl önemli miktarlarda tarım ürünü yetiştirilmektedir. Yapılan bu üretime bağlı olarak yaş sebze ve meyve ile kurutulmuş ürünlerin ihracatından milyonlarca dolar gelir sağlanmaktadır. Bilinçsiz ve denetimsiz üretimin, özellikle ihraç edilen tarım ürünlerinde kalıntı oluşturarak hem insan sağlığına hem de ülke ekonomisine kötü etkide bulunması kaçınılmazdır (3). Pestisit gibi kimyasal girdilerin devamlı

\* Bu çalışma Hasan ERTOP’un “Sera Yetiştiriciliğinde Kirletici Faktörler İle İş Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesi: Antalya Örneği” başlıklı doktora tezinden hazırlanmıştır.

<sup>1</sup> Dr., Tarım ve Orman Bakanlığı, Isparta İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, hasanertop@hotmail.com, ORCID iD: 0000-0003-0987-5885

<sup>2</sup> Prof. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, atilganatilgan01@gmail.com, ORCID iD: 0000-0003-2391-0317

<sup>3</sup> Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, bsaltuk@gmail.com, ORCID iD: 0000-0001-8673-9372

kullanımı çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Bununla birlikte tarımsal üretimi negatif etkiler, tarımsal sürdürülebilirliği azaltır ve bölge hayvanlarının tümünü ve nebatatları negatif etkilemektedir. Kısa ve uzun dönemde insan sağlığını da etkilediği bilinmektedir (4). Bitkisel üretimde; hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede genellikle pestisitler tercih edilmektedir. Pestisitler kullanılmadığında ürünlerde %60'lara varan düzeylerde kalite ve verim düşüklüğü meydana geldiği bilinmektedir. Bu sebeple, ürün kaybına neden olan zararlı organizmaları kontrol etmek amacıyla bitki koruma ilaçlarının kullanılması zorunludur (5). Pestisitlerin en önemli problemi; gıda zincirine hangi aşamada ve oranda dahil olacağına ilişkin bilgilerin sağlıklı olmaması olarak belirtilebilir. Örneğin çiftlik hayvanları pestisitlerce kirlenmiş bitkileri tüketerek sindirmekte ve pestisit kalıntıları "gut" bakterisine dönüşerek hayvan vücudunda bulunmaktadır. İnsanlar da bu hayvanları besin olarak tükettiğinden kimyasalların insan vücudunda (özellikle çocuklarda) birikmesi ihtimal olarak bulunmaktadır (6). Pestisitlerin sucul ortama geçişlerinin birçok kaynağı bulunmaktadır. Hem alan kaynaklarından, hem de nokta kaynaklardan oluşabilir. Ayrıca hava yoluyla geniş alanlara yayılabilmektedirler (7).

Gübrelemenin yüzey sularına negatif etkileri en fazla azotlu ve kısmen de fosforlu gübrelerin ölçsüz bir şekilde kullanımındandır. Gübreleme ile sulara karışan ya da bitki bünyesinde birikebilen nitrat, kirliliğe sebep olmaktadır. İçme suları nitrat azotu sınır değeri yoğun gübre kullanımının olduğu alanlarda yakın su kaynaklarında ve yüksek infiltrasyon kapasitesine sahip topraklarda oluşan yüksek azot kayıpları ile aşılabilmektedir. Bu sebeple çoğu Avrupa ülkesinde yeraltı suları koruma bölgelerinde azotlu gübreleme sınırlandırılmaktadır (8). Gübrelemenin çevreye olan zararlı etkileri dolaylı ve direkt etkiler olarak bilinmesine karşın, etki dereceleri ve süreleri daha önemlidir. İhtiyaçtan fazla ve uzun süreli gübre kullanımında; topraklarda tuzlanma, ağır metal birikimi, besin maddesi dengesizliği, mikroorganizma etkinliğinin bozulması, sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimi, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi, ozon tabakasının incilmesi, sera etkisi gibi çevresel sorunlar meydana gelmektedir (9).

Sulama, kurak ve yarı kurak bölgelerde ürünlerin verim ve kalitesinin yüksekliği bakımından oldukça önemlidir. Fakat tarımda sulamanın bazen programsız ve kontrolsüz yapılması ve yanlış sulama uygulamaları neticesinde önemli boyutlara ulaşabilen çevre problemleri meydana gelmektedir. Taban suyu yükselmesi, tuzluluk, gübre ve kimyasal ilaç kalıntılarının sulama suyuyla derine inmesi, sulamadan dönen suların tuz içeriklerini artırarak yeraltı ve yerüstü sularına karışması, iz elementlerin su kaynaklarında birikmesi, toprak erozyonu



ve bu sulardan yararlanan canlılar üzerinde hastalık ve zararların oluşması, yanlış sulama uygulamalarından kaynaklanan temel çevre problemleridir (8, 10). Bu paralelde Türkiye'nin özellikle batı ve güney bölgelerinde aşırı sulamadan toprak özellikleri bozulmuş, tuzlanma, yaşlılık, hastalık ve zararlı oranları yükselmiştir (10).

Tarımda plastiğin kullanımının günümüzde artması, üretkenliği önemli oranda yükseltmesine rağmen, bununla birlikte tarım ekosisteminde çevre üzerine negatif durumlar oluşturmaktadır. Tarım, enerji ve su girdileri, kimyasal gübre ve pestisitler ile birlikte plastiklerin büyük bir bölümünün kullanımından sorumludur. Plastiğin üretiminde meydana gelen kirlilik ile birlikte sera, yüksek tünel, alçak tünel için örtü malzemesi malçlama, sulama ve drenaj borularında kullanılan plastikler kullanım süresinin bitiminde açık alanlara atılarak ya da yakılarak kirlenici bir unsur oluşturabilmektedir. Buna karşın, plastik atıkları doğru toplanırsa, ikincil hammadde ya da bir enerji kaynağı şeklinde değerlendirilebilir ve ekonomik kayıplar ve çevresel zararlar önleyebilir (11).

Plastik atıkların yanması sırasındaki oluşan karbondioksit, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, kükürt dioksit, amonyak ve dioksin gibi zararlı maddeler atmosferi kirletir. Açıkta yanmanın verimsizliği sebebiyle, kontrolsüz yanma kontrollü yanmaya oranla daha fazla emisyon ve partikül madde oluşturur. Bununla birlikte, plastiğin yanması büyük miktarlarda karbondioksit emisyonları oluşturur (kg polietilen başına 3 kg karbondioksit). Eğer bu yanma kontrol edilmezse, oluşan karbondioksit ve ısı üretimi direkt atmosfere iletilir ve bilinen negatif sonuçları ortaya çıkar (12). Çevreye atılan veya bırakılan katı atıklardan; plastik malzemelerin 1000 yılda çözüldüğü ifade edilmektedir (13, 14).

Sera yetiştiricilik faaliyetleri boyunca farklı kirlilik durumları meydana gelmektedir. Seralarda hasat boyunca ve sonrasında oluşan bitkisel atıklar uygun şekilde değerlendirilmediğinde çevre ve toprak kirliliğine sebebiyet verirler (13,15). (14), seracılıkta ortaya çıkan bitkisel atıkların kompost yapılarak değerlendirilmesinin hem üreticiler için hem de çevre için oldukça faydalı olacağını belirtmişlerdir.

Savan ve tarımsal atıkların yakılması, azotlu gübre kullanımı ile biyokütlenin yakılması sera gazı salınımına neden olabilecektir (16). Sürüm veya tohum yatağı için anız ve yabancı otların yakılması hem topraktaki organik madde miktarına zarar vermekte hem de atmosferdeki karbondioksit miktarını arttırmaktadır (17). Sera atıklarının bertarafı üreticiler için önemli bir sorun meydana getirmektedir. Örtü altı atıkları işletmelerce yakılarak ya da bahçeye rastgele bırakılarak bertaraf

edilmekte böylelikle de çevre kirliliği ortaya çıkmaktadır (18). (11), fosil yakıt atıklarının sera dışına açık alanlara rastgele atılması sonucu bu atıkların yağış ve rüzgâr taşınımı ile toprak ve su kaynaklarına etki edeceğini ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada Antalya ilindeki seralardaki kirletici faktörler belirlenerek çevreyle olan ilişkisi araştırılmıştır. Bu amaçla çalışmanın gerçekleştirildiği yörelerdeki işletmeler değerlendirilerek seraların iç ve dış ortamında çıkan kirletici sorunların olanaklar doğrultusunda en az düzeye indirilebilmesi ya da tamamen ortadan kaldırılabilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

## **MATERYAL VE YÖNTEM**

Antalya, Akdeniz Bölgesi'nin batısında yer alır. Antalya'nın arazi yapısı Batı Toroslar olarak bilinen dağlık alan ve onun kenar kısmındaki kıyı kesimleri olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Batıda kıyı ile dağlık alanlar arasında yükseltileri değişen Eşen, Elmalı ve Korkuteli Ovaları, Teke Platosu ile Bey Dağları ve Akdağlar akarsularla parçalanmış bir topografya görünümü sunar. Korkuteli Ovası, 7-8 kilometre uzunlukta ve 2-3 kilometre genişlikte olup, dağlar arasında verimli bir ovadır. Antalya'nın orta ve doğu kesimleri seraların bol olduğu Antalya ovası ve bu ovanın iç kesimlerinin doğu ve batı yakasında yükselen Batı Toroslar genel morfolojik yapıyı oluşturur. Antalya ili Akdeniz iklimi etkisi altında bulunmaktadır (19).

Çalışma gerek Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü çalışanlarının yönlendirmesiyle, gerekse önder çiftçilerle araziye çıkılarak yürütülmüştür. Çalışma alanı Antalya ilinde örtü altı yetiştiriciliğinin yapıldığı ilçeleri kapsamaktadır ve buradaki çalışanlar çalışmanın hedef kitlesidir.

Materyal olarak belirlenen işletmeler hakkındaki genel bilgiler Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğünden alınmıştır. Anket yapılan sera işletmelerinin belirlenmesi amacıyla "Basit Tesadüfi Örneklem" yöntemi kullanılmıştır.

1'den N'ye kadar numaralandırılmış olan bir popülasyondan n sayıdaki bir örnek eşit olasılıklı olarak seçilmektedir (Denklem 2.1) (20).

$$n = \frac{NxS^2xt^2}{(N-1)xd^2+S^2xt^2} \quad (2.1)$$

n: Örnek hacmini,

N: Popülasyondaki işletme sayısını,

S: Popülasyon varyansını,

d: ortalamadan belirli bir orandaki (%10) sapmayı,

t ise %90 güven sınırına karşılık gelen t tablo değerini (1.65) ifade etmektedir.

%90 güvenirlilik sınırı ve %10 hata payı ile anket uygulanan işletme sayısı 505 adet olarak belirlenmiş ve anketler uygulanmıştır.

Çalışmada materyal olarak belirlenen sera yetiştiriciliği yapan işletmelerle ilgili; sera ısıtma şekli, üreticilerin eğitim durumu, sera ısıtması sonucunda ortaya çıkan fosil yakıt atıklarının imha durumu, ilaç ve gübre kutuların imha durumu, bitkisel atıkların değerlendirilme durumu ve örtü malzemesinin geri dönüşümü gibi çeşitli özelliklere ait veriler, işletmelerde yapılan anketler, gözlemler ve çekilen fotoğraflar doğrultusunda sağlanmıştır.

Materyal olarak belirlenen sera yetiştiriciliği faaliyeti gerçekleştiren işletmelerden elde edilen verilere göre kirletici faktörlerin mevcut durumları belirlenmiştir.

Anket verileri Microsoft Office Excel 2010 programı kullanılarak bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir. Belirlenen durumlar karşısında gübre kullanımı ve kirletici faktörler konusunda ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda önerilerde bulunulmuştur.

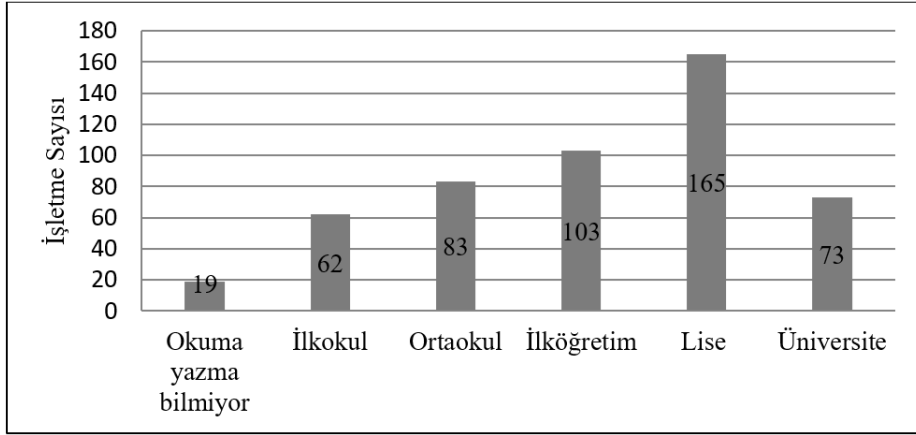
İki değişken arasında ilişki olup olmadığını belirlemek veya iki değişken arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla Ki-Kare ( $X^2$ ) bağımsızlık testi kullanılır (21).

Anket formu ile elde edilen veriler bilgisayarda SPSS programı yardımı ile değerlendirilmiştir. Verilerin tanımlayıcı istatistik değerleri tablolara aktararak yorumlanmıştır.

Serada kirletici faktörleri mevcut durumları anketleri sonuçları arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla  $X^2$  bağımsızlık testinden yararlanılmıştır.

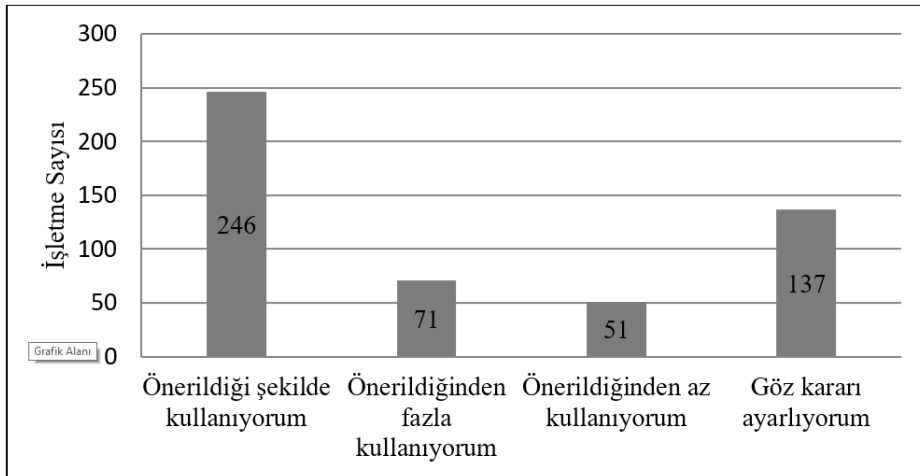
## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

Çalışma alanındaki önemli bir demografik unsur olan eğitim düzeyi incelendiğinde çalışanların; %32.67'sinin (165 işletme) lise, %20.40'nın (103 işletme) ilköğretim, %16.44'ünün (83 işletme) ortaokul, %14.45'nin (73 işletme) üniversite, %12.28'inin (62 işletme) ilkokul mezunu olduğu ve %3.76'sının (19 işletme) okuma yazma bilmediği belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Gübre kullanım düzeyleri ve kirletici faktörleri anketine katılan üreticiler eğitim düzeyleri

Pestisit uygulamalarının, gerek üretimdeki kalite ve verim için gerek ise çevre kirliliğinin önlenmesi için pestisit kutuları üzerinde yer alan kullanım önerilerine göre uygun dozda kullanımı oldukça önemlidir. Bu yüzden üreticilerin etiket önerisine göre pestisit dozunun ayarlanması oldukça yararlı olacaktır ve çalışma alanında bu önerilere uyan üretici oranı %48.71 (246 işletme) olarak belirlenmiştir. Geriye kalan ve etiket önerisine tam olarak uymayan üreticilerin, %27.13'ünün (137 işletme) göz kararı doz ayarladıkları, %14.06'sının (71 işletme) etiket önerisinden fazla doz kullandığı ve %10.10'nun (51 işletme) etiket önerisinden az doz kullandığı tespit edilmiştir (Şekil 2).

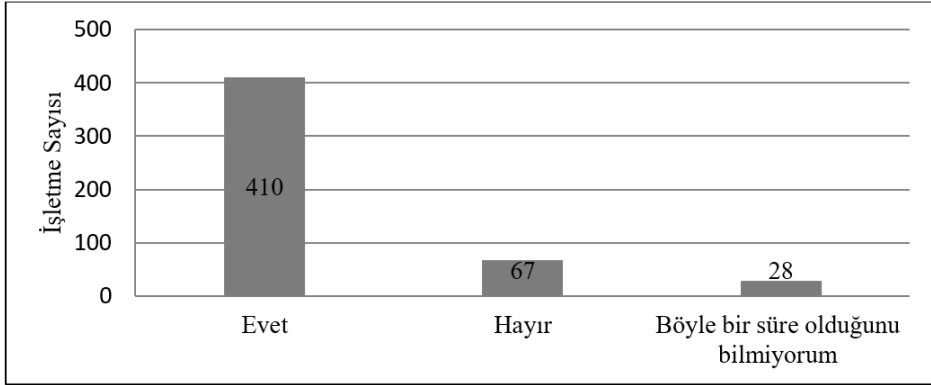


Şekil 2. Üreticilerin tarımsal ilacı kullanım düzeyleri

Çalışma alanındaki işletmelerin %51.29'unun (259 işletme) etiket önerisini dikkate almadan doz kullanımı yaptığı düşünüldüğünde kullanılan ilaçlar yeterli oranda yarar sağlamayacağı gibi olası çevre kirliliklerine de neden olabilecektir.

Eğitim seviyesi ile ilaç etiketi önerisine dikkat etme durumları arasındaki istatistiksel ilişki önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Dolayısıyla üreticilerin eğitim seviyesinin artmasının ilaç etiketi önerisine dikkat edilmesi eğilimine bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

Üreticilere pestisit uygulanmasından sonra hasat zamanı arasındaki geçmesi gereken süreye uyup uymadıkları sorulduğunda, %81.19'unun (410 işletme) bu süreye uydukları belirlenmiştir. Geriye kalan %13.27 (67 işletme) oranındaki üreticinin bu süreye uymadığı ve %5.54 (28 işletme) oranındaki üreticinin ise böyle bir süreden bilgilerinin olmadığı belirlenmiştir (Şekil 3).



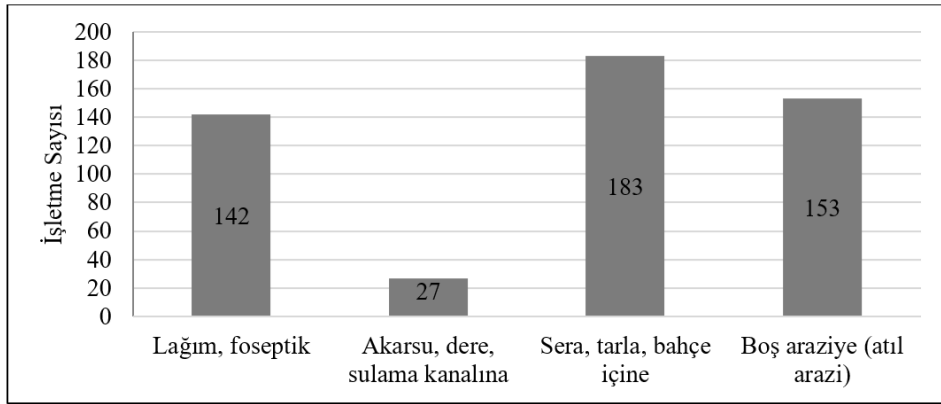
Şekil 3. Üreticilerin pestisit uygulama zamanı ile hasat zamanı arasındaki süreye uyma düzeyleri

Üreticilerin büyük bir çoğunluğunun son ilaçlama zamanı ile hasat zamanı arasında olması gereken süreye uyduğu belirlenmiştir. Ancak bu süreye uymayan ya da bu süre hakkında herhangi bir bilgisi olmayan %18.81'lik (95 işletme) bir oranı kapsayan üreticilerin, pestisitlerin kullanımı ile ilgili bilgi eksikliklerinin olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Eğitim seviyesi ile üreticilerin pestisit uygulama zamanı ile hasat zamanı arasındaki süreye uyma durumları arasında istatistiksel ilişki önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Üreticilerin eğitim seviyesinin artmasının pestisit uygulama zamanı ile hasat zamanı arasındaki süreye dikkat edilmesinde herhangi bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Üreticilerin pestisit uygulama zamanı ile hasat zamanı arasındaki süreye uyma durumları ile üreticilerin pestisit kalıntıları hakkındaki bilgi düzeyleri arasında istatistiksel ilişki önemli bulunmuştur

( $p < 0.05$ ). Üreticilerin pestisit kalıntıları hakkındaki bilgi düzeylerinin pestisit uygulama zamanı ile hasat zamanı arasındaki süreye uyma durumlarına etki ettiği söylenebilir.

Pestisit uygulaması sonucunda arta kalan ilaçlı suları üreticilerin; %36.24'ünün (183 işletme) sera, tarla, bahçe içine, %30.30'nun (153 işletme) boş araziye (atıl araziye), %28.11'inin (142 işletme) lağım ve foseptiklere ve %5.35'nin (27 işletme) ise su kaynaklarına döktüğü tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Üreticilerin artan ilaçlı suyu boşaltım yerleri

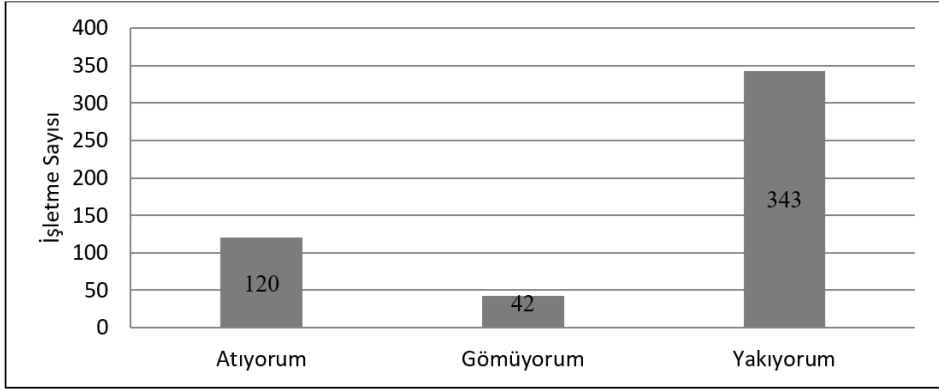
(22), üreticilerin %44.40'nın artan ilaçlı suyu bahçenin bir kenarına boşalttığını, %36'sının boş bir araziye püskürttüğünü, %2.40'nın sulama kanalına ve akarsuya boşalttığını belirtmişlerdir.

Üreticilerin artan ilaçlı suları boşalttığı yerlere ait bulguların (22)'in bulguları ile benzerlik gösterdiği ve üreticiler arasında artan ilaçlı suların bilinçsiz bir şekilde etrafa dökülme davranışlarının devam ettiği söylenebilir.

Pestisit uygulamasının %0.015-6'sı hedef organizmaya ulaşmakta geriye kalan kısmı ise çevre kirliliğine neden olmaktadır (23). Bu paralelde uygulama sırasında bile çevreyi kirlilettiği bir özelliğine sahip olan pestisit, uygulama sonrasında arta kalan kısmının çevreye çok daha fazla zarar verebileceği unutulmamalıdır. Üreticilerin arta kalan ilaçlı suyu boşalttıkları yerlere ait alışkanlıkların değişmesi gerektiği söylenebilir. Çünkü su kaynaklarına, boş arazilere, tarla veya bahçe içine boşaltılan ilaçlı fazla su çevreye çok daha fazla zarar verebilecektir. Bu kapsamda üreticilerde bu ilaçlı suların lağım veya foseptik gibi atık suların bulunduğu yapılara dökülmesi gerektiği bilinci oluşturulmalıdır. Bununla birlikte üreticilere ilaç etiketine uygun miktarda ilaç hazırlanmasının önemi, artan ilaç olduğunda

ise nasıl imha edilmesi gerektiği ve yanlış imha edilmesinde ise ne gibi çevresel zararların oluşabileceği konusunda eğitim çalışmalarının yapılmasının önemli olduğu kanısına varılmıştır.

Çalışma alanında pestisit uygulaması sonrasında boşalan kutuları, üreticilerin %67.92'si (343 işletme) tarafından yakılırken, %23.76'sı (120 işletme) tarafından atılmakta ve %8.32'si (42 işletme) tarafından ise gömülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Üreticilerin ilaç kutularını imha yöntemleri

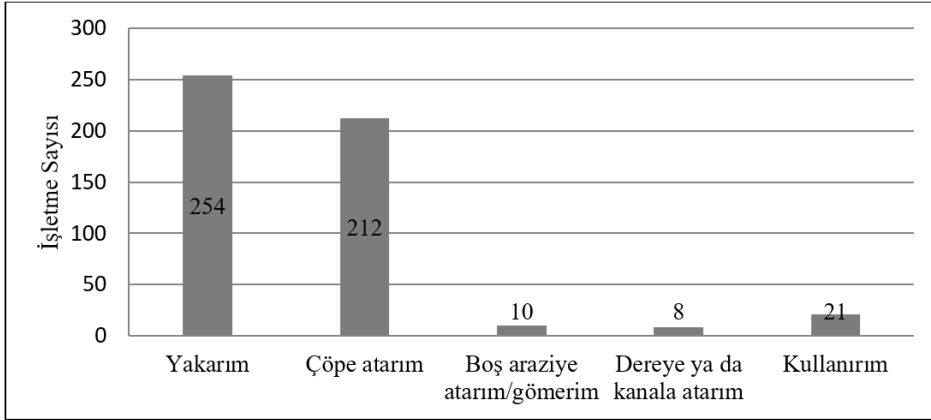
Boşalan ilaç kutularını yakan üretici oranını; (24), %68.50; (22), %55; (25), %50.00; (13), ise %42 olarak belirlemişlerdir.

Boşalan ilaç kutularının değerlendirilmesi ile ilgili bulguların (13, 22, 24, 25)'in bulguları ile benzerlik gösterdiği ve boşalan ilaç kutularının yakılması alışkanlıklarının devam ettiğini söylenebilir.

Amerika'da yapılan bir araştırmaya göre yerleşim merkezlerinde 2.4 D, atrazin, MCPA, parathionmethyl, molinate, malathion ve thiobencarp gibi ilaçların etkili maddeleri atmosferde tespit edilmiştir (26). Bu nedenle pestisitlerin kullanımına özen gösterilmeli ve atıkları çevreye rastgele bırakılmamalıdır (27). Tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı bölgelerde ilaç kutularının doğaya zarar verecek şekilde bertarafının önlenmesinin çevre sağlığı açısından önemli olduğu söylenebilir. Bu paralelde bu bölgelere ilaç kutuları için geri dönüşüm kutularının konulması ve üreticilerin bilinçlendirilmesi faydalı olabilecektir.

Üreticilerin ilaçlı suyu boşaltma yerleri ile üreticilerin ilaç kutularını imha yöntemleri arasında istatistiksel ilişki önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Dolayısıyla üreticilerin ilaçlı suyu boşalttıkları yer tercihleri ile ilaç kutularını imha etme yöntemlerinin çevreye benzer etkiler bıraktığı söylenebilir.

Gübre ambalajlarını imha yöntemlerine ait anket verileri incelendiğinde, üreticilerin %50.30'nun (254 işletme) yaktığı, %41.98'nin (212 işletme) çöpe attığı, %4.16'sının (21 işletme) kullandığı, %1.98'inin (10 işletme) boş araziye attığı ve/veya gömdüğü, %1.58'inin (8 işletme) ise su kaynaklarına attığı belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Üreticilerin gübre ambalajlarını imha yöntemleri

(11), üreticilerin %34.34'ünün kullanılan gübre poşetlerinin çöp kutularına attığını, %13.11'inin ise yaktığını belirtmişlerdir. (13), ise üreticilerin %15'inin kullanılan gübre poşetlerini çöp kutularına atıklarını, %24.00'ünün ise yaktığını ifade etmişlerdir.

Çalışma sonucunda gübre ambalajlarının değerlendirilmesi ile ilgili bulgular (11) ile (13)'ün çalışmalarındaki bulgular ile benzerlik gösterdiği ve üreticilerin gübre ambalajlarının bertaraf etme eğilimlerinde geçmişten kalma alışkanlıkların devam ettiği söylenebilir.

Soba ya da kalorifer ile ısıtma yapan üreticiler genellikle gübre poşetlerini ya da çuvallarını kazanlarda yakma eğilimi göstermektedir. Ancak gübre poşetlerinde ya da çuvallarında kalan kimyasal maddelerin sıcaklık ile temasının zararlı gazlar oluşturulabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu kapsamda pestisit kutularının değerlendirilmesinde olduğu gibi gübre poşet ya da çuvalları için de geri dönüşüm kutularının kullanılması çevre açısından daha faydalı olabilecektir.

Üreticilerin kimyasal gübrelerin çevreye zararları hakkındaki bilgi düzeyleri ile gübre ambalajlarını değerlendirme tercihleri arasındaki istatistiksel ilişki önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Üreticilerin kimyasal gübrelerin çevreye zararları



hakkındaki bilgi düzeylerinin, gübre ambalajlarını değerlendirme tercihlerine etki ettiğini söyleyebiliriz.

Ankete konu olan seraların ısıtılmasında %94.46'sında (477 işletme) soba kullanıldığı ve %5.54'ünde (28 işletme) ise kalorifer ile ısıtma yapıldığı tespit edilmiştir (Tablo 1).

<b>Tablo 1. Sera işletmelerindeki ısıtma yöntemleri</b>		
Sera Isıtma Yöntemi	İşletme Sayısı	%
Soba	477	94.46
Kalorifer	28	5.54
Toplam	505	100.00

(28), çalışmasında soba ile ısıtma yapan üreticilerin oranını %59.35 ve kalorifer ile ısıtma yapan üreticilerin oranını %14.23 olarak belirlemiştir. (29), örtü altı yetiştiriciliğinde kolay yakıt bulunabilirliğinden dolayı en fazla sobanın kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Çalışma alanında sera ısıtmasında en fazla sobanın tercih edildiği ve (28) ile (29)'un çalışmaları da ifade ettiği üzere üreticiler arasında soba kullanımı alışkanlığının devam ettiği görülmektedir. Bununla birlikte kalorifer ile ısıtma yapan seraların büyük işletmelere ait olduğu düşünülmektedir. Ayrıca soba ile ısıtma alışkanlığının devam etmesinin; küçük ölçekli üreticilerin sobaları, seraları düzenli ısıtmaktan ziyade don zararlarına karşı korumak için kullanılması ve soba ile ısıtmanın üreticiye iş yükü oluşturmaya rağmen kalorifer sisteminin ilk yatırım ve bakım maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Yetiştirilen ürünü dondan korumak için ısıtma yapan sera işletmesi oranının %97.63 (493 işletme) ve üründe verim artışı için ısıtma yapan sera işletmesi oranının ise %2.38 (12 işletme) olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

<b>Tablo 2. Üreticilerin seralarda ısıtma yapma nedenleri</b>		
Sera Isıtma Amacı	İşletme Sayısı	%
Dondan Korumak	493	97.63
Verim Arttırmak	12	2.38
Toplam	505	100.00

Araştırma alanından elde edilen bilgilerden anlaşılacağı üzere seralardaki ısıtmanın, bitkilerin ihtiyaç duyduğu sıcaklığı üretim sezonu boyunca sağlamak yerine, don tehlikesine karşı bitkileri soğuktan korumak amacıyla yapıldığı belirlenmiştir. (30), ılıman iklimlerde ısıtmanın yalnızca bitkiyi dona karşı korumak için yapıldığını ifade etmişlerdir.

(31), sadece don zararlarından korunmak amacıyla ısıtma yapıldığında gerek verimin, gerekse kalitenin düşmekte olduğunu ve hastalıkları kontrol etmenin zorlaştığını belirtmiştir. Serada don zararlarından korunmak haricinde yapılacak ısıtmanın verim ve kalite artışına katkı sağlayabileceğinin üreticiler tarafından benimsenmesinin yetiştiricilik açısından daha faydalı olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte verim artışı için yapılacak bir ısıtmanın üreticilere ek bir maliyet getirebilecek olmasından dolayı üreticilerin ısı korunumu amacıyla kullanılan yağmurlama sistemi, çift kat sera örtüsü kullanımı, ısı perdesi kullanımı gibi yöntemlere teşvik edilmesinin yetiştiricilik açısından daha faydalı olabileceği fikri öne çıkmaktadır.

