



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI



**SERADA İÇ ORTAM İKLİM
PARAMETRELERİNİN YATAY DAĞILIM
DESENİNİN BELİRLENMESİ: FAN PED
SOĞUTMA SİSTEMİ**

MUSTAFA AKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR

2026



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI



**SERADA İÇ ORTAM İKLİM
PARAMETRELERİNİN YATAY DAĞILIM
DESENİNİN BELİRLENMESİ: FAN PED
SOĞUTMA SİSTEMİ**

MUSTAFA AKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Sedat BOYACI

KIRŞEHİR

2026

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŐMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

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

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

22/01/2026

Öğrenci
Mustafa AKTAŞ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|--|------------|
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ..... | I |
| TEŞEKKÜR..... | II |
| ÖZET | III |
| TABLolar DİZİNİ..... | V |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | VI |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | VII |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR | 3 |
| 3. MATERYAL VE METOT | 11 |
| 3.1. Materyal | 11 |
| 3.1.1. Araştırma alanının coğrafi konumu..... | 11 |
| 3.1.2. Araştırma alanının iklim özellikleri | 12 |
| 3.1.3. Araştırma serasının yapısal özellikleri | 13 |
| 3.1.4. Soğutma sisteminin özellikleri..... | 14 |
| 3.1.5. Meteorolojik verilerin ölçümünde kullanılan aletlerin özellikleri | 16 |
| 3.2. Metot..... | 17 |
| 3.2.1. Deneme deseninin oluşturulması | 17 |
| 3.2.2. Soğutma pedlerinin performansının belirlenmesi | 18 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 21 |
| 4.1. İç Ortam İklim Parametrelerinin Değişimi | 21 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 43 |
| KAYNAKLAR..... | 45 |
| EKLER | 53 |
| EK-1..... | 53 |
| EK-2..... | 54 |
| EK-3..... | 55 |
| ÖZGEÇMİŞ | 57 |

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca sadece akademik bir hoca olarak değil, aynı zamanda yol gösterici olarak vizyonumu genişleten, çalışma disiplini ve akademik ahlakıyla bana örnek olan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Sedat BOYACI' ya en derin şükranlarımı sunarım. Jüri üyesi olarak tezimi inceleyen ve değerli katkılarını sunan hocalarım Prof. Dr. Atılğan ATILGAN ve Prof. Dr. Sultan KIYMAZ'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca beni her konuda destekleyen, sabır ve anlayış gösteren aileme, özellikle eşime tüm fedakârlıkları için minnettarım.

Ocak, 2026

Mustafa AKTAŞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERADA İÇ ORTAM İKLİM PARAMETRELERİNİN YATAY DAĞILIM DESENİNİN BELİRLENMESİ: FAN PED SOĞUTMA SİSTEMİ

Mustafa AKTAŞ

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Sedat BOYACI
Yıl: 2026, Sayfa: 57
Jüri: Prof. Dr. Sedat BOYACI
Prof. Dr. Atılgan ATILGAN
Prof. Dr. Sultan KIYMAZ

Bu çalışmada, venlo tip serada Haziran-Eylül dönemlerinde sera iç ortamını soğutmak amacıyla kullanılan fan-ped soğutma sisteminin etkinliğinin belirlenmesi ve seranın uzun eksenli boyunca mesafeye bağlı olarak yatay değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla iç ve dış ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri seranın 7 farklı noktasından alınarak sensörler arasındaki farklılıklar ve seranın yatay eksenli boyunca ortaya çıkan sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerde, Haziran ayında ölçüm yapılan saatlerde ortalama dış ortam sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı (VPD) değerleri 25.6°C, %37.3 ve 2.1 kPa iken sera içerisinde 24.3°C ve %47.6 ve 1.6 kPa olarak ölçülmüştür. Buna göre sera iç ortamında ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan 1.2°C daha düşük, bağıl nem ise %10.3 daha yüksek ve VPD 0.5 kPa daha düşük olduğu belirlenmiştir. Temmuz ayında ortalama dış ortam sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri 27.3°C, %36.9 ve 2.3 kPa iken sera içerisinde 25.5°C ve %55.9 ve 1.5 kPa olarak ölçülmüştür. Buna göre sera iç ortamında ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan 1.8°C daha düşük, bağıl nem ise %19.0 daha yüksek ve VPD 0.8 kPa daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ağustos ayında ortalama dış ortam sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri 27.0°C, %30.4 ve 2.6 kPa iken sera içerisinde 25.3°C ve %49.0 ve 1.7 kPa olarak ölçülmüştür. Buna göre sera iç ortamında ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan 1.7°C daha düşük, bağıl nem ise %18.6 daha yüksek ve VPD 0.9 kPa daha düşük olduğu belirlenmiştir. Eylül ayında ortalama dış ortam sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri 27.9°C, %27.0 ve 2.8 kPa iken sera içerisinde 25.7°C ve %50.8 ve 1.7 kPa olarak ölçülmüştür. Buna göre sera iç ortamında ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan 2.2°C daha düşük, bağıl nem ise %23.9 daha yüksek ve VPD 1.1 kPa daha düşük olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda fan ped soğutma sistemi ile iç ortam sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerlerinin bitki yetiştiriciliği bakımından optimum değerler arasında tutulabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Evaporatif soğutma, Fan ped, Serinletme etkisi, Serinletme etkinliği

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

DETERMINATION OF THE HORIZONTAL DISTRIBUTION PATTERN OF INDOOR CLIMATE PARAMETERS IN THE GREENHOUSE: FAN PAD COOLING SYSTEM

Mustafa AKTAŞ

**KIRŞEHİR AHI EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING**

Supervisor: Prof. Dr. Sedat BOYACI
Year: 2026, **Pages:** 57
Juries: Prof. Dr. Sedat BOYACI
Prof. Dr. Atılğan ATILGAN
Prof. Dr. Sultan KIYMAZ

This study aimed to determine the effectiveness of a fan-pad cooling system used to cool the interior of a Venlo-type greenhouse during the June-September period, and to determine the horizontal gradients along the long axis of the greenhouse depend on distance. For this purpose, indoor and outdoor temperature and relative humidity measurements were taken from 7 different points in the greenhouse. Differences between the sensors and the resulting temperature, relative humidity, and vapor pressure deficit values along the horizontal axis of the greenhouse were determined. In the measurements taken in June, the average outdoor temperature, relative humidity, and vapor pressure deficit values were 25.6°C, 37.3%, and 2.1 kPa, respectively, while inside the greenhouse they were measured as 24.3°C, 47.6%, and 1.6 kPa. Accordingly, it was determined that the temperature measured inside the greenhouse was 1.2°C lower than the outdoor temperature, the relative humidity was 10.3% higher, and the vapor pressure deficit was 0.5 kPa lower. In July, the average outdoor temperature, relative humidity, and vapor pressure deficit values were measured as 27.3°C, 36.9%, and 2.3 kPa, respectively, while inside the greenhouse they were measured as 25.5°C, 55.9%, and 1.5 kPa. Accordingly, it was determined that the temperature measured inside the greenhouse was 1.8°C lower than the outdoor temperature, the relative humidity was 19.0% higher, and the VPD was 0.8 kPa lower. In August, the average outdoor temperature, relative humidity, and vapor pressure deficit values were measured as 27.0°C, 30.4%, and 2.6 kPa, respectively, while inside the greenhouse they were measured as 25.3°C, 49.0%, and 1.7 kPa. Accordingly, it was determined that the temperature measured inside the greenhouse was 1.7°C lower than the outdoor temperature, the relative humidity was 18.6% higher, and the vapor pressure deficit was 0.9 kPa lower. In September, the average outdoor temperature, relative humidity, and vapor pressure deficit values were measured as 27.9°C, 27.0%, and 2.8 kPa, respectively, while inside the greenhouse they were measured as 25.7°C, 50.8%, and 1.7 kPa. Accordingly, it was determined that the temperature measured inside the greenhouse was 2.2°C lower than the outdoor temperature, the relative humidity was 23.9% higher, and the VPD was 1.1 kPa lower. The study concluded that indoor temperature, relative humidity, and vapor pressure deficit values can be maintained within optimum ranges for plant cultivation using a fan pad cooling system.

Keywords: Evaporative cooling, Fan pad, Cooling effect, Cooling efficiency

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|--|-----------|
| Tablo 3.1. Kırşehir iline ait uzun yıllık iklim verileri | 12 |
| Tablo 3.2. Araştırma yapılan venlo tip seranın boyutları | 13 |
| Tablo 3.3. Fanların teknik özellikleri | 14 |
| Tablo 3.4. Pedlerin teknik özellikleri | 15 |
| Tablo 3.5. İç ve dış ortamda kullanılan ölçüm cihazlarına ait özellikler..... | 16 |
| Tablo 3.6. Sensör konumları ve tanımlamalar..... | 18 |
| Tablo 4.1. Haziran ayında ölçülen iç ortam iklim parametreleri..... | 21 |
| Tablo 4.2. Temmuz ayında ölçülen iç ortam iklim parametreleri | 25 |
| Tablo 4.3. Ağustos ayında ölçülen iç ortam iklim parametreleri | 28 |
| Tablo 4.4. Eylül ayında ölçülen iç ortam iklim parametreleri..... | 33 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|---|----|
| Şekil 3.1. Deneme yapılan seranın genel görüntüsü | 11 |
| Şekil 3.2. Kırşehir ilinin coğrafi konumu | 11 |
| Şekil 3.3. Araştırma yapılan venlo tip seranın görünümü..... | 14 |
| Şekil 3.4. Doğal havalandırma açıklıklarından genel görünümü..... | 15 |
| Şekil 3.5. Doğal havalandırma açıklıklarından genel görünümü..... | 15 |
| Şekil 3.6. Soğutma sisteminin bileşenleri | 16 |
| Şekil 3.7. Sera içinde pedlerin yerleşiminden genel bir görünüm | 16 |
| Şekil 3.8. Sera içinde fanların yerleşiminden genel bir görünüm | 17 |
| Şekil 3.9. Veri kaydedicilerin sera içerisindeki konumları | 17 |
| Şekil 4.1. Haziran ayında sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerleri | 22 |
| Şekil 4.2. Haziran ayında sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerleri..... | 23 |
| Şekil 4.3. Haziran ayında sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerleri | 23 |
| Şekil 4.4. Haziran ayında seranın yatay profili boyunca iç ortam parametrelerinin değişimi. | 24 |
| Şekil 4.5. Temmuz ayında sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerleri..... | 26 |
| Şekil 4.6. Temmuz ayında sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerleri | 26 |
| Şekil 4.7. Temmuz ayında sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerleri.... | 27 |
| Şekil 4.8. Temmuz ayında seranın yatay profili boyunca iç ortam parametrelerinin değişimi | 28 |
| Şekil 4.9. Ağustos ayında sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerleri..... | 30 |
| Şekil 4.10. Ağustos ayında sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerleri | 30 |
| Şekil 4.11. Ağustos ayında sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerleri ... | 31 |
| Şekil 4.12. Ağustos ayında seranın yatay profili boyunca iç ortam parametrelerinin değişimi | 32 |
| Şekil 4.13. Eylül ayında sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerleri | 34 |
| Şekil 4.14. Eylül ayında sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerleri..... | 34 |
| Şekil 4.15. Eylül ayında sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerleri | 35 |
| Şekil 4.16. Eylül ayında seranın yatay profili boyunca iç ortam parametrelerinin değişimi ... | 36 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| Simgeler | | Açıklama |
|-----------------|---|---------------------|
| °C | : | Santigrat Derece |
| % | : | Yüzde |
| ± | | Eksiği veya Fazlası |

| Kısaltmalar | | Açıklama |
|--------------------|---|---------------------|
| VPD | : | Buhar Basıncı Açığı |
| CO ₂ | : | Karbondiyoksit |
| m | : | Metre |
| mm | : | Milimetre |
| kPa | : | Kilo Pascal |

1. GİRİŞ

Yıl boyunca taze sebze ve meyvelere olan talep günden güne artmaktadır. Kurak alanlardaki sebze ve meyve üretim miktarının artırılması amacıyla yaz ve sonbahar dönemlerinde örtü altı üretim dönemi genişletilebilir. Ancak yüksek güneş ışınımının varlığı nedeniyle sera içerisinde biriken ısı, iç sıcaklığın yükselmesine neden olmaktadır (Tashoo ve ark., 2014). Yaz aylarında ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve buhar basıncı açığı seralarda üretilen ürünlerin kalite ve miktarının azalmasına yol açmaktadır. Bu dönemlerde seralarda yetiştirilen bitkilerin stresini azaltmak ve pazara kaliteli ürün sunabilmek için seraların soğutulması gerekmektedir. Sera içerisindeki yüksek sıcaklıkların azaltılması amacıyla, doğal havalandırma ve gölgeleme gibi mekanik olmayan yöntemlerin yetersiz kaldığı bu dönemlerde iç ortamının soğutulmasında kullanılan ve en etkili çözüm yollarından biri çalışma prensibinin temelinde hissedilir ısının gizli ısıya dönüşmesini sağlayan evaporatif (buharlaştırma) soğutma yöntemidir (Cohen ve ark., 1983; Arbel ve ark., 1999; Willits, 1999). Seralarda genellikle evaporatif soğutma fan ped soğutma ve sisleme yöntemleri kullanılarak yapılmaktadır (von Zabeltitz, 2011). Fan ped soğutma sisteminin dezavantajları arasında yüksek maliyet, serada üniform bir soğutmanın olmaması ve sisleme yöntemine göre soğutma etkisinin daha düşük olmasıdır (Arbel ve ark., 2003).

Tarımsal üretimde çevre koşullarının kontrolü verimlilik üzerine doğrudan etkilidir. Bu nedenle son yıllarda çevre kontrollü tarımsal üretim teknikleri giderek artan bir ivme ile gelişim göstermektedir. Çevre kontrollü bitkisel üretim sistemlerinde doğal çevresel etmenler, tüm yönleriyle bitkilerin biyolojik optimum istekleri doğrultusunda değiştirilmeye çalışılmaktadır. Bitkisel üretimde çevre kontrollü üretimin en yaygın ve etkin uygulaması seralarda gerçekleştirilmektedir (Baytorun ve ark., 2017). Seralarda sıcaklık, nem ve CO₂ konsantrasyonu gibi iklim parametrelerinin uygun dağılımı, ürün büyümesinin tekdüzeliğini etkileyen ana faktörlerden biridir. Bu nedenle seraların havalandırma ve soğutma veya ısıtma sistemlerinin tasarımının iyileştirilmesi için iç iklim dağılımının araştırılması büyük önem taşımaktadır. Sera boyunca ve bitki seviyesindeki iklimsel eğimler yetiştiriciler için bir endişe kaynağıdır. Ayrıca bu değişimlerin doğasının karmaşık olması nedeniyle tahmin edilmesi oldukça zordur (Bucklin ve ark., 1993).

Seralarda sıcaklık ve oransal nem değerlerinin kontrolü optimum bitki yetiştiriciliği için çok önemli olması yanında bu faktörlerin sera boyunca dağılımı, üniform bitki büyümesinin bakımında son derece önemlidir (Zhao ve ark., 2001). Bu

nedenle, çevre kontrolü amacıyla seraların havalandırma, soğutma ve ısıtma sistemlerinin tasarımını geliştirmek amacıyla iç ortam iklim dağılımının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Seo ve ark., 2021). Ancak, sera çevre koşullarını etkileyen birçok değişken, içi ortam iklim kontrolünü karmaşık hale getirerek uniformluğu sağlama bakımından problemleride beraberinde getirmektedir (Çaylı ve ark., 2016). Ayrıca, ilgili süreç ve sistemlerin biyolojik ve fiziksel yönlerine özgü olan mekânsal farklılıklar, sera koşullarının optimize edilmesini daha zor bir hale getirir. Modern seralarda, tüm sera alanı içerisindeki iklimin nesnel ve ayrıntılı bir görünümünü oluşturmak için bitki düzeyinde ölçüm noktaları gereklidir. Çünkü, sera içerisinde istenmeyen iklimsel değişimler (gradyanlar), bitkilerin niceliksel ve niteliksel özelliklerinin yanı sıra verimlilikte de önemli farklılıklara neden olabilir (Çaylı ve ark., 2018). Ortaya çıkan bu durum, çeşitli hastalıkların oluşumunu da kolaylaştırabilirler. Bu sıcaklık farklılıklarını ortadan kaldırmak, homojen bitki büyümesini sağlamak ve sorunlu alanları belirlemek için sensörlerin dikkatlice planlanarak ve mekânsal olarak doğru konumlandırılarak izlemesi için uygun sistemler gerekmektedir (Ferentinos ve ark., 2017). Teknolojideki son gelişmeler, birden fazla noktadan veri toplanmasını kolaylaştırması ve bu verilerin analiz edilmesini sağlaması, seralarda yeni kontrol stratejilerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Ayrıca, kontrol sistemleri konusunda daha fazla çalışma yapılması, sera üretim kalitesini ve verimini artırarak kaynakların verimli kullanımını teşvik edecektir (Çaylı, 2020).