Eğitim seviyesi ile sera ısıtma amacı arasındaki istatistiksel ilişki önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Dolayısıyla eğitim seviyesinin artmasının sera ısıtma amacına bir etkisinin olmadığını söyleyebiliriz.

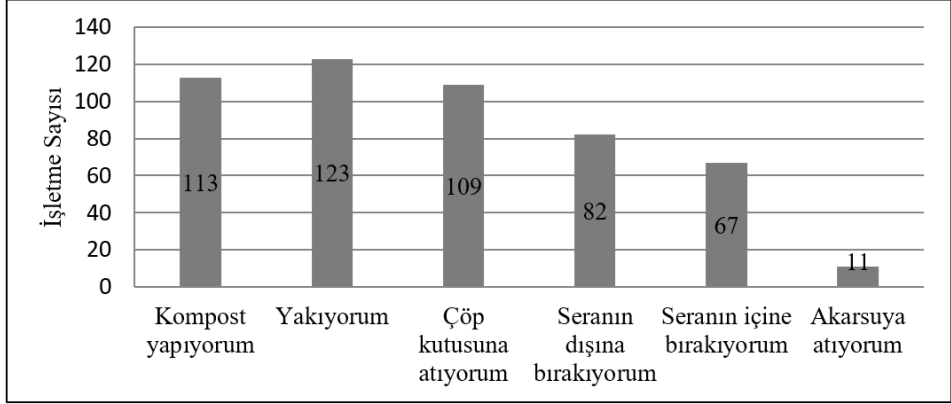
Fosil yakıt kullanımı ile ortaya çıkan atık maddelerin bertaraf edilmesine ait veriler incelendiğinde; üreticilerin %55.05'inin (278 işletme) çöp kutusuna attığı geriye kalan %44.95 (227 işletme) oranındaki üreticinin ise seradan uzak bir yere attığı veya gömdüğü tespit edilmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3. Fosil yakıt atıklarının imha yöntemleri**

Fosil Yakıt Atıklarının İmhası	İşletme Sayısı	%
Çöp Kutularına Atıyorum	278	55.05
Seradan Uzak Bir Yere Atıyorum veya Gömüyorum	227	44.95
Toplam	505	100.00

Sera dışındaki açık alanlara gelişi güzel atılan fosil yakıt atıkları yağmur ve rüzgâr etkisiyle toprak ve su kaynaklarını etkileyebilecektir (11). Bu kapsamda özellikle sera dışına dökülen ve gömülen fosil yakıt atıklarının çevreye zarar verebileceği söylenebilir. Aynı zamanda tam olarak sönmemiş olan atıkların yangına neden olma ihtimali bulunmaktadır. Seracılık faaliyetlerinin yapıldığı bölgelere ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından fosil atık kutularının konulması olası çevre tahribatını önleyebilecektir.

Ortaya çıkan bitkisel atıkları işletmelerin, %24.35'inin (123 işletme) yaktığı, %22.38'nin (113 işletme) kompost yaptığı, %21.58'nin (109 işletme) çöp kutusuna attığı, %16.24'nün (82 işletme) sera dışına, %13.27'sinin (67 işletme) sera içerisine ve %2.18'nin (11 işletme) ise akarsulara attığı tespit edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Budamadan ve hasattan sonra ortaya çıkan bitkisel atıkların imha yöntemleri

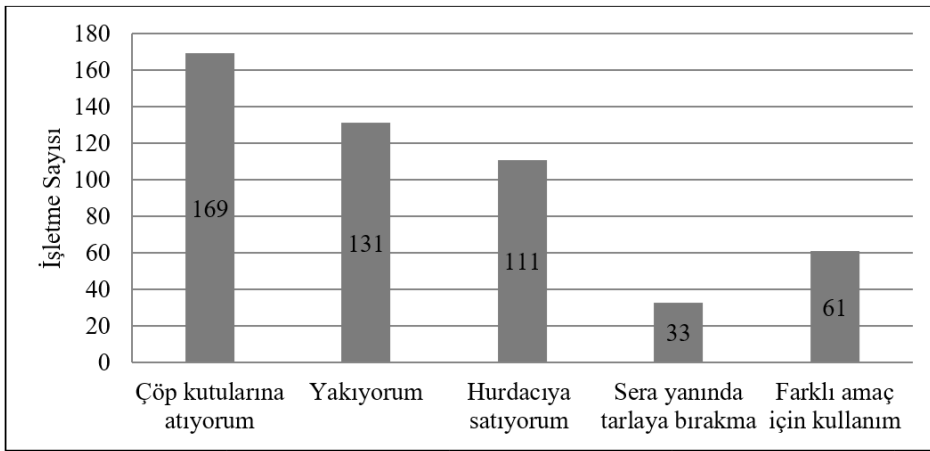
Bitkisel atıkların kompostlaştırılması ile önemli miktarda bitki besin maddesi topraklara kazandırılacak, kimyasal gübrenin azaltılması ve bu atıkların yakılması ile meydana gelen çevre kirliliği engellenecektir (32). Araştırma alanında ortaya çıkan bitkisel atıkları kompost yaparak değerlendiren %22.38 oranındaki işletmenin gerek yetiştiricilik açısından gerek ise çevre kirliliğinin engellenmesine katkı sağlaması açısından olumlu bir konumda olduğunu düşünülebilir. Bununla birlikte üreticilerin bu konu hakkında daha fazla bilinçlendirilmesi ve desteklemesi gerektiğini de söyleyebiliriz. Aynı zamanda üreticilerin kompost makinesine erişimlerinin kolaylaştırılması kompost yapımına olan eğilimi arttırabilecektir.

Tarla ve bahçe ürünlerinin atıklarının ek olarak örtü altı yetiştiriciliğinde büyük miktarlarda tarımsal atıklar meydana gelmektedir. Seralarda her yıl yüksek miktarda bitkisel biyokütle atığı meydana gelmektedir. Bu atıklar sera yakınlarına, deniz kenarlarına, dere yataklarına, çöp alanlarına atılmakta; kurduktan sonra yakılmakta veya örtü altında parçalayıcı ile parçalanıp toprağına eklenmektedir. Atıkların böyle kullanılması hava, çevre ve görüntü kirliliğine sebep olmaktadır. Bu nedenle örtü altı alanlarında her sezon oluşan yüksek orandaki biyokütle potansiyelinin değerlendirilip ülke ekonomisine eklenmesi gerekmektedir (33). (34), yapmış oldukları çalışmada Antalya ilinde sera atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin yıllık Antalya ili için  $170.39 \times 10^6$  MJ olduğunu; (35), Antalya ilinde sera atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisi miktarının

yıllık 8 035 073.43 MJ olarak belirlemişlerdir. Bu doğrultuda seralarda oluşan atıklardan elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi yardımı ile elde edilebilecek elektrik enerjisinin tarımsal sulama için kullanılan elektrik enerjisinde veya sera ısıtmasında kullanılabilirliği de düşünülebilir. Sera atıklarından elde edilebilecek enerjinin tekrar sera yetiştiriciliğinde kullanılması durumunda hem üretimin artabileceği hem de tarımsal sulama elektriği maliyetleri ile ısıtma maliyetlerinin düşebileceği düşünülmektedir.

Üreticilerin pestisit kalıntıları hakkındaki bilgi düzeyleri ile budamadan ve hasattan sonra ortaya çıkan bitkisel atıkları değerlendirme tercihleri arasında istatistiksel ilişki önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Üreticilerin pestisit kalıntıları hakkındaki bilgi düzeylerinin budamadan ve hasattan sonra ortaya çıkan bitkisel atıkların nasıl değerlendirildiğinde etkili olduğu söylenebilir

Çalışma alanında seralarda kullanım ömrünü tamamlamış olan örtü malzemelerinin imha yöntemlerine bakıldığında; işletmelerin %33.47'sinin (169 işletme) plastik örtü malzemelerinin değiştirdikten sonra çöp kutularına attığı, %25.94'ünün (131 işletme) yaktığı, %21.98'inin (111 işletme) hurdacıya sattığı, %12.08'inin (61 işletme) kullandığı ve %6.53'ünün (33 işletme) seranın yanında tarlaya bıraktığı görülmüştür (Şekil 8).

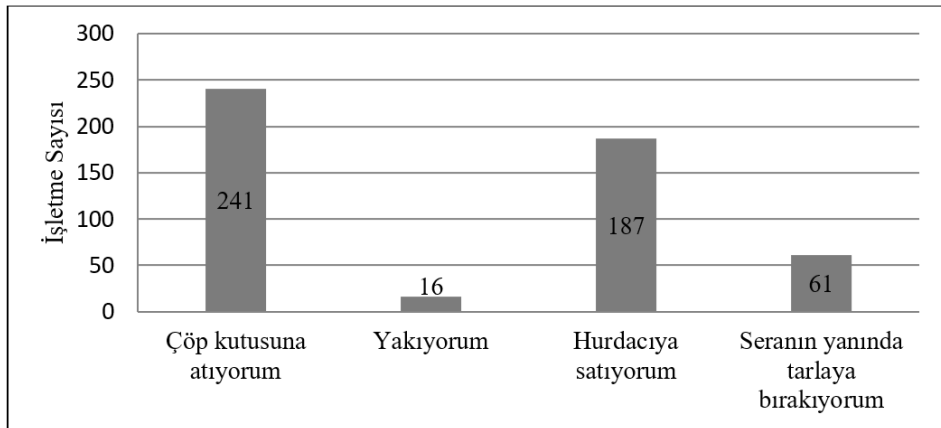


Şekil 8. Değiştirilen örtü malzemesinin imha yöntemleri

Tarımsal faaliyetlerde kullanılan plastikler fiziksel özelliklerinin zamanla kaybetmektedirler (36). Bunların sürekli yenilenmesi, düzgün yönetilmesi gereken atık maddeleri oluşturmaktadır (37). Günümüzde, tarımda lateral ve örtü malzemesinde PE kullanılmaktadır. Plastikler, yıllar süren bozulmada besin

zincirine karışarak kirletici unsur olmaktadır (38). Önceki çalışmalarda, mikro plastiklerin toprakta çözünmeden senelerce durabildiği ve bunun neticesinde mikro plastiklerin toprakta yaşayan organizmalara zarar verdiği belirlenmiştir (39). Ayrıca; bitki kökleri besin maddelerine ulaşmak için toprakta, çok ince de olsa plastik poşetlerden dolayı besinlere ulaşamazlar ve tam gelişmezler (40). Bu olay; bilhassa üretimin sezonluk olarak gerçekleştiği sera yetiştiriciliğinde gerek ürün kalitesinin bozulması gerek ise ürünün pazara sunulma süresi bakımından arzu edilmeyen bir durumdur. Organik atıkların doğadaki bozulma süreleri kısa olup, plastiklerin doğada çok daha özenle imha edilmesi zorunludur. Günümüzde geri dönüşümün ekonomik bir kazanımı olmasından dolayı plastik kökenli malzemelerin çevresel etkileri biraz da olsa azaltmıştır (14). Çalışma alanındaki üreticilerin %32.47'sinin yakma ve seranın yanında tarlaya bırakma şeklinde imha ettiklerini belirtmesine karşın üreticilerin %55.45'nin çöp kutularına atmasının ve hurdacıya satmasının bu konuda çevre bilincinin gelişmeye başladığının göstergesi olduğu varsayılabilir

Ankete konu olan sera işletmelerinde eskiyen damla sulama laterallerinin imha durumlarına ait veriler incelendiğinde; işletmelerin %47.72'sinin (241 işletme) çöp kutusuna attığı, %37.03'ünün (187 işletme) hurdacıya sattığı, %12.08'nin (61 işletme) seranın yanında tarlaya bıraktığı ve %3.17'sinin (16 işletme) yakıtı görülmüştür (Şekil 9).



Şekil 9. Üreticilerin değiştirilen damla sulama laterallerini imha yöntemleri

Damla sulama lateralleri polietilen malzemeden üretilmektedir. Petrolden elde edilen PE, plastik atık olarak doğaya bırakıldıklarında, toprakta uzun süre çürümediğinden kirliliğe sebep olmaktadır. Yakıldıklarında ise toksik maddelerin

salınımı meydana gelmektedir (41). Çalışma alanında damla sulama yönetimini üreticilerin tamamının kullanıyor olması sulama açısından olumlu bir durum olması ile birlikte üreticilerin %84.75'nin bu laterelleri çöp kutusuna atma ve hurdacıya satma eğiliminde olmasının çevresel açıdan da faydalı olduğunu söyleyebiliriz. Ancak bununla birlikte üreticilerin %15.25'inin bu lateralleri yakıyor olmasının ve seranın yanında tarlada bırakması; bu atıkların çevresel kirlilik oluşturduğunun bir göstergesidir. Bu atıkların geri dönüşüm ile tekrar kullanıma kazandırılmasının çevre kirliliğinin azaltılması açısından daha yararlı olacağı düşünülmektedir.

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Üreticilerin %50.30'nun boşalan gübre ambalajlarını yaktığı; %1.98'inin boşalan gübre ambalajlarını boş araziye attığı ve/veya gömdüğü belirlenmiştir. Ayrıca üreticilerin %67.92'sinin boşalan ilaç kutularını yaktığı ve %8.32'sinin boşalan ilaç kutularını gömdüğü belirlenmiştir. Bu davranışı sergileyen üreticilerin çevreye verdikleri zararın farkında olmadıkları düşünülmektedir. İlaç kutuları ve gübre ambalajları toprağa atıldıklarında toprağı kirletmekte ve yakıldıklarında ise kutu ve ambalajlarda kalan kimyasal maddelerin atmosferde kirlige neden olduğu konusunda üreticilere yönelik yayım faaliyetleri yapılmalıdır. Üreticilerin %44.95'inin ısıtma sonrası ortaya çıkan fosil atıklarını seradan uzak bir yere attığı veya gömdüğü belirlenmiştir. Bölgede iklimden dolayı üretim aşamalarında ısıtma ihtiyacı bulunmaktadır. Ancak ısıtma sonucu ortaya çıkan fosil yakıt atıklarının bertafı zorunludur. Bu atıkların özellikle su kaynaklarına dökülmesi engellenmelidir. İlgili kuruluşlarca bu bölgelere bu amaçla çöp kutularının konulması çevre kirliliğinin engellenmesi açısından yararlı olacaktır. Üreticilerin %24.35'inin budamadan ve hasattan sonra ortaya çıkan bitkisel atıkları yaktıkları belirlenirken; %22.38'inin bu atıkları kompost yaptığı tespit edilmiştir. Üreticilerin üretim sırasında ortaya çıkan bitkisel atıkları kompost olarak değerlendirmelerine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Sera bitki atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi hem topraklardaki organik madde miktarını arttırarak kimyasal gübre kullanımını azaltabilecek hem de yakılmasının önüne geçilerek çevre kirliliği engellenecektir. Üreticilerin %25.94'ünün plastik örtü malzemesin değiştirildikten sonra yaktığı ve üreticilerin %3.17'sinin değiştirilen damla sulama laterallerini yaktığı belirlenmiştir. Bu davranışlarda bulunan üreticilerin plastiğin çevreye zarar verecek olmasını önemsemediği düşünülmektedir. Üreticilerin, kullanım ömrü tamamlanan plastik materyalleri çevreye zarar vermeden bertaraf edebilmesi için gerekli tedbirlerin yetkili kurumlarca alınması gerekmektedir.

Çalışma alanındaki sera faaliyetlerinde kirletici unsurlarda hataların yapıldığı, ancak uygulamalarda düzelmelerin olduğu bununla birlikte üreticilerin üretim sırasında ortaya çıkan kirletici unsurları uygun bir şekilde bertaraf etmeye çalıştığı, ancak yeterli düzeyde olmadığı söylenebilir. Ancak bu durumun pozitif olarak artması için tarımsal kuruluşların bu konuda daha fazla üreticiye yönelik eğitim çalışmaları yapmalarının gerekliliğinden bahsedebiliriz. Çalışmamızın tarımsal alanlarda girdi kullanımı neticesinde ortaya çıkacak olan kirletici unsurların önlenmesine yönelik faaliyetlere yol göstermesi ve bundan sonra bu konu üzerinde çalışma yapacak olan araştırmacıların çalışmaları için bir zemin oluşturması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Korkmaz, K. (2007). Küresel ısınma ve tarımsal uygulamalara etkisi. *Alatırım*, 6(2), 43-49.
2. Dişbudak, K. (2008). *Avrupa Birliği'nde Tarım-Çevre İlişkisi ve Türkiye'nin Uyumunu*. (AB Uzmanlık Tezi, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Koordinasyon Dairesi Başkanlığı)
3. Parlakay, O., Çelik, A. D., & Kızıltuğ, T. (2015). Hatay ilinde tarımsal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 17-26.
4. Wilson, C., & Tisdell, C. (2001). Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics*, 39(3), 449-462.
5. Tiryaki, O., Canhilal, R., & Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 154-169.
6. Karaer, F., & Gürlük, S. (2003). Gelişmekte olan ülkelerde tarım-çevre-ekonomi etkileşimi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 4(2), 197-206.
7. Filho, A. M., Neves dos Santos, F., Afonso de P., & Pereira, P. (2010). Development, validation and application of a method based on DI-SPME and GC-MS for determination of pesticides of different chemical groups in surface and groundwater samples. *Microchemical Journal*, 96, 139-145.
8. Taşkaya, B. (2004). Tarım ve çevre. *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Bakış Dergisi*, 5(1), 1-8.
9. Sönmez, İ., Kaplan, M., & Sönmez, S. (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2), 24-34.
10. Alper, S. (2010). *Türkiye'de Bitkisel Üretimde Girdi Kullanımının Yarattığı Çevresel Sorunlar*. (Uzmanlık Tezi, TÜİK Samsun)
11. Boyacı, S., & Kartal, S. (2019). Sera işletmelerinde ortaya çıkan tarımsal atıkların neden olacağı çevre sorunlarının belirlenmesi ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(Özel Sayı), 51-60.
12. Mugnozza, G. S., Sica, C., & Russo, G. (2011). Plastic materials in European agriculture: actual use and perspectives. *Journal of Agricultural Engineering*, 42(3), 15-28. <https://doi.org/10.4081/jae.2011.3.15>

13. Güzey, S., & Atılğan, A. (2015). Sera yetiştiriciliğinde kirletici faktörlerin belirlenmesi: Denizli İli örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 22-33.
14. Atılğan, A., Sarı, Ü., Saltuk, B., & Ertop, H. (2021). Manavgat ilçesinin örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde kirletici faktörler ve çevresel etkilerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25, 802-809. <https://doi.org/10.31590/ejosat.956632>
15. Atılğan, A., Coşkan, A., Saltuk, B., & Erkan, M. (2007). Antalya yöresindeki seralarda kimyasal ve organik gübre kullanım düzeyleri ve olası çevre etkileri. *Ekoloji*, 15(62), 37- 47.
16. Aydın, G., Karakurt, İ., & Aydın, K. (2011). Antropojenik metan emisyonlarının sektörel analizi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi*, 4(1), 42-51.
17. Şahin, G., & Onurbaş Avcıoğlu, A. (2016). Tarımsal üretimde sera gazları ve karbon ayak izi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(3), 157-162.
18. Çerçioğlu, M. (2019). Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1), 167-177
19. Şensoy, S., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., & Matzarakis, A. (2020). Antalya'nın termal konfor özellikleri, iklim model verileri kullanılarak gelecek projeksiyonları ve turizme etkileri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18(2), 124-160. <https://doi.org/10.33688/aucbd.706150>.
20. Oğuz, C., & Karakayacı, Z. (2017). *Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklem Metodolojisi*. Atlas Akademi, Konya.
21. Tekin, V. N. (2009). *SPSS Uygulamalı İstatistik Teknikleri*. Seçkin Yayıncılık.
22. Akar, Ö., & Tiryaki, O. (2018). Antalya ili'nde üreticilerin pestisit kullanımı konusunda bilgi düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1), 60-70.
23. Yıldız, M., Gürkan, O., Turgut, C., Kaya, Ü., & Ünal, G. (2005). Tarımsal Savaşmada Kullanılan Pestisitlerin Yol Açtığı Çevre Sorunları. VI. *Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*. 3-7 Ocak, Ankara, 649-667.
24. Erdil, M., & Tiryaki, O. (2020). Manisa ilinde çiftçilerin tarım ilaçları kullanımını konusundaki bilinç düzeyi ve duyarlılıklarının araştırılması. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 81-92. <https://doi.org/10.28979/comufbed.650582>
25. Çelik, A., & Karakaya, E. (2017). Bingöl ili Adaklı ilçesi elma üreticilerinin tarımsal ilaç kullanımında bilgi tutum ve davranışlarının değerlendirilmesi ve ekonomik analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 119-129. <https://doi.org/10.30910/turkjans.307405>
26. Kük, M. (2008). *Avrupa Birliğinde Çevreye Duyarlı Tarım Politikaları ve Türkiye'nin Durumu*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
27. Atılğan, A., Öz, H., Yılmaz, H. I., & Uzer, H. (2014). Determination of current status in the resulting of waste materials from production of greenhouse and its environmental interaction. In *13th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings*. (pp. 120-125)
28. Ertop, H. (2017). *Seralarda Isıtma ve Serinletme Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
29. Ertop, H., & Atılğan, A. (2017). The determination of properties of heating and cooling systems in greenhouse. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3(2), 1115-1129. <https://doi.org/10.14597/infraeco.2017.3.2.085>



30. Büyüктаş, K., Atılğan, A., & Tezcan, A. (2016). *Tarımsal Üretim Yapıları*. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
31. Sevgican, A., Tüzel, Y., Gül, A., & Eltez, R. Z. (2000). Türkiye'de Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliği. *V. Türkiye Ziraat Teknik Kongresi*. 17-21 Ocak, Ankara, 679-707.
32. Çıtak, S., Sönmez, S., & Öktüren, F. (2006). The usage possibility of plant origin wastes in agriculture. *Derim*, 23, 40-53.
33. Bilgin, S., Ertekin, C., & Kürklü, A. (2012). Türkiye'deki Sera Bitkisel Biyokütle Atık Miktarının Belirlenmesi. *27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi*. 5-7 Eylül. Samsun, 499-508.
34. Ertop, H., & Atılğan, A. (2019). Bitkisel Üretimde Ortaya Çıkan Atıkların Potansiyel Biyogaz Enerji Değerlerinin Belirlenmesi: Sera Yetiştiriciliği Örneği. *Ispec 3. Uluslararası Tarım, Hayvancılık ve Kırsal Kalkınma Kongresi*. 20-22 Aralık, Van, 961- 971.
35. Atılğan, A., Saltuk, B., Ertop, H., & Aksoy, E. (2020). Sera Atıklarından Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması: Antalya ili örneği. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences International Indexed & Refereed*, 7(12), 19-30.
36. Picuno, P. (2014). Innovative material and improved technical design for a sustainable exploitation of agricultural plastic film polymer. *Plastics Technology and Engineering*, 53(10), 1000-1011. <https://doi.org/10.1080/03602559.2014.886056>
37. Briassoulis, D., Hiskakis, M., Babou, E., Antiohos, S. K., & Papadi, C. (2012). Experimental investigation of the quality characteristics of agricultural plastic wastes regarding their recycling and energy recovery potential. *Waste Management*, 32(6), 1075-1090.
38. Durak, S. G. (2016). Investigation and evaluation of the effect to environmental pollution of plastic shopping bags. *Turkish Journal of Scientific Reviews*, 9(2), 20-24.
39. Denizli, A., & Yavuz, H. (2017). Mikroplastikler ve dünyamız. *TÜBA-Günce Dergisi*, (55), 64-66.
40. Kılıçer, E. (2018). Plastik poşet vergisi ve örnek ülke uygulamaları. *Vergi Sorunları Dergisi*, 357, 55-64.
41. Alkan, M. (2013). *Biyoplastik Malzeme Kullanılarak Yassı Damla Sulama Borusunun Geliştirilmesi*. (Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)



## Bölüm 9

# HAYVANCILIKTA MODERN TEKNOLOJİLER VE GELECEK BEKLENTİLERİ

Müge ERKAN CAN<sup>1</sup>

### 1. GİRİŞ

Tarih boyunca, insanlığın en önemli ekonomik ve besin kaynaklarından biri hayvancılık olmuştur. Deri, yün, süt ve et gibi hayvansal ürünler, tarım ekonomisi ve gıda güvenliği açısından hayati önem taşımaktadır. Ancak artan dünya nüfusu, değişen tüketici beklentileri ve çevresel baskılar nedeniyle hayvancılık sektöründe önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Teknoloji ve sürdürülebilirlik anlayışı, modern hayvancılığın geleneksel yöntemlerden giderek uzaklaşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, hayvancılıkta ortaya çıkan son trendler, sektörün geleceğini şekillendiren faktörlerdir.

Hayvancılık sektörü dünya çapında oldukça dinamiktir. Hayvancılık ürünlerine olan talebin hızla artmasına yanıt olarak sektör de evrimleşmektedir. Bazı coğrafyalarda ve gelişmiş ülkelerde hayvancılık ürünlerine olan talep durağanlaşırken, birçok üretim sistemi daha verimli ve daha çevre dostu uygulamalar takip etme çabasına girmektedir. Farklı hayvancılık sistemlerindeki üretim tepkisi, bilim ve teknoloji ile hayvan sayısındaki artışla bağlantılıdır. İnsan nüfusu, gelir ve kentleşme, hayvancılık ürünlerine olan talepteki tarihi değişikliklere neden olmuştur.

Hayvancılık, gelişmekte olan topluluklar için riskleri azaltmada, temel besinleri sağlamada ve ürün yetiştirmeyi desteklemede önemli bir rol oynar. Gelişmiş ülkelerde tarımsal üretimin yarısından fazlası hayvancılığa bağlıyken, gelişmekte olan ülkelerde bu pay yaklaşık üçte birdir (1). Nüfus artışı, gelir artışları, kentleşme ve değişen tüketim kalıplarının etkisiyle gelişmekte olan ülkelerin küresel et tüketiminin üçte ikisini ve küresel süt tüketiminin yarısından fazlasını gerçekleştirmesi beklenmektedir (2).

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, merkan@cu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-0744-1496

2050 yılına kadar dünya nüfusunun 10 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu ivme, gıda talebinde önemli bir artışa yol açacaktır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) raporlarına göre, hayvansal protein tüketimi de önemli ölçüde artacaktır. Bu artış, özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha belirgin hale gelecektir. Sürekli nüfus artışı, tarımda gıda kıtlığı sorunlarıyla karşı karşıya kalınabileceğinin bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Gıda kıtlığını hafifletmek için, hayvansal üretim gıda maddelerinin tedarikinde önemli bir rol oynar. Hayvansal üretimde ileri teknolojilerin kullanılması, üretimi önemli ölçüde artırabilir. Bu nedenle, geleneksel hayvancılık yöntemlerinin artan talebi karşılayamayacağı düşünülmektedir. Koşullara ayak uydurabilmek için hayvancılık sektöründe verimliliği artıran ve çevresel etkileri azaltan yeni yöntemler gereklidir. Teknolojik yenilikler ve sürdürülebilir tarım uygulamaları, son yıllarda bu gereksinimi karşılamada öncü olmuştur.

Hızla artan dünya nüfusu, değişen tüketici talepleri ve çevresel sürdürülebilirliğe dair artan kaygılar, hayvancılık sektöründe yeni ve teknolojik yaklaşımların benimsenmesini teşvik etmektedir. Tarım ve hayvancılık uygulamaları, özellikle sanayileşmenin artmasıyla daha yoğun ve büyük ölçekli bir hal alırken, verimlilik artışı, maliyet azaltımı ve kaynakların sürdürülebilir yönetimi giderek daha kritik konular haline gelmiştir. Bu doğrultuda, hayvancılıkta akıllı sistemlerin geliştirilmesi ve kullanımı, hem üretkenlik hem de hayvan refahı açısından ülkeler ve gelişmekte olan sektörler adına köklü bir dönüşüm potansiyeli taşımaktadır. Türkiye'de de bu konuda yapılanma çalışmaları halen sürmektedir. Yetkili makamların yapay zekayı genetik kaynakları, hayvan üretimini geliştirmek ve yeni yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağlamak için iyi bir seçenek olarak gördüğü belirtilmiştir (3).

Hayvansal üretim, temel besinleri sağlayan ve geçim kaynaklarını destekleyen küresel gıda sisteminin önemli bir bileşenidir. Hayvancılık üretimi, dünyanın gıda tedarikine önemli bir katkıda bulunur. Sığır, koyun, keçi, domuz ve kümes hayvanları dahil olmak üzere hayvancılık; yüksek kaliteli hayvansal protein, vitamin ve mineraller gibi temel besinler ile süt, yumurta ve yün gibi değerli yan ürünler sağlar. Hayvancılık ayrıca, gübreleme için gübre desteği sağlayarak ve toprak sağlığını da iyileştirerek tarımsal sürdürülebilirliğe katkıda bulunur (4).

Hayvansal üretim esas olarak üç ana (hayvan yetiştiriciliği ve genetiği, hayvan beslenmesi ve üreme performansları) ve beş ara (sağlık gözlemi, çiftlik yönetimi, su, gübre, makine, çevre kontrolü, sağım otomasyonu ve elektronik kimlik) başlık olmak üzere sekiz faktörden oluşur. Bu sektörlerde ileri teknolojilerin

kullanımının, gıda güvenliği açısından sürdürülebilir hayvancılık oranını ve insanlığın refahını artırarak katkı sağlayıcı olduğu gözlenmiştir (5).

Teknolojik gelişmelerin tarım sektörüne entegrasyonu, hayvancılık sektöründe de önemli yansımalar bulmuştur. Bu bağlamda, akıllı sistemleştirme, hayvancılık uygulamalarında daha sürdürülebilir, verimli ve etik bir yaklaşımın temel taşı haline gelmektedir. Hayvan sağlığı ve refahı, verimlilik, sürdürülebilir üretim süreçleri ve çevresel etki gibi unsurlar, yeni nesil hayvancılık teknolojilerinin odak noktalarındandır.

Hayvancılıkta teknolojinin kullanılması, üretimi arttırmakla birlikte yatırım maliyetlerini de yükseltmektedir. Günümüzde kullanılan akıllı çiftlik sistemleri, hayvanların beslenme ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş şekilde; yem dağıtımından süt sağım robotlarına kadar çeşitli hizmetler sunar. Bu hizmetler modern teknoloji barındırır ve geleneksel yöntemlerden farklıdır. Süt sığırcılığında robotik sağım makinelerinin kullanılmasının, süt verimliliğini artırırken aynı zamanda insan kaynaklı hataları azaltıyor oluşu akıllı çiftlik sistemlerine oldukça yaygın uygulama ağı olan bir örnek olarak verilebilir.

Yapay zeka destekli algoritmalar hayvanların sağlık durumlarını da izleyerek önleyici tedavi ve erken teşhis süreçlerini kolaylaştırmaktadır. Bu sayede hayvan kaybının azalacağını ve genel üretkenliğin artacağını söylemek mümkündür. Ancak bu uygulamalar ve süreçler devam ederken kontrol ve işleyiş bakımından tüm sistemin yetkili ve donanımlı bir denetleyici tarafından gözlenmesi gerekir. Eğer sistem hata verirse veya yanlış ağ kurulumu söz konusu olursa uzman denetçinin sorunun tespitini anında yapması ve zincir hatalara engel olması beklenecektir.

Dijitalleşme ve teknoloji, hayvancılık sektörünün gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Farklı yazılımlar ve internet, teknolojiadaki gelişmeler sayesinde bu alandaki çalışmaları da hem hızlandırmış hem de kapsamlarını genişletmiştir. Çiftçilerin, hayvan üretiminin, yeteneğinin ve karlılığın artması ve hayvancılığın sürdürülebilirliği için hızlı bir yol açılması bakımından teknolojik ilerlemelerden memnun olduklarını söylemek mümkündür.

Dijitalleşme, büyük veri (big data), nesnelerin interneti (IoT), makine öğrenimi, robotik sistemler, otomasyon teknolojilerinin kullanımı ve yapay zeka (AI) gibi teknolojiler, kaynak yönetimi, verimlilik ve hayvan sağlığı gibi alanlarda yenilikçi çözümler sunar. Örneğin, giyilebilir teknolojiler ve sensörler, hayvanların sağlık durumlarını sürekli olarak izleyerek hastalıkları erken tespit edebilir. Bu tür uygulamalar hem hayvan refahını hem de mali kayıpları azaltır. Büyük veri

analitiği, kaynak kullanımını daha verimli hale getirmek, üretim maliyetlerini düşürmek ve çiftlik yönetim süreçlerini optimize etmek için de kullanılır. Bu teknolojilerin kullanıldığı “akıllı çiftlikler”, çağdaş hayvancılığın geleceğinde önemli bir rol oynayacaktır.