Bu amaçla çalışmada, venlo tip serada sıcaklığın arttığı dönemlerde sera iç ortamını soğutmak amacıyla kullanılan fan-ped soğutma sisteminin performansının belirlenmesi ve seranın uzun eksenine boyunca mesafeye bağlı olarak meydana gelen yatay sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerlerindeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ilıman iklime sahip bölgelerde, açık ve güneşli günlerde sera iç ortamında güneş ışınımından elde edilen ısı enerjisinin fazla olması nedeniyle iç ortam sıcaklık değerleri bitki gelişimi için gerekli olan optimum sıcaklık değerlerinin üzerine çıkabilmektedir. Bu sıcaklık artışı yetiştiriciliği yapılan bitkinin üretimini ve pazarlanabilir meyve kalitesini etkilemektedir (Hanan ve ark., 1978). Akdeniz iklimlerinde, ilkbahardan sonbahara kadar aşırı sıcaklık, sera bitkilerinin verimini etkileyebilir (Kittas ve ark., 1995). Bu gibi durumlarda, aşırı sıcaklığı azaltmak ve seranın içindeki bağıl nemi (%70-90) belirli seviyelerde tutmak arasında bir denge kurulması gereken kuru günlerde özel dikkat gösterilmelidir (von Elsner ve ark., 2000), çünkü %60'ın altındaki seviyeler bitkide su stresi yaratabilir (Bailey, 2006) ve ek sulama gerektirebilir.

Yaz aylarındaki yüksek sıcaklık sorunlarının üstesinden gelmek için, sera soğutması tropikal ve subtropikal bölgelerde bitki yetiştiriciliği için temel bir gereklilik olarak kabul edilir. Soğutma sisteminin bir gün bile arızalanması, ürünün tamamen yok olmasına neden olabilir. Ürünün büyümesi için uygun bir mikro iklim sağlayan soğutma sisteminin geliştirilmesi zor bir iştir. Çünkü tasarım yerel çevre koşullarıyla yakından ilişkilidir. Ayrıca yetiştirilecek ürünlerin seçimi, bakım, kullanım kolaylığı ve ekonomik uygulanabilirlik, uygun soğutma teknolojisinin seçimi için kilit faktörler olarak kabul edilir (Kumar ve ark., 2009; Sethi ve Sharma, 2007a).

Doğal havalandırma, düşük maliyeti ve basitliği nedeniyle genellikle en basit ve tercih edilen sera soğutma yöntemidir. Ancak, doğal havalandırma tek başına, çok sıcak dönemlerde fazla enerjiyi verimli bir şekilde uzaklaştırmak için genellikle yeterli değildir. Yarı kurak iklimlerde bulunan seralarda, yıl boyunca ürün yetiştirme için istenen koşulları korumak amacıyla havalandırmaya ek olarak günlük soğutma da sağlanmalıdır (Villarreal-Guerrero ve ark., 2012ab).

Yüksek hava sıcaklıkları, kloroplastın zarar görmesi, fotosentez oranının azalması ve yaprak stomasının kapanması da dahil olmak üzere ürünlerin normal büyümesini ve gelişmesini olumsuz yönde etkiler. Ayrıca yüksek hava sıcaklığının neden olduğu aşırı terlemede su eksikliğine neden olur (Karaali ve Ozturk, 2016). Sera bitkileri için sulama planlaması geliştirilirken çevresel faktörler önemlidir (Fenglin ve ark., 2017). Ayrıca yüksek sıcaklık, solunumu artırır, dolayısıyla bitkinin besin alımını azaltır (Karaali ve Ozturk, 2016). Sera bitkileri 30 – 35°C arasındaki sıcaklıklarda uzun süre muhafaza edilmemelidir (Bailey, 2006). Seradaki yüksek hava sıcaklığı ve nem, sera üretimini ciddi şekilde sınırlayarak yılın önemli bir bölümünde verim düşüşüne ve

düşük ürün kalitesine neden olabilir. Bununla birlikte, sera iklim kontrolünün ve çeşitli soğutma yöntemlerinin uygun kullanımıyla sıcak dönemlerde sera ürün üretimi sürdürülebilir (Villarreal-Guerrero ve ark., 2012ab). Doğal havalandırma ve gölgeleme sistemi kullanılan seralarda hava sıcaklığı 28°C'nin üzerinde ise yapay soğutma sistemi kullanılması tavsiye edilir. Seralarda soğutma genellikle evaporatif yöntemlerden olan sisleme ve fan ped yöntemleriyle sağlanmaktadır (von Zabeltitz, 2011).

Bu yöntem farklı araştırmacılar tarafından seraların soğutulmasında kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Fan-pad sisteminin kullanıldığı çalışmalarda, Kittas ve ark. (2003) iç sıcaklık değerinin dış sıcaklık değerinden 10°C daha düşük olduğunu ve sistem veriminin %80 olduğunu bulmuşlardır. Davies (2005), fan-pad sistemi kullanılarak seranın iç sıcaklığının dış ortam sıcaklığına göre 15°C'ye kadar soğutulduğunu ve bu sistemin diğer geleneksel soğutma sistemlerine göre 5°C'ye kadar daha iyi bir soğutma verimliliğine sahip olduğunu belirtmiştir. Fuchs ve ark. (2006) fan ve pedlerin kullanıldığı çalışmada, bitki sıcaklığında 2°C'lik bir düşüş tespit edilmiş ve sera içi sıcaklığı dış sıcaklığa göre 15°C düşürmeyi başarmışlardır. Boyacı ve Akyüz (2018) tarafından yürütülen çalışmada dış ortam sıcaklığının 37.35°C olduğu bir günde iç ortam sıcaklığı dış ortamdan fan-ped uygulamasında maksimum 14.09°C, fogging+doğal havalandırma uygulamasında 7.64°C daha düşük, doğal havalandırma uygulamasında ise 2.14°C daha yüksek olarak ölçülmüştür. Boyacı (2019) tarafından yürütülen çalışmada, fan-ped sisteminin buharlaştırma etkisi nedeniyle gizli ısı transferinin duyulur ısı transferinden daha fazla olduğu ve iç sıcaklık değerlerinin dış sıcaklık değerlerine göre yaklaşık 12.85°C ye kadar düşürülmüştür. Bitki yetiştiriciliği için uygun iç ortam sıcaklık değerleri oluşturarak sıcaklıkların yükseldiği yaz aylarında üretime devam edilebileceği belirtilmiştir. Baytorun ve ark. (1994) serada doğal havalandırmanın 2°C sıcaklık farkı sağladığını, gölgeleme+havalandırma önlemlerinin birlikte alınması halinde iç sıcaklığın dış ortam sıcaklığına kadar düşürülebileceğini belirtmiştir. Ayrıca dış bağıl neme ve vantilatör sayısına bağlı olarak evaporatif soğutma (fan-ped) yapılarak iç ortam sıcaklığının dış ortama göre 8°C azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Akdeniz iklimine sahip bölgelerde yüksek sera içi sıcaklıklarında (40°C) doğal havalandırma kullanılarak bitki üretimi mümkün değildir. Bu nedenle, bu dönemlerde sera içi sıcaklıklarını düşürmek için doğal havalandırmaya göre maliyetli de olsa buharlaştırıcı soğutma sistemleri kullanılmalıdır. Buharlaştırıcı soğutma sistemlerinin sera sıcaklıklarını düşürmedeki başarısına rağmen, iç ortamda kontrol edilemeyen nem,

bitki hastalıklarına ve verim kayıplarına neden olabilir. Bu nedenle, sistemlerin uygun şekilde tasarlanması ve kullanımı son derece önemlidir (Boyacı ve Akyüz, 2018).

Bir seradaki iç ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem dağılımı, bitki büyümesinin ve ürün verimliliğinin homojenliğini etkileyen iki ana faktördür (Teitel, 2001; Teitel ve ark., 2010). Bu nedenle, iç ortam sıcaklık ve bağıl neminin mekânsal dağılımını araştırmak, sera ortamının izlenmesi ve kontrolü için yararlı bilgiler sağlamak bakımından oldukça önemlidir (Ryu ve ark., 2014). Ayrıca bu durum havalandırma, ısıtma veya soğutma sistemlerinde iyileştirilmiş bir tasarıma da yol açar (Van Pee ve ark., 1998). İç ortam sıcaklık ve bağıl neminin dağılımı, dış iklimdeki değişiklikler, güneş radyasyonu yoğunluğu, soğutma sistemleri, havalandırma yöntemleri, örtü ve gölgeleme malzemeleri, bitki örtüsünün varlığı ve seranın boyutları dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır (Bailey, 1991; Zhao ve ark., 2001; Bartzanas ve Kittas, 2005).

Dünyanın dört bir yanında sıcak iklimlerde ticari seraları havalandırmak için fanlar kullanılır. Bunlar genellikle seranın bir ucuna monte edilir ve karşı uçtaki açıklıklardan ortam havasını emer. Hava seranın bir ucundan diğer ucuna doğru hareket ettikçe, yapı boyunca sıcaklık, nem ve CO₂ gradyanları gelişir. Bu gradyanlar ürün için homojen olmayan bir mikro iklime neden olur ve bu durum yetiştiriciler için istenmeyen bir durumdur (Teitel ve ark., 2010).

Fan ped soğutma sisteminin dezavantajları arasında yüksek maliyet, serada üniform bir soğutmanın olmamasıdır (Arbel ve ark., 2003). Fan ve ped tipi buharlaşmalı soğutma sisteminin en büyük avantajı, kullanım ve kontrol kolaylığı ve ayrıca bitki örtüsünün ıslanması riskinin olmamasıdır. En büyük dezavantajı ise yüksek maliyet ve sera boyunca (buharlaşmalı pedlerden egzoz fanlarına kadar) büyük sıcaklık ve nem gradyanlarıyla ifade edilen iklim koşullarının homojen olmamasıdır. Bu gradyanların oluşumu, seranın geometrisi, dış iklim koşulları, havalandırma hızı ve buharlaşmalı peddeki su akış hızı gibi birçok faktörden etkilenir (Sawaibahadure ve ark., 2025).

Kittas ve ark. (2003) soğutma pedi sistemlerinin ana dezavantajının, seranın içinde, bir taraftaki pedlerden karşı taraftaki fanlara doğru büyük sıcaklık gradyanlarının oluşması olduğunu bildirmiştir. Ayrıca bu tür gradyanların genişliğinin birçok faktörden etkilendiğini ve değerini yalnızca sayısal bir model tahmin edebileceğini belirtmiştir. Çalışma sonunda seranın uzunluğu (60 m) boyunca pedlerden fanlara kadar büyük sıcaklık değişimlerinin (8°C'ye kadar) ortaya çıktığı ifade edilmiştir.

Dayıoğlu ve Silleli (2015) fan-ped soğutma sistemi ile soğutulan serada yatay sıcaklık ve oransal nem değişimleri ile soğutma sistemi performans parametrelerini

belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, ped tarafından fan tarafına sera boyunca homojen olmayan sıcaklık ve transpirasyon nedeniyle yaklaşık olarak homojen kalan oransal nem değişimleri gözlemlenmiştir. Soğutma sistemi kapalı olduğu zaman, havanın 32°C ve %25 olduğu koşullarda, sera içinde yatay düzlemde ped ten fan doğru saatlik ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri sırasıyla 30–33°C ve %30–%47 arasında değişmiştir. Fan-Ped sistemi çalıştırılıp kararlı soğutma sağlandıktan sonra, sera boyunca saatlik ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri sırasıyla 20–27°C ve %50–%68 arasında değişmiştir. Ped ten fan doğru sera boyunca hava sıcaklığı yaklaşık 7°C artış göstermiştir. Çalışma sonucunda fan ped yönteminin ortalama soğutma etkisi ve soğutma etkinliği sırasıyla 6.96°C ve %76.8 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma, fan ped soğutma sisteminin etkinliği ve sera içerisinde yatay mesafe boyunca sıcaklık ve bağıl nem değişimlerinin incelenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla sera içinde ve dışına olmak üzere toplam 6 adet sıcaklık ve bağıl nem sensörü yerleştirilmiştir. Çalışmada sistem etkinliği, dış bağıl nemin en düşük olduğu durumda en yüksek değerde olduğu belirlenmiştir. Gün içerisinde ölçülen en yüksek dış sıcaklığa bakıldığında saat 14:00'da dış sıcaklık değeri 34.98°C iken fan-ped ile soğutulan serada ortalama iç sıcaklık değerleri 26.37°C değerlerine ulaşmıştır. Bu saatte seradaki iç sıcaklık değeri dış sıcaklık değerinden 8.61°C düşük bulunmuştur. Sensör konumlarına göre bakıldığında ise bu saatte ped önünde ölçülen iç-dış sıcaklık farkı ve serinletme etkinliği ped önünde 12.27°C–%84.60 ölçülürken, fan önünde bu değerler 8.10°C–%55.85 olarak ölçülmüştür. Serinletme yapılan 08:00–19:00 saatleri arasında ped ten fana doğru ortalama 5.90°C lik bir sıcaklık artışı ve %16 lık bağıl nem farkı oluşmuştur. Yapılan istatistiksel analizlerde ise yatay mesafe boyunca sıcaklık bağıl nem farkının ped ten fana doğru ($p<0.01$) düzeyinde önemli farklılıkların meydana geldiği belirlenmiştir (Boyacı, 2018).

Arslan (2025) tarafından yapılan çalışmada doğal havalandırma uygulamasında iç sıcaklık dış sıcaklıktan 12.3°C daha yüksek iken oransal nem değeri ise %12.4 daha düşük bulunmuştur. Dış ortam buhar basıncı açığı değeri 2.9 kPa iken iç ortam buhar basıncı açığı değeri ortalama 3.9 kPa olarak belirlenmiştir. Doğal havalandırma+dıştan gölgeleme tülü uygulamasında ise iç sıcaklık dış sıcaklıktan 10.6°C daha yüksek iken oransal nem değeri ise %13.4 daha düşük bulunmuştur. Dış ortam buhar basıncı açığı değeri 2.9 kPa iken iç ortam buhar basıncı açığı değeri ortalama 3.3 kPa olarak belirlenmiştir. İç ortam sıcaklık, oransal nem ve buhar basıncı açığı değerlerinin bitki yetiştiriciliğine uygun olmadığı dönemlerde evaporatif soğutma uygulamalarının

gerekliliğini belirtmişlerdir. Doğrudan evaporatif soğutucuda ticari ped ile yaptıkları soğutma uygulamasında dış sıcaklığın 28°C ve oransal nemin %36.2 olduğu bir günde ped önünde ölçülen sıcaklık 22.4°C ve oransal nem %66.4 olarak ölçülmüştür. Ped uzaklaştıkça sıcaklığın 30.8°C ye çıktığı ve oransal nemin %43.4 e düştüğü belirlenmiştir. Buhar basıncı açığı değeri ise dış ortamda 2.5 kPa iken ped önünde 0.9 kPa ve ped ten uzaklaştıkça 2.6 kPa'a çıkmıştır. Ticari ped ve dıştan gölgeleme tülü uygulamasında ise dış sıcaklığın 30°C ve oransal nemin %33.7 olduğu bir günde ped önünde ölçülen sıcaklık 23.4°C ve oransal nem %66.3 olarak ölçülmüştür. Ped uzaklaştıkça sıcaklığın 31.1°C ye çıktığı ve oransal nemin %43.9 a düştüğü belirlenmiştir. Buhar basıncı açığı değeri ise dış ortamda 2.9 kPa iken ped önünde 1.0 kPa ve ped ten uzaklaştıkça 2.6 kPa'a çıkmıştır. Çalışma sonucunda fan-ped uygulamasının iç ortamı bitki yetiştiriciliğine uygun hale getirdiği ancak soğutma pedlerinden uzaklaştıkça sıcaklık değerlerinin arttığı ve oransal nem değerlerinin azalarak iç ortamdaki üniformitenin sağlanamadığı belirlenmiştir.