Hayvancılıkta teknolojinin ilerlemesi, sektörün karşı karşıya olduğu sorunları çözmek için yeni çözümler sunmaktadır. Teknoloji destekli akıllı sistemler, gelişmiş üretkenlik, hayvan refahı ve çevresel sürdürülebilirliğe odaklanmaktadır. Hayvancılık sektöründe daha verimli ve sürdürülebilir bir yapı, gelecekte bu teknolojilerin daha yaygın hale gelmesi ve özellikle küçük ölçekli üreticilere ulaşmasının artmasıyla ortaya çıkacaktır. Bu bağlamda, hayvancılık teknolojisinin geliştirilmesi, dünya çapında gıda güvenliğini ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için çok önemlidir.

Bu incelemede, hayvancılık sektörünü kapsayan yenilikçi yaklaşımlar, teknoloji kullanımının gelişimi, modern trendler ve teknikler, literatür bilgisi ışığında, avantajları ve dezavantajları ile birlikte ele alınmaktadır.

## **2. YETİŞTİRİCİLİK, ÜREME, SAĞLIK VE GENETİK ALANINDAKİ TEKNOLOJİLER**

Hayvan büyümesinin, vücut kompozisyonunun, yem gereksinimlerinin, hayvandan çıkan atık ürünlerin ve üretim maliyetlerinin sağlam tahminleri konusunda hala büyük bir çalışma gündemi bulunmaktadır. Bu tür çalışmalar, hayvancılık üretiminin verimliliğinin artırılmasına ve tüketicilerin beklentileri ile düzenleyici otoritelerin taleplerinin karşılanmasına yardımcı olmak için uzun bir yol kat edebilir. Genomik, transkriptomik, proteomik ve metabolomikteki gelişmeler, hayvan beslenmesi alanına ve büyüme ve gelişmeyle ilgili tahminlere katkıda bulunmaya devam edecektir (6).

Hayvan beslenmesinde yer alan süreçlerin daha iyi anlaşılması, hayvan performansının yüksek seviyelerinde ortaya çıkan bazı dengelerin, örneğin daha düşük üreme performansı ile ilişkili olanların daha iyi yönetilmesine de katkıda bulunabilir (7).

Hayvan yetiştiriciliği ve genetiği alanı, hayvan üretim çiftliklerinin omurgası ve üretim ünitesinin başarısıdır. Yeni çağ teknolojilerinin kullanımı olmadan, yüksek damızlık değerlerine sahip hayvanlardan uygun performans elde edemeyiz (8). Artık, domuz, koyun, keçi, sığır, manda, deve, at vb. gibi her tür hayvanda çok yaygınlaşan yapay tohumlama, üremede çok erken teknik modernizasyon olduğu için kolay ve ucuz bir işlemdir (3, 9).

Üreme, hayvan üretiminin temel taşı olarak durmaktadır ve üreme yetersizliği küresel çapta önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Üreme fizyolojisindeki gelişmelere rağmen, düşük gebe kalma oranları ve yüksek embriyonik ölüm oranı gibi sorunlar devam etmektedir (10). Gelecekteki tarımsal ihtiyaçları karşılamak için araştırmacılar, modern üreme biyoteknolojileri (11) dahil olmak üzere ortaya çıkan teknolojilerden yararlanmalıdır. Yapay tohumlama (AI), embriyo transferi (ET), in vitro fertilizasyon (IVF), klonlama ve transgenез gibi yardımcı üreme teknikleri, üreme verimliliğini artırmak, kısırılığı yenmek ve hastalıkları kontrol etmek için geliştirilmiştir (12, 13). Bu teknolojiler, nesil aralıklarını azaltmayı ve üreme popülasyonları arasında genetik materyal yaymayı amaçlamakta (14), genetik olarak üstün hayvanlardan elde edilen yavru sayısını artırmayı ve kısırılık veya yarı kısırılık gösteren hayvanların genetik havuzunu korumayı hedefleyerek, üstün germ plazmasının daha geniş bir şekilde kullanılması için fırsatlar sunmaktadır (15). Tüm bu yeni çağ teknolojilerine rağmen, eski genetik yapı hayvan kategorisinin korunması ve bir hayvanın yeni sağlık felaketlerine karşı mücadele için elzemdir. Tüm bu yenilikçi teknikler, girdiye kıyasla çıktıyı artırarak hayvan üretiminin iyileştirilmesi için elzemdir. (5)

Üreme, her zaman özel bakım gerektiren ve zamanında kızgınlık tespiti, buzağılama aralığının yönetimi ve doğru gebelik teşhisi (PD) gibi bazı temel önemli faktörleri içeren herhangi bir çiftliğin ilerlemesi için elzemdir. Farklı ülkelerde, kızgınlık tespiti çoğunlukla görsel gözlemlerle manuel olarak yapılabilirken, yeni çağ teknolojilerinin ilerici inovasyonu hayvan üretim alanında modernleşme yaratır. Radyo-telemetri, hayvanlarda östrus tespiti için kullanılan otomatik bir cihazdır. Maliyeti yüksektir, ancak bir östrus döngüsünü kaçırmamanın kaybindan daha fazla değildir. Göncü ve Güngör (8), östrus tespit hatasının tek bir inek için 40 ila 130 dolar kayba neden olduğunu bildirmiştir (5).

Geleneksel hayvancılık geliştirme programları aracılığıyla evcil hayvan popülasyonlarında genetik iyileştirme, esas olarak, çiftleştirildiklerinde mevcut neslin ortalamasından daha iyi performans gösteren yavrular üretmesi beklenen erkek ve dişilerin seçilmesini içerir. Performans genellikle birden fazla özelliğin veya niteliğin birleşimini içerir ve bunların çoğu niceliksel niteliktedir. Hayvancılıkta, çevreden etkilenen birden fazla veya çok sayıda gen tarafından kontrol edilen niceliksel özellikler arasında süt verimi, yağ verimi, süt hayvanlarında protein verimi, et üreten hayvanlarda büyüme hızı, şişmanlık ve yem alımı gibi özellikler bulunur. Üreme için kullanılacak bireyleri tanımlamak için kullanılan ana kriterler, ilgi duyulan özellikler için üreme değerlerinin tahminleridir (16).

Modern üreme biyoteknolojileri; üretimi, üretkenliği, üreme verimliliğini ve genetik iyileştirmeyi artırmayı hedefler. Yapay tohumlama (AI) ve semen muhafazası yaygın olarak kullanılır ve AI sığırlarda üretim verimliliğini artırmak için basit, ekonomik ve başarılı bir araçtır (17). AI'nın başarısı spermin vücut dışında hayatta kalmasına, dışı genital yoluna etkili bir şekilde yeniden sokulmasına ve dişilerde doğurganlık döneminin belirlenmesine dayanır (18). AI genetik iyileştirmeye önemli ölçüde katkıda bulunur ve ticari sürü genetik ilerlemesinin yaklaşık %90'ı AI kullanımına atfedilir (14). Yapay tohumlama, in vitro üretim, süpervim, embriyo transferi, transgenезis ve klonlama gibi yardımcı üreme teknolojilerindeki (Assisted Reproductive Technologies-ART) gelişmeler hayvancılıkta önemli hale gelmiştir. Bu teknikler başlangıçta üreme sorunlarının üstesinden gelmek için ortaya atılmış olsa da hayvancılık üzerinde önemli etkileri olmuştur (19). Yapay tohumlama (AI) ve embriyo transferi (ET), gelişmiş ve gelişmekte olan hayvancılık üretiminde benimsenen muhtemelen en iyi bilinen yöntemlerdir (20).

Sensör teknolojileri iki farklı kategoride incelenebilir; giyilebilir cihazlar ve çevre tabanlı sensörler. Giyilebilir sensörler, doğrudan hayvana takılan cihazlardır. Fizyolojik parametreleri (örneğin kalp atış hızı, vücut sıcaklığı), davranışsal özellikleri (örneğin beslenme düzenleri, hareket) ve bir hayvanın sağlık ve refahının diğer ilgili göstergelerini izleyebilirler (21). Ancak giyilebilir cihazların dayanıklılığı, hayvana verilebilecek olası rahatsızlık veya yaralanma, cihazların hayvanlarda kalmasını sağlama ve çevre tabanlı sensörleri kurmanın ve bakımının maliyeti ve karmaşıklığı gibi zorluklar vardır (22).

İklim değişikliği gibi zorluklar karşısında, modern üreme teknolojileri çeşitli hayvan türlerinde performansı artırmak için üreme olaylarını inceleme, tedavi etme ve yönlendirmede hayati bir rol oynamaktadır (23). Sığırlarda, östrus senkronizasyonu ve yapay tohumlama (AI) gibi teknikler üstün genetiği birleştirerek üreme potansiyelini en üst düzeye çıkarır (14).

Modern hayvan yetiştiriciliği ve genetik teknolojilerinin hayvancılıkla bütünleştirilmesi, tarımsal uygulamalarda dinamik ve dönüştürücü bir değişimi temsil eder. Tarımın gelişen ihtiyaçlarını karşılamak için araştırmacılar giderek daha fazla yeni teknolojilere, özellikle modern üreme biyoteknolojilerine ve genetik mühendisliği yöntemlerine yöneliyor. Yapay tohumlama, embriyo transferi, in vitro fertilizasyon, klonlama ve transgenезis, üreme verimliliğini artırmak, kısırılığı gidermek ve hastalıkları kontrol etmek için geliştirilen teknikler arasındadır. Bu teknolojiler, nesil aralıklarını azaltmayı ve genetik materyali üreme popülasyonları arasında yaymayı amaçlamaktadır. Öte yandan, artan üretkenlik ve verimlilik,



genetik çeşitliliğin korunması, hastalık direnci ve kontrolü, iyileştirilmiş geçim kaynakları ve bilimsel gelişmeler ise modern teknolojilerin getirdiği fırsatlar olarak karşımıza çıkmaktadır (14).

Nanoteknoloji, hücrel ve moleküler biyoteknolojide bir gelişmedir. Tarım ve hayvancılık sektöründe fark yaratma potansiyeline sahiptir. Bu teknoloji, araştırmacıların biyolojik materyalleri genellikle nanolitre veya pikolitre gibi çok küçük miktarlarda işlemesine olanak tanır. Hücrel biyoloji, biyoteknoloji, terapötik tıp ve genetikteki uygulamalarına ek olarak, çiftlik hayvanı yetiştiriciliği ve üremesinde de yararlı bir teknik olabilir (10).

Gelecekte, birçok gelişmiş ülke, hayvancılığın üretim ve üretkenliğe ek olarak ürün kalitesi, hayvan refahını artırma, hastalık direnci ve çevresel etkiyi azaltma gibi diğer niteliklere odaklandığı devam eden bir eğilim gösterecektir. Moleküler genetiğin araçlarının gelecekte önemli bir etkiye sahip olması muhtemeldir. Örneğin, et kalitesi ve hastalık direnci gibi şu anda ölçülmesi zor olan özellikleri etkileyen genler veya belirteçler için DNA tabanlı testler özellikle yararlı olacaktır (24).

Moleküler genetik, bireylerin genetik yapısının DNA düzeyinde incelenmesidir. Genlerin ve genetik formların tanımlanması ve haritalanmasıdır. Moleküler genetik tekniklerinin kullanımıyla, çeşitli özelliklerde rol oynayan genlerin ayırt edilmesi olasılığı vardır. Bu bilgiyle donanmış olarak, genetik yapılarına göre iyileştirilmiş çiftlik hayvanlarını seçmek mümkün olacaktır. Moleküler genetik araçların sürdürülebilir hayvancılık üretimine olumlu katkıda bulunabilmesi için, hayvan geliştirme programlarında rutin olarak moleküler genetik tekniklerinin kullanılmasındaki engellerin aşılması, genetik ilerlemenin yanı sıra korumayı da ele alan bütünlüklü bir stratejiye ihtiyaç olacaktır. (16).

Gıda üretimi için transgenik hayvancılık teknik olarak uygulanabilir, ancak hayvancılıkla ilişkili teknolojiler bitkilerdeki eşdeğer teknolojilere göre daha erken bir geliştirme aşamasındadır. Klonlama gibi yeni yayma yöntemleriyle birlikte, bu teknikler hayvancılık üretimini önemli ölçüde değiştirebilir. Kümes hayvanları ve sığırlar için tam genom haritaları artık mevcuttur ve bunlar evrimsel biyoloji, hayvan yetiştiriciliği ve insan hastalıkları için hayvan modelleri alanında olası ilerlemelerin yolunu açmaktadır (25).

Genomik seleksiyon, süt endüstrisinde genetik kazanım oranını en azından iki katına çıkarabilmelidir (26), çünkü seleksiyon kararlarının, soyağacı ve fenotipik bilgilerden ziyade yalnızca genetik belirteç bilgilerinden hesaplanabilen genomik yetiştirme değerlerine dayanmasını sağlar. Genomik seleksiyon zorlukları

mevcuttur, ancak hayvan yetiştiriciliğinde devrim yaratması muhtemeldir (26).

Genomik seleksiyon, damızlık adaylarının üreme değerini tahmin etmek için genom çapında genetik belirteçlerin kullanılması anlamına gelir (27). Genomik seleksiyon, üretkenlik, hastalık direnci ve et kalitesi gibi özellikler için üstün genetik potansiyele sahip hayvanları belirlemek için genetik belirteçleri ve dizileme teknolojilerini kullanır. Genomikteki gelişmeler, istenen özelliklere sahip hayvanların daha doğru ve etkili bir şekilde seçilmesini sağlayarak hayvancılıkta fark yaratabilir. Bu yenilik, üreme sürecini hızlandırır, nesil aralıklarını azaltır ve hızlı genetik ilerlemeyi mümkün kılar (28). Hayvancılık üreticileri, genomik seleksiyon kullanarak sürülerinin genel kalitesini ve performansını iyileştirebilir ve bu da üretkenliğin ve karlılığın artmasına yol açabilir (29).

Moleküler genetiğin yeni araçlarının önümüzdeki on yıllarda hayvancılık ve hayvancılık üretimi üzerinde geniş kapsamlı etkileri olabilir. Ancak nihayetinde, kullanılan araçların yeni veya geleneksel olması fark etmeksizin, hepsi hayvan genetik kaynaklarına erişimin korunmasına bağlıdır. Gelişmekte olan ülkelerde, hayvancılık geçim kaynaklarının iyileştirilmesine ve piyasa taleplerinin karşılanmasına katkıda bulunmaya devam edecekse, çiftlik hayvanı genetik kaynaklarının korunması, hayvancılığın iklim değişikliğine ve bu sistemlerde meydana gelebilecek hastalık yaygınlığı ve şiddetindeki değişimler gibi değişikliklere uyum sağlamasına yardımcı olmakta kritik öneme sahip olacaktır. Gelişmiş ülkelerde, yoğun hayvancılık üretim sistemlerinin çoğunda daralan hayvan genetik kaynak tabanı, gelecekteki zorluklara ve şoklara karşı genetik sigorta sağlamak için mümkün olduğunca geniş bir genetik kaynak yelpazesinin korunması ihtiyacını göstermektedir (26).

Devamlı gelişen ve güncellenen bilgisayar yazılımları da modern çiftlik yönetimi için vazgeçilmez faktörlerdendir. Bu programlar; yaşa, hayvanın ağırlığına, çiftçilik şekline ve amacına, laktasyon aşamasına ve rasyona uygun kullanımlar sağlar. Sözkonusu programlar kümes hayvanları ve süt çiftlikleri uygulamalarında çok güvenilir oldukları için, sıklıkla kullanılmaktadır. Elektronik besleme sistemleri, bilgisayar kontrollü besleyiciler, rumen aktivite sensörleri, tatmin edici bir sonuç sağladıkları için büyük ölçekli çiftliklerde güvenle kullanılabilir.

### **3. SAĞLIK VE HAYVAN REFAHI ALANINDAKİ TEKNOLOJİLER**

Teknolojideki yeniliklerle çiftçilerin iş yükü önemli ölçüde azalırken yetiştiricilik alanında hayvan verimliliği önemli ölçüde artmıştır (8). Radyofrekans tanımlama (Radiofrequency Identification-RIFD), özellikle kayıp hayvanları izlemek ve

aşılama programlarını düzenli olarak değerlendirmek için kullanılan yeni bir araçtır. Termal görüntüleme, altta yatan yaralanmaları ve farklı hastalıkların klinik öncesi aşamalarını algılayarak çiftlik hayvanlarının yaşam düzenlerinde dinamik bir değişiklik yaratmaktadır.

Geleneksel uygulamalar, grup besleme senaryolarında yemliklere ulaşmada iddialı olmama nedeniyle beslenme ihtiyaçlarını karşılamakta zorlanan hayvanları yönetmede sıklıkla başarısızlığa uğrar (30, 31). Bu davranış örüntüsü, hayvanların sağlıklarını ve üretkenliklerini olumsuz yönde etkileyerek yetersiz beslenmeye, kilo kaybına, üretkenliğin azalmasına, hastalıklara karşı duyarlılığın artmasına ve potansiyel olarak yaşam süresinin kısılmasına yol açar (32, 33).

Sağlık ve performansın önemli bir parametresi olan bireysel hayvan ağırlıklarının takibi (34, 35) ihracat süreci sırasında doğru sığır sayımı ile birlikte (36, 37), geleneksel yöntemler kullanıldığında zahmetli, zaman alıcı ve hataya açık olmaya devam etmektedir. Bu yanlışlıklar tedarik zinciri tutarsızlıklarına yol açarak finansal kayıplara ve lojistik komplikasyonlara neden olabilir. Bu sebeplerle mevcut yönetim yöntemlerinin yetersiz olduğu iddia edilebilir ve bu da yeni yaklaşımlara olan ihtiyacın altını çizmektedir (38).

Hayvanların vücut sıcaklığı, kalp hızı, yem tüketimi ve hareketliliği gibi biyometrik veriler, akıllı sensörler ve veri toplama sistemleri tarafından sürekli olarak izlenebilmektedir. Bu sayede çiftlik yöneticileri hayvanların sağlık durumunu canlı olarak takip edebilir ve olası sorunlara hemen müdahale edebilir. Makine öğrenimi ve yapay zeka gibi gelişmiş teknolojilerin kullanılması, bu verilerin analizini kolaylaştırarak hastalıkların daha erken aşamada teşhis edilmesi ve önleyici önlemler alınmasını mümkün kılar. Bu tür yenilikler, hem hayvan sağlığını korumakta hem de işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır.

Sağlık sorunlarının üstesinden gelebilmek için, ruminant biyolojik faktörleri gibi sıcaklık, idrar pH değeri ve yaraların tespit edilebildiği kablosuz bir sağlık kontrol sistemi geliştirilmiştir. Toplu olarak, bu sistem (Wireless Body Sensing Network-WBSN) kablosuz vücut algılama ağıdır ve biyolojik parametrelerde herhangi bir dramatik değişiklik tespit edildiğinde vücut sensörlerine bağlı acil durum alarmlarıyla çalışır (5). RGB sensörleri, renk değişimi yoluyla bir yaranın başlangıç aşamalarındaki değişiklikleri algılayarak, sıcaklık sensörleriyle koordinasyon halindeki sensörler sürülerde çeşitli sorunları tespit etmeye de yardımcı olur (39).

Dijital teknolojilerin ve veri analitiğinin entegrasyonu hayvancılık üretiminde devrim yaratabilecek niteliktedir. Giyilebilir sensörlerden ve uzaktan izleme

sistemlerinden otomatik veri toplama ve analizine kadar, dijitalleştirme hayvan sağlığı, davranışı ve performansı hakkında gerçek zamanlı içgörüler sunar. Bu veri odaklı yaklaşım proaktif yönetim, erken hastalık tespiti, optimize edilmiş besleme stratejileri ve gelişmiş üretkenlik sağlar (40). Yapay zeka ve makine öğrenme algoritmaları da değerli kalıpları ve tahminleri çıkarmak için kullanılarak çiftlik yönetimi, hayvan refahı ve karar alma süreçlerine yardımcı olacaktır (29).

Yapay zeka ve sensör teknolojisi, yemliklerin yakınında geçirdikleri zaman, yemleme sıklığı ve alım (41) dahil olmak üzere bireysel hayvan yemleme davranışlarının (42, 43) izlenmesini otomatikleştirebilir. Yapay zeka algoritmaları kullanılarak analiz edilen bu veriler, erken müdahaleleri kolaylaştırabilir. Dahası, bu teknolojiler hayvanların sağlığı, üretkenliği ve genel refahı hakkında içgörüler sağladıkları için hayvancılık yönetimi için hayati önem taşıyan yemleme davranışlarının izlenmesine yardımcı olur. Genellikle RFID etiketleri veya akıllı tasmalar kullanan sistemler bu süreci otomatikleştirerek gerçek zamanlı veriler sunabilir (42). Bu sistemler yemliklere yakınlığı, yemleme sıklığını (44) ve süreyi izler. Bu verilerin analiz edilmesi, çiftçileri anormallikler konusunda uyarabilir, sağlık sorunlarının erken tespitini sağlayabilir (45, 46) ve yem yönetiminin optimize edilmesine yardımcı olarak üretkenliği ve sürdürülebilirliği artırabilir.

Hayvancılıkta hayvan refahının artırılması, yalnızca etik bir zorunluluk değil, aynı zamanda verimliliği ve ürün kalitesini artıran bir bileşendir. Hayvanların sağlık, beslenme ve çevresel koşulları üzerindeki ilerlemeler, refah standartlarını da geliştirmektedir. Hayvanların sağlık durumlarını ve davranışlarını sürekli olarak izleyerek hayvan refahını iyileştirmek, özellikle giyilebilir teknoloji ve izleme sistemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Giyilebilir sensörler, hayvanların günlük aktivitelerini izleyerek ve davranışlarındaki değişiklikleri anında belirleyerek stres, ağrı veya hastalık belirtileri önceden tespit etme yeteneğine sahiptir. Örneğin, süt sığırcılığı alanında kullanılan otomatik izleme sistemleri, ineklerin hareketlerini, yeme davranışlarını ve süt verimini analiz ederek strese neden olan faktörlerin erken tespit edilmesini sağlar. Bu, yalnızca hayvan refahını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda verimlilik kayıplarının da önüne geçer.

Hayvanların refah koşullarının iyileştirilmesi, süt veriminde önemli bir artışa neden olabileceği için, ekonomik kazanç açısından da oldukça önemlidir.

Hayvan refahını da ön planda tutan “Hassas Hayvancılık” (Precision Livestock Farming-PLF), endüstride dönüştürücü bir yenilik olarak ortaya çıkmış olup, hayvancılığı bireysel veya sürü düzeyinde izlemek ve yönetmek için sensörler, veri analitiği ve otomasyon sistemleri gibi teknolojilerden yararlanmaktadır. PLF, yem

alımını, kilo alımını, sağlık durumu ve davranış gibi parametrelerin gerçek zamanlı olarak izlenmesini ve analiz edilmesini sağlayarak veri odaklı karar almaya olanak tanır. Bu teknoloji, iyileştirilmiş hayvan refahı, optimize edilmiş kaynak tahsisi, azaltılmış maliyetler ve gelişmiş çevresel sürdürülebilirlik gibi faydalar sunar (47). Hayvancılık üreticileri, PLF'yi kullanarak olumsuz çevresel etkileri en aza indirirken daha yüksek verimlilik ve üretkenlik elde edebilirler (29).

#### **4. ÇEVRE VE ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ALANINDAKİ TEKNOLOJİLER**

Çevresel sürdürülebilirlik önemli bir endişe kaynağıdır, çünkü hayvancılık sektörü sera gazı emisyonlarına, ormansızlaşmaya ve su kirliliğine çeşitli yollarla katkıda bulunur. Hayvansal ürünlere olan artan talebi çevresel yöneticilik ihtiyacıyla dengelemek sektör için kritik bir zorluktur (48).

Sera gazı emisyonları ve çevresel etkiler, hayvancılığın bir sonucu olarak değerlendirilmekte uzun süredir eleştirilmekte ve çevresel sürdürülebilirlik açısından tartışılmaktadır. Hayvancılık, özellikle kontrolsüz koşullar söz konusu ise metan gazı salınımı ve yüksek su kullanımını nedeniyle çevreyi tehdit edecek hale gelmektedir. Bu bakımdan, günümüzün en önemli trendlerinden biri sürdürülebilir hayvancılık uygulamalarıdır.

Sektörde, hayvan yeminin çevresel etkisini azaltan yem alternatifleri, daha düşük karbon ayak izine sahip hayvan üretim sistemleri ve organik hayvancılık gibi uygulamalar öne çıkmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek ve daha sürdürülebilir hayvancılık uygulamaları oluşturmak için teknoloji destekli çözümler önemli fırsatlara olanak tanır.

Hayvancılık işletmelerinin çevresel ayak izini azaltmak için akıllı sulama sistemleri, enerji verimli aydınlatma ve ısıtma çözümleri ve yem tüketiminde optimizasyon gibi teknolojiler kullanılabilir. Hayvancılık teknolojileri, özellikle karbon ayak izini azaltmayı hedefleyen uygulamalarla dikkat çekmektedir. Bu uygulamalar, metan gazı salınımını azaltmaya yönelik yemler ve atık yönetimi sistemleri gibi faktörleri de içerir. Hayvancılık atıkları, biyogaz tesisleri gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerjiye dönüştürülebilir ve böylece enerji bağımlılığı azaltılabilir. Bu durum, hem ekonomik faydaları hem de çevresel sürdürülebilirliği teşvik eder. Konu kapsamındaki teknolojik çözümler, gelecekte, dünya çapında daha sürdürülebilir bir hayvancılık modeline katkıda bulunacaktır.

Üretim, karbon kısıtlanmalı bir ekonomide çalışmanın gerekliliği, gıda ve yem arasındaki rekabet ve doğal kaynaklar için rekabet gibi faktörlerden gelecekte

daha fazla etkilenecektir. Hayvancılık üretimi, karbon kısıtlamaları ve çevre ve hayvan refahı yasaları nedeniyle muhtemelen daha fazla etkilenecektir.

Sürdürülebilir yoğunlaştırma, iyileştirilmiş kaynak kullanımı ve yönetim uygulamaları yoluyla çevresel etkileri en aza indirirken üretkenliği en üst düzeye çıkarmayı amaçlar. Dijital teknolojilerin ve veri odaklı karar almanın entegrasyonu üretkenliği artırır ve proaktif yönetimi mümkün kılar. Ayrıca, bitki bazlı proteinler ve kültür eti gibi alternatif protein kaynakları, artan talebi karşılamak ve çevresel ayak izlerini azaltmak için araştırılmaktadır. Ancak, çevresel sürdürülebilirlik, hayvan refahı ve gıda güvenliğiyle ilgili zorluklar devam etmektedir. Mevcut eğilimlerin ve yeniliklerin faydalarını bu zorluklarla dengelemek, hayvancılık üretimi için sürdürülebilir ve sorumlu bir geleceğe ulaşmak için esastır (29).

Laboratuvar ortamında üretilen et ve süt ürünleri gibi yeni gıda alternatifleri halen çeşitli tartışmaları beraberinde getirirse de hızla gelişmektedir. “Kültür eti” olarak adlandırılan bu ürünler, hayvan yetiştiriciliği olmadan protein üretimine olanak tanır ve çevresel sürdürülebilirliği destekler. Laboratuvar ortamında üretilen et, geleneksel yöntemlere kıyasla daha az su ve enerji gerektirir ve sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltır. Sağlık ve etik açıdan tartışmaya açık olan bu alternatifler gelecekte hayvancılık sektörünü büyük ölçüde değiştirebilir. Hayvan sağlığı, üretim ve beslenme alanındaki yenilikler üretimi artırmaya ve verimliliği ve genetik kazanımı yükseltmeye devam edecektir. İnsan sağlığı sorunları ve değişen sosyo-kültürel değerler gibi sosyo-ekonomik faktörler, hayvancılık ürünlerine olan talebi gelecekte önemli ölçüde azaltabilir. Önümüzdeki on yıllarda bu faktörlerin dünyanın çeşitli yerlerinde nasıl bir etkisi olacağı konusunda önemli bir belirsizlik vardır.

Tüketiciler, gıda üretim süreçlerinde sürdürülebilirlik ve ahlaki değerlere daha fazla dikkat etmektedir. Modern tüketiciler, hayvan sağlığı, doğal ve organik üretim ve çevre dostu tarım teknikleri gibi konuları göz önünde bulundurarak satın alma seçimlerini yapmaktadırlar. Bu bağlamda, hayvancılık sektörünün hem üretim süreçlerinde şeffaflığı hem de çevresel sürdürülebilirliği ve hayvan sağlığını göz önünde bulundurması gerekmektedir.

“Doğrudan çiftlikten sofraya” yaklaşımı, bu eğilimler sayesinde yaygınlaşmaktadır. Tüketiciler ürünlerin kaynağını ve üretim sürecini daha fazla sorgularken, yerel küçük ölçekli üreticilere olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu trend, geleneksel büyük ölçekli hayvancılığın yanı sıra, küçük çiftliklerin ve yerel üretim modellerinin de önem kazanmasına yol açmaktadır. Her iki işletme modeli de çevresel sürdürülebilirlik ve tüketici talepleri bakımından modern

teknolojiler ile güncellenirken aynı zamanda geleneksel yöntemlerin yeni koşullara uyarlanmasını da göz ardı etmemek gereklidir.

Hayvancılık sektöründe hızla gelişen bu trendler, daha teknolojik, daha verimli ve sürdürülebilir bir hayvancılık modelini beraberinde getirecektir. Hayvancılığın verimliliğini artırmak, artan nüfus ve değişen tüketici talepleri nedeniyle zorunludur. Ancak çevresel sorunlar, bu değişikliğin sürdürülebilir olması gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda, geleceğin hayvancılık sektörünü şekillendirecek temel unsurlar, yenilikçi teknolojiler ve sürdürülebilir üretim teknikleri olacaktır.

Öte yandan çevre tabanlı sensörler, hayvanların etrafındaki koşulları izler. Bunlar arasında video kameralar, termal görüntüleme sensörleri, ivmeölçerler, beslenme istasyonlarındaki yük hücreleri ve dronlar sayılabilir. Çevre ve hayvanların nasıl etkileşime girdiği hakkında zengin bilgiler sağlayabilirler (49). Hayvancılık yönetiminde sensör teknolojilerinin uygulanması, hayvanların daha önce imkansız olan şekillerde derinlemesine izlenmesi için yeni yollar açmıştır (39).

Kümes hayvanları ve süt çiftlikleri gibi kontrollü üretim ünitelerinde çevresel takip zorunludur. Hayvan üretimini etkileyen çevresel faktörlerin başında sıcaklık, nem, rüzgar basıncı, ışık yoğunluğu, amonyak ve karbondioksit vb. gelir. Hayvanların bu faktörlerden kaynaklanan strese karşı hassasiyetine dayanarak, günümüz dünyası bir dizi çevre kontrol sensörü geliştirmiştir. Analitik üniteli yenilikçi sensörler, bir hayvanın termonötr veya konfor bölgesini korumak için uygun bir sistemik operasyon geliştirmek üzere veri toplamaktan ve analiz etmekten sorumludur (5).

Çiftlik verimliliğinde yer alan her faktörü kontrol ederek yüksek ekonomik hedeflere ulaşmak için uygun çiftlik yönetimi esastır. Bu bağlamda su ve gübre yönetimi büyük önem taşır çünkü su doğrudan hayvan sağlığıyla ilişkilidir. Hayvanların ürettiği dışkı da toplum sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Su kıtlığı sorunlarının üstesinden gelmek için hayvanların kullandığı suyu geri dönüştürmek için birçok teknik benimsenmiştir. Artan hayvan sayısıyla birlikte, hayvanların ürettiği dışkı da önemli ölçüde artmaktadır. Hayvan gübresiyle başa çıkmak her zaman zor olmuştur çünkü çiftçiler hayvan dışkısını uygun şekilde depolamak ve bertaraf etmek için yeterli bilgiye sahip olmayabilir. Geleneksel yöntemler gübre yönetiminde yığınların oluşturulması, pedler ve idrar kapları ile çeşitli yöntemler uygulayabilmektedir (50). Bahsedilen diğer alanlarda olduğu gibi gübre yönetiminde de modern teknolojilerin benimsenmesi ve uygulamaya

konulması esastır. Bu koşul sağlandığında hem hayvan sağlığı, hem çiftlik çalışanlarının sağlığı hem de çevresel etkiler bakımından katkı elde edilebilecektir.