López ve ark. (2012), buharlaştırıcı pedler yerleştirilen bir serada, doğal olarak havalandırılan bir seraya göre 11.6°C'ye kadar sıcaklık farkı kaydedilirken, sisleme sistemi kullanıldığında bu fark 10.4°C olarak belirlenmiştir. Fan ped sisteminin temel dezavantajının, pedler ve fanlar arasındaki maksimum 11.4°C'lik farkla yatay sıcaklık gradyanlarının olduğu belirtilmiştir.

Sera içindeki mikro iklim parametrelerinin, karşı taraftaki pedden fana doğru bitki bölgesinde nispeten yüksek farklılıklar (Bartzanas ve Kittas, 2005), bitkinin solmasını ve terleme oranını etkileyebilir ve bu da sonuç olarak bitki gelişimi ile ürün kalitesini etkiler (De Gelder ve ark., 2012).

Sera genelinde iç iklimin homojenliğinin sağlanması, üniform bitki yetiştiriciliği için oldukça önemlidir. Karasal iklim koşullarında ısıtılan serada iç iklim dağılımının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, 8 ayrı ölçüm noktasından iç sıcaklık, bağıl nem, çığ noktası ve buhar basınç açığı değerleri ölçülmüştür. Ölçüm noktalarının dağılım deseni yatay ve düşeyde 2, 4 ve 6 metrelerde yapılmıştır. Sensör yerleşimleri düşeyde 2 metrede (G1: S1, S2 S3), 4 metrede (G2: S4, S5, S6) ve 6 metrede (G3: S7, S8) gruplandırılmıştır. Gün içerisinde alınan ölçümler 3 kısma ayrılmıştır. Seradaki iklimsel değişimler günlük (00:00–23:30), gündüz (08:30–17:30) ve gece (18:00–08:00) saatleri olarak izlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre serada iç iklim parametrelerinin günlük ortalama, gündüz ve gece saatlerinde günün farklı saatlerinde ve farklı lokasyonlarda değiştiği belirlenmiştir. Buna göre sera tabanından çatıya doğru

bitki seviyesindeki değişimlerin tek bir sensör yerine birden fazla sensörle izlenmesinin sera ikliminin daha iyi düzenlenmesi açısından önemli olduğu belirlenmiştir (Boyacı ve ark., 2023).

Suudi Arabistan'ın Riyad Şehri'nin kurak iklim koşulları altında, bir seradaki iç ortam hava sıcaklığı ve bağıl neminin mekânsal dağılımı üzerinde dıştan çatı gölgelemesinin etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada iki özdeş, buharlaştırıcı soğutmalı, tek açıklıklı sera kullanılmıştır. Bir sera, hareketli siyah plastik gölgeleme tülü (%30 geçirgenlik) kullanılarak dışarıdan gölgelendirilirken (Gs) diğeri gölgelendirme (Gc) olmadan tutulmuştur. Her iki serada da çilek bitkileri yetiştirilmiştir. Çalışma sonucunda, iç sıcaklık ve bağıl neminin mekansal dağılımının güneş radyasyonu ve buharlaştırıcı soğutma işlemi tarafından önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Regresyon analizi, dış ortamdaki güneş radyasyonu yoğunluğunun 200'den 800 W/m²'ye çıktığında iç sıcaklığın Gc'de 4.5°C ve Gs'de 2°C arttığını, bağıl nemin ise sırasıyla Gc'de %15 ve Gs'de %5 azaldığını göstermiştir. Gc'dekilerle karşılaştırıldığında, Gs'de sıcaklık ve bağıl nemin mekânsal dağılımında daha fazla üniformluk gözlemlenmiştir. Serada 6.4 °C'lik maksimum ve minimum sıcaklık ile %10'luk bağıl nem arasındaki fark, Gs'de Gc'dekinden sabahın erken saatlerinde daha düşük olarak ölçülmüştür. Egzoz fanlarına yakın alan ile dıştan gölgelemeli soğutma pedine yakın alan arasında sıcaklıkta yaklaşık 2°C'lik fark olmuştur. Kurak bölgelerde buharlaştırıcı soğutmalı bir serada, sıcaklık ve bağıl nemin dikey yönde ve yan duvarlar boyunca değişimi, yatay yönden çok daha yüksek olmuştur. Sıcaklık ve bağıl nemin dikey yöndeki ortalama değişimi Gc'de sırasıyla 5.2°C ve %10, Gs'de ise sırasıyla 5.5°C ve %13 olarak belirlenmiştir. Dıştan gölgeleme, sıcaklık ve bağıl nemin mekansal dağılımını iyileştirdiği ve serada iletilen güneş radyasyonu ve biriken termal enerji önemli ölçüde azaltıldığından, buharlaştırıcı soğutma sisteminin soğutma verimliliğini %12 oranında artırmıştır (Ahmed ve ark., 2019).

Li ve Willits (2008) tarafından fan ile havalandırılan bir serada hava hızı ve dikey hava sıcaklığı dağılımlarını incelemek amacıyla yürütmüş oldukları çalışmalarında, dış güneş radyasyonu, havalandırma hızı, evaporatif soğutma pedleri ve bitki örtüsünün dikey hava sıcaklığı değişimleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, dikey hava sıcaklığı değişimi, güneş radyasyonu ile yaklaşık olarak doğrusal bir şekilde artmıştır. Evaporatif ped kullanımı sıcaklık değişimini artırmıştır. Havalandırma hızının artması, hava sıcaklığı değişimini azaltmıştır. Ayrıca bitki

örtüsünün varlığı, dikey sıcaklık dağılımını değiştirmesi yanında sıcaklık değişimlerini de azaltmıştır.

Yaz dönemlerinde seralarda oluşan yüksek sıcaklık değerleri üretim işçilerinin verimliliğini büyük ölçüde etkileyebilir ve ayrıca iç ortamda yetiştirilen bitkilerin üretkenliğini azaltabilir. Sıcak iklime sahip bölgelerde yaz kısıtlamaları uygulanarak ve soğuk iklime sahip bölgelerde soğutma başlatılarak soğutma sistemleri olmayan bir sera üretimi istenen düzeyde sürdürülebilir. Fan-ped soğutma sistemlerinin hem faydası hem de verimliliği hakkında, düşük bağıl hava nemine sahip bölgelerde artma eğiliminde oldukları söylenebilir. Mevcut çalışma bu ifadeyi kanıtlamak veya çürütmek için yürütülmüştür. Sistemin verimliliğini belirleyerek sera içi sıcaklık dağılımının bir haritasını oluşturmaya çalıştık. Bu çalışmanın sonucunda, fan-ped soğutma sistemi kullanılarak yaz aylarında hava sıcaklığı ve havadaki bağıl nemin azalma eğiliminde olduğu için seradaki sıcaklıkların sonuç olarak 10–12°C'ye kadar düşürülebileceği belirlenmiştir. İstatistiksel analiz, gözlemlenen seralarda çeşitli noktalardaki sıcaklıklar arasında dikkate değer farklılıklar ($p < 0.01$) ortaya koymuştur (Oz ve ark., 2009).

Seraya iletilen güneş radyasyonu, seranın içindeki sıcaklıkların artışında ve sıcaklıkların değişiminde artışa yol açan duyulur ısının birincil kaynağıdır (Sethi ve Sharma, 2007b; Ahmed ve ark., 2016). Ayrıca, sera içi sıcaklık ve bağıl nemdeki en yüksek değişimler genellikle öğle saatlerinde ortaya çıkmaktadır (Sapounas ve ark., 2008; Ryu ve ark., 2014). Islak ped ve fanlardan oluşan buharlaştırıcı soğutma gibi bir soğutma sistemi, iç ortam sıcaklıklarının seranın dışındaki hava sıcaklığından 8–10°C daha düşük tutulabilir. Ancak, buharlaştırıcı soğutma sisteminin işletilmesi sırasındaki dezavantajlarından biri, hava hareketinin ped-fan yönü boyunca olması sonucu iç sıcaklık ve bağıl nemde büyük bir değişimin oluşmasıdır (Bartzanas ve Kittas, 2005; Kumar ve ark., 2009; Ganguly ve Ghosh, 2011).

Erbil (2010) tarafından Antalya ilinde sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz-Eylül dönemleri arasında fan-ped sisteminin etkinliğini belirleyebilmek amacıyla iç ve dış sıcaklık değerleri kayıt altına alınmıştır. Bu amaçla fan ped ile soğutulan ve kontrol serası olarak 2 sera kullanılmıştır. Çalışma süresince kontrol serasının iç sıcaklığı 45°C'ye kadar yükselmiştir. Fan-ped sistemi ile soğutulan seranın kontrol serasına göre sıcaklık düşüşü, en sıcak gün olan 25 Temmuz'da sera içi ped önünde ortalama sıcaklık 17°C, orta sırada ortalama 11°C ve fan önünde yaklaşık 9°C ve ped etkinliği ortalama %50 olarak belirlenmiştir.

Öz (2007) tarafından fan ped sisteminin Isparta yöresindeki etkinliğinin incelendiği çalışmada, fan ped yönteminin önemli sorunlardan bir tanesinin seralarda hava giriş ve çıkış noktaları arasındaki sıcaklık ve nem farklılığı olduğu bildirilmiştir. Bundan dolayı fan ve ped arasındaki uzaklığın mümkün olan en kısa mesafelerde tutulması gerekmektedir. Çalışmada pedin hemen önündeki sıcaklık ölçümü ile orta nokta ve fanların önündeki sıcaklık ölçümü arasında önemli değişimler göstermiştir. Pedin önünde ölçülen sıcaklık azalması yaklaşık 13°C iken orta noktada 8°C ve fan önünde 7°C olarak ölçülmüştür.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışma, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Jeotermal İleri Sera Teknolojileri ve Üretim Teknikleri Ortak Uygulama ve Araştırma Merkezinde yer alan venlo tip serada yürütülmüştür. Çalışmada, venlo tip sera ve iç ortamda ortaya çıkan yüksek sıcaklıkların azaltılması amacıyla kullanılan fan ped soğutma sistemi materyal olarak kullanılmıştır. Deneme yapılan seranın genel görüntüsü Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme yapılan seranın genel görüntüsü

3.1.1. Araştırma alanının coğrafi konumu

Kırşehir ilinde çalışma alanı olarak seçilen seranın konumu $39^{\circ}08'02''$ K enlemi ve $34^{\circ}07'08''$ D boylam noktaları arasında yer alıp deniz seviyesinden yüksekliği 1082 m’dir. Seranın bulunduğu yer engebeli olup seranın uzun eksenini Kuzeybatı–Güneydoğu yönünde konumlandırılmıştır. Kırşehir ilinin coğrafi konumu Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Kırşehir ilinin coğrafi konumu

3.1.2. Araştırma alanının iklim özellikleri

Kırşehir ilinin uzun yıllık sıcaklık ortalaması 11.5°C'dir. İlde yılın en soğuk ayları Ocak-Şubat ayları olup, günlük ortalama sıcaklıkları -0.2 ile 1.4°C arasındadır. En sıcak aylar olan Temmuz-Ağustos aylarında günlük ortalama sıcaklıklar 23.1°C'dir (MGM, 2025). Kırşehir iline ait uzun yıllık iklim verileri, Kırşehir Meteoroloji İl Müdürlüğü kayıtlarından alınmış ve Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Kırşehir iline ait uzun yıllık iklim verileri

| Parametre | O | Ş | M | N | M | H | T | A | E | E | K | A |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| En düşük sıcaklık (°C) | -28.0 | -25.3 | -21.8 | -8.2 | -1.4 | 2.6 | 5.1 | 5.0 | -1.2 | -6.6 | -21.5 | -24.3 |
| Ortalama sıcaklık (°C) | -0.2 | 1.4 | 5.3 | 10.8 | 15.5 | 19.7 | 23.1 | 23.1 | 18.6 | 12.8 | 6.6 | 2.2 |
| En yüksek sıcaklık (°C) | 19.0 | 20.6 | 28.0 | 30.9 | 34.5 | 36.2 | 40.2 | 40.5 | 39.0 | 33.6 | 26.2 | 19.9 |
| Ortalama en yüksek sıcaklık (°C) | 4.6 | 6.7 | 11.3 | 17.2 | 22.1 | 26.3 | 29.9 | 30.1 | 26.1 | 20.1 | 13.1 | 7.0 |
| Ortalama en düşük sıcaklık (°C) | -4.2 | -3.1 | -0.2 | 4.4 | 8.6 | 12.4 | 15.7 | 15.7 | 11.1 | 6.1 | 1.2 | -1.8 |
| Maksimum sıcaklığın 30 °C ve üzerinde olduğu gün sayısı ortalaması | - | - | - | 0.03 | 1.06 | 5.61 | 15.20 | 16.03 | 5.50 | 0.32 | - | - |
| Maksimum sıcaklığın 25 °C ve üzerinde olduğu gün sayısı ortalaması | - | - | 0.13 | 2.02 | 8.78 | 19.29 | 28.94 | 28.93 | 18.95 | 5.41 | 0.03 | - |
| Minimum bağıl nem ortalaması (%) | 39.9 | 33.3 | 21.8 | 19.2 | 20.4 | 19.4 | 16.5 | 16.8 | 16.7 | 19.8 | 28.3 | 38.6 |
| Ortalama bağıl nem (%) | 78.2 | 74.3 | 67.6 | 62.4 | 60.2 | 54.2 | 47.6 | 47.6 | 52.0 | 61.8 | 71.9 | 78.7 |
| Maksimum bağıl nem ortalaması (%) | 96.9 | 96.5 | 96.3 | 95.7 | 94.4 | 91.5 | 85.6 | 85.8 | 92.2 | 95.8 | 96.9 | 97.1 |
| Ortalama rüzgar hızı (m/sn) | 1.8 | 2.1 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 2.5 | 3.3 | 3.1 | 2.5 | 1.9 | 1.7 | 1.7 |
| Ortalama güneşlenme süresi (saat) | 3.2 | 4.3 | 5.3 | 6.8 | 8.8 | 10.8 | 12.0 | 11.5 | 9.5 | 7.1 | 5.2 | 3.2 |
| Ortalama küresel güneş radyasyonu (cal/cm ²) | 176.1 | 254.3 | 347.7 | 419.5 | 503.2 | 553.5 | 565.4 | 508.9 | 425.1 | 302.2 | 206.2 | 155.5 |

Tablo 3.1'e göre çalışma alanında Temmuz ve Ağustos aylarında maksimum sıcaklığın 25°C ve üzerinde olduğu gün sayısı ortalama 28.94 ve 28.93'tür. Maksimum sıcaklığın 30°C ve üzerinde olduğu gün sayısı ise ortalama 15.20 ve 16.03'tür. Seralarda

yetiştirilen bitkiler 17-27°C arasındaki sıcaklıklara adapte olmuşlardır. Günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin üstüne çıkması durumunda yetiştiricilik açısından soğutma önlemlerinin alınması zorunludur (Baytorun ve Makauy, 2019). Bu duruma göre Kırşehir ilinde Temmuz ve Ağustos aylarındaki yüksek dış ortam sıcaklıkları sera etkisi nedeniyle oluşacak sıcaklık artışı ile birlikte yetiştiriciliği yapılan bitkilerin gelişimini olumsuz etkileyecektir. Sıcaklıkların yükseldiği bu aylarda seralarda yetiştiricilik yapılabilmesi için evaporatif serinletme yöntemlerinin uygulanması çalışma alanı ve benzer iklime sahip bölgeler için oldukça önemlidir.

3.1.3. Araştırma serasının yapısal özellikleri

Araştırma serası venlo tip bölmeli blok şeklinde inşa edilmiş olup 4 mm lik cam örtü malzemesi ile örtülüdür. Serada kullanılan fan ve ped sera kısa duvarlarına monte edilmiştir. Serada çatıda yer alan havalandırma pencereleri otomatik olup fan-ped sisteminin çalışmadığı saatlerde havalandırma pencereleri açılarak doğal havalandırma sağlanmıştır. Ayrıca sıcaklıkların yükseldiği dönemlerde iç sıcaklıkları azaltmak amacıyla PS 55 marka gölgeleme oranı %55 ve enerji tasarruf oranı %58 olan tüllerden yararlanılmıştır.