## **5. MODERN TEKNOLOJİLER İLE İLGİLİ ÖNYARGILAR**

Sensör teknolojilerinin ve yapay zekanın (AI) çiftlik sınırlarının ötesinde etkileri vardır. Tüketiciler de dahil olmak üzere paydaşların hayvan refahı, çevresel sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği konusunda giderek daha yüksek beklentileri olmaktadır. Modern teknolojilerin kullanımı hayvan refahını iyileştirerek ve çevresel etkileri azaltarak bu beklentilerin karşılanmasına yardımcı olabilir. Ancak, yanlış anlamaları önlemek ve kabul edilmelerini sağlamak için paydaşlarla bu teknolojilerin kullanımı hakkında etkili bir şekilde iletişim kurulması da gerekmektedir (51).

Son kullanıcıların direnci de modern teknoloji uygulamalarında karşılaşılan bir engel olabilir. Yerleşik uygulamaları değiştirmek genellikle zordur ve bu uygulamaları bozan yeni teknolojiler kolayca kabul edilmeyebilir. Bu gibi durumlarda, bu yeni teknolojilerin faydaları ve kullanımı hakkında uygun eğitim ve öğretim, bunların başarılı bir şekilde entegre edilmesi için çok önemlidir (39).

Sensör teknolojilerinin ve yapay zekanın yükselişiyle birlikte, büyük miktarda veri toplanarak analiz edilmektedir. Bu durum, veri güvenliği ve gizliliği açısından önemli zorluklar ortaya koyar. Yetkisiz erişimi ve verilerin kötüye kullanılmasını önlemek için verilerin güvenli bir şekilde depolanması ve iletilmesinin sağlanması büyük önem taşır. Veri güvenliğini ve gizliliğini sağlamak için düzenlemeler ve en iyi uygulamalar geliştirilmeli ve uygulanmalıdır (52, 53). Sensörlerin verileri doğru ve tutarlı bir şekilde kaydetmesini sağlamak da büyük önem arz eder. Yanlış veya tutarsız veriler yanlış kararlara ve olumsuz sonuçlara yol açabilir. Sensörlerin periyodik olarak takibi, bakımı ve arızalı olanların tespit edilerek değiştirilmesi gereklidir.

Sensör teknolojileri ve yapay zeka birçok fayda sunarken, aynı zamanda maliyetleri de beraberinde getirir. Donanım, yazılım ve eğitime yapılan ilk yatırım önemli olabilir. Bakım ve veri yönetimi için de devam eden maliyetler vardır. Bu nedenle, faydaların maliyetlerden daha ağır bastığından emin olmak için dikkatli bir ekonomik analiz gereklidir. Bu, yalnızca doğrudan ekonomik faydaları değil, aynı zamanda hayvan refahının iyileştirilmesi, çevresel etkilerin azaltılması ve kamu algısının iyileştirilmesi gibi dolaylı faydaları da içerir (54, 55, 56).

Herhangi bir teknoloji uygulamasında olduğu gibi, tek bir boyut herkese uymaz. Örneğin, giyilebilir sensörün optimum konumu ve türü, ineğin boyutuna, cinsine ve davranışına bağlı olarak değişebilir. Sensör ve AI sistemleri tasarlanırken ve



uygulanırken bu farklılıklar dikkate alınmalı ve AI algoritmalarının hayvanlar arasındaki bireysel farklılıkları hesaba katacak şekilde tasarlanması gerekir (57, 58).

Bu teknolojilerin uygulanmasındaki zorluklar ve fırsatlar kapsamlı bir şekilde incelenmelidir. Etik kaygılar, sosyal ve kültürel engeller, düzenleyici engeller, çevresel etkiler ve ekonomik kısıtlamalar, dikkatli bir şekilde ele alınması gereken engeller arasındadır (14).

## **SONUÇ**

Hayvancılık sektöründe karşılaşılan çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Yetiştiricilik, üreme, genetik, sağlık, çevre, yem dönüşüm verimliliği, doğurganlık ve daha sıcak bir iklime uyum gibi hem mevcut hem de yeni özellikler için hızlı güncellemeler ve iyileştirmelere gerek duyulmaktadır. Bu iyileştirmeler, et ve sütün besin özelliklerini koruyarak veya hatta iyileştirerek ve hayvan sağlığı ve refahını vurgulayarak elde edilmelidir. Yapılması gerekenlerin kapsamı büyük olsa bile, bahsedilen mevcut ve sürekli gelişen yeni teknolojiler hayvan yetiştiricilerinin geçmişte mümkün olandan daha hızlı ilerleme kaydetmelerine olanak tanıyacaktır (29). Hayvancılık üretim endüstrisi, yetiştiriciliği, verimliliği, sürdürülebilirliği ve hayvan refahını iyileştirmeyi amaçlayan bir teknolojik yenilik dalgasına tanık olmaktadır. Paydaşlar bu son teknolojiler ve uygulamalar hakkında bilgi sahibi olarak, hayvancılık üretiminin gelişen manzarasına uyum sağlayabilir ve bu yenilikleri, üretkenliği, karlılığı ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak için kullanabilirler.

## **KAYNAKLAR**

1. Madan, M.L., 2005. Animal biotechnology: applications and economic implications in developing countries. *Revue Scientifique Et Technique-Office International Des Epizooties*, 24(1):127.
2. Gale, H.F., 2005. Commercialization of food consumption in rural China. *Economic Research Report*, (8).
3. Akın S, Kara A., 2019. Factors affecting the farmers' decision on artificial insemination: a case study of Diyarbakir province, Turkey. *Appl Ecol Environ Res*, 17: 1389-1399.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)., 2020. World Livestock: Transforming the livestock sector through the sustainable development goals; c2020. Retrieved from <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca8632en> Erişim tarihi 09.09.2024
5. Ali, W., Ali, M., Ahmad, M., Dilawar, S., Firdous, A., Afzal, A., 2020. Application of modern techniques in animal production sector for human and animal welfare. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(2):457-463. doi:10.24925/turjaf.v8i2.457-463.3159

6. Dumas, A., Dijkstra, J., France, J., 2008. Mathematical modelling in animal nutrition: a centenary review. *J. Agric. Sci.*, 146:123-142.
7. Butler, W.R., 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 60(61): 449-457.
8. Göncü, S., Güngör, C., 2018. The innovative techniques in animal husbandry. *Ani. Husbandry and Nut.*: 1.
9. Thibier, M., 2005. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Reprod Nutr Dev.*, 45: 235-242.
10. Verma, O.P., Kumar, R., Kumar, A., Chand, S., 2012. Assisted reproductive techniques in farm animal - from artificial insemination to nanobiotechnology. *Vet. World.*, 5(5):301-310. doi: 10.5455/vetworld.2012.301-310
11. Holtz, W., 2005. Recent developments in assisted reproduction in goats. *Small Ruminant Research*, 60(1-2): 95-110.
12. Widayati, D.T., 2012. Embryo transfer as an assisted reproductive technology in farm animals. *World Acad. Sci. Eng. Technol*, 6 (2012): 10-21.
13. Mapletoft, R.J., 2018. History and perspectives on bovine embryo transfer. *Animal Reproduction (AR)*, 10(3):168-173.
14. Yousuf, M., Yusuf, A., Mohammed, I., 2024. Review on current animal breeding and genetic technologies to increase production and productivity of cattle. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 12(1):19-36.
15. Moore, K., Thatcher, W.W., 2006. Major advances associated with reproduction in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(4): 1254-1266.
16. Khare, V., Khare, A., 2017. Modern approach in animal breeding by use of advanced molecular genetic techniques. *International Journal of Livestock Research*, 7(5):1-22. doi:10.5455/ijlr.20170404010154
17. Lamb, C., 2015. What are the long-term impacts of estrus synchronization and artificial insemination? Web site. <http://nwdistrict.ifas.ufl.edu/phag/2015/10/09/what-are-the-long-term-impacts-of-estrus-synchronization-and-artificial-insemination/>. Erişim tarihi 09.09.2024
18. Holm, D.E. Thompson, P.N., Irons, P.C., 2008. The economic effects of an estrus synchronization protocol using prostaglandin in beef heifers. *Theriogenology*, 70(9):1507-1515.
19. Vikrama, C.P., Balaji, N.S., 2002. Use of assisted reproductive technologies for livestock development. *Veterinary World*, 3(5): 238-240.
20. Kahi, A.K., Rewe, T.O., 2008. Biotechnology in livestock production: Overview of possibilities for Africa. *African Journal on Biotechnology*, 7(25):4984-4991.
21. Neethirajan, S., Reimert, I., Kemp, B., 2021. Measuring farm animal emotions-sensor-based approaches. *Sensors*, 21(2):553. doi:10.3390/s21020553
22. Zhang, M., Wang, X., Feng, H., Huang, Q., Xiao, X., Zhang, X., 2021. Wearable Internet of Things enabled precision livestock farming in smart farms: A review of technical solutions for precise perception, biocompatibility, and sustainability monitoring. *J. Clean. Prod.* 312: 127712.
23. Choudhary, K.K., Kavya, K.M., Jerome, A., Sharma, R.K., 2016. Advances in reproductive biotechnologies. *Veterinary World*, 9(4):388.
24. Leaky, R., Caron, P., Craufurd, P., Martin, A., McDonald, A., 2009. Impacts of AKST (Agricultural Knowledge Science and Technology) on development and sustainability goals. *Agriculture at a crossroads* (eds , McIntyre B. D., Herren H. R., Wakhungu J.& Watson R. T.), pp. 145–253. Washington, DC: Island Press.

25. Lewin H.A., 2009. It's a bull's market. *Science*, 323:478-479.
26. Hayes, B.J., Bowman, P.J., Chamberlain, A.J., Goddard, M.E., 2009. Genomic selection in dairy cattle: progress and challenges. *J. Dairy Sci.* 92:433-443.
27. Thornton, P., 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 365:2853-2867. doi:10.1098/rstb.2010.0134
28. Morrone, S., Dimauro, C., Gambella, F., Cappai, M.G., 2022. Industry 4.0 and Precision Livestock Farming (PLF): An up to date overview across animal productions. *Sensors*, 22(12): 4319. doi:10.3390/s22124319
29. Hayes, B.J., Lewin, HA, Goddard ME., 2013. The future of livestock breeding: Genomic selection for efficiency, reduced emissions intensity, and adaptation. *Trends in Genetics*, 29(4):206-14. doi: 10.1016/j.tig.2012.11.009
30. Satyanarayana, S.D.V., Risheen, G.D., 2023. Current trends and innovations in livestock production: A critical review. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*; 8(3): 22-24.
31. Hing, S., Foster, S., Evans, D., 2021. Animal welfare risks in live cattle export from Australia to China by sea. *Animals*, 11(10):2862. doi.org/10.3390/ani11102862
32. Katainen, A., Norring, M., Manninen, E., Laine, J., Orava, T., Kuoppala, K., Salonie-mi, H., 2005. Competitive behaviour of dairy cows at a concentrate self-feeder. *Acta Agric. Scand. Sect. A Anim. Sci.*, 55:98-105.
33. Weigele, H.C., Gygax, L., Steiner, A., Wechsler, B., Burla, J.B., 2018. Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 101:2370-2382.
34. Matore, Z., 2023. Drivers and indicators of dairy animal welfare in large-scale dairies. *Trop. Anim. Health Prod.*, 55(1): 43. doi: 10.1007/s11250-022-03440-z
35. Martins, B.M., Mendes, A.L.C., Silva, L.F., Moreira, T.R., Costa, J.H.C., Rotta, P.P., Chizzotti, M.L., Marcondes, M.I., 2020. Estimating body weight, body condition score, and type traits in dairy cows using three dimensional cameras and manual body measurements. *Livest. Sci.*, 236, 104054. doi:10.1016/j.livsci.2020.104054
36. Grant, R.J., Ferraretto, L.F., 2018. Silage Review: Silage Feeding Management: Silage Characteristics and Dairy Cow Feeding Behavior. *J. Dairy Sci.*, 101:4111-4121.
37. Tassinari, P., Bovo, M., Benni, S., Franzoni, S., Poggi, M., Mammi, L.M.E., Mattoccia, S., Di Stefano, L., Bonora, F., Barbaresi, A., vd., 2021. A computer vision approach based on deep learning for the detection of dairy cows in free stall barn. *Comput. Electron. Agric.*, 182: 106030.
38. Stygar, A.H., Gómez, Y., Berteselli, G.V., Dalla Costa, E., Canali, E., Niemi, J.K., Llonch, P., Pastell, M., 2021. A systematic review on commercially available and validated sensor technologies for welfare assessment of dairy cattle. *Front. Vet. Sci.*, 8:634338. doi: 10.3389/fvets.2021.634338
39. Neethirajan, S., 2023. Artificial intelligence and sensor technologies in dairy livestock export: charting a digital transformation. *Sensors*, 23- 7045. doi:10.3390/ s23167045
40. Jegadeesan, S., Venkatesan, G.P., 2016. Smart cow health monitoring, farm environmental monitoring and control system using wireless sensor networks. *Int J Adv Engg Tec.*, 7(1): 334-339.
41. García-Rodríguez, L., Pastor, J.M., Piles, M., Guzmán, J.L., 2021. Data-driven management and digital tools in livestock farming: A review. *Animals*, 11(5):1471.
42. Neethirajan, S., 2020. Transforming the adaptation physiology of farm animals through sensors. *Animals*, 10(9):1512. doi:10.3390/ani10091512

43. Lee, M., Seo, S., 2021. Wearable wireless biosensor technology for monitoring cattle: A review. *Animals*, 11(10): 2779. doi: 10.3390/ani11102779
44. Llonch, P., Mainau, E., Ipharraguerre, I.R., Bargo, F., Tedó, G., Blanch, M., Manteca, X., 2018. Chicken or the egg: the reciprocal association between feeding behavior and animal welfare and their impact on productivity in dairy cows. *Front. Vet. Sci.*, 5(5):305. doi: 10.3389/fvets.2018.00305
45. Tzanidakis, C., Tzamaloukas, O., Simitzis, P., Panagakis, P., 2023. Precision livestock farming applications (PLF) for grazing animals. *Agriculture*, 13:288.
46. Alshehri, M., 2023. Blockchain-assisted Internet of Things framework in smart livestock farming. *Internet Things*, 22-100739. doi:10.1016/j.iot.2023.100739
47. Džermeikaite, K., Baceninaite, D., Antanaitis, R., 2023. Innovations in cattle farming: Application of innovative technologies and sensors in the diagnosis of diseases. *Animals*, 13-780.
48. Berckmans, D., Vranken, E., Van Hertem, T., 2021. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Animals*, 11(4):1127.
49. Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., vd., 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); c2013.
50. Herlin, A., Brunberg, E., Hultgren, J., Högberg, N., Rydberg, A., Skarin, A., 2021. Animal welfare implications of digital tools for monitoring and management of cattle and sheep on pasture. *Animals*, 11(3):829. doi:10.3390/ani11030829
51. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.J., 2017. Big data in smart farming-A review. *Agric. Syst.*, 153: 69-80.
52. Amiri-Zarandi, M., Dara, R.A. Duncan, E., Fraser, E.D., 2022. Big data privacy in smart farming: A review. *Sustainability*, 14(15):9120. <https://doi.org/10.3390/su14159120>
53. Faverjon, C., Bernstein, A., Grütter, R., Nathues, C., Nathues, H., Sarasua, C., Sterchi, M., Vargas, M.E. Berezowski, J., 2019. A transdisciplinary approach supporting the implementation of a Big Data project in livestock production: An example from the Swiss pig production industry. *Front. Vet. Sci.*, 6-215.
54. Dawkins, M.S., 2021. Does smart farming improve or damage animal welfare? Technology and what animals want. *Front. Anim. Sci.*, 2-736536.
55. Goedde, L., Katz, J., Ménard, A., Revellat, J., 2020. Agriculture's connected future: How technology can yield new growth; McKinsey and Company: Atlanta, GA, USA, 2020.
56. Koltes, J.E., Cole, J.B., Clemmens, R., Dilger, R.N., Kramer, L.M., Lunney, J.K., McCue, M.E., McKay, S.D., Mateescu, R.G., Murdoch, B.M., vd., 2019. A vision for development and utilization of high-throughput phenotyping and big data analytics in livestock. *Front. Genet.* 2019, 10-1197. doi: 10.3389/fgene.2019.01197
57. Mancuso, D., Castagnolo, G., Porto, S.M., 2023. Cow behavioural activities in extensive farms: challenges of adopting automatic monitoring systems. *Sensors*, 23(8):3828. doi:10.3390/s23083828
58. Hou, S., Cheng, X., Shi, L., Zhang, S., 2020. Study on individual behavior of dairy cows based on activity data and clustering. In *Proceedings of the 2020 2nd International Conference on Robotics, Intelligent Control and Artificial Intelligence*, Shanghai, China, 17-19 October 2020; pp. 210-216.

## Bölüm 10

# SERALARDA ISI GÜCÜ GEREKSİNİMİNE BAĞLI ISITMA KAZAN KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Sedat BOYACI<sup>1</sup>

### 1. GİRİŞ

Çevre sorunları ve gıda ihtiyacının artması tarımsal üretimin tamamen kontrollü ortamlarda yapılmasını zorunlu kılacaktır (1). Tarımsal üretimde çevre koşullarının kontrol edilebilmesi verimlilik üzerine doğrudan etkilidir. Bu nedenle son yıllarda çevre kontrollü tarımsal üretim teknikleri giderek artan bir ivme ile gelişme göstermektedir (2). Tarımda kontrollü üretimin en yaygın uygulamaları ise seralarda yapılmaktadır. Yoğun tarımsal faaliyetin önemli bir parçası olan seralarda kontrollü üretim sayesinde geleneksel yöntemlere göre daha kaliteli ve yüksek verim elde edilebilir (3). Ancak, serada yüksek ve kaliteli verim almak için hala bazı zorluklar mevcuttur. En önemli zorluklardan biri seraları ısıtmak için gerekli olan enerji tüketimidir. Çünkü çevre koşullarındaki değişikliklere rağmen bitkiler için uygun bir iç ortam oluşturmak amacıyla optimum sıcaklık değerlerinin kontrol altına alınması ve takip edilmesi gerekmektedir (4,5,6,7). Seralarda hava sıcaklığının optimizasyonu bitki büyümesi ve gelişimi açısından özel bir öneme sahiptir. Optimum iç ortam koşullarını sağlayabilmek amacıyla özellikle soğuk mevsimlerde seraları ısıtmak gerekir. Günümüzde mevcut yakıt fiyatları ve öngörülen fiyat artışları dikkate alındığında, ısıtma için gerekli enerji tüketiminin azaltılması gerekmektedir (8). Seraların ısıtılması iç ortam ikliminin kontrolü sağlama bakımından önemli olup aynı zamanda başarılı sera işletmeciliğinin de önemli bir faktörüdür. Ancak, seralarda, tüketilen toplam enerjinin büyük bir bölümü seraların ısıtılması için kullanıldığından ısıtma maliyetleri işletmeler açısından oldukça önemlidir. Seralarda iklim kontrolü için gereksinim duyulan enerji toplam enerjinin %65 ila %85'ini ve enerji işletme maliyetlerinin ise %15'ini oluşturmaktadır (9,10).

Sera üretiminde en sık karşılaşılan sorunlardan biri olan yüksek nem, çeşitli hastalıkların gelişmesine uygun ortam sağlamakta, dolayısıyla ürün kalite ve

<sup>1</sup> Doç. Dr. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sedat.boyaci@ahievran.edu.tr, ORCID iD:0000-0001-9356-1736

miktarında önemli düşüslere yol açmaktadır(11). Bu nedenle düzenli olarak ısıtma yapılmayan seralarda yüksek nem nedeniyle ortaya çıkan fungal hastalıklara karşı aşırı miktarda kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Ayrıca, Akdeniz ülkelerinde ısıtma yapılmayan seralarda yapılan yetiştiricilikte domates üretiminden 7–15 kg/m<sup>2</sup> verim alınırken (12), modern seracılık uygulamalarının yaygın olarak yapıldığı Hollanda'da, yapılan domates yetiştiriciliğinde alınan verim 50 kg/m<sup>2</sup>'ye kadar yükseltilebilmiştir (13). Seralarda belirtilen olumsuzlukların ortadan kaldırılarak, kaliteli ve yüksek verim elde edilebilmesi için seraların düzenli olarak ısıtılması gerekmektedir. Fakat ısıtma yapılması düşünülen seralarda öncelik olarak ısıtma sisteminin doğru seçilmesi, boyutlandırılması ve projelendirilmesi sera işletmelerinin enerjiyi verimli kullanması ve yapacakları yatırımlar açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, seralarda kurulması düşünülen ısıtma sistemleri yapılacak üretimin şekline ve ısıtma amacıyla kullanılacak enerji kaynağının çeşidine bağlı olarak doğru seçilmesi gerekmektedir. Isıtma sisteminin seçilmesi ve projelendirilmesinde, ilk olarak sera kurulması düşünülen yerin iklim koşulları, seranın tipi (teksel, blok vb.) ve kullanılacak donanım (ısı perdesi, örtü malzemesi, ısıtma sistemi ve otomasyon) dikkate alınarak ısı gücünün belirlenmesi gerekmektedir (14).

Isı gücü gereksinimi, belirli bir dış sıcaklık değerinde iç ortam sıcaklık değerinin sağlanması için, ısıtma sistemi tarafından üretilmesi gerekli olan ısı yükü olarak tanımlanmaktadır. Serada kurulacak ısıtma sisteminin projelenmesi için gerekli olan ısı yükü projelendirme kriteri olarak değerlendirilmektedir. Sözü edilen kriterlere uygun olarak belirlenen ısı gücü sera kurulacak yerin en düşük sıcaklık değerlerinde seranın ısı yükünü karşılayacak büyüklükte olmalıdır. Çünkü en düşük sıcaklık değerlerinde ortaya çıkan maksimum ısı gücü gereksiniminin bilinmesi kurulacak ısıtma kazanlarının boyutlandırılması için gereklidir. Son yıllarda kurulan modern sera işletmelerinde ısıtma kazanlarında ortaya çıkabilecek arızalar nedeniyle çift ısıtma kazanı kullanılmaktadır. Burada yaklaşım ısıtma sistemlerinde ısı yükünün tamamını karşılayan bir ana kazan ve aynı kapasiteye sahip yedek kazan kullanılmasıdır. Ancak bu durum işletmelerin ilk yatırım giderlerini arttırması yanında ana kazanın tam kapasite ile çalışmaması kazan verimini düşürecektir (14).

Enerji maliyetlerinin her geçen gün artış gösterdiği ve öneminin arttığı günümüzde tarımda enerjinin en yoğun kullanıldığı sektörlerin başında gelen seralarda enerji açısından verimli sistemlerin kullanılması tüketilecek enerjinin azaltılması bakımından önemlidir. Bu amaçla yürütülen bu çalışmada, bölge iklim koşulları, sera tipi ve donanımına bağlı olarak ısı gücünün hesaplanması ve

buna göre serada ihtiyaç duyulan doğru ısıtma kazan kapasitelerinin belirlenerek seralarda enerji verimliliğine katkı sunması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Isı gücü ve ısı enerjisi gereksinimi, saatlik iklim değerlerinden yararlanarak hesaplama yapan ISIGER-SERA uzman sistem ile hesaplanmıştır. ISIGER-SERA'nın en önemli özelliği bölgenin iklimi, seranın tipi, donanımı ve sera tipine bağlı olarak serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve serada depolanan enerjiye bağlı olarak iç ortamdaki sıcaklık yükselmesini dikkate alarak hesaplama yapmasıdır.

Çalışmada, Kırşehir ilinin uzun yıllık meteorolojik verileri uzman sistem içerisinde kayıtlı olan verilerden alınmıştır. Ayrıca bitki türlerine göre iç ortamda istenilen sıcaklık değerleri sisteme girilerek hesaplamalarda kullanılmıştır. Buna göre yapılan Kırşehir ilinde domates yetiştiriciliği için yıl boyunca iç ortam sıcaklıklarının gece 15 °C, gündüz ise 21°C'de tutulması istenmiştir. Serada ısı gücünün ve kazan kapasitelerinin belirlenmesinde yararlanılan ISIGER-SERA uzman sistem, serada ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimi Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır.

$$Q = \sum_{n=1}^{8760} \left( (\theta_{in} - \theta_{i,oHn} - \Delta\theta_{spn}) * k'_a * A_H * (1 - EE_{ES}) \right) * t_{Si} \quad (1)$$

Eşitlikte;

Q= Isı enerjisi (Wh),

$\theta_i$ = Serada istenen sıcaklık (°C),

$\theta_{i,oH}$ = Isıtılmayan serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık (°C),

$\Delta\theta_{sp}$ = Seranın özelliğine bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi (°C),

$k'_a$ = Örtü malzemesinin toplam ısı gereksinim katsayısı (W/m<sup>2</sup>°C),

$A_H$ = Sera örtü yüzey alanı (m<sup>2</sup>),

$EE_{ES}$ = Isı perdesi ile sağlanan ısı tasarrufu (-),

n= Yılın saatleri,

$t_{Si}$ = Simülasyonda zaman dilimi (1 h)

Serada yan duvar ve çatıda tek katlı polietilen (PE) örtü malzemesi için hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca boyutsal olarak ortaya çıkacak hataların ortadan kaldırılması amacıyla tüm seralarda boyutlar aynı tutularak hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre hesaplamalarda kullanılan sera boyutları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1. Hesaplamalarda kullanılan PE plastik seranın boyutları**

Sera boyutları	Birimler
Bölme sayısı	21 adet
Bölme genişliği	8.0 m
Sera uzunluğu	60.0 m
Yan duvar yüksekliği	3.5 m
Çatı yüksekliği	2.1 m
Örtü alanı	13839,8 m <sup>2</sup>
Taban alanı	10080,0 m <sup>2</sup>
AH/AG	1.37 (-)

Sistemde boyutsal özelliklerin tanımlanması sonrasında serada ısı perdesiz ve kullanılacak ısı perdelerinin sızdırmazlık durumuna göre kötü, orta ve iyi olmak üzere 4 farklı durum için hesaplamalar yapılmıştır. ISIGER-SERA uzman sistem ile yapılacak hesaplamalarda kullanılan eşitlikler ve mantıksal ilişkiler Baytorun ve ark. (15) tarafından yapılan çalışmada detaylı olarak verilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Seralarda Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi

Kırşehir ili iklim koşullarında aynı boyutlarda ısı perdesi kullanılmayan ve ısı perdesi kullanılan seralarda gereksinim duyulan ısı enerjisi değerlerinin aylık değişimi Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2. Isı enerjisi gereksiniminin aylık değişimi**

Aylar	Isı enerjisi gereksinimi, kWh/m <sup>2</sup>			
	Isı perdesiz	Isı perdelerinin sızdırmazlık durumu		
		Kötü	Orta	İyi
Ocak	92.2	87.5	79.8	72
Şubat	68.5	65	59.3	53.6
Mart	48.4	45.8	41.4	37
Nisan	23.1	21.8	19.7	17.5
Mayıs	8.9	8.5	7.7	7
Haziran	2.3	2.2	2.2	2.2
Temmuz	0.7	0.7	0.7	0.7
Ağustos	0.7	0.7	0.7	0.7



**Çizelge 2. Isı enerjisi gereksiniminin aylık değişimi (Devamı)**

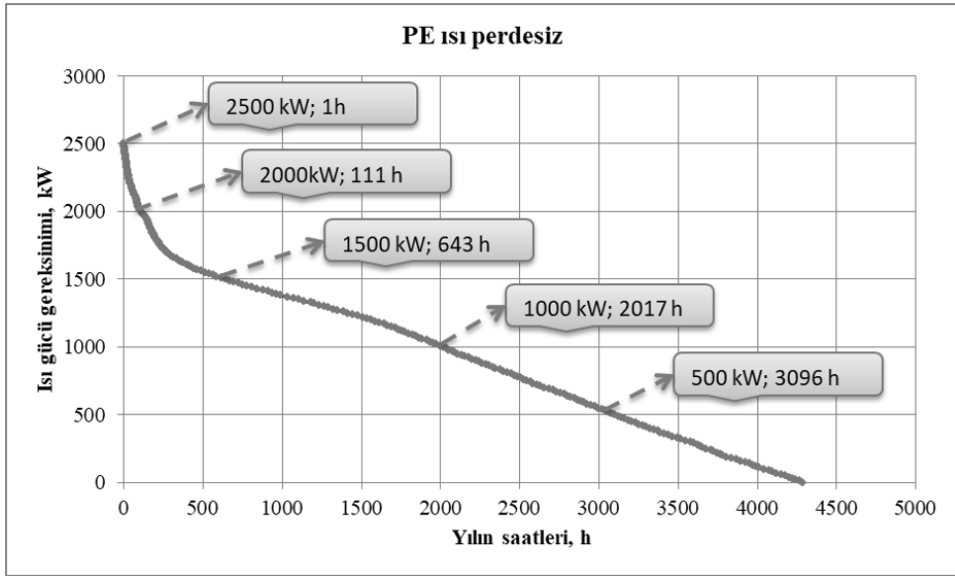
Aylar	Isı enerjisi gereksinimi, kWh/m <sup>2</sup>			
	Isı perdesiz	Isı perdelerinin sızdırmazlık durumu		
		Kötü	Orta	İyi
Eylül	3.7	3.7	3.6	3.5
Ekim	19.2	18.3	16.9	15.4
Kasım	47.9	45.3	41	36.8
Aralık	78.1	74.2	67.7	61.2
<b>Toplam</b>	<b>393.6</b>	<b>373.7</b>	<b>340.6</b>	<b>307.5</b>
<b>Fark</b>	-	<b>19.9</b>	<b>53</b>	<b>86.1</b>
<b>Oran, %</b>	-	<b>5.1</b>	<b>13.5</b>	<b>21.9</b>

Enerji kullanımının yoğun olduğu seralarda enerji yönetimini ve enerji tasarrufunu iyileştirmek gerekmektedir. Gereksinim duyulan enerjinin tahmini, tarımsal amaçla kullanılan seraların enerji verimliliğini ve enerji tasarrufunu iyileştirebilir (16). Seralarda ısı gücü gereksiniminin belirlenmesinde saatlik iklim değerlerinden yararlanarak hesaplama yapan modellerin kullanılması enerji tahmininde daha gerçekçi sonuçların elde edilmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca, bu modellerle yapılan hesaplamalarda gerçek ısı gücü gereksinimi ile birlikte bu ısı gücüne yılın kaç saatinde gereksinim olduğu da belirlenebilmektedir. Bu nedenle saatlik değerlerden giderek serada seçilecek ısıtma kazanının boyutlandırılması daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Seralarda ısıtma kazanlarının doğru yöntemlerle boyutlandırılması ve dizayn edilmesi sağlıklı bir yetiştiriciliğin yanı sıra, üretim maliyetleri bakımından da oldukça önemlidir (14). Çizelge 2'ye bakıldığında saatlik iklim değerlerinden yapılan hesaplama sonucu serada gereksinim duyulan enerjinin en fazla olduğu dönemler Aralık-Mart arasındadır. En yüksek ısı enerjisi gereksinimine ise Ocak ayında ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle bu aylarda seralarda alınacak ısı koruma önlemleri ile tüketilecek ısı enerjisi miktarının azaltılması mümkün olacaktır. Buna göre serada ısı perdesinin kullanılmaması durumuna göre ısı perdelerinin kullanılması ve sızdırmazlık durumunun kötü olması durumunda tasarruf edilebilecek ısı enerjisi %5.1 iken bu değer ısı perdelerinin yalıtımlarının orta olması durumunda %13.5 ve ısı perdelerinin sızdırmazlıklarının iyi olması durumunda ise %21.9 olacaktır. Ancak, elde edilen değerlerden yola çıkılarak seranın temel ısı ihtiyacını karşılayacak kazan büyüklüğünün belirlenmesinde, sera işletmelerinin ısı

korunumu için kullanacakları ısı perdelerinin sızdırmazlıklarını düzenli olarak izlemesi gerekmektedir.

### 3.2. Serada Isıtma Kazan Kapasitesinin Belirlenmesi

Isıtma yapılan seralarda ihtiyaç duyulan maksimum ısı gücünün belirlenmesinin yanı sıra, yıl içerisinde ortaya çıkan ısı gücü tekerrürlerinin bilinmesi, ısıtma sistemi için seçilecek kazan boyutlarının belirlenmesinde ve ısıtmanın yönetiminde önemlidir (14). Kırşehir ili iklim koşullarında 10080 m<sup>2</sup> büyüklüğünde, PE örtü ile kaplı ısı perdessiz serada yıl boyunca gerekli olan ısı gücü gereksinimi Şekil 1'de verilmiştir.

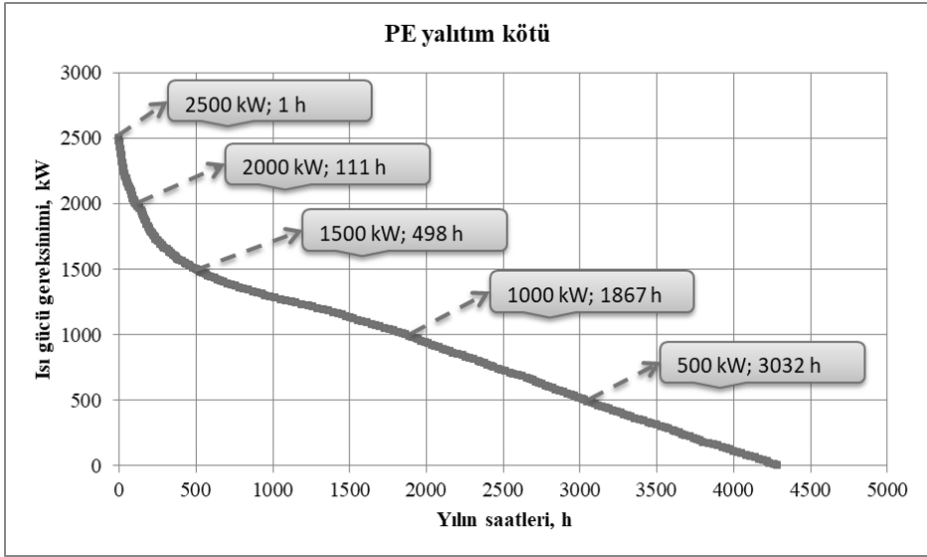


Şekil 1. Isı perdessiz serada yılın saatlerine bağlı ısı gücü gereksinimi

Şekil 1'e bakıldığında serada iç ortam sıcaklığının gece ve gündüz 15/21°C'de tutulabilmesi için ihtiyaç duyulan ısı gücü gereksinimi 2500 kW olmaktadır. İşletmenin temel kazan olarak 2500 kW gücünde kazan kapasitesi seçmesi durumunda yılın 1 saati hariç seranın temel ısı ihtiyacının %100'ü karşılanabilecektir. Serada kazan gücünün 2000 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %99'u karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 111 saati dışında (4175 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 1500 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %96'sı karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 643 saati dışında (3642 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir.

Serada kazan gücünün 1000 kW seçilmesi durumunda ise seranı temel ısı ihtiyacının %79'u karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 2017 saati dışında (2269 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 500 kW seçilmesi durumunda ise seranı temel ısı ihtiyacının %46'sı karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 3096 saati dışında (1190 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir.

Enerjinin tasarrufu amacıyla seralarda ısı perdesi kullanılması ve ısı perdelerinin sızdırmazlıklarının kötü olması durumunda serada gerekli olan ısı gücü gereksinimi Şekil 2'de verilmiştir.

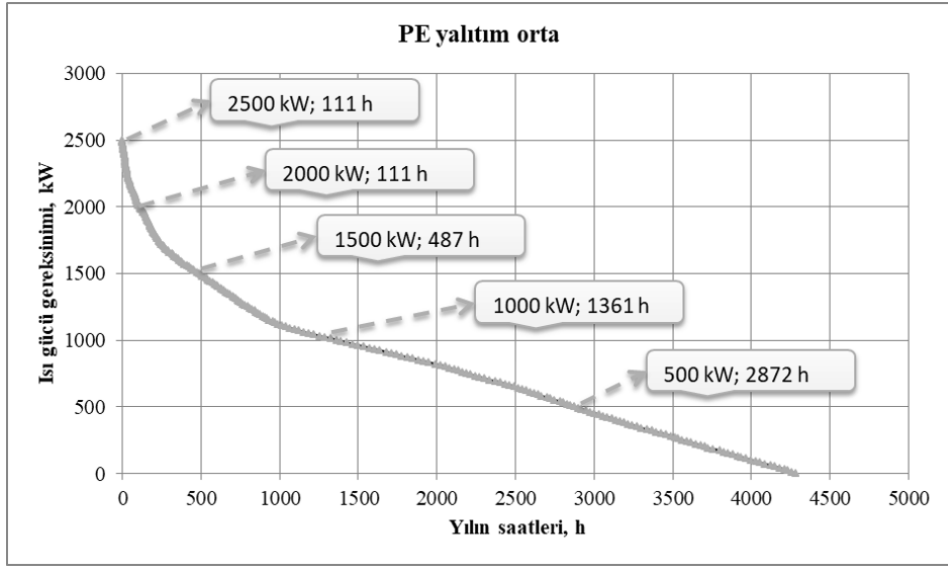


Şekil 2. Isı perdeli (sızdırmazlık kötü) serada yılın saatlerine bağlı ısı gücü gereksinimi

Şekil 2'ye bakıldığında serada iç ortam sıcaklığın gece ve gündüz 15/21°C'de tutulabilmesi için ihtiyaç duyulan ısı gücü gereksinimi 2500 kW olmaktadır. İşletmenin temel kazan olarak 2500 kW gücünde kazan kapasitesi seçmesi durumunda yılın 1 saati hariç seranın temel ısı ihtiyacının %100'ü karşılanabilecektir. Serada kazan gücünün 2000 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %99'u karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 111 saati dışında (4175 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 1500 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %96'sı karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 498 saati dışında (3788 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 1000 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı

ihtiyacının %81'i karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 1867 saati dışında (2419 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 500 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %48'i karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 3032 saati dışında (1254 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir.

Isı perdeli serada, ısı perdelerinin sızdırmazlıklarının orta olması durumunda gerekli olan ısı gücü gereksinimi Şekil 3'te verilmiştir.

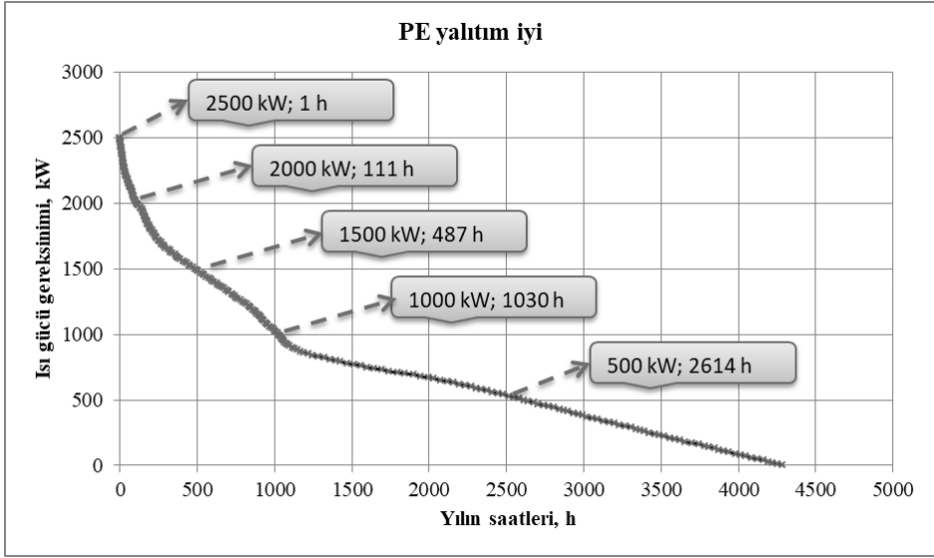


Şekil 3. Isı perdeli (sızdırmazlık orta) serada yılın saatlerine bağlı ısı gücü gereksinimi

Şekil 3'e bakıldığında serada iç ortam sıcaklığın gece ve gündüz 15/21°C'de tutulabilmesi için ihtiyaç duyulan ısı gücü gereksinimi 2500 kW olmaktadır. İşletmenin temel kazan olarak 2500 kW gücünde kazan kapasitesi seçmesi durumunda yılın 1 saati hariç seranın temel ısı ihtiyacının %100'ü karşılanabilecektir. Serada kazan gücünün 2000 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %99'u karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 111 saati dışında (4175 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 1500 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %96'sı karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 487 saati dışında (3799 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 1000 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %84'ü karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286

saatin 1361 saati dışında (2925 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 500 kW seçilmesi durumunda ise seranı temel ısı ihtiyacının %52'si karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 2872 saati dışında (1414 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir.

Isı perdeli serada, ısı perdelerinin yalıtımının iyi olması durumunda serada gerekli olan ısı gücü gereksinimi Şekil 4'te verilmiştir.

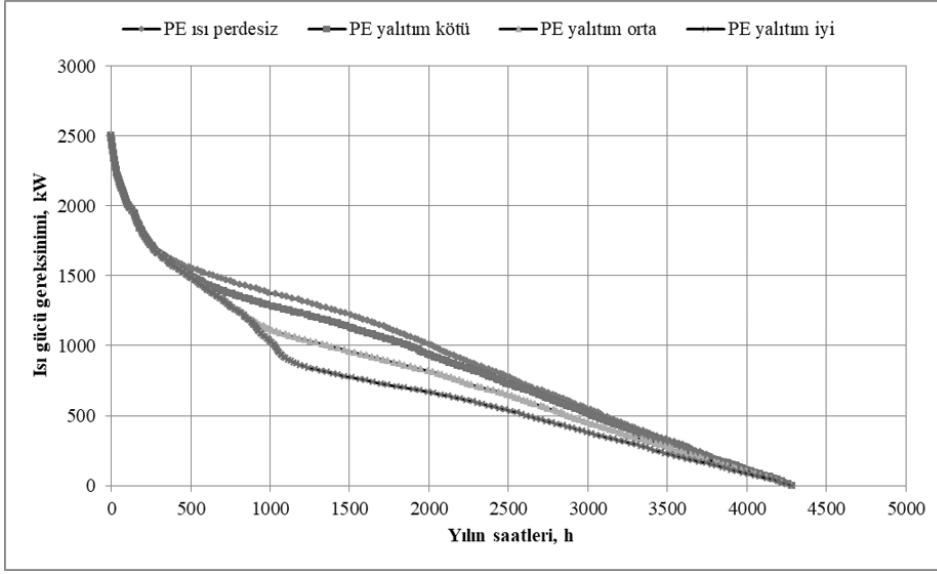


Şekil 4. Isı perdeli (sızdırmazlık iyi) serada yılın saatlerine bağlı ısı gücü gereksinimi

Şekil 4'e bakıldığında serada iç ortam sıcaklığın gece ve gündüz 15/21°C'de tutulabilmesi için ihtiyaç duyulan ısı gücü gereksinimi 2500 kW olmaktadır. İşletmenin temel kazan olarak 2500 kW gücünde kazan kapasitesi seçmesi durumunda yılın 1 saati hariç seranın temel ısı ihtiyacının %100'ü karşılanabilecektir. Serada kazan gücünün 2000 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %99'u karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 111 saati dışında (4175 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 1500 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %95'i karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 487 saati dışında (3799 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 1000 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı ihtiyacının %83'ü karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 1030 saati dışında (3256 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir. Serada kazan gücünün 500 kW seçilmesi durumunda ise seranın temel ısı

ihtiyacının %55'i karşılanabilirken yıl içerisinde ısıtmaya ihtiyaç duyulan 4286 saatin 2614 saati dışında (1672 saatinde) iç sıcaklık 15/21°C'de tutulabilecektir.

Kırşehir iklim koşullarında 10080 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki seranın ısı perdesiz olması ve ısı perdesi kullanılması durumunda (sızdırmazlık kötü, orta ve iyi) gerekli olan ısı gücü gereksinimi Şekil 5'te verilmiştir.

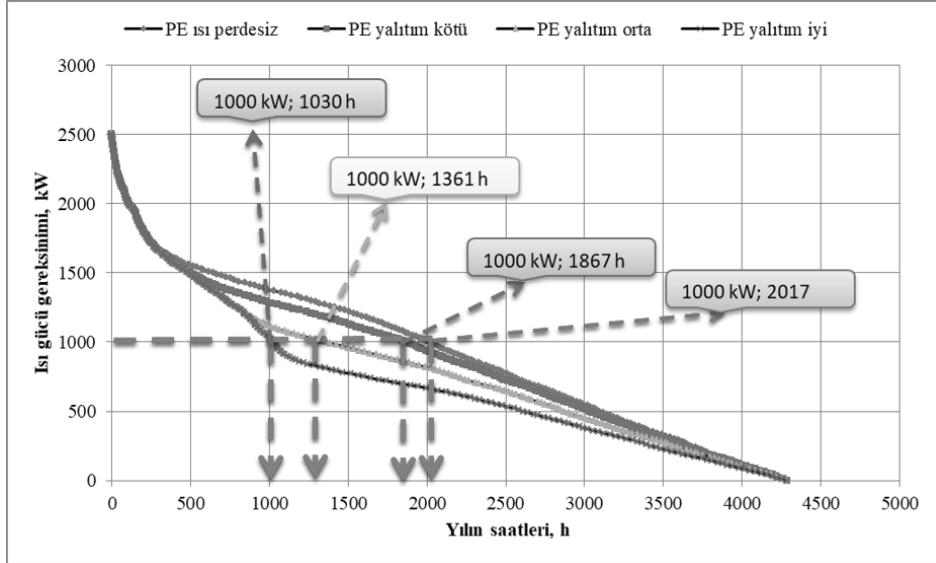


Şekil 5. Seralarda ısı perdesiz ve ısı perdelerinin sızdırmazlıklarına bağlı ısı gücü gereksinimleri

Seralarda ısıtma kazan kapasitelerinin seçimi için belirlenen maksimum ısı gücü değerleri ile yapılan projelermelerde yıl içinde serada yapılacak yetiştiriciliğe bağlı olarak iç ortamda tutulması istenen sıcaklık değerleri riske atılmadan karşılanabilmektedir. Şekil 5'ten görüleceği üzere seralarda yıl içerisinde 4286 saat ısıtma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Buna göre seralarda 2500 kW'lık ısı gücü gereksinimi ile yıl içerisindeki ısıtma ihtiyacının tamamı karşılanabilecektir (Şekil 5). Ancak belirlenen maksimum ısı gücüne yılın çok az bir zamanında gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle seralarda ısı gücünün hesaplanması kadar, ortaya çıkan ısı gücü gereksinimlerinin yıl içindeki tekerrürlerinin bilinmesi, ısıtma sistemin boyutlandırılması ve ilk yatırım giderlerinin azaltılması bakımından oldukça önemli olmaktadır. Buna göre incelenen seralarda yıl içindeki tekerrürler dikkate alındığında temel kazan olarak 1500 kW veya 1000 kW büyüklüğünde kazan kapasitesinin seçilmesi ilk yatırım giderleri ve enerjinin verimliliği açısından önemlidir. Isıtma sistemi için seçilecek ikinci kazanın ise 2500 kW

olarak kurulması çok soğuk günlerde devreye girerek maksimum ısı enerjisi gereksinimini karşılaması mümkün olabilecektir. Benzer olarak, Baytorun ve Gügercin (17) tarafından yapılan çalışmada, Antalya iklim koşullarında 4800 m<sup>2</sup>'lik ısı perdeli (sızdırmazlık orta) serada sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C'de tutulmak istenmesi durumunda, gereksinilen maksimum ısı gücünün 430 kW olduğunu ve bu ısı gücüyle serada tüm yıl boyunca sıcaklığın 16/18°C'de tutulması mümkün olabileceğini bildirmişlerdir. Ancak kurulacak olan ısıtma sisteminde seranın temel ısı enerjisi gereksinimini karşılamak amacıyla 150 kW büyüklüğünde bir kazanın seçilmesi durumunda, seranın temel ısı ihtiyacının % 79'unun karşılanabileceğini ve ısıtma sistemi için seçilecek ikinci kazanın büyüklüğünün ise 430 kW olması durumunda ekstrem durumlarda ortaya çıkacak ısı enerjisi gereksiniminin karşılanmasının mümkün olabileceğini bildirmişlerdir. Buna göre işletmelerin temel kazan ve ikinci kazan seçimlerini doğru yapması ilk yatırım maliyetleri kadar enerjinin verimli kullanılması bakımından da önemli olacaktır.

Seralarda kullanılacak ısı perdelerinin ısı gücüne etkisi Şekil 6'da görülmektedir. Buna göre 1000 kW'lık ısı gücüyle ısı perdeleri ve ısı perdelerinin sızdırmazlıklarına bağlı olarak yıl içerisinde iç ortamda istenilen sıcaklıkların kaç saat tutulabileceği görülmektedir.



Şekil 6. Seralarda alınacak ısı koruma tedbirlerinin ısı gücüne etkisi

Ülkemizde düzenli olarak ısıtma yapılan seralarda ısıtma kazanları gerekenden büyük boyutlandırılması yanında yedek olarak kullanılan ısı kazanları da temel kazan kapasitesinde seçilmektedirler. Bu durum sera işletmelerinin ilk yatırım giderlerini arttırması yanında kurulan ana kazanın tam kapasite ile uzun süre çalışmaması nedeniyle kazan verimleri oldukça düşük olmaktadır. Bu nedenle sera işletmelerinde kurulacak ısıtma sistemlerinde temel ısıtma kazanı ısı gücü gereksiniminin en az %70'ini karşılarken, yedek olarak kurulan ısıtma kazanının gücü seraları dondan koruyacak büyüklükte olmalıdır (14). Buna göre serada 1000 kW büyüklüğünde bir kazanın temel kazan seçilmesi durumunda ısı perdesiz serada yılın 2017 saati sera iç ortam sıcaklığı istenilen değerlerde tutulamazken bu değer ısı perdeli sızdırmazlık iyi serada 1030 saate düşmektedir. Isı gücü gereksiniminin (1000 kW) yıl içerisindeki tekerrürlerine bakıldığında seranın temel ısı ihtiyacının ısı perdesiz serada % 79'u karşılanabilirken ısı perdeli sızdırmazlık kötü olan serada %81'i, sızdırmazlığın orta olması durumunda %84 ve sızdırmazlığın iyi olması durumunda ise %83'ü karşılanabilecektir. Seralarda alınacak ısı koruma tedbirlerinin ısı gücüne etkisine bakıldığında ise ısı koruma önlemleri arttıkça yıl içerisinde gereksinim duyulan ısı gücüne karşılık riske edilecek saatlerin azaldığı görülmektedir. Büyüктаş ve ark. (18) örnek projeler yerine bölge iklimine uygun yapıların inşa edilmesi gerektiğini, Saltuk ve Artun (19) ise güneş enerjisinden maksimum düzeyde yararlanabilmek için sera yerleşiminin de dikkate alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Çalışmada da görüldüğü üzere bölge iklimine uygun yapı tiplerinin ve uzun eksen yerleşim yönlerinin yanı sıra planlama aşamasında yapı içerisinde alınacak ısı koruma önlemlerinin belirlenmesi de önemli olacaktır. Bu durum gereksinim duyulan ısı gücü azaltarak çalışmada incelenen kazan kapasitelerinin daha doğru belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca, ısı korunumu ile alınacak önlemler ile ısı gücünün azaltılması kadar tüketilen enerjinin her geçen gün daha fazla önem kazandığı günümüzde enerji maliyetlerinin azaltılması yanında atmosfere salınan karbondioksit miktarının azaltılmasına da katkı sağlayacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

## **SONUÇ**

Seralarda ısı gücü gereksinimine bağlı ısıtma kazan kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, serada ısıtma sisteminin projelenmesinde gerekli olan ısı gücü iklim koşulları, bitki sıcaklık isteği ve seranın donanımsal özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre,



- Isı perdesi kullanılmayan sera ısı enerjisi gereksinimi  $393.6 \text{ kWh/m}^2$  olarak hesaplanmıştır. Serada ısı perdesi kullanılması durumunda Isı perdelerinin sızdırmazlık durumu kötü, orta ve iyi olarak tesis edilmesi durumunda sırasıyla  $373.7 \text{ kWh/m}^2$ ,  $340.6 \text{ kWh/m}^2$  ve  $307.5 \text{ kWh/m}^2$  olarak hesaplanmıştır. Buna göre serada ısı perdesinin kullanılmaması durumuna göre ısı perdelerinin kullanılması ve sızdırmazlık durumunun kötü, orta ve iyi olması durumunda tasarruf edilebilecek ısı enerjisi sırasıyla %5.1, %13.5 ve %21.9 olacaktır.

- Serada kazan kapasitesi seçiminde gereksinim duyulan maksimum ısı gücü  $2500 \text{ kW}$  olarak hesaplanmıştır.

- Serada ortaya çıkan maksimum ısı gücüne yılın çok az bir zamanında ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle serada seçilecek kazan kapasitesi farklı yalıtım özellikleri de dikkate alınarak yıl içindeki ısı gücü tekerrürlerine bağlı olarak belirlenmelidir. Buna göre gereksinim duyulan ısı gücünün önemli bir kısmını karşılayabilen kazanın temel kazan olarak seçilmesi ve kurulacak yedek kazanın ise bitkileri dondan koruyacak kapasitede seçilmesi gerekmektedir.

- Buna göre serada kazan gücünün  $1000 \text{ kW}$  seçilmesi durumunda temel ısı ihtiyacının ısı perdesiz serada % 79'u karşılanabilirken ısı perdeli sızdırmazlığı kötü olan serada %81'i, sızdırmazlığın orta olması durumunda %84'ü ve sızdırmazlığın iyi olması durumunda ise %83'ü karşılanabilecektir. Serada kazan gücünün  $1500 \text{ kW}$  seçilmesi durumunda ise tüm seralarda temel ısı ihtiyacının %96'sı karşılanabilecektir. Burada dikkat edilecek husus serada yetiştirilecek bitkinin soğuğa hassasiyeti ve riske edilebilecek saatlerin değerlendirilmesidir.

Çalışma sonucunda, sera işletmelerinde birbirinden ayrı kontrol edilebilir, iki ayrı ısıtma sisteminin kurulmasının ilk yatırım maliyetleri ve enerji verimliliği bakımından önemli olacağı sonucuna varılmıştır.

## **KAYNAKLAR**

1. Çaylı A, Akyüz, A, Baytorun AN, Boyacı S, Üstün S, Kozak FB. Sera çevre koşullarının nesnelere interneti tabanlı izleme ve analiz sistemi ile denetlenmesi. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2017; 5(11): 1279-1289. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i11.1279-1289.1282>
2. Baytorun AN, Üstün S, Akyüz A, Çaylı A. Antalya iklim koşullarında farklı donanımlara sahip seraların ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 2017; 5(2): 144-152.
3. Vadiie A, Martin V. Energy management strategies for commercial greenhouses. Appl. Energy, 2014; 114: 880-888.
4. Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, Üstün S, Mercanlı AS. The Feasibility of a cloud-based low-cost environmental monitoring system via open source hardware in gre-

- enhouses. *KSU J. Agric Nat*, 2018; 21(3): 323-338. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.341513>.
5. Cayli, A. (2020). Temperature and relative humidity spatial variability: An assessment of the environmental conditions inside greenhouses. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(7), 4954-4962.
  6. Marucci A, Zambon I, Colantoni A, Monarca D. A combination of agricultural and energy purposes: Evaluation of a prototype of photovoltaic greenhouse tunnel. *Renew Sustain Energy Rev*, 2018; 82: 1178–1186. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.029>.
  7. Mohsenipour M, Ebadollahi M, Rostamzadeh H, Amidpour M. Design and evaluation of a solar-based trigeneration system for a nearly zero energy greenhouse in arid region. *J Clean Prod* 2020; 254: 119990. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119990>.
  8. Öztürk HH, Başçetinçelik A. Effect of thermal screens on the microclimate and overall heat loss coefficient in plastic tunnel greenhouses. *Turk J Agric For*, 2003; 27: 123-134.
  9. Hatirli SA, Ozkan B, Fert C. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renew Energy*, 2006; 31(4): 427–38. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.04.007>.
  10. Vadiee A, Martin V.. Energy management in horticultural applications through the closed greenhouse concept, state of the art. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2012; 16(7): 5087-5100. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2012.04.022>.
  11. Çaylı A, Baytorun AN. Analysis of climate and vapor pressure deficit (VPD) in a heated multi-span plastic greenhouse. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 2012; 31(6): 1632-1644.
  12. Leonardi C, De Pascale S. Greenhouse production systems in Mediterranean area. 4th International Workshop “Agrospace: Controlled Environment Agriculture from Earth to Space and back” Sperlonga. 2010.
  13. von Zabeltitz C.. 2011. *Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
  14. Baytorun AN, Gügercin Ö. Seralarda ısıtma kazan kapasitelerinin belirlenmesi ve dikkate alınacak kriterler. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.*, 2018; 33(1): 77-86.
  15. Baytorun, N, Akyüz A, Üstün S. Seralarda ısıtma sistemlerinin modellenmesi ve karar verme aşamasında bilimsel verilere dayalı uzman sistemin “ISIGER-SERA” geliştirilmesi. 2016, TÜBİTAK 114O533 nolu proje.
  16. Chen J, Yang J, Zhao J, Xu F, Shen Z, Zhang L. Energy demand forecasting of the greenhouses using nonlinear models based on model optimized prediction method, *Neurocomputing*, 2015; 174: 1087-1100.
  17. Baytorun AN, Gügercin Ö. Seralarda enerji verimliliğinin artırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2015; 30(2): 125-135.
  18. Büyüktaş K, Atılğan A, Tezcan A. *Tarımsal üretim yapıları*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın no: 101; 2016.
  19. Saltuk B, Artun O. Multi-Criteria Decision System for greenhouse site selection in Lower Euphrates Basin using geographic information systems (GIS). *African Journal of Agricultural Research*, 2018; 13(47): 2716-2724.

## Bölüm 11

### KESİNTİLİ DAMLA SULAMA

Sertan SESVEREN<sup>1</sup>

#### GİRİŞ

Sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi için, su ve enerji tasarrufu sağlayan, su kayıplarını en az düzeye indiren, çevreyi kirletmeyen, verim ve kalitede artış sağlayan basınçlı sulama sistemleri kullanılmaktadır. Özellikle geleneksel yüzey damla sistemlerinin kullanılması ve sulama zamanının doğru ayarlanması ile suyun en çok kullanıldığı tarımsal sulamada su kaynaklarının etkin kullanımı ve su tasarrufu sağlanması gerçekleştirilebilir. Günümüzde üreticiler damla sulamanın uygulanmasında birçok farklı yöntem kullanmaktadırlar. Sulama sistemi çoğunlukla belirli bir zaman aralığında sürekli çalıştırılır. Son yıllarda bitkilerin sulanmasında çok da geleneksel olmayan kesintili (aralıklı, fasıllı) sulama (pulse irrigation) olarak adlandırılan sulama biçimi test edilmektedir. Kesintili damla sulama, su verimliliğini artırmak ve bitki büyümesini iyileştirmek için suyun sürekli değil, döngüler halinde uygulanmasını sağlayan yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu yöntem, geleneksel damla sulama ile ilişkilendirilen yaygın sorunlara, özellikle kök bölgesinde oksijen yetersizliği ve damlatıcı tıkanması gibi problemlere çözüm getirmektedir. Bu sistem bir bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarının karşılanması için sulamanın yapılacağı gün; suyun toprağa az miktarlarda sık aralıklarla verilmesi biçimidir. Bu sulama işletim biçiminden beklenen yarar hiçte azımsanmayacak düzeydedir.

Sulamadan beklenen faydaların sağlanması için, su ve enerji tasarrufu yapabilen, su kayıplarını en aza indiren, çevre kirliliğine neden olmayan ve su kullanım etkinliğinin yüksek olduğu basınçlı sulama sistemleri kullanılmaktadır. Özellikle, geleneksel yüzey damla sistemlerinin kullanılması ve sulama zamanlamasının doğru planlanması [1] ile tarımsal sulamada su kaynaklarının etkili kullanımı ve su tasarrufu gerçekleştirilebilir.

---

<sup>1</sup> Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sesveren@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-5163-7066

Araştırmacılara göre, damla sulama genellikle suyu bitkinin kök bölgesine veya yakınına verirken sürekli sulama nedeniyle makro ve mikro porlar suyla dolarak oksijenin bitki köküne ulaşmasını engeller. Bundan dolayı, hava eksikliği de bitki büyümesini olumsuz etkiler. Diğer taraftan, düşük su uygulama kapasitesi genellikle damlatıcılarda tıkanma sorununu beraberinde getirir. Bu sorunlara çözüm bulmak için kesintili sulama (pulse irrigation) yöntemi uygulanmaya başlanmıştır.

Damla sulama sistemleri, suyu laterallere ve damlatıcılara düzgün ve planlı bir şekilde iletebilir; ancak, her bir damlatıcıdan suyun kök bölgesine kadar iletilmesi, toprağın hidrolik özelliklerine bağlıdır.

Toprakta yatay su yayılmasının düşük olduğu durumlarda, daha fazla damlatıcı ve lateral gereklidir ve buna bağlı sistem maliyetleri artmaktadır. Daha yüksek su uygulama miktarları, suyun hem yatay hem de dikey yönde daha fazla yayılmasına neden olur. Artan dikey yayılma istenmeyebilir. Bu durum, suyun aktif kök bölgesinin altına hareket etmesi (derine sızma), su ve besin maddesi kaybı ve yer altı suyu kirliliğine yol açabilir. Buradaki amacın, yatay su hareketinin dikey harekete oranını maksimize etmektir. Yatay su hareketinin oranı, iyi drene olmuş, kaba bünyeli topraklarda en düşük seviyededir; bu tür topraklar, birçok yıllık meyve ve sebze yetiştiriciliğinin damla sulama ile yapıldığı yerlerde bulunur.

Damla sulama damlatıcılarından suyun yayılmasını etkileyen faktörler, toprağın bünye ve yapısı gibi çeşitli toprak fiziksel özelliklerini içerir [2-6]. Ayrıca, belirli yönetim tekniklerinin, örneğin, kesintili su uygulamaları, yüksek uygulama kapasitesi ve ön sulama işlemlerinin su ve kimyasalların yatay yönde yayılmasını artırabileceği öne sürülmektedir [7]. Örneğin, bazı sulama el kitaplarında, damlatıcı kapasitesinin, hızının (L/h) ıslanmış toprakta yatay/dikey yayılım oranını önemli ölçüde etkileyeceğini, ve daha yüksek bir damlatıcı hızı ile bu oranın doğru orantılı olarak artacağı belirtilmektedir [8].

Cote ve ark. [4] tarafından yapılan bir modelleme çalışmasında, farklı yönetim senaryoları altında gömülü damla kaynaklarından su dağılımları incelenmiştir. Yapılan sayısal simülasyonlar, deşarj hızının düşürülmesinin ıslanmış bölgenin boyutlarını hafifçe artırdığını göstermiştir; bu durum, daha önce belirtilen yüzey damla sulamaya ilişkin bilgilerle çelişmektedir. Ancak, gözlemlenen ıslanma artışlarının, özellikle gözlemlerin simüle edilen su uygulamalarının sonunda ve suyun yeniden dağıtılmasından önce yapılmış olması nedeniyle, pratik açıdan önemli olacak kadar büyük olup olmadığı net değildir. Suyun yeniden dağılımı, ıslanma farklılıklarını genellikle azaltma eğilimindedir [9]. Ayrıca, geçmişte

düşük, neredeyse sabit su uygulama hızları elde etmek için kullanılan kesintili (pulse) su uygulamalarını da incelemiştir [10-13]. Kesintili su uygulamaları “yaygın olarak” ıslanmanın yatay boyutunu artırdığı yönündedir. Ancak simülasyon sonuçları, aralıklı uygulamaların su dağılımı üzerinde çok az etkisi olduğunu göstermektedir.

Tarımda suyun optimum kullanımı için geçmişten günümüze çeşitli sulama yöntemleri denenmiştir. Sulamanın başlıca amacı bitki kök bölgesinde su stresi oluşturmadan optimum sulama ile en yüksek verimi elde etmektir. Bu nedenle yüksek infiltrasyon değerleri, yüzeysel akış ve buharlaşma gibi su kayıplarını azaltma yolları sulama çalışmalarında araştırılmaktadır. Gömülü damla sulama suyun en verimli şekilde kullanılabilmesi için geliştirilen yöntemlerden biridir. Toprak profili içerisinde suyun dikey ve yatay yöndeki davranışlarını belirlemek optimum bitki su ihtiyaçlarını karşılamak için bilinmesi gereken önemli konulardır.