Venlo tip serada kullanılan örtü malzemesi cam olup kalınlığı 4 mm dir. Araştırma yapılan venlo tip seranın boyutları Tablo 3.2'de görümleri Şekil 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.2. Araştırma yapılan venlo tip seranın boyutları

| Boyutlar | Değerler |
|--|----------|
| En, (m) | 8.0 |
| Boy, (m) | 27.0 |
| Yan duvar yüksekliği, (m) | 6.0 |
| Çatı yüksekliği, (m) | 0.5 |
| Örtü alanı, (m ²) | 646.6 |
| Hacim, (m ³) | 1350 |
| Taban alanı, (m ²) | 216 |
| Örtü alanı/ Taban alanı, (m ²) | 3.0 |



Şekil 3.3. Araştırma yapılan venlo tip seranın görünümü

3.1.4. Soğutma sisteminin özellikleri

Araştırma serasında kullanılan fanların teknik özellikleri Tablo 3.3'te ve görünümü Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Fanların teknik özellikleri

| Teknik özellikler | Değerler |
|---------------------------------|---------------------------------|
| En x Yükseklik x Kalınlık | 1400x1400x400 mm |
| Pancur sayısı | 8 |
| Pervane bıçak sayısı | 6 |
| Pervane çapı | 950 mm |
| Pervane hızı | 1500 rpm |
| Hava debisi (0 Pa) 1.1/0.75 KW | 46220/40270 (m ³ /h) |
| Hava debisi (25 Pa) 1.1/0.75 KW | 40600/35375 (m ³ /h) |
| Hava debisi (50 Pa) 1.1/0.75 KW | 32725/28515 (m ³ /h) |



Şekil 3.4. Doğal havalandırma açıklıklarından genel görünümü



Şekil 3.5. Doğal havalandırma açıklıklarından genel görünümü

Araştırma serasında kullanılan pedlerin teknik özellikleri Tablo 3.4 te ve görünümü Şekil 3.6’da verilmiştir. Mukavvadan yapılmış pedler 800 x 120 x 15 cm boyutlarındadır.

Tablo 3.4. Pedlerin teknik özellikleri

| Teknik özellikler | Değerler |
|---------------------------|----------|
| Uzunluk | 800 mm |
| Yükseklik | 120 mm |
| Kalınlık | 1200 mm |
| Hava akım yönüne göre açı | 45° |
| Su yönüne göre açı | 45° |
| Dağıtım paneli yüksekliği | 30 mm |



Şekil 3.6. Soğutma sisteminin bileşenleri

3.1.5. Meteorolojik verilerin ölçümünde kullanılan aletlerin özellikleri

Seranın içinde ve dışında kullanılan veri kaydedici cihazlarının teknik özellikleri Tablo 3.5’ te, sera içinde fan ve pedlerin yerleşiminden genel bir görünüm Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.5. İç ve dış ortamda kullanılan ölçüm cihazlarına ait özellikler

| Sensor türü | Sensör Modeli | Sensörün doğruluğu | Ölçüm aralığı |
|--------------|----------------|--------------------|-----------------|
| Sıcaklık, °C | Onset HOBO U12 | ± 0.35 °C | -20 °C – +70 °C |
| Bağıl nem, % | Onset HOBO U12 | ± 2.5% | %5 – %95 |



Şekil 3.7. Sera içinde pedlerin yerleşiminden genel bir görünüm

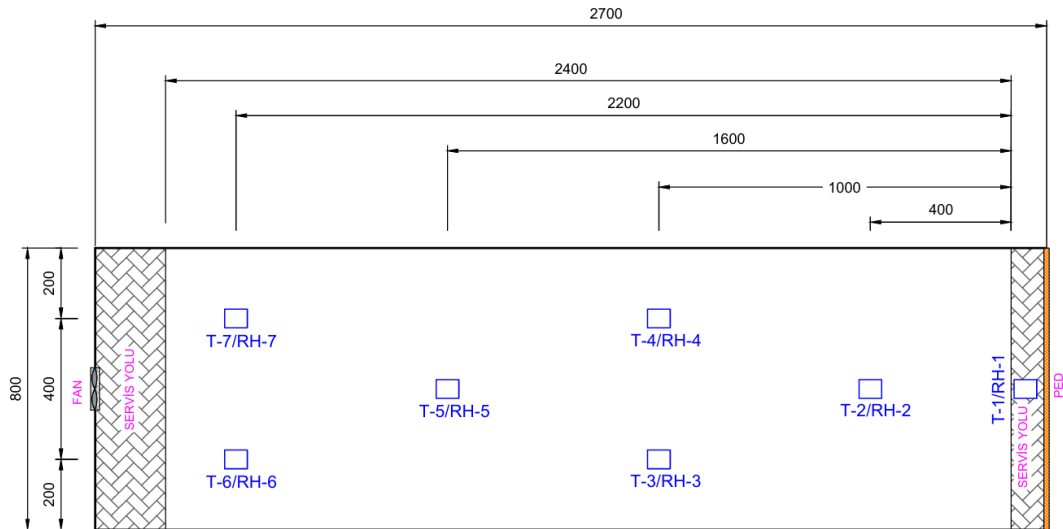


Şekil 3.8. Sera içinde fanların yerleşiminden genel bir görünüm

3.2. Metot

3.2.1. Deneme deseninin oluşturulması

Çalışmada, sera içinde sıcaklıkların yükseldiği dönemlerde fan ped soğutma sistemi devreye girmiştir. Fan ped soğutma sisteminde iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin mesafeye bağlı değişimlerinin belirlenmesi amacıyla denemede iç ortamda 7 adet, dış ortamda ise otomatik meteoroloji istasyonu ile her 30 dakikalık aralıklar ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler Haziran ayında başlamış ve Eylül ayında sonlandırılmıştır. Çalışmada veri kaydedicilerin sera içerisindeki konumları Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Veri kaydedicilerin sera içerisindeki konumları

Çalışmada, sensör adları, konumları ve yapılan ölçümler Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Sensör konumları ve tanımlamalar

| Sensör adı | Sensör konumu | Ölçümler |
|------------|-------------------------|-----------------------|
| T | | Sıcaklık |
| RH | | Bağıl nem |
| T-1/RH-1 | Pedten 0.25 m uzaklıkta | Sıcaklık ve Bağıl nem |
| T-2/RH-2 | Pedten 4.0 m uzaklıkta | Sıcaklık ve Bağıl nem |
| T-3/RH-3 | Pedten 10.0 m uzaklıkta | Sıcaklık ve Bağıl nem |
| T-4/RH-4 | Pedten 10.0 m uzaklıkta | Sıcaklık ve Bağıl nem |
| T-5/RH-5 | Pedten 16.0 m uzaklıkta | Sıcaklık ve Bağıl nem |
| T-6/RH-6 | Pedten 22.0 m uzaklıkta | Sıcaklık ve Bağıl nem |
| T-7/RH-7 | Pedten 22.0 m uzaklıkta | Sıcaklık ve Bağıl nem |

3.2.2. Soğutma pedlerinin performansının belirlenmesi

Soğutma performansını tanımlayan önemli bir parametre, iç ve dış sıcaklıklar arasındaki farktır. Buna göre, sistemin soğutma etkisi, bağıl nem etkisi ve buhar basıncı açığı etkisi Eşitlik 3.1, Eşitlik 3.2 ve Eşitlik 3.3 kullanılarak hesaplanmıştır (Almaneea ve ark., 2022).

$$\Delta T = T_{iç} - T_{dış} \quad (3.1)$$

$$\Delta RH = RH_{iç} - RH_{dış} \quad (3.2)$$

$$\Delta VPD = VPD_{iç} - VPD_{dış} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

ΔT = Soğutma etkisi (°C), $T_{iç}$ = İç hava sıcaklığı (°C), $T_{dış}$ = Dış hava sıcaklığı (°C), ΔRH = Bağıl nem etkisi (%), $RH_{iç}$ = İç bağıl nem (%), $RH_{dış}$ = Dış bağıl nem (%), ΔVPD = Buhar basıncı açığı etkisi (kPa), $VPD_{iç}$ = İç buhar basıncı açığı (kPa), $VPD_{dış}$ = Dış buhar basıncı açığı (kPa).

Çalışmada soğutma sisteminin etkinliği Eşitlik 3.4 ile belirlenmiştir (Maurya ve ark., 2014).

$$\eta = \frac{[T_{dış} - T_{iç}]}{[T_{dış} - T_{wb}]} \times 100 \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

η = Serinletme etkinliği (%), $T_{dış}$ = Dış hava sıcaklığı (°C), $T_{iç}$ = İç hava sıcaklığı (°C), T_{wb} = Dış havanın ıslak termometre sıcaklığı (°C), dır.