Gömülü damla sulama, toprak yüzeyinden buharlaşmayı azaltarak yüzey damla sulamaya kıyasla daha yüksek verimlilik sağlar. Ayrıca, lateraller bitki kök bölgesinde yer aldığı için bitkiler sudan ve gübrelere daha iyi faydalanır [14]. Öte yandan, bazı çalışmalar, gömülü damla sulamanın, yüzey damla sulamaya göre daha düşük bir ıslatma alanına sahip olduğunu bildirmiştir [15,16]. Bu durum, özellikle sık ekilen bitkilerin kök sistemlerinin sınırlı gelişimine yol açabilir ve verim ile kaliteyi düşürebilir. Bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla, suyun kesilerek aralıklı verilmesi gerektiği düşünülmüştür [17-19]. Kesintili (pulse) sulama yönteminde, sulama suyu bir defada verilmez, belirli miktarlara ve zaman aralıklarına bölünerek verilir. Vyrlas ve Sakellariou-Makrantonaki [18], kesintili damla sulamanın şeker pancarı verimi ve şeker içeriğini artırdığını, Bakeer ve ark. [19] ise aralıklı damla sulamanın patates verimi ve su kullanım verimliliğini artırdığını bildirmiştir.

Kesintili sulama altında, kök bölgesinde ıslatılan alan kontrolü gerçekleştirilebilir [20]. Bir çok denemede yüksek sayıda kesintili damla sulamanın sağlamış olduğu bitkilerdeki olumlu tepkiler kayıt altına alınmıştır [21,22]. Kesikli sulamanın avantajlarından birisi de daha düşük gübreleme oranlarında bitki büyümesindeki gelişimin genellikle geleneksel sulama uygulamalarındaki gelişimden daha fazla olmasıdır [23]. Kök bölgesi altına sızan su miktarındaki artış sürekli su uygulaması ile ilişkilidir. Birbirini izleyen aralıklarla debi uygulamasını içeren kesintili sulama stratejisi (pulse irrigation) tarladaki su yönetimini geliştirebilir ve sulama etkinliğini artırabilir [24]. Ayrıca etkili kök bölgesindeki optimum su içeriğinin

sağlanması sonucu bitki besin elementi yoğunluğundaki değişkenlikler azalır, buda bitki besin elementlerinin bitkilerdeki faydalı etkinliğini artırmaktadır [25].

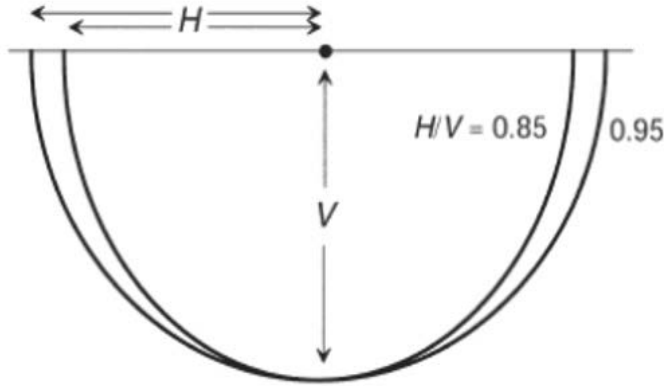
## **KESİNTİLİ SULAMANIN MİKRO SULAMA SİSTEMİNDEKİ ROLÜ**

Birçok araştırmacı kesintili sulamayı incelemiştir, ancak bu yöntemin başlangıcı 1974 yılına dayanmaktadır. Kesintili sulama, her biri iki aşamadan oluşan bir dizi sulama döngüsünden meydana gelir: birinci aşama işletme (aktif aşaması), ikinci aşama ise dinlenme (aktif olmayan) aşamasıdır. Sulama parametrelerine ve sulama döngülerinin sayısına bağlı olarak kesinti programı, gerçek sulama süresi, dinlenme süresi ve tek bir pulse'ın toplam süresi gibi değişkenler tanımlanmıştır. Bir kesintili sulama döngüsündeki döngü sayısını (açma-kapama yada aktif-aktif olmayan) belirlemek için önerilen yöntem, genellikle 5-10 döngü aralığında olmalıdır. Fraisse ve ark. [26], hem yeraltı suyu kalitesini korumak hem de sınırlı su kaynakları ile elde edilebilecek verimi optimize etmek için sulama suyu ve kimyasalların birleşik yönetimini incelemiştir.

Çiftliklerde enerji tasarrufu sağlamak amacıyla bazı sulama stratejilerinin incelenmesi ve geliştirilmesi üzerine araştırmalar yapılmıştır ve kesintili sulama konusunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. García-Prats ve Guillem-Picó [27], damlatıcı debisi, enerji tüketimi ve enerji maliyet tasarruflarının doğrudan birbirleriyle ilişkili olmadığını bulmuşlardır. Kesintili sulama, sırasıyla güç kapasitesinde %10.67, enerji tüketiminde %6.43 ve enerji maliyetinde %6.99 oranında enerji tasarrufu potansiyeli göstermiştir. Elmaloglou ve Diamantopoulos [28], yüzey damla sulama altında toprak suyunun infiltrasyonu ve yeniden dağılımını, farklı bünyelerdeki toprakların (kumlu-tın ve kil-tın) histerizesini dikkate alarak incelemiştir. Islak ön yüz ilerleme desenleri ve kök bölgesi altındaki derine sızma açısından, sürekli ve aralıklı uygulama (1, 2 ve 4 L/saat) karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla, toprak su tutma özellikleri, toprak yüzeyinden buharlaşma ve kökler tarafından suyun alınma etkinliği, histerizeyi içeren silindirik akış modeli kullanılmıştır. Sonuçlar, Kesintili sulamanın, her iki durumda (histerizeli ve histerizisiz) sürekli sulamaya kıyasla kök bölgesi altındaki su kayıplarını hafifçe azalttığını göstermiştir. Ayrıca her iki sulama tipinde de, toplam simülasyon süresi boyunca, histerize olayı kök bölgesi altındaki su kayıplarını önemli ölçüde azaltmıştır.

Rank ve ark. [29,30], kesintili sulama altında otomasyonu gerçekleştirmiş ve yer altı toprak suyu dağılımını değerlendirmiştir. Kök bölgesindeki aerasyonun, normal damla sulama yapılan toprak yerine, kesintili sulama ile sulanan toprak altında yeterli olduğu bulunmuştur.

Son olarak, histerize etkisinin daha yüksek giriş hızlarında (4 L/saat) daha belirgin olduğu ve bunun sonucunda toprak yüzeyindeki su içeriğinin arttığı bulunmuştur. Skaggs ve ark. [31], sulama hızı, kesintili su uygulaması ve önceki su içeriğinin damlatıcılardan suyun yayılma üzerindeki etkilerini incelemek için sayısal simülasyonlar ve saha denemeleri yürütmüşlerdir. Simülasyon sonuçları, kesintili sulama ve düşük uygulama hızları nedeniyle, suyun uygulama sonunda yatay yayılmasında küçük artışlar olduğunu göstermiştir (Şekil 1). Bu küçük artışın sebebi, daha uzun sulama sürelerinden kaynaklı olduğu gibi kesintili sulama ya da düşük uygulama hızları ile ilişkilendirilen akış fenomenleriyle de bağlantılıdır. 24 saatlik bir süreden sonra, infiltrasyon olan su yeniden dağılıma geçmiş; bu da küçük artışların çoğunlukla kaybolmasına yol açmıştır. Saha denemeleri, simülasyon bulguları ile uyumlu çıkmış ve kesintili sulama uygulamaları ile değişken uygulama hızlarını içeren beş farklı su uygulama konusunda ıslanma açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.



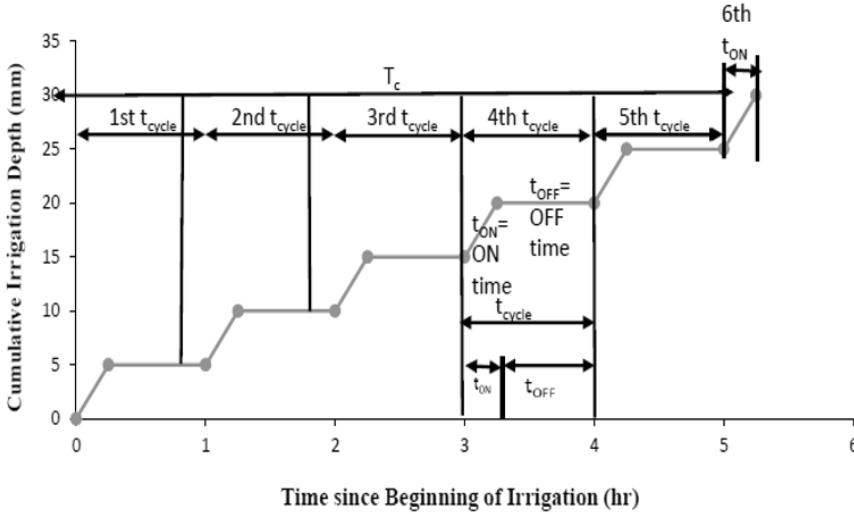
Şekil 1. Aynı dikey genişliğe (V) sahip ancak farklı yatay genişliğe (H) sahip iki ıslatma çevresinin şematik gösterimi.

## KESİNTİLİ DAMLA SULAMA TASARIMI İLE İLGİLİ KAVRAMSAL BAZI BİLGİLER

Kesintili damla sulama ile toprak havalandırmasının, sürekli damla sulama sistemine kıyasla daha iyi olduğu bulunmuştur [30]. Kök bölgesinde havalandırma sağlamak için çözümler, ya havalandırılmış sulama suyu kullanmak ya da damla sulama uygulamasının daha yüksek oranlarda kesintiye uğratarak (aralıklı) yapılmasıdır. Kesintili sulama, tarlayı açık ve kapalı döngülerle sulamak amacıyla tasarlanmıştır. Ancak, vanaların çalıştırılması daha yüksek iş gücü maliyeti

gerektirir. Bugün IoT (Nesnelerin İnterneti) kullanımı ile bütünlük kesintili sulamanın otomasyonu mümkündür.

Kesintili damla sulama, sulama döngüsünde “Açık” (ON) ve “Kapalı” (OFF) sürelerinin, gereken sulama derinliği (Di) uygulanana kadar sürekli olarak tekrarlandığı bir sulama yöntemidir. Her döngüde, sulama uygulaması  $t_{ON}$  süresi boyunca devam eder ve ardından  $t_{OFF}$  süresi boyunca dinlenir.  $t_{Cycle}$  süresi boyunca bu döngüler tekrarlanır ve her bir değişim için toplam sulama süresi ( $T_c$ ) kadar devam eder.



Şekil 2. Kesintili Damla Sulama Konseptinin Görselleştirilmesi

Kesintili sulama tasarımı, sulama aralığındaki su yeterliliği, günlük su miktarı, sulama derinliği, sulama aralığı, su pompalama/taşıma/sağlama kapasitesi, günlük enerji tedarik süresi gibi bilgileri gerektirir. Kesintili sulama tasarımı, belirli bir sulama aralığında sulanacak alan, günde sulanacak alan, bir değişimde sulanacak alan, solenoid valflerinin/değişim sayılarının, kesintili sulamanın zaman bileşenlerinin (ON süresi, OFF süresi, döngü süresi, bir değişimdeki toplam sulama süresi) ve sulama döngülerinin sayısı gibi bilgileri gerektirir.

Kesintili damla sulama, verilen sulama aralığında (IT) mevcut toplam su (TWA), verilen sulama aralığında uygulanacak sulama derinliği (Di) ve verilen



ekili alan (TAc) için, toplam *S<sub>n</sub>* solenoid valflerine sahip damla sulama sistemi kurarak tasarlanabilir (Resim 1).



**Resim 1.** Solenoid valflerine sahip damla sulama sistemi

## **KESİNTİLİ DAMLA SULAMA YÖNTEMİNİN FAYDALARI**

### **1. Artan Verim**

Kesintili damla sulama, artan ürün verimi ile ilişkilendirilmektedir. Örneğin, yapılan araştırmalar, sürekli suyun uygulandığı geleneksel damla sulama ile karşılaştırıldığında, ürün veriminde %11.8'lik bir artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu iyileşme, özellikle verimi maksimize etmenin önemli olduğu tarımsal ortamlarda önemli bir avantaj sunmaktadır.

## **KESİNTİLİ SULAMANIN BİTKİ BÜYÜMESİ VE VERİM ÜZERİNE ETKİLERİ**

Son yıllarda, kesintili sulama yönteminin yeşil fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) [32], marul (*Lactuca sativa* L.) [33,34], mısır (*Zea mays* L.) [35], soğan (*Allium cepa* L.) [36], portakal (*Citrus ×sinensis*) [37], patates (*Solanum tuberosum* L.) [19] ve soya fasulyesi (*Glycine max* L.) [38] gibi pek çok tarım ürünüde verimi artırdığı gösterilmiştir. Ancak, çilek (*Fragaria ×ananassa* Duch.) [39,40] dışında, kesikli

sulama yöntemi, kırmızı ahududu gibi küçük meyve türlerinde yeterince test edilmemiştir.

Kesintili sulama, suyu zaman içinde küçük miktarlarda uygulama yöntemi olarak bilinir ve derine sızma ile su akışını azaltmaya yardımcı olduğu, tek defada sulama suyunun verildiği sürekli sulama uygulamasına kıyasla su ve besin maddelerini optimal bir hızda sağlayarak bitki büyümesini ve üretimini artırabileceği gösterilmiştir. Carroll ve ark. [41] kesintili sulamanın kırmızı ahududu (*Rubus dacus* L. Wakefield) üzerindeki etkilerini belirlemiştir. Uygulamalar, sürekli veya kesintili damla sulama şeklinde yapılmıştır. Sürekli sulama günde 4 saate kadar uygulanırken, kesintili sulama aynı miktarda suyu kullanarak 2 saatte bir 30 dakika süreyle, günde sekiz kez programlanmıştır. Kesintili sulama, sürekli sulamaya göre toprak su tutma kabiliyetini iyileştirmiş ve meyve üretimini 1210 ila 1230 kg·ha<sup>-1</sup> düzeyine taşımıştır. Kesintili sulama, sürekli sulamaya kıyasla daha fazla taç örtüsü ve yapraklarda daha yüksek Mg ve S konsantrasyonları üretmiş, ancak toprakta K ve B seviyelerini azaltmış ve meyvelerin şeker-asit oranı üzerinde değişken etkiler yaratmıştır. Bu sonuçlara dayanarak, kesintili sulamanın kumlu veya siltli topraklarda ahududu bitkilerini sulamak için etkili bir yöntem gibi görüldüğü, ancak daha ağır toprak türlerinde bu tekniğin faydalı olup olmadığını belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Levin ve ark. [42], yüksek verimli bir elma bahçesinde toprak su içeriği dağılımını incelemiştir. Farklı debi oranları, damlatıcılar arasındaki mesafe ve sulama sıklığı gibi üç farklı faktör deneme konularının oluşturulmasında dikkate alınmıştır. Sonuçlar, haftada iki kez 8 L/saat debili sulama konusundan elde edilen toprak su içeriği ve kök sistemi dağılımının, günlük veya haftada bir kez 4 L/saat debili sulama konularına göre daha geniş bir alanı kapladığını göstermiştir. Hem günlük sulamada hem de haftada bir sulamada benzer kök dağılımı deseni bulunmuş, ancak günlük sulama ile daha dar bir toprak su içeriği dağılımı gözlemlenmiştir. Uygulanan suyun %17'sinin, damlatıcı altındaki drenaj yoluyla kaybolduğu bulunmuştur.

Ayrıca; kurak bölgelerdeki su kıtlığının artması ile kalitesi düşük su miktarının bile tarımsal üretim için artan önemde dikkate alınması zorunluluğunun olduğu koşullarda Assouline ve ark. [12], sudaki tuzluluk ve kesintili su uygulama şeklinin toprak bitki sistemi içerisinde birleşik etkilerini bulmayı amaçlamışlardır. Test bitkisi olarak kırmızı biber (*Capsicum, annuum* L.) seçilmiş, her gün yüksek sıklıkta damla sulama ile tuzlu ve temiz su uygulamasına gidilmiştir. Kesintili sulama, bitkinin erken büyüme dönemlerinde yaprak alanı ve bitki boyunda

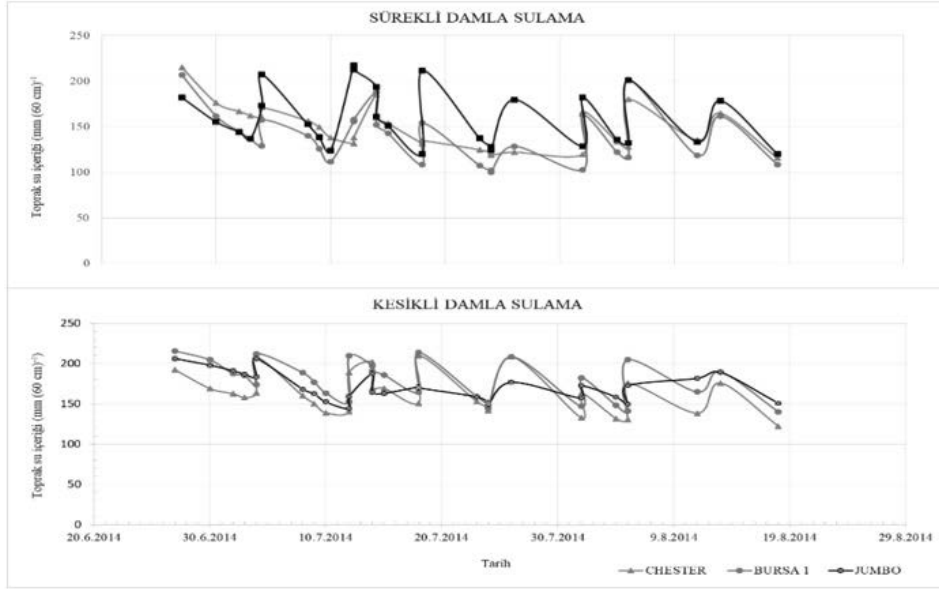
daha yüksek gelişim sağlamıştır. Yüksek sıklıktaki kesintili sulama yapraklarda Mn birikimine izin vermiş ve Cl, N konsantrasyonlarını artırmış ve erken dönemlerde P mobilizasyonunun gelişimi ile bitki yapraklarındaki P alımında daha iyi sonuç vermiştir. Burada yüksek su tuzluluğu, fizyolojik parametreleri çok olumsuz etkilemiştir. Kesintili sulama altında, kök bölgesindeki tuzluluk daha yüksek olmuştur ve yaprak klorür içeriği ile tansiyometre ölçümleri, üst topraktaki tuzluluğunun, günlük bir kez yapılan sulama ile daha verimli bir şekilde azaltıldığını göstermiştir. Günlük bir kez su kalitesi iyi olan su ile yapılan sulama altında ise, verim, meyve ağırlığı ve sulama suyu kullanım verimliliği (IWUE) en yüksek bulunmuştur.

Abdelraouf ve ark. [43], iki tarla çalışmasında kısa sulama döngülerinin kök bölgesindeki toprak su içeriği dağılımı, gübre kullanım verimliliği ve patates verimliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuçlar, gömülü damla sulama sisteminde üçüncü döngünün (aralığın, tekrarın), kısa sulama döngülerinin uygulanmasının ardından kök bölgesindeki toprak su içeriği dağılımı ve miktarının artması nedeniyle, sürekli damla sulamaya kıyasla en yüksek patates verimini sağladığını rapor etmişlerdir.

Her sulama döngüsündeki kesinti sayısının artması, suyun dikey yönde hareketinden daha fazla yatay yönde hareket etmesine neden olur. Bu da kök bölgesindeki su içeriğini ve ıslanan toprak hacmini, tarla kapasitesinin üzerine çıkarır. Tarla kapasitesinin üzerinde ıslanan toprak hacminin artması, kök bölgesinde mevcut su ve besin maddelerinin hacminin arttığı anlamına gelir. Kök bölgesindeki su içeriği ve ıslanan toprak hacminin tarla kapasitesinin üzerinde artması, bu besinlerin bitki için daha erişilebilir hale (daha kolay alınım) gelmesini sağlar. El-Mogy ve ark. [32], gömülü damla sulama sistemi ile sulanan yeşil fasulyede ( *Phaseolus vulgaris* L. ) kesintili sulamaya ilişkin açma-kapama sayısının sulamanın verim ve gübreleme üzerindeki etkilerini incelemiş, sonuçlara göre yeşil fasulye bitkisine ilişkin vejetatif büyüme fonksiyonları (bitki boyu, yaprak sayısı, bitki yaş ağırlığı, kuru madde ağırlığı, toplam yaprak alanının yanı sıra klorofil içeriği) her sulama başına açma-kapama sayısının artması ile daha iyi sonuçlar elde edildiğini göstermişlerdir.

Kesintili ve sürekli sulama koşulları, topraktaki su dağılımına farklı etki yaparak kök sistemlerinin büyümesine ve dağılımına etkide bulunurlar. Yapılan bir çalışma ile kesintili damla sulama altında üç farklı böğürtlen (Bursa 1, Chester ve Jumbo) çeşidine ilişkin verim, toprak su içeriği ve WUE belirlenmesi amaçlanmıştır. Sulama suyu, günde 4 defada kesintili uygulanmıştır. Varyans analizine göre verim ortalamaları arasında istatistiksel bir fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ). En fazla

verim değeri 641 g/m<sup>2</sup> ile Jumbo, en az ise 502 g/m<sup>2</sup> olarak Bursa 1 çeşidinden elde edilmiştir. Sonuçlara göre, en fazla meyve ağırlığı, toplam asitlik ve suda çözünebilir kuru madde miktarının Bursa 1 çeşidinde olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda toprak su içeriği değerleri açısından kesintili sulama sürekli sulamaya göre daha yüksek değerler almış ve daha üniform toprak su içeriği dağılımı sağlamıştır (Şekil 3.) [44].



Şekil 3. Kesintili ve sürekli damla sulama altında toprak su içeriği ölçümü [44]

Bitki su tüketimine yakın düşük hacimli kesintili sulama uygulamalarını içeren deneme varyantları altında, genellikle açma-kapama sayısının 1.3-2.5 olduğu sulama konularına ilişkin kültür bitkilerinin verimi (yonca, delice otu, çayır otu, çayır yumağı, marul), geleneksel kesintisiz (sürekli) sulama ile yetişen bitkilerin verimlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur [45].

Ankara koşullarında yürütülen bir çalışmada ise gömülü damla sulamada kesintili sulama uygulamalarının silajlık mısırdaki verim ve kalite parametrelerine etkisi incelenmiştir [46]. Toprakta yarıyıllık suyun %30'u tüketildiğinde mevcut nemi tarla kapasitesine getirmek için gerekli sulama suyu  $F_0$ ; Tek seferde,  $F_1$ ; Bir kesintiyle  $F_2$ ; İki kesintiyle,  $F_3$ ; Üç kesintiyle uygulanmıştır. İki sulama arası kesinti süresi arttıkça WUE ve IWUE de artmıştır. Sulama uygulamalarının silaj (yeşil ot) verimi üzerinde önemli bir etkisi bulunmazken, bazı kalite parametrelerinde (bitki boyu, koçan ağırlığı, gövde ağırlığı, ham kül) istatistiksel farklılıklar bulunmuştur.

En yüksek ve en düşük taze silaj verimi, bitki boyu, bitki başına koçan sayısı, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı, kuru madde oranı, ham kül oranı ve ham protein oranı sırasıyla 8768.9-8064.9 kg/da 2.44-2.34 m., 1.28-1.13, 0.438-0.374 kg., 0.234-0.212 kg. %41.5-%39.0, %7.2-%5.2 ve %7.0-6,7 olarak elde edilmiştir. Araştırmada en iyi su dağılımının iki sulama arası süresinin en fazla olduğu F<sub>1</sub> uygulamasında sağlandığı belirlenmiş ve bu konu önerilmiştir

Model çalışmalarına bakıldığında ise; Phogat ve ark. [47], bademlere yüzey damla sulama yöntemiyle kesintili (aralıklı) ve sürekli sulama uygulamış ve su uygulamaları ile topraktaki su içeriği dağılımını sezon boyunca izlemişlerdir. Kesintili sulama uygulamasının su dengesi ve topraktaki tuzluluk dağılımı üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla, sonlu elemanlar sayısal modeli (HYDRUS 2D) kullanılmıştır. Modelleme ile elde edilen su içeriği değerleri, farklı toprak derinliklerinde (10 cm'den 160 cm'ye kadar) nötron probu ile haftalık olarak ölçülen değerlerle oldukça uyumlu bulunmuş, ortalama değerlerin RMSE değeri sırasıyla kesintili sulama (Ip) ve sürekli sulama (Ic) uygulamalarında 0.01 ile 0.08 ve 0.01 ile 0.05 aralığında değişmiştir. Sonuçlar, simüle edilen sezonluk su alımının kesintili sulamada, sürekli sulamaya kıyasla biraz daha yüksek olduğunu, oysaki toprak depolamasının ise sürekli sulama altında biraz daha fazla olduğunu göstermektedir. Yıkama oranı her iki uygulamada da 0.25'e kadar değişmiştir. Tuzluluk dağılımı her iki uygulamada benzer olup, simüle edilen ortalama toprak çözeltisi tuzluluğu, sırasıyla Ip ve Ic uygulamalarında 0.47-3.38 dS/m ve 0.49-3.67 dS/m arasında değişmiştir. Bu nedenle, modelleme simülasyonları, daha yüksek debili kesintili sulamanın, düşük debili sürekli sulama ile elde edilen benzer su ve tuzluluk dağılımı ürettiğini ortaya koymuştur. Phogat ve ark. [48], hem kesintili hem de sürekli damla sulama altında bademlerin su ve tuzluluk dağılımını incelemiş ve doğrulamıştır. Başlangıç tuzluluğu hem kesintili hem de sürekli sulama uygulamalarında azalmış ve sulamanın bir fonksiyonu olarak toprak profilindeki tuzluluk her iki sulama sisteminde de matematiksel olarak en iyi şekilde üstsel fonksiyon ile tanımlanmıştır.

Diğer taraftan aynı miktarda suyun uygulandığı koşullar altında kesintili sulama ile yapılan yıkama, sürekli sulamaya göre daha yüksek bulunmaktadır. Bitki evapotranspirasyonu (ETc) temel alındığında, sulama günlük olarak uygun bir yıkama oranı ile yapıldığında, kesintili sulamanın toprak suyu içeriği, tuzluluk dağılımı ve drenaj akışı üzerindeki etkisi tamamen ortadan kalkmaktadır. Başka bir çalışmada, Eid ve ark. [38], su tasarrufunun sağlanması ve soya fasulyesi verimini iyileştirmede pulse damla sulama ve malçlama sistemlerinin etkisini incelemiş ve araştırmışlardır. Bu etkileri değerlendirmek için kullanılan parametreler Kök

bölgesindeki toprak su dağılımı, soya fasulyesi bitkisinin büyüme özellikleri, verimi, IWUE, yağ içeriği ve verimi, protein içeriği ve verimi, ve bazı ekonomik parametreler olarak sıralanmıştır. Sonuçlarına göre, Siyah Plastik Malç kullanımı ve günlük 8 pulse sulama uygulaması en iyi koşullar olarak belirlenmiştir

Yine yukarıda bahsedilen bulgularda olduğu gibi kesintili sulamanın olduğu yerde toprakta yatay yöndeki su hareketinin dikey yöndekinden daha fazla olmasından dolayı ıslatılan kök hacmindeki artış ile toprak su içeriğindeki dağılım daha iyileşmiştir. Ayrıca siyah plastiğin malç olarak kullanımı ile toprak yüzeyindeki buharlaşmanın azalması sonucu tuz birikimi azalmış ve yabancı ot gelişimi gerilemiştir. Ayrıca 12 kesinti yapılan sulama konusunda döngü sayısı çok arttığından uygulama etkinliğinde bir azalış ve kök bölgesinde su stresi koşullarına neden olmuştur.

Phogat ve ark. [49], bir çok su işletim biçimini denediği çalışmasında kesintili kısıntılı (pulse deficit irrigation) sulamaya ilişkin WUE önemli ölçüde artmış, verim %8 oranında artmış ve tam sulama (full irrigation) ile karşılaştırıldığında yaklaşık %35 sulama suyu tasarrufu sağlanmıştır. Su sıkıntısının şiddetli yaşandığı badem yetiştiriciliği bölgelerinde, kesintili kısıntılı sulama, umut verici bir kısıntılı sulama stratejisi olarak görünmektedir. Sürekli kısıntılı sulama koşulları altında sulama yapmak, suyun hızlandırılmış drenaj şeklinde verimsiz kullanımını artırabilir; bu da besin maddelerinin ve çözücülerinin yeraltı suyuna sızma/karışma potansiyelini doğurabilir. Böylece yeraltı suyu kalitesine ve yüzeysel su kaynaklarına tehdit oluşturulabilir. Maller ve ark. [50], salatalık bitkileri üzerinde yapılan bir çalışmada, sulama suyu eksikliği yaşayan ya da yeterince su temin edilen bitkiler üzerinde kesintili sulamanın etkilerini incelemiş ve evapotranspirasyon talebinin fazla olduğu zamanlarda sulama yapılmasının, erken saatlerde yapılan sürekli sulamaya kıyasla tarımsal üründe faydalar sağladığını doğrulamıştır.

## **2.ARTIRILMIŞ HAVA DOLAŞIMI**

Sulama döngüleri arasında ara verilmesi, kesintili (pulse) damla sulama toprağa yeterli havalanma süresi sağlar. Bu oksijen temini, sağlıklı kök gelişimi ve genel bitki büyümesi için hayati öneme sahiptir.

### **Kesintili damla sulamanın toprak suyu dağılımı üzerindeki etkisiyle ilgili araştırmalar**

Araştırmacılar, bitkilerin bitki kök bölgesinin üst yarısından yaklaşık %70 oranında etkin olarak suyu kullandığını çalışmaları ile göstermiştir. Bu alandaki toprak-su geriliminin 5 atmosferin altında tutulması, en yüksek verim

değerlerini sağlamaktadır. Kuru toprak, su tablası, kaya tabakası ve yüksek tuz konsantrasyonunun bulunduğu toprak katmanlarında köklerin penetrasyonu oldukça sınırlı olabilmektedir [51].

Lewin ve ark. [42] geleneksel (sürekli su uygulaması) damla sulama altında (1 litre/saat) toplam su miktarının %26'sı kayba uğramışken, (2 L/saat) debili aralıklarla yapılan pulse sulama koşullarında sadece %12 kayıp gerçekleşmiştir. Sürekli sulamada suyun yatay dağılımı, 12 ve 24 saat sonra sırasıyla; ıslanan toprak hacminin %80'inin 45 cm ve 43 cm'lik mesafelere dağıldığını göstermişken aralıklı (pulse) sulama uygulamasında, suyun dağılımı 29 cm ve 40 cm'ye kadar ulaşmıştır. Rank ve ark. [29, 30], çizgi kaynaklı (line source) ve nokta (point source) kaynağı altındaki toprak suyu dağılımını incelemiş ve her iki sistemde de toprak suyu dağılımının, bitkinin kök gelişimi için gerekli havalanmayı sağlamadığını belirtmişlerdir. Yatay dağılımı önemli ölçüde etkilemeden, kesintili (pulse) sulama uygulamaları kök bölgesindeki su kaybını azaltmada önemli bir avantaj sağlamıştır. Mostaghimi ve Mitchell [52], siltli-killi tınlı toprakta damla sulama sistemlerinin damlatıcı çıkış debisinin toprak su içeriği dağılımı üzerindeki etkisini bir simülasyon modeli ile çalışmıştır. Hem kesintili hem de sürekli sulama uygulamaları altında toprak su içeriği dağılımında tahmin edilen ile ölçülen değerler arasında iyi bir uyum olduğu görülmüştür. Damlatıcı debisinin artırılması ile, ıslanan toprak profilinin yatay bileşeninde azalma, dikey bileşeninde ise artış meydana gelmiştir. Kesintili (Pulse) sulama uygulamasındaki etkili kök bölgesinin altındaki su kaybı, sürekli sulama yönetimine kıyasla önemli ölçüde daha az bulunmuştur. Böylece, kesintili sulamanın uygulama hızları, sürekli küçük debili sulama hızlarının yerini alarak ağır topraklarda sulama suyu akışına ilişkin sorunları azaltabilir ve derine sızma kayıplarını sınırlar, ayrıca damla sulama sisteminin tıkanma potansiyelini azaltmak için daha büyük damlatıcıların kullanılmasına olanak tanır. Goodwin ve Boland [53], WUE'yi artırmada kısıntılı sulama (deficit irrigation) tekniğini incelemiş ve İsrail'in kumlu-tınlı topraklarında, kesintili sulama ile sulanan narenciye ağaçlarında ana kök bölgesinin ilk 30 cm içinde bulunduğu sıcaklıklarının düzensiz bir dağılımına yol açtığını, çünkü üst katman toprak sıcaklıklarının ilkbaharda alt katmanlara göre daha hızlı arttığını belirtmişlerdir. Bouma ve ark. [54], kesintili sulamanın, ağaçların çevresindeki buhar basıncı eksikliğini tutarlı bir şekilde azalttığını göstermiş ve ağaç sulamalarında su stresini azaltmak için aralıklı sulama rejiminin etkili bir yol olduğunu ifade etmişlerdir.

Amerika Birleşik Devletleri ve İsrail'de yapılan araştırmalar, toprak su içeriğinin mümkün olduğunca tarla kapasitesine yakın tutmayı amaçlayan Açık

Hidroponik ilkesinin, verimlilik ve su tasarrufu sağladığını göstermiştir. Kumlu topraklarda, toprak su içeriği seviyelerinin tarla kapasitesinin altına düştüğünde, ağaçlar su stresine girmeye başlar. Bundan dolayı kök bölgesine daha hızlı su sağlanmasında daha düşük toprak su içeriklerinden daha hızlı su hareketi veya toprak hidrolik iletkenliğinin gerekliliği söz konusudur. Bu, toprak su içeriğini hızla yenilemek ve kök bölgesindeki suyun daha etkin bir şekilde sağlanması için önemli bir faktördür.

Sulama suyunun bir kerede verilmesi yerine aralıklı olarak verilmesi, ortamın ıslatılmasında yeterli zamanın verilmesi su kayıplarını önleyebilir veya azaltabilir. Böylelikle sonraki sulama suyu daha kolay emilir, toplam su ihtiyacını azaltılır. Scott [55], her biri bir saat sulanan dört farklı alanda deneyler yapmış ve toplam dört saatlik bir süre sonunda, her alanı 15 dakikalık aralıklarla sırasıyla sulayarak ve bu işlemi iki kez tekrar ederek %25 su tasarrufu sağlamış ve yeterli düzeyde ıslatılmış ortam elde etmiştir. Bu sisteme otomasyon yeteneği kazandırıldığında daha kolay hale gelir ve bu sayede geniş sulama alanlarının yönetiminde vanaların açılma ve kapanmasında gereken iş gücü maliyeti azaltılabilir.

Sürekli damla sulama işletim biçiminde, kumlu topraklardaki suyun daha az gözenekli yapıda hareketi nedeniyle düşük debili damlatıcı çıkışlarının tıkanma problemi önemli bir sorun olmuştur ve ıslanan bölgenin derinliği, genişliğinden nispeten daha fazla olup, bu da kök bölgesinin ötesinde derine sızma kayıplarına neden olmaktadır. ıslanan toprak bölgesinin derinlikleri ve genişlikleri hakkındaki bilgiler, damla sulama sisteminin tasarımı ve yönetiminde en önemli rolü oynar. Bunun yanısıra; aralıklı akış rejimlerinde ıslanma desenini tahmin etmek için modellerin daha fazla çalışılmasına ihtiyaç vardır. İsmail ve ark. [56], farklı akış rejimlerinde ıslanma deseninin hem derinliğini hem de genişliğini tahmin etmede bir boyutsal analiz modeli geliştirmiştir.

ıslanan kök bölgesinin geometrisini belirlemede yarı-ampirik yaklaşım ve boyutsal analiz yönteminin kullanıldığı bir model geliştirilmiştir. Tahmini yapılan değerler ile laboratuvar deneyleriyle elde edilen gerçek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Su uygulamasının 1, 2, 3 ve 4 saatlik süreleri sonunda, farklı akış rejimlerinde ıslanan bölgenin maksimum derinlikleri ve genişlikleri belirlenmiştir. Model performansı, kök ortalama kare hatası, ortalama hata ve model verimliliği parametreleri yüksek bulunmuş ve sürekli ve kesintili akış altında ıslanma desenini tahmin etmek için geliştirilen modellerin, su uygulamasının çizgi kaynaklı damla sulama uygulaması altında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.



Kesintili (pulse) akış sonuçları, uygulanan su miktarı aynı kalsa da, işletim süresi (her döngü arasındaki suyun uygulanma süresi) azaldıkça ıslanan çapın arttığını ve ıslanan derinliğin azaldığını göstermiştir. Derine sızma azalmış ve yatay yayılma, kesintili akışın altıdan on ikiye kadar artırılmasıyla artmıştır. Bu sonuç, kesintili akışın, suyun kök bölgesi altındaki derine sızmayı azaltırken, geniş bir yatay ıslanma yayılımı sağlama avantajını sunmuştur. Aynı zamanda bu durum aynı miktarda su uygulaması ile yüksek debili bir damlatıcı kullanılmasına olanak sağlamıştır. Islanma deseni, çoğunlukla toprak hidrolik özellikleri, damla sulama çıkış debisi ve sulama sıklığı ile etkilenir. Bu faktörler, damla sulama sisteminin tasarımında yeterince dikkate alınmamaktadır. Elmaloglou ve Diamantopoulos [57], yüzey damla sulama sisteminin uygulandığı kök bölgesi altında derine sızma ile oluşan su kayıpları ve su hareketindeki ıslak ön yüzün ilerlemesi üzerinde etkili olan faktörleri incelemiştir. Bu çalışmada, topraktan buharlaşma ve bitki kökleriyle su alımı, silindirik akış modeli ile entegre edilmiştir. Sonuçlar, aralıklı sulamada oluşum gösteren ıslanma ön yüzünün dikey bileşeninin, sürekli sulamaya göre daha büyük olduğunu ve her iki çıkış debisi ile eşit sulama süreleri için yapılan çalışmada bu fenomeni doğrulamıştır.

Ayrıca, malç uygulamasının ıslanma desenini de etkilediği ve yapılan çalışmalar damla sulama sistemi altında malç ve malçsız koşullarda ıslanma ön yüzünde anlamlı farklar olduğunu göstermektedir. Zhou ve ark. [58], düşük sıklıkta sulama koşullarında toprak su içeriğinin en çok malç kaplamasından (tam ya da yarım yüzey kaplaması) etkilendiğini, yüksek sıklıktaki sulama koşullarında ise toprak su içeriğinin en çok yatay mesafeden (bitki sıraları arasındaki veya sıraların yanındaki mesafe) etkilendiğini tespit etmişlerdir.

### **3.AZALTILMIŞ DAMLATICI TIKANIKLIĞI**

Pulse sulamanın döngüsel yapısı, geleneksel sistemlerde yaygın bir sorun olan damlatıcı tıkanmasını önlemeye yardımcı olur. Bu, daha güvenilir bir sulama sağlar ve bakım ihtiyacını azaltır.

#### **Kesintili damla sulamanın damlatıcı tıkanma oranı üzerindeki etkisi,**

Damlatıcılardaki tıkanma olasılığı çoğunlukla akış kanalının kesit alanına ve turbulansa bağlı olarak geliştiği söylenebilir. Geniş bir kesit, akışın serbestçe geçmesine izin verirken, yüksek turbulanslı bir kanal, tıkaçıcı partiküllerin damlatıcıdan geçerken askıda kalmasına olanak tanır. Yardeni [59], aralıklı sulamanın kendisinin, damla sulama sistemindeki tıkanmaya karşı direnci artırabileceğini ve büyük ve maliyetli filtre kullanımından kaçınılmasını

sağladığını bulmuştur. Aralıklı sulama, tüm sulama döngüsü boyunca daha uniform bir sulama sağlar. Damla sulama sisteminde daha büyük damlatıcıların kullanılması, tıkanmayı önlemek için etkili bir çözüm olarak görülmüştür. Al-Amoud ve Saeed [60], uygulama hızını korumak için sistemin sürekli değil, aralıklı olarak çalıştırılması gerektiğini önermiştir. Jackson ve Kay [61], ıslanma deseninde küçük bir değişiklik, sürekli akışın üç katı kadar olan aralıklı akışın kullanılabileceğini ve bu şekilde tıkanma eğiliminin azaldığını ve damlatıcı boyutlarında anlamlı bir artış sağlanabileceğini göstermiştir.

## **SONUÇ**

Kesintili damla sulama, geleneksel sistemlerde karşılaşılan temel zorluklara çözüm sunarak sulama teknolojisinde önemli bir gelişmeyi temsil etmektedir. Toprakta, daha iyi hava dolaşımını teşvik ederek, su tasarrufu sağlayarak, verimi artırarak ve bakım sorunlarını azaltan bu yöntem, sürdürülebilir tarım için umut verici bir çözüm sunar. Kesikli damla sulama uygulaması, daha verimli su yönetimi uygulamalarına yol açabilir ve tarımsal üretkenliğin artmasına katkı sağlayabilir.

Kesintili sulama ile ilgili çeşitli çalışmalar, 70'lerin sonları ve 80'lerin başlarında dünya çapında yapılmıştır. Bazı yıllarda pulse sulama pek popüler olmamış olsa da, son yıllarda sulama suyundaki aerasyon konusu gündeme geldiğinde, kesintili sulama yeniden popülerlik kazanmıştır. Kesintili sulamanın amacı, daha yüksek su uygulama hızları altında gerçekleşen uygun kök bölgesi aerasyonunu daha düşük bir su uygulama hızı ile elde etmektir.

Suya doymuş topraklarda, metabolitler, etilen ve karbondioksit gibi maddeler kök bölgesinde sıkışabilir ve bu maddelerin yoğunlukları, bitkinin büyüme hızı ve boyutunu ciddi şekilde etkileyebilir. Bu nedenle, bu yöntemle sulamanın bitki büyümesi, kök bölgesi aerasyonu, damlatıcı tıkanma oranı ve topraktaki su dağılımı üzerindeki etkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Ancak, kesintili sulama kavramı, özellikle su tasarrufu ve kök havalandırılması araştırma alanında yavaş bir gelişim göstermektedir. Bunun sebebi olarak tasarım prosedürünün karmaşık olması söylenebilir. Kesikli sulamanın benimsenmesi zayıf olup gelecekteki su kıtlığına karşı koyabilmek için tarla bazlı su yönetim stratejilerinden biri olması ve uygulanması gerekmektedir. Bu derlemede, kesintili damla sulama ile ilgili yapılan çalışmalar ve bulgular kısaca sunulmuştur.

## KAYNAKLAR

1. Gönen E, Çolak YB., Yazar A., Tanrıverdi Ç., Sesveren S. Bitkiye dayalı ölçümler kullanılarak gün içerisinde en uygun sulama zamanının belirlenmesi. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2018. 281-289.
2. Warrick AW. Time-dependent linearized infiltration: I. Point sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1974.38: 383-386.
3. Bresler E. Analysis of trickle irrigation with application to design problems. *Irrig. Sci.* 1978.1: 3-17.
4. Cote CM., Bristow KL., Charlesworth PB. Cook FJ., Thoburn PJ. Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. *Irrig. Sci.* 2003. 22:143-156.
5. Thorburn PJ., Cook FJ., and Bristow KL. Soil-dependent wetting from trickle emitters: Implications for system design and management. *Irrig. Sci.* 2003.22:121-127.
6. Gärdenäs AI., Hopmans JW., Hanson BR. , Simunek JJ. Twodimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. *Agric. Water Manage.* 2005.74: 219-242.
7. Li J., Zhang J., and Rao M. Wetting patterns and nitrogen distributions as affected by fertigation strategies from a surface point source. *Agric. Water Manage.* 2004.67:89-104.
8. Brouwer C., Prins C., Kay M. Heibloem M. Irrigation water management: Irrigation methods. *Training manual no. 5. Provisional ed. FAO*, 1988. Rome.
9. Skaggs TH., Trout TJ., Šimunek J. Shouse PJ Comparison of HYDRUS-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. *J. Irrig. Drain. Eng.* 2004.130:304-310.
10. Zur B. The pulsed irrigation principle for controlled soil wetting. *Soil Sci.* 1976.122:282-291.
11. Zur B., and D. Savaldi. Infiltration under a pulsed water application: 1. The nature of the flow system. *Soil Sci.* 1977.124:127-134.
12. Assouline S., Möller M., Cohen S. Ben-Hur M., Grava A., Narkis K., and Silber A. Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity: Bell pepper case study. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2006.70:1556-1568.
13. Wang F. Kang Y. and Liu SP. Effects of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in North China Plain. *Agric. Water Manage.* 2006.79: 248-264.
14. Gönen E, Tanrıverdi C., Colak YB., Yazar A., Özfıdaner M. Çukurova koşullarında yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle farklı su düzeylerinde sulanan patlıcan bitkisinin azot kullanım randımanının belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 2019.
15. Camp CR., Lamm FR., Evans RG., Phene C.J Subsurface drip irrigation-Past, present and future. In Proc. *Fourth Decennial Nat'l Irrigation Symp.*, 2000.Nov (pp. 14-16)
16. Lamm FR. Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation. In *International Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation*, Puerto de La Cruz, Tenerife, Canary Islands 2002. (p. 13)
17. Mohammed AK., and Abed BS. Water distribution and interference of wetting front in stratified soil under a continuous and an intermittent subsurface drip irrigation. *Journal of Green Engineering*, 2020.10(2): 268-286.

18. Vyrilas P., and Sakellariou-Makrantonaki, M. Intermittent water application through surface and subsurface drip irrigation. In 2005 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2005.
19. Bakeer GAA., El-Ebabi FG., El-Saidi MT., Ramadan A Effect of pulse drip irrigation on yield and water use efficiency of potato crop under organic agriculture in sandy soils. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 2009.26(2): 736-765
20. Eric S., S. David, and Robert H. (2004). To pulse or not to pulse drip irrigation that is the question UF/IFAS Horticultural Sciences Department. Florida,USA NFRE-C-SV-Vegetarian (04-05).
21. Segal, E., Ben-Gal, A. and Shani, U. Water availability and yield response to high frequency micro-irrigation in sunflowers. *6th International Micro-irrigation Congress. Micro-irrigation Technology for Developing Agriculture*. South Africa, 2000.22 – 27 October E-mail alonben-gal@rd.ardom.co.il
22. Sharmasarkar FC., Sharmasarkar SD., Miller GF. Renduo Z Assessment of drip irrigation and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugar beets. *Agric. Water Manage*, 2001.46: 241-251.
23. Dole JM. Comparing poinsettia irrigation methods. *The Poinsettia*, 1994.10: 4-9.
24. Oron G. Simulation of water flow in the soil under sub-surface trickle irrigation with water uptake by roots. *Agric. Water Mange*. 1981. 3:179-193.
25. Silber A., Bruner M., Kenig E. et al. High fertigation frequency and phosphorus level: Effects on summer-grown bell pepper growth and blossom-end rot incidence. *Plant Soil*, 2005.270(1-2): 135-146.
26. Fraisse CW, Duke HR, Heermann DR. Laboratory evaluation of variable water application with pulse irrigation. *Am. Soc. Agric. Eng.* 1995;38(5):1363-1369.
27. García-Prats A, Guillem-Picó S. Adaptation of pressurized irrigation networks to new strategies of irrigation management: Energy implications of low discharge and pulsed irrigation. *Agric. Water Manag.*, Volume 2016;169:52-60.28.
28. Elmaloglou S, Diamantopoulos E. Effects of hysteresis on redistribution of soil moisture and deep percolation at continuous and pulse drip irrigation. *Agric. Water Manag.* 2009a;96(3):533-538.
29. Rank PH, Unjia YB, Kunapara AN. Soil Wetting Pattern under Point and Line Source of Trickle Irrigation. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019;8(07):785-792.
30. Rank PH, Vishnu B. Automation of Pulsed Drip Irrigation. *International Journal of Engineering Science and Computing* 2019;9(7):23265-23276.
31. Skaggs TH, Trout TJ, Rothfuss Y. Drip irrigation water distribution patterns: effects of emitter rate, pulsing, and antecedent water. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2010;74(6):1886-1896.
32. El-Mogy MM, Abuarab ME, Abdullatif AL. 2012. Response of green bean to pulse surface drip irrigation. *J Horti Sci Ornam Plants*. 4:329–334.<https://doi.org/10.5829/idosi.jhsop.2012.4.3.263>
33. Almeida WF, Lima LA., Pereira GM. Drip pulses and soil mulching effect on american crisphead lettuce yield. *Engenharia Agrícola*. 2015., 35, pp 1009-1018.
34. Xu G, Levkovitch I, Soriano S, Wallach R. and Silber A Integrated effect of irrigation frequency and phosphorus level on lettuce: P uptake, root growth and yield. *Plant Soil*. 2004. 263:297–309. <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000047743.19391.42>.
35. El-Abedin TKZ. Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil. *Misr J Ag Eng.* 2006.23: 1032–1050.

36. Madane DA, Mane MS, Kadam ES, and Thokal RT Study of white onion (*Alium [sic] cepa L.*) on yield and economics under pulsed irrigation (drip) for different irrigation levels. *Int J Agric Eng.* 2018.11:128–134. <https://doi.org/10.15740/HAS/IJAE/11.1/128-134>.
37. Abdelraouf RE, Ahmed A, Tarabye HHH, and Refaie KM. Effect of pulsed drip irrigation and organic mulching by rice straw on yield, water productivity and quality of orange under sandy soils conditions. *Plant Arch.* 2019.19:2613–2621.
38. Eid AR, Bakry AB, Taha MH. Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions. *Agro Sci.* 42013: 249–261. <https://doi.org/10.4236/as.2013.45036>.
39. Gendron L, Letourneau G, Cormier J, Depardieu C. , Boily C., Levallois R., Caron J Using pulsed water application and automation technology to improve irrigation practices in strawberry production. *Hort. Technology.* 2018.28:642–650. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04001-18>.
40. Letourneau G, Caron J. Irrigation management scale and water application method to improve yield and water productivity of fieldgrown strawberries. *Agronomy.* 2019. 9(6): 286. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060286>
41. Carroll JL, Orr ST, Benedict CA, et al. Feasibility of using pulse drip irrigation for increasing growth, yield, and water productivity of red raspberry. *Hort. Science.* 2024. 59: 332–339. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17467-23>.
42. Levin I, Assaf R, Bravdo B. Soil moisture and root distribution in an Apple orchard irrigated by tricklers. *Plants and Soil.* 1979. 52(1): 31-40.
43. Abdelraouf RE, Abou-Hussein SD, Abd-Alla AM, et al. Effect of short irrigation cycles on soil moisture distribution in root zone, fertilizers use efficiency and productivity of potato in new reclaimed lands. *J Appl. Sci. Res.* 2012.8(7): 3823-3833.
44. Sesveren S., Sakar S. Kesikli damla sulama altında bazı böğürtlen çeşitlerinin göstermiş olduğu verimsel tepki, *International Symposium on Advanced Engineering Technologies*, (Tam metin bildiri) 1305-1310. 2019, Kahramanmaraş/Türkiye
45. Nosenko VF, Balabanand EI. and Landes GA. Aspects of Agrobiological and Environmental Assessment of Irrigation Technologies with Different Volumes of Water Delivery. *Land Reclamation and Water Management. Central Bureau of Scientific and Technical Information*, Moscow, 1991.p: 7
46. Gültekin R, Ertek A. Effect of Pulse Subsurface Drip Irrigation on Yield and Quality Parameters of Sillage Maize (*Zea Mays L.*). *ANAJAS.* 2022.37(3): 459-478. doi:10.7161/omuanajas.1000915
47. Phogat V, Skewes MA, Cox JW, et al. Modelling the impact of pulsing of drip irrigation on the water and salinity dynamics in soil in relation to water uptake by an almond tree. *WIT Transactions on Ecology and Environment.*2012a.168:101-113.
48. Phogat V, Mahadevan M, Cox JW, et al. Modelling soil water and salt dynamics under pulsed and continuous surface drip irrigation of almond and implications of system design. *Irrig. Sci.*, 2012b.30: 315-333.
49. Phogat V, Skewes MA, Mahadevan M, et al. Evaluation of soil plant system response to pulsed drip irrigation of an almond tree under sustained stress conditions. *Agric. Water Manag.* 2013. 118: 1-11.

50. Maller AE, Rezende R, Freitas PS, et al. Growth and production of a Japanese cucumber crop under pulse irrigation. *Afr. J. Agric. Res.* 2016.11(42): 4250-4261.
51. Elwin AR. Irrigation guide. *Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture. Natl. Eng. Handb.* 1997, p. 652.
52. Mostaghimi S, Mitchell JK. Pulse trickling effects on soil moisture distribution. *J the Am. Water Resour. Assoc.* 1983;19(4):605-612.
53. Goodwin I, Boland AM. Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency. *Dep. Nat. Resour. and Env., Institute of Sustainable Irrigated Agriculture, Tatura, Australia.* 2001, pp. 11-25.
54. Bouma JR, Brown B, Rao SC. Movement of water: basics of soil water relationships – part III. *UFAS extension fact sheet SL.* 2003, 39.
55. Scott C. Pulse Irrigation. *Water savings indian flower growers association. Cooperating with the Department of Horticulture and Landscape Architecture Cooperative Extension Service.* Purdue University West Lafayette 2000.14(1):120.
56. Ismail S, EL-Abdeen T, Omara AA, Abdel-Tawab E. Modeling the soil wetting pattern under pulse and continuous drip irrigation. *Am.-Eur. J. Agric. & Environ. Sci.* 2014.14(9): 913-922.
57. Elmaloglou S, Diamantopoulos E. Wetting front advance patterns and water losses by deep percolation under the root zone as influenced by pulsed drip irrigation. *Agric. Water Manag.* 2007. 90:160-163.
58. Zhou L, Feng H, Zhou Y, Qi Z, Zhang T, He J and Dyck M Drip irrigation lateral spacing and mulching affects the wetting pattern, shoot-root regulation, and yield of maize in a sand-layered soil. *Agric. Water Manag.* 2017;184:114-123.
59. Yardeni A. Pulsation for better drip irrigation. *Water and Irrig. Review.* 1989. 9(2): 8-12.
60. Al-Amoud AI, Saeed M. The effect of pulsed drip irrigation on water management. *Proc. 4th Int. Micro- Irrig. Cong.* 1988, pp. 120-144.
61. Jackson RC, Kay MG. Use of pulse irrigation for reducing clogging problems in trickle emitters. *J. of Agric. Eng. Res.* 1987. 37(3-4): 223-227.

## Bölüm 12

# SERALARDA SOĞUTMA PEDİ OLARAK BAZI YEREL MALZEMELERİN UYGUNLUKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ALANYA ÖRNEĞİ

Burak SALTUK<sup>1</sup>  
Atılğan ATILGAN<sup>2</sup>

### 1. GİRİŞ

Seralar, bitkilerin büyüme ortamını kontrol etmek ve optimize etmek için tasarlanmış yapılar olarak bilinir. İç mekân çevre koşullarının düzenlenmesi sıcaklık, nem, ışık ve karbondioksit seviyeleri gibi kontrol faktörlerini içerir. Bahar ve erken yaz aylarında ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve buhar basıncı, seralarda bir dizi soruna neden olabilir; Bunlar, sıcaklık kontrolü; Yüksek sıcaklıklar bitkilerin normal büyüme ve gelişmelerini olumsuz etkileyebilir. Bitkilerin belirli bir sıcaklık aralığına ihtiyaçları vardır, aşırı sıcaklık ise stres ve verim kaybına neden olabilir (1).

Seralarda sıcaklık kontrol sistemleri, soğutma sistemleri ve gölgelendirme yöntemleri kullanılarak bu sorun önlenmeye çalışılır. Nem kontrolü; Yüksek sıcaklıklar genellikle yüksek nemle ilişkilidir. Yüksek nem, bitkilerde mantar hastalıklarına ve diğer problemlere neden olabilir (2). Seralarda nem kontrolü için havalandırma sistemleri ve nem düzenleme ekipmanları kullanılır. Işık kontrolü; Güneş ışığı miktarı, bitkilerin fotosentez yapabilmesi için önemlidir. Ancak aşırı ışık, bitkilerde yanma ve diğer hasarlara neden olabilir. Seralarda genellikle örtüler, perdeleme sistemleri veya gölgelendirme malzemeleri kullanılarak ışık kontrolü sağlanır (3). Buhar basıncı; yüksek sıcaklık ve nem, yüksek buhar basıncına neden olabilir. Bu durum, bitkilerin su kaybını artırabilir ve çeşitli olumsuz etkilere yol açabilir. Buhar basıncını kontrol etmek için havalandırma sistemleri ve nem düzenleme cihazları kullanılır. Seralarda bu faktörleri kontrol etmek, bitki sağlığını korumak ve ürün kalitesini artırmak için önemlidir. Otomasyon

<sup>1</sup> Doç.Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, burak.saltuk@alanya.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8673-9372

<sup>2</sup> Prof. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, atilgan.atilgan@alanya.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-2391-0317

sistemleri, sensörler ve bilgisayar tabanlı kontrol sistemleri, seraların iç iklimini daha hassas bir şekilde yönetmeye yardımcı olabilir (4).

Bitki stresini azaltmak ve piyasada yüksek kaliteli ürün sağlamak için seraların soğutulması gerekir. En etkili soğutma çözümlerinden biri evaporatif soğutmadır. Evaporatif soğutma, duyulur ısıyı gizli ısıya dönüştürerek çalışır. Saman, seralarda yaygın olarak kullanılan pahalı ticari selüloz dolgu malzemelerine alternatif veya iyileştirme olarak kullanılabilir, yerel olarak bulunabilen, ucuz bir malzemedir. Günümüzde buna benzer pek çok malzeme araştırmacılar tarafından test edilmiş ve başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir (5-14).

## **2. MATERYAL VE METOD**

Çalışma Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Kampüs alanında bulunan tropikal meyveler üretim serasında gerçekleştirilmiştir (Resim 1.).



**Resim 1.** Araştırmanın Yürütüldüğü Sera

Serada yetiştiriciliği yapılan bitkiler (Avokado, Ejder meyvesi ve Kahve) 17-27 °C sıcaklık değerlerine uyum sağlamışlardır. Ayrıca nem değerinin % 75-80 olması istenir (15-17). Sera içi ve dışında ölçülen sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı gibi iklimsel parametreler kullanılarak bu malzemelerin soğutma verimliliği, su tutma kapasitesi ve gelişme potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada, sera içi ve dışında alınacak ölçümler sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı değerleridir. Bu değerler ped önünde sera ortasında ve sonunda olmak üzere 3 ölçüm noktasından alınmıştır. Aynı zamanda serin havanın sera içerisindeki yatay mesafe boyunca sıcaklık bağıl nem ve rüzgâr hızları belirlenmiştir. Buna göre sistem sıcaklıklarının yükselmeye başladığı saat 9:00-17:00 arasında çalıştırılarak ve seraya yerleştirilen



sensörler ile her 30 dakikada bir ölçüm alınmıştır. Sensör konumlarına göre iklim değerleri ortaya konulmuştur (Resim 2).



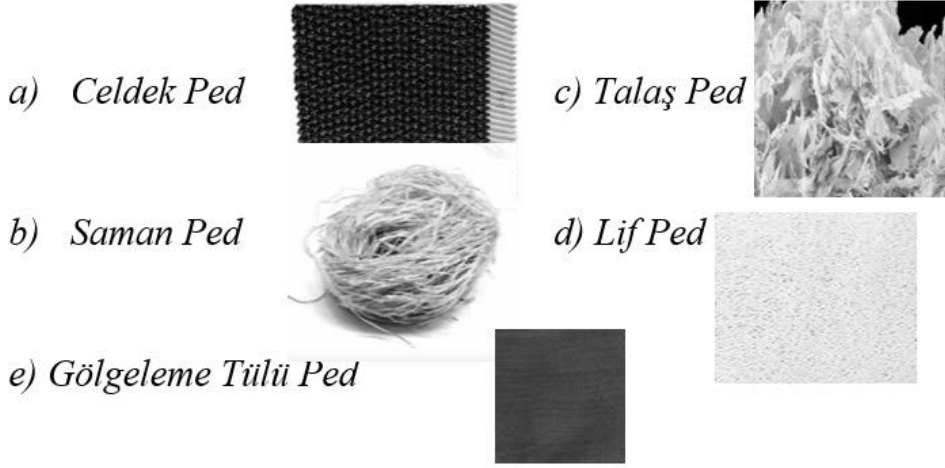
**Resim 2.** Sera içi ve Dışı İklim Ölçerler

Çalışmanın ilk kısmında, seralarda yaygın olarak kullanılan ticari pedlerin maliyetinin yüksek olması nedeniyle geliri düşük olan üreticilerin bu serinletme sisteminden yararlanmasını azalttığı bilinmektedir.



**Resim 3.** Evaporatif Serinletme Sistemi

Çalışmada kullanılan malzemeler, seraların soğutulmasında ticari olarak temin edilebilen pedlere alternatif olarak kullanılabilir yerel malzemeler Resim 4. de gösterilmiştir.



Resim 4. Evaporatif serinletmede kullanılan 5 adet uygulama materyali

Sistemde ihtiyaç duyulan elektrik fotovoltaik sistem kullanılarak elde edilmiştir. Seranın bahar/erken yaz aylarındaki soğutma ihtiyacının 1 Kw/h olacağı hesaplanmaktadır. Burada, temel fikir seranın elektrik harcamalarının arttığı bahar/erken yaz aylarında nemlendirme dolayısıyla serinletme yapmaktır. Bu kısımda enerjinin üretildiği kısım polikristal fotovoltaik güneş enerjisi panelleri ile sağlanmakta olup, güneş enerjisi panelleri DC gerilim ve DC akım üretmektedir (Resim 5).



Resim 5. Enerji İhtiyacını Karşılamada Kullanılan PV (Fotovoltaik) Sistem

Bu enerji bir akü kullanılarak depolanır ve maksimum gücü izlemek için çıkış gücü bir şarj kontrol ünitesi kullanılarak düzenlenir. Panel çıkışından elde

edilen doğru akım voltajı (doğru akım), bir dönüştürücü tarafından alternatif akıma (alternatif akım) dönüştürülür ve evaporatif klimalar, alternatif akım enerjisiyle çalışır (Resim 3). Fanın ilk çalıştırılması sırasında oluşan aşırı akımdan kaynaklanan olumsuz etkiler ve kayıplar göz ardı edilerek, şebekeye bağlı kalınmadan fotovoltaik sistemler seranın soğutulmasında kullanılmıştır.

Nemlendirme sistemi olarak 3 yanı kuru havanın malzeme ile temasını sağlayacak şekilde açık ve bir yüzünde hava çıkışı olacak şekilde olan satışta olan İran Kliması olarak adlandırılan bir hazır sistem seçilmiştir (Resim 2.). Sistem içerisinde kullanılacak malzemelerin dağılmasını önlemek amacıyla malzemeler bir file içerisinde tutulmaktadır. Sistem içerisindeki su bir pompa yardımıyla devir daim yapmaktadır. Malzemelerden süzülen su tekrar depoya gelmektedir. Sistemde eksilen su miktarı ilave su ile sağlanmaktadır. Çalışmada, yörede kolayca bulunan celdek, talaş artıkları (toz ve rende), bunun yanında buğday samanı, gölgeleme tülü ve kabak lifi materyalleri kullanılmıştır. Çalışma, 2021 yılı Kasım ayında başlamış olup, 2022-2023 Haziran-Ağustos ayları arasındaki farklı günlerde yürütülmüştür. Örtü malzemesi olarak polietilen plastik ve serinletme amacıyla materyal olarak 45x45x3 cm kalınlığında celdek ped, rende talaşı, kabak lifi, gölgeleme tülü ve saman kullanılmıştır. Rende talaşı ve samanda meydana gelecek dökülmeleri önlemek ve küçük parçacıkların düşmesini engellemek amacıyla malzemeler file içerisinde sulu klima içerisine yerleştirilmiştir.

Klimanın kuru havanın malzemeye temas etmesini sağlayacak şekilde üç tarafı açıktır ve bir tarafında egzoz (Hava Çıkış) portu bulunmaktadır (Resim 3) resim 3 te ok işareti ile gösterebilirseniz daha iyi olur. Sadece bir öneri. Sistemin altında su deposu bulunmaktadır ve peteğe su sağlamak için bir pompa kullanılmaktadır. Pedden süzülen su, sirkülasyon için tanka geri gönderilmektedir. Sistemde kaybedilen su miktarı sabah 09.00 ile akşam 17.00 saatleri arasında sistem çalışırken kayıt altına alınarak toplam kullanılan su miktarı belirlenmiştir. Sistemin performansını belirlemek amacıyla sera içi ve dışı sıcaklık (°C) ve bağıl nem (%) ölçümleri ile radyasyon ölçümleri ( $W/m^2$ ) yapılmıştır. TFA marka sıcaklık ve nem ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. PCE dozimetresi (Solarimetre) ve rüzgar hızı (m/s) anemometre ile ölçülmüştür.

Alternatif Pedleri soğutucu olarak değerlendirmek için aşağıdaki yöntemler ve formüller kullanılmıştır (18,19,20). Ped malzemelerinin su tutma kapasitesinin belirlenmesinde, 24 saat suda bekletilerek malzemeler sudan çıkarıldıktan sonra kuru ağırlıkları tartılarak Eşitlik 1 yardımıyla belirlenmiştir

$$\%P = \frac{=(W_s - W_k)}{W_k} \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte; %P=Su emme,  $W_s$ =Malzemenin su ile doymuş ağırlığı (gr),  
 $W_k$ =Malzemenin kuru ağırlığı (gr)

Sistemin serinletme etkinliği Eşitlik 2 yardımıyla belirlenmiştir (19)

$$\eta = \frac{(td - ti)}{(td - twb)} \times 100 \quad (2)$$

Eşitlikte;  $\eta$  = Serinletme etkinliği,  $td$  = Dış hava sıcaklığı (°C),  $ti$  = İç hava sıcaklığı (°C),  $twb$  = Dış havanın kuru termometre sıcaklığı (°C)' dir.

Evaporatif serinletme pedinin soğutma kapasitesi Eşitlik 3 yardımıyla belirlenmiştir (19-20).

$$Q_c = Ma \times C_{pa} \times (td - ti) \times 3.6 \quad (3)$$

Eşitlikte;  $Q_c$ = soğutma kapasitesi (kJ/h),  $td$ = Dış havanın kuru termometre sıcaklığı (°C),  $ti$ = Pedden çıkan havanın kuru termometre sıcaklığı (°C),  
 $Ma$ =Havanın kütleli akış hızı (kg/s),  $C_{pa}$ = Havanın özgül ısısı (J/kgK)

Havanın özgül nemi ve havanın kütleli akış hızının bir fonksiyonu olan su tüketim oranı Eşitlik 4 yardımıyla belirlenmiştir (19).

$$Q_\omega = Ma (\omega_o - \omega_i) \times 3600 \quad (4)$$

Eşitlikte;  $Q_\omega$  = Su tüketim oranı (kg/sa),  $Ma$ = Havanın kütleli akış hızı (kg/s),  
 $\omega_i$  = Dış ortam havasının ped'e girmeden önceki özgül nem (kg/kg),  $\omega_o$  = Dış ortam havasının ped'den çıktıktan sonraki özgül nem (kg/kg).

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Alanya'da Temmuz ve Ağustos aylarında maksimum sıcaklıklar ve nem sera iç ortam sıcaklık ve oransal nem değerleri istenilen iklim değerlerinden farklıdır. Bundan dolayı sera içerisindeki sıcaklık ve nemi düşürmek amacıyla tüm havalandırma açıklıkları açılarak iç ortam sıcaklığı düşürülmeye çalışılmıştır.

Bu dönemde nemlendirme amaçlı evaporatif serinletme sistemi de aktif hale getirilmiş ve sıklıkla sulama yapılarak ortam havası nemlendirmeye çalışılmıştır. Ejder meyvesi ve Kahve için bu sıcaklık ve nem değerleri olumlu sonuç verirken Avokado için ekstra sulama ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Doğal havalandırma (DH) yapılan serada ölçülen iklim parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında DH uygulaması yapılan bir günde (06.06.2022) dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 27,85 °C iken sera içerisinde ölçülen ortalama iç sıcaklık değerinin 37,33 °C ye çıktığı görülmüştür. Bu durumda  $\Delta t$  (dış-iç) sıcaklık farkının 9,48 °C olduğu görülmüştür. Sera dışarısında oransal nem değeri % 32,50 iken, sera içerisinde ölçülen ortalama iç oransal nem değerinin % 28,26 olduğu görülmüştür. Sera iç ortamında ortalama artan sıcaklıklara bağlı olarak oransal değerlerinin düştüğü görülmüştür.

**Tablo 1. Doğal havalandırma uygulaması yapılan gün iklim değerleri**

UYGULAMALAR Sıcaklık, °C		Dış			İç		
		Oransal nem, %	Radyasyon, W/m <sup>2</sup>	Sıcaklık, °C	Oransal nem, %	Radyasyon W/m <sup>2</sup>	
Doğal havalandırma (01-30.06.2022)	Min.	23,33	26,58	521,1	30,65	23,37	235,1
	Ort.	27,62	32,5	834,18	37,33	28,26	354,72
	Mak.	30,93	40,31	1001	40,66	37,72	484,74

Yaz aylarında sera içerisinde oluşan aşırı sıcak ve nem bitkilerin verim ve gelişim parametrelerinde sorunlara sebep olabilir. Özellikle sera içerisinde belirli boy ve enine sahip olan bitkiler için havalandırma ihtiyacı artacak ve yetersiz havalandırma bitkilerde fotosentez hızını ve yararlanma yüzdesini düşüreceği açıktır. Bu uygulamalardan elde edilen ölçüm sonuçları ortaya konularak sistemlerin serinletme etkinliği, serinletme kapasitesi ve su tüketim miktarları belirlenmiştir (Resim 6).

## Biyosistem Mühendisliği VI

Günlük	HAZİRAN				TEMMUZ				AĞUSTOS				
	Dış Sıcaklık	Dış Nem	İç Sıcaklık	İç Nem	Dış Sıcaklık	Dış Nem	İç Sıcaklık	İç Nem	Dış Sıcaklık	Dış Nem	İç Sıcaklık	İç Nem	
1	25,9	73	29,8	77	29,7	72	35,8	76	33,3	74	43,7	79	
2	25,9	71	30,8	77	32,1	56	35	76	32,8	74	40,3	77	
3	26,7	71	31,8	75	31,8	50	35,2	76	33,2	74	37,8	77	
4	26,6	69	32,3	76	31,8	51	33,6	74	33,2	72	38,3	75	
5	26,9	69	32,5	78	31,1	58	32	74	32,9	72	37,1	75	
6	26,9	72	31	77	30,2	69	32,1	73	32,6	71	37,7	78	
7	27,3	74	30,9	79	30	71	37,3	72	32	70	37,7	80	
8	27,4	71	30,9	79	29,8	72	34,1	73	31,7	71	38,4	77	
9	27,8	67	30,6	58	30,2	70	34	70	32,9	68	37,9	73	
10	28,1	68	30,5	51	29,9	68	34	72	33,4	70	36,4	74	Celdek
11	26,6	62	30,4	47	30,4	66	33,2	72	33,4	70	37,8	68	Saman
12	27,1	68	31,1	58	30,1	69	35	68	32,8	66	35,7	74	Talaş
13	26,7	66	31,6	68	30,9	69	36	71	32,5	69	35,8	72	Lif
14	24,7	77	31,4	59	31	70	34,6	73	32,1	71	36,5	83	Gölgeleme tülü
15	26,9	71	31,8	62	31,1	71	36,4	70	32,1	68	38,2	77	
16	27,5	72	32,5	56	32,3	57	37,2	68	31,9	66	38,6	78	
17	28,1	66	33,3	41	31,1	67	35,6	70	31,3	68	38,2	72	
18	26	72	33	57	33,3	51	35,8	71	30,9	69	36,8	78	
19	27,6	72	32,6	54	34,1	41	35,4	72	31,3	70	36,4	78	
20	27,2	72	32,3	69	33,2	46	37	74	32,4	72	37,4	78	
21	26,8	67	32,2	71	31,8	49	38,2	74	32,5	72	36,3	73	
22	26,8	57	32,3	77	31,9	42	36,9	73	32,2	71	38,8	63	
23	29,8	54	32,5	58	31,3	41	35,9	68	31,3	66	37,3	60	
24	29,2	59	32,6	44	31,1	54	35,7	65	31	63	36,7	65	
25	28,6	50	32,4	52	30,6	45	37,5	64	30,1	62	37,9	56	
26	28,4	50	32,3	58	31,2	43	37,8	66	29,9	64	37,3	56	
27	28,3	50	31,7	68	31,8	60	36,7	66	30,3	64	37,8	56	
28	31,3	58	32,2	75	30,6	47	37,3	68	30,6	66	39	64	
29	31	65	32,6	69	30,3	61	37,9	67	30,1	65	40,8	71	
30	30,6	68	33	72	29,9	69	37,8	66	30,4	64	39,7	74	
31					30,1	71	36,6	65	31,3	63	38,9	78	

**Resim 6.** Örnek bir veri tablosu

Sera içerisine yerleştirilen İklim ölçer sistem ile veriler alınmıştır. Çizelge 1’de günlük alınan değerler ifade edilirken, Resim 6’da ise (01.06.2022-31.08.2022) tarihleri arasında alınan iklim değerleri gösterilmiştir. Mutlaka sera içerisinde etkin bir iklimlendirme yapılması iç ortam koşullarının tam olarak tespiti ile mümkündür. Buradan yola çıkılarak, sera içerisinde alınan ölçümlere bağlı iklimlendirme ihtiyaçları hesaplanmaktadır.

Çalışmamızda, seralarda evaporatif serinletme sisteminin farklı malzemeler ile uygunlukları değerlendirilmiş olup, doğal havalandırma ile elde edilen sonuçlar ve sıcaklıkların yükseldiği dönemlerdeki başarı düzeyi ortaya konulmuştur. Uygulamada sera içerisindeki yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem değerlerinde özellikle sebze yetiştiriciliğinde beklenen verimin alınmasının mümkün olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan tropik meyveler ise bundan olumlu etkilenmiştir. Bu amaçla, çalışmada 5 adet serinletme materyali (celdek, saman, rende talaşı, kabak lifi ve gölgeleme tülü) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, celdek pedin; saman ped, rende talaşı ped ve gölgeleme tülü pedlere göre serinletme etkinliği bakımından üstün olduğu sonucuna varılmıştır. Kabak lifi

ped'e bakıldığında serinletme etkinliği bakımından celdek ped'e yakın değerler verdiği belirlenmiştir. Ülkemizde yetiştirilen bu ürünün serinletme materyali olarak kullanım potansiyelinin olduğu ve malzemenin değişik hava hızı ve akış koşullarında denemeye alınmasının gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca seranın enerjisini karşılamada fotovoltaiik panellerin etkinliği de hesaplanmıştır. Bu kapsamda, yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

### 3.1. Evaporatif serinletme uygulamaları

Çalışmada 1 adet serinletme makinesinin içine konulan 5 farklı materyal ile 5 uygulama yapılmıştır. Bu uygulamalardan elde edilen ölçüm sonuçları ortaya konularak sistemlerin serinletme etkinliği, soğutma kapasitesi ve su tüketim miktarları belirlenmiştir. Hesaplamalar yapılırken 2022 ve 2023 Haziran Temmuz ve Ağustos aylarındaki iklim değerleri kullanılmıştır.

#### 3.1.1. Celdek ped uygulaması

Celdek ped uygulaması Haziran 2022 de yapılan ortalama sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri ortalama değerler Tablo 2. de verilmiştir.

Tablo 2. Celdek ped uygulaması ile bulunan ortalama sıcaklık ve bağıl nem değişimleri				
Ölçümler	Ölçüm Yeri			
	Dış	Ped önü	Orta	Kapı
	1	2	3	4
Sıcaklık, °C	29,56	21,13	24,33	-28,83
$\Delta T$ , °C		-8,43	-5,23	1,27
Oransal nem, %	44,27	52,84	48,84	42,84
$\Delta RH$ , %		23,57	13,57	7,57
Radyasyon, W/m <sup>2</sup>	826,47	607,21		
$\Delta R$ , W/m <sup>2</sup>	219,26			

Celdek ped uygulaması yapılan serada (10.06.2022) tarihinde dış ortam ortalama sıcaklık 29,56 °C iken ped önünde orta ve kapı önünde ölçülen sıcaklık değerleri sırasıyla 21,13-24,33-28,83 °C olarak bulunmuştur. Bu durumda  $\Delta t$  (iç-dış) sıcaklık farkı -8,43, -5,23, 1,27 °C olduğu görülmüştür. Oransal nem değeri % (dış ortam) iken iç ortamda (ped önü, orta ve kapı) ölçülen ortalama nem değerleri sırasıyla % 52,84; 48,84; 42,84 olarak ölçülmüştür. Bu durumda  $\Delta RH$

(iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla % 23,57-13,57-7,57 olduğu görülmüştür. Aynı zamanda dış ortam ortalama radyasyon değeri 826,47 W/m<sup>2</sup> iken iç ortam radyasyon değeri 607,21 W/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür.

Celdek ped uygulaması sonucu hesaplama ile elde edilen değerler Tablo 3. de verilmiştir. Buna göre, pedin soğutma etkisi ( $\Delta t$ ) -7 ile -0,90 °C arasında ortalama -4,21°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğine ( $\eta$ ) bakıldığında ise % (-215,11) – (-12,34) arasında ortalama ped etkinliği % -88,19 olarak bulunmuştur.

**Tablo 3. Celdek ped uygulaması ile ölçülen değerler**

Celdek Ped	Dış sıcaklık, °C	Dış nem, %	İç sıcaklık, °C	İç nem, %	Islak termometre sıcaklığı °C	$\Delta t$ Soğutma etkisi	$\eta\%$ (Serinletme Etkinliği)
Min	24,70	50,00	29,80	41,00	20,03	- 7,00	-215,11
Mak	31,30	77,00	33,30	79,00	25,33	- 0,90	-12,34
Ort.	27,62	66,03	31,83	64,73	22,32	- 4,21	-88,19

Sistem soğutma kapasitesine bakıldığında ise  $Q_c=7664,45$  kJ/h (2.13 kW) ve su tüketim kapasitesine bakıldığında ise 29,55 L/gün olarak bulunmuştur. Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki (09:00-17:00) sıcaklık ve radyasyon ilişkisine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen 24 °C den sonra sera iç ortamında serinletme ihtiyacının olduğu görülmektedir. Ancak sera içerisindeki sıcaklığın ve nemin fazla olması evaporatif serinletme sisteminin etkinliğini azaltmaktadır. Ayrıca seranın etrafının açık olması ve içeride sıcaklığı etkisini azaltmak amacıyla sulamanın yapılması iç ortamdaki nem değerini de oldukça yükseltmiştir. Bundan dolayı içerde serinletme yapmak en azından elimizdeki sistem ile oldukça az etki göstermiştir. Sıcaklıkların artması sistemin çalışmasını etkilemekte ancak sera içi tropik meyveler olduğu için sera içi nem değerinin artması gelişmeyi artırmaktadır.

### 3.1.2. Saman ped uygulaması

Saman ped uygulaması Haziran 2022 de yapılan ortalama sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri Tablo 4. de verilmiştir.



**Tablo 4. Saman ped uygulaması ile bulunan ortalama sıcaklık ve bağıl nem değişimleri**

Ölçümler	Ölçüm Yeri			
	Dış	Ped önü	Orta	Kapı
	1	2	3	4
Sıcaklık, °C	33,75	28,88	29,12	32,77
$\Delta T$ , °C		4,87	4,63	0,98
Oransal nem, %	34,57	45,67	38,63	31,61
$\Delta RH$ , %		11,10	4,06	-2,96
Radyasyon, W/m <sup>2</sup>	797,25	565,43		
$\Delta R$ , W/m <sup>2</sup>	231,82			

Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Tablo 5. de verilmiştir. Bakıldığında ise pedin soğutma etkisi (-0.90) – (-7,90) °C arasında ortalama -4,61 °C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğine bakıldığında ise % (-11,54) – (-157,99) arasında ortalama ped etkinliği % -72,92 olarak bulunmuştur. Sonuçların negatif çıkması özellikle bu periyotta yapılan serinletmenin yetersiz kaldığının göstergesidir. Özellikle sebze yetiştirilen bir seri olması durumunda bu serinletme sisteminin yetersiz kalacağı ve başarısız olacağı kesindir. Ancak sera içerisinde yetiştirilen kahve bitkisi yüksek nem ve sıcaklık isteğinden dolayı hızlı bir gelişim göstermiştir.

**Tablo 5. Saman ped uygulaması ile ölçüm değerleri**

Saman Ped	Dış sıcaklık, °C	Dış nem, %	İç sıcaklık, °C	İç nem, %	Islak termometre sıcaklığı °C	$\Delta t$ Soğutma etkisi	$\eta\%$ (Serinletme Etkinliği)
Min	29,70	41,00	32,00	64,00	20,69	- 7,90	- 157,99
Mak	34,10	72,00	38,20	76,00	26,36	- 0,90	- 11,54
Ort.	31,12	58,90	35,73	70,55	23,99	- 4,61	- 72,92

Sistem soğutma kapasitesine bakıldığında ise  $Q_c=8368,30$  kJ/h 2,21 kW ve su tüketim kapasitesine bakıldığında ise  $Q_w=24,28$  L/gün olarak bulunmuştur. Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve radyasyon ilişkisine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen 24°C den sonra sera iç ortamında serinletme ihtiyacının olduğu görülmektedir. Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan

saatlerdeki sıcaklık ve radyasyon ilişkisine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen 22 °C den sonra sera iç ortamında serinletme ihtiyacının olduğu görülmektedir.

### 3.1.3. Talaş ped uygulaması

Talaş ped uygulaması ile 20.06.2022 tarihinde yapılan elde edilen ortalama sıcaklık ve bağıl nem değişimleri Tablo 6. da verilmiştir.

Tablo 6. Talaş ped uygulaması ile bulunan ortalama sıcaklık ve bağıl nem değişimleri				
Ölçümler	Ölçüm Yeri			
	Dış	Ped önü	Orta	Kapı
	1	2	3	4
Sıcaklık, °C	27,26	23,89	27,81	33,09
$\Delta T$ , °C		-3,37	0,55	5,82
Oransal nem, %	39,64	56,01	49,39	40,54
$\Delta RH$ , %		16,37	9,75	0,90
Radyasyon, W/m <sup>2</sup>	687,61	500,85		
$\Delta R$ , W/m <sup>2</sup>	186,76			

Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Tabloya bakıldığında pedin soğutma etkisi 0.09-6.15 °C arasında ortalama 3.37 °C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğine bakıldığında ise %0,88-45,13 arasında ortalama ped etkinliği %26,87 olarak bulunmuştur.

Tablo 7. Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri							
Talaş Ped	Dış sıcaklık, °C	Dış nem, %	İç sıcaklık, °C	İç nem, %	Islak termometre sıcaklığı °C	$\Delta t$ Soğutma etkisi	$\eta$ % (Serinletme Etkinliği)
Min	23,00	36,00	28,30	54,00	17,13	- 17,60	- 300,30
Mak	33,40	79,00	45,20	83,00	28,95	- 2,90	-48,97
Ort.	28,09	68,77	35,92	71,55	23,25	- 7,83	-165,42

Sistem soğutma kapasitesine bakıldığında ise  $Q_c=8710,79$  kJ/h (2,41 kW) ve su tüketim kapasitesine bakıldığında ise  $Q_w=25,98$  L/gün (2,89 L/saat) olarak bulunmuştur. Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve radyasyon

ilişkinine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen 24 °C den sonra sera iç ortamında serinletme ihtiyacının olduğu görülmektedir.

### 3.1.4. Lif ped uygulaması

Evaporatif serinletme sisteminde 25.06.2022 tarihinde yapılan Lif ped uygulaması ile bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 32,69 °C iken ped önünde orta ve kapı önünde ölçülen ortalama iç sıcaklık değerleri sırasıyla 26,59-30,30-35,26 °C olarak ölçülmüştür. Bu durumda  $\Delta t$ (iç-dış) sıcaklık farkının sırasıyla -6,11, -2,39, 2,56 °C olduğu görülmüştür (Tablo 8.). Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal değeri %30,56 iken ped önünde orta ve kapı önünde ölçülen ortalama oransal nem değerleri sırasıyla %50,69-37,94-32,27 olarak ölçülmüştür. Bu durumda  $\Delta RH$ (iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla % 20,13- 7,39- 1,72 olduğu görülmüştür. Aynı zamanda dış ortam ortalama radyasyon değeri 778,29 W/m<sup>2</sup> iken iç ortam radyasyon değeri 571,28 W/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı % 73,43 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 8. Lif ped uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve bağıl nem değişimleri**

Ölçümler	Ölçüm Yeri			
	Dış	Ped önü	Orta	Kapı
	1	2	3	4
Sıcaklık, °C	32,69	26,59	30,30	35,26
$\Delta T$ , °C		-6,11	-2,39	2,56
Oransal nem, %	30,56	50,69	37,94	32,27
$\Delta RH$ , %		20,13	7,39	1,72
Radyasyon, W/m <sup>2</sup>	778,29	571,28		
$\Delta R$ , W/m <sup>2</sup>	207,01			

Lif ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Tablo 9'da verilmiştir. Tabloya bakıldığında pedin soğutma etkisi (-6,90) – (-2,90) °C arasında ortalama -4,71 °C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğine bakıldığında ise %-129,01-48,97 arasında ortalama ped etkinliği % -87,70 olarak bulunmuştur.

**Tablo 9. Lif ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri**

Talaş Ped	Dış sıcaklık, °C	Dış nem, %	İç sıcaklık, °C	İç nem, %	Islak termometre sıcaklığı °C	$\Delta t$ Soğutma etkisi	$\eta\%$ (Serinletme Etkinliği)
Min	31,30	66,00	35,70	68,00	25,95	- 6,90	- 129,01
Mak	33,40	71,00	38,60	83,00	28,22	- 2,90	- 48,97
Ort.	32,44	68,50	37,15	74,75	27,06	- 4,71	- 87,70

Sistem soğutma kapasitesine bakıldığında ise  $Q_c=10174,89$  kJ/h (2,83 kW) ve su tüketim kapasitesine bakıldığında ise 25,23 L/gün olarak bulunmuştur. Lif ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve radyasyon ilişkisine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen 24 °C den sonra sera iç ortamında serinletme ihtiyacının olduğu görülmektedir.

### 3.1.5. Gölgeleme tülü ped uygulaması

Gölgeleme tülü ped uygulaması yapılan 27.06.2022 tarihinde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 31,45 °C iken ped önünde orta ve kapı önünde ölçülen ortalama iç sıcaklık değerleri sırasıyla 27,90-31,00-36,46 °C olarak ölçülmüştür (Tablo 10.). Bu durumda  $\Delta t$  (iç-dış) sıcaklık farkının sırasıyla -3,55, -0,45, 5,01 °C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal değeri %34,80 iken ped önünde orta ve kapı önünde ölçülen ortalama oransal nem değerleri sırasıyla %47,18-40,04-32,93 olarak ölçülmüştür. Bu durumda  $\Delta RH$  (iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla % 12,39- 5,24 -1,87 olduğu görülmüştür. Aynı zamanda dış ortam ortalama radyasyon değeri 791,69 W/m<sup>2</sup> iken iç ortam radyasyon değeri 559,87 W/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı % 70,72 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 10. Gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve bağıl nem değişimleri**

Ölçümler	Ölçüm Yeri			
	Dış 1	Ped önü 2	Orta 3	Kapı 4
Sıcaklık, °C	31,45	27,90	31,00	36,46
$\Delta T$ , °C		-3,55	-0,45	5,01
Oransal nem, %	34,80	47,18	40,04	32,93
$\Delta RH$ , %		12,39	5,24	-1,87
Radyasyon, W/m <sup>2</sup>	791,69	559,87		
$\Delta R$ , W/m <sup>2</sup>	231,82			

Gölgeleme tülü ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Tablo 11. de verilmiştir. Tabloya bakıldığında pedin soğutma etkisi (-1,30) – (-7,9) °C arasında ortalama -5,19 °C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğine bakıldığında ise %-11,54-157,99 arasında ortalama ped etkinliği %-74,59 olarak bulunmuştur.

**Tablo 11. Gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri**

Gölgeleme Tülü Ped	Dış sıcaklık, °C	Dış nem, %	İç sıcaklık, °C	İç nem, %	Islak termometre sıcaklığı °C	Δt Soğutma etkisi	η% (Serinletme Etkinliği)
Min	29,90	41,00	34,60	64,00	20,69	-7,90	- 157,99
Mak	34,10	71,00	38,20	74,00	26,36	- 1,30	- 11,54
Ort.	31,45	55,47	36,65	69,00	23,61	-5,19	- 74,59

Sistem soğutma kapasitesine bakıldığında ise  $Q_c=8922,82$  kJ/h (2,47 kW) ve su tüketim kapasitesine bakıldığında ise 21,59 L/gün olarak bulunmuştur. Gölgeleme ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve radyasyon ilişkisine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen 22 °C den sonra sera iç ortamında serinletme ihtiyacının olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz koşullarında gelişen sanayilerin vazgeçilmezi ve en büyük harcama kalemlerinden biri olan enerji ihtiyacı, çevre bilinciyle uyum içerisinde olup insanlığı temiz enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Sonuç olarak kaynakları hızla tükenen fosil yakıtlardan vazgeçme eğilimi dünyanın hemen her ülkesi tarafından benimsenmiştir. Elbette ki tarım sektörü de bu gelişim ve değişimden en çok fayda sağlayan sektörlerden birisidir. Özellikle büyük tarımsal tesis ve kuruluşlar, kurutma ve sulamada, özellikle de üretilen ürünün muhafazasında ciddi enerji maliyetleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Şu anda özellikle büyük işletmesi olan çiftliklerin güneş enerjisine geçiş yaptığını ve kendi elektrik üretimine güvendiğini görüyoruz. Önceki yapılan çalışmalarda kurulan orta ve büyük ölçekli güneş enerjisi santrallerinin ortalama geri ödeme süresinin 5,5 yıl olarak belirtilmesi, temiz enerji olarak adlandırılan güneş ışığından elektrik üretme yöntemini daha da cazip hale getirmektedir. Kullanılan fotovoltaik sistemin sene içerisindeki tüm enerji giderlerini karşılaması olumludur. Sera içerisinde kullanmış olduğumuz evaporatif serinletme için enerji ihtiyacı tamamıyla sistemden karşılanmıştır. Deneme amaçlı yapılan evaporatif serinletme sistemi ortalama 25 gün ve 120 saat

aktif olarak kullanılmıştır. Bunun sonucunda herhangi bir elektrik gideri mevcut değildir. Üstelik pratikte yapılan gözlemlerin en çarpıcı sonucu, özellikle elektrik hatlarından uzak tarım alanlarında elektrik talebinin şebekeden bağımsız güneş enerjisi üretimiyle karşılanmasıdır. Yüksek sıcaklıkların bitki gelişimi için uygun olmadığı dönemlerde serada iç ortam sıcaklığını düşürmek için ne doğal ne de mekanik havalandırma yeterli olmamaktadır. Bu nedenle seraların mekanik soğutma yöntemlerini kullanması gerekmektedir.

Çalışmada kullanılan evaporatif serinletme sistemindeki pedlerin hiçbirisi serinletme açısından (negatif) gereken etkiyi gösterememiştir. Sonuç olarak serinletme etkisi yerine sera içerisinde nemlendirme etkisi yüksek olmuştur. Buna bağlı olarak da içeride yetiştirdiğimiz bitkilerin tropik meyve olması çalışmayı başarılı kılmıştır. Ancak içeride yetiştirilen ürünün sebze olması durumunda başarı gösteremeyeceği ortadadır. Dünyanın önemli seracılık merkezlerinden biri olan ülkemizde, büyük ticari firmalara göre daha çok küçük ve orta ölçekli seracılık firmaları bulunmaktadır. Bu işletmelerde tarımsal atık değerlendirme uygulamalarının test edilerek sonuçlarının paylaşılması, ayrıca bu işletmelerde alternatif ve daha ucuz serinletme sistemlerinin kullanılmasıyla artan sıcaklıklardan kaynaklanan verimlilik kayıpları azalacak ve çiftçilerin gelir düzeyleri artacaktır.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2021-02-11-MAP05 proje numarası ile desteklenmiştir. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne desteğinden ötürü teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

1. Boyacı, S., Akyüz, A. (2019) "Seralarda soğutma pedi olarak bazı yerel malzemelerin uygunluklarının değerlendirilmesi", Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 24 (0) pp. 257-268
2. Boyacı, S., Akyüz, A., Üstün, S., Baytorun, A.N., Güğercin, Ö. (2017) "Seralarda yüksek sıcaklıkların azaltılmasında kullanılan yöntemler" Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 4 (0) pp. 89-89
3. Tezcan N. Y., Ekizoğlu H., Selek S.(2017) Sera Gölgelemede Işık Seçici Ağların Kullanımı Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , cilt.12, sa.2, ss.115-124, 2017
4. Kürklü A., Çağlayan N. (2005) Sera Otomasyon Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Bir Çalışma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , cilt.18, ss.25-34, 2005

5. Ahmed, E.M., Abaas, O., Ahmed, M., Ismail, M.R., 2011. Performance Evaluation of Three Different Types of Local Evaporative Cooling Pads in Greenhouses in Sudan. *Saudi Journal of Biological Sciences* 18, 45–51.
6. Alodan, M.A., Al-Faraj, A.A., 2005. Design and Evaluation of Galvanized Metal Sheets as Evaporative Cooling Pads. *J. King Saud Univ.*, Vol. 18, Agric. Sci.(1), pp. 9-18.
7. Dağtekin, M., 1996. Çukurova Bölgesi Etlik Piliç Kümeslerinde Sıcaklık Sorununun Çözümüne Yönelik Alternatif Serinletme Yöntemleri Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
8. Dzivama, AU., Bindir, UB., Aboaba FO., (1999). Evaluation of pad materials in construction of active evaporative cooler for storage of fruits and vegetables in arid environments. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, AMA*, 30(3): 51-55.
9. Elmsaad, E., Omran, A., 2015. Evaluating the Effect of New Local Materials of Evaporative Cooling Pads. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 15 (1): 78-84, 2015
10. Gunhan, T., Demir, V., Yagcioglu, A.K., 2007. Evaluation of the Suitability of Some Local Materials as Cooling Pads. *Biosystems Engineering*, 96 (3), 369–377.
11. Helmy, M.A., Eltawil, M.A., Abo-shieshaa, R.R., El-Zan, N.M., 2013. Enhancing the Evaporative Cooling Performance of Fan-Pad System Using Alternative Pad Materials and Water Film Over the Greenhouse Roof. *Agric Eng Int: CIGR Journal* 15(2):173-187.
12. Jain, J.K., Hindoliya, D.A., 2014. Correlations for Saturation Efficiency of Evaporative Cooling Pads. *J. Inst. Eng. India Ser. C*, 95(1):5–10.
13. Kulkarni, M.M., Vijaykumar, K.N., Jadhav, N.A., Bhor, M.J., Shinde, S.S., 2015. Experimental Performance Evaluation of New Cooling Pad Material for Direct Evaporating Cooling for Pune Summer Conditions. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 22(6):281-287.
14. Maurya, R., Shrivastava, N., Shrivastava, V., 2014. Performance Evaluation of Alternative Evaporative Cooling Media. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 10, October-2014.
15. Güven, D. (2022) Tropik Meyve Yetiştiriciliği Ders Notları Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şube Müdürlüğü PDF (antalya.tarimorman.gov.tr) Erişim Adresi: <https://antalya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Tropik%20Meyve%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi%20Ders%20Notlar%C4%B1.pdf> Erişim Tarihi 09.09.2024
16. Anonim (2022) Ejder Meyvesi Erişim adresi: <https://ejdermeyvesipitaya.com/ejder-meyvesi-pitaya-ideal-direk-yuksekligi/> Erişim tarihi 09.09.2024
17. Anonim(2015) Avakado Yetiştiriciliği Erişim adresi: <https://antalya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fileri/AVOKADO.pdf> Erişim tarihi 09.09.2024
18. Tekinel, O., Çevik, B., Tekinsoy, M.A., Baytorun, N., Akyüz, A., 1999. İnşaat Malzeme Bilgisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü, Yayın no:58, Ders Kitapları Yayın No: 4.
19. Maurya, R., Shrivastava, N., Shrivastava, V., 2014. Performance Evaluation of Alternative Evaporative Cooling Media. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 10, October-2014.
20. Boyacı, S., Akyüz, A., Tanrıverdi Ç., (2022) Comparison of Heat Requirements In Greenhouses for Kırşehir and Kahramanmaraş Provinces *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 5-20.