Havanın buhar basıncı açığı (VPD) değerleri Eşitlik 3.5 ve Eşitlik 3.6 ile hesaplanmıştır (Ogunlowo ve ark., 2021).

$$SVP = 610.78 \times 2.71828^{\left(\frac{T}{T+273} \times 17.2694\right)} \quad (3.5)$$

$$VPD = SVP \times \left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

SVP= Doygun buhar basıncı (kPa), T= Hava sıcaklığı (°C), RH= Bağıl nem (%),

VPD= Buhar basıncı açığı (kPa)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kırşehir ilinde yürütülen çalışmada sera içerisindeki sıcaklık ve bağıl nem ölçümlerine 25.06.2007 tarihinde başlanmış olup 25.09.2025 tarihinde ölçümler bitirilmiştir. Yaklaşık 3 ay süresince sera içinde ve dışında sıcaklık ve bağıl nem değerleri kayıt altına alınmıştır. Araştırma periyodu süresince Haziran ayı için 27.06.2024, Temmuz ayı için 15.07.2024, Ağustos ayı için 18.08.2025 ve Eylül ayı için 15.09.2025 tarihleri için sera içerisinde ve dışında ölçülen sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri Çizelge ve Şekiller ile açıklanarak sistemin soğutma etkisi ve soğutma etkinliği belirlenmiştir.

4.1. İç Ortam İklim Parametrelerinin Değişimi

Çalışmada Haziran ayının 27. gününde sera dışında ve içinde ölçülen sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

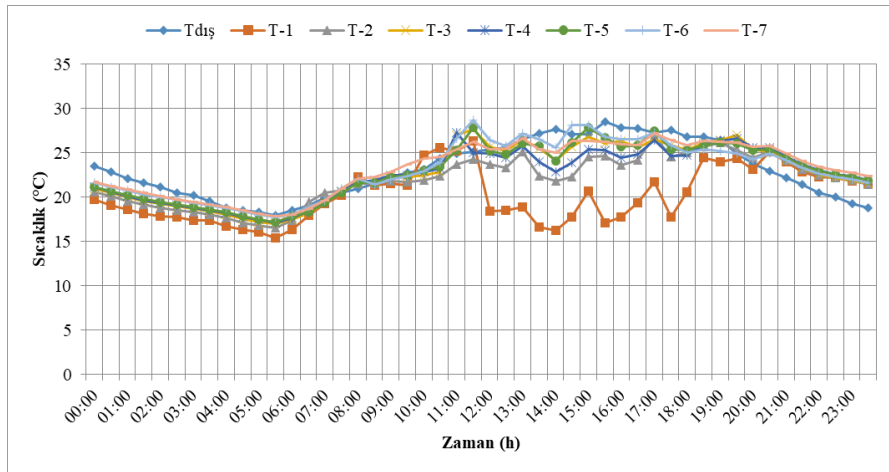
Tablo 4.1. Haziran ayında ölçülen iç ortam iklim parametreleri

| Ölçümler | Sensör konumu | | | | | | | | Ort. |
|--------------|------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | T _{dış} | T-1 | T-2 | T-3 | T-4 | T-5 | T-6 | T-7 | |
| Sıcaklık, °C | 25.6 | 21.0±0.6c | 23.7±0.3b | 25.1±0.4a | 24.5±0.3ab | 25.1±0.4a | 25.4±0.4a | 25.4±0.3a | 24.3±0.2 |
| ΔT, °C | – | –4.5 | –1.9 | –0.4 | –1.0 | –0.5 | –0.1 | –0.2 | –1.2 |
| Bağıl nem, % | 37.3 | 54.0±3.5a | 49.4±1.8ab | 46.9±1.5b | 46.7±1.2b | 46.1±1.2b | 44.8±1.2b | 44.9±0.9b | 47.6±0.7 |
| ΔRH, % | – | 16.7 | 12.1 | 9.6 | 9.4 | 8.8 | 7.5 | 7.7 | 10.3 |
| VPD, kPa | 2.1 | 1.2±0.1c | 1.5±0.1b | 1.7±0.1ab | 1.7±0.0ab | 1.7±0.1ab | 1.8±0.1a | 1.8±0.0a | 1.6±0.0 |
| ΔVPD, kPa | – | –0.9 | –0.6 | –0.4 | –0.4 | –0.4 | –0.3 | –0.3 | –0.5 |

Haziran ayında ölçüm yapılan saatlerde ortalama dış ortam sıcaklığı ve bağıl nemi 25.6°C ve %37.3 olarak ölçülmüştür. Sera içerisinde farklı ölçüm noktalarında ölçülen sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ortalaması ise 24.3°C ve %47.6 olarak ölçülmüştür. Buna göre sera iç ortamında ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan 1.2°C daha düşük, bağıl nem ise %10.3 daha yüksek ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre iç ortam sıcaklıklarının ortalaması 21.0–25.4°C arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (T-1) ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan (T_{dış}) 4.5°C düşük iken fana en yakın (T-6 ve T-7) sensörler arasındaki sıcaklık farkı dış ortamdan ortalama 0.2°C daha düşük olarak ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre iç ortam bağıl nem değerlerinin ortalaması %46.1-54.0 arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (RH-1) ölçülen bağıl nem değeri dış ortam bağıl nem değerinden (RH_{dış}) %16.7 daha yüksek iken pede en yakın (RH-6 ve RH-7) sensörler arasındaki bağıl nem farkı dış ortamdan ortalama %7.6 daha yüksek olarak belirlenmiştir. Dış ortamda ölçülen buhar basıncı açığı (VPD) değerlerinin

ortalaması 2.1 kPa iken iç ortamda 1.6 kPa olarak hesaplanmıştır. Buna göre sera iç ortamında ölçülen VPD değeri, dış ortamda ölçülen VPD'den 0.5 kPa daha düşük ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi nedeniyle iç ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.2–1.8 kPa arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (VPD-1) ölçülen buhar basıncı açığı değeri dış ortam buhar basıncı açığı değerinden ($VPD_{dış}$) 0.9 kPa daha düşük iken fana en yakın (VPD-6 ve VPD-7) sensörler arasındaki buhar basıncı açığı farkı dış ortamdaki ortalama 0.3 kPa daha düşük olduğu belirlenmiştir. Uygulamada sensör konumları arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan varyans analizleri sonucunda sensör konumlarının iç sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı üzerine etkisi ($p < 0.01$) düzeyinde çok önemli olarak belirlenmiştir.

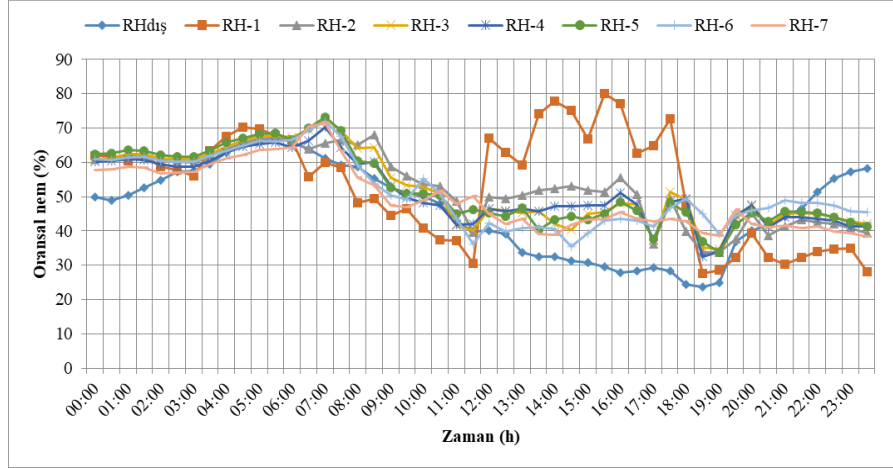
Çalışmada, Haziran ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerlerinin değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Haziran ayında sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte ışıınım değerlerinin artması iç ortam sıcaklıklarını arttırmıştır. Gün içerisinde dış ortam sıcaklıkları 21.0–28.5°C arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam sıcaklıkları azalmaya başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde sıcaklıklar ise 16.3–28.7°C arasında değişim göstermiştir. Bu durumda iç sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde yer alan T-1 sensöründe en düşük sıcaklık değerleri ölçülürken sensör konumlarına göre pedten uzaklaştıkça sıcaklık değerlerinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.1).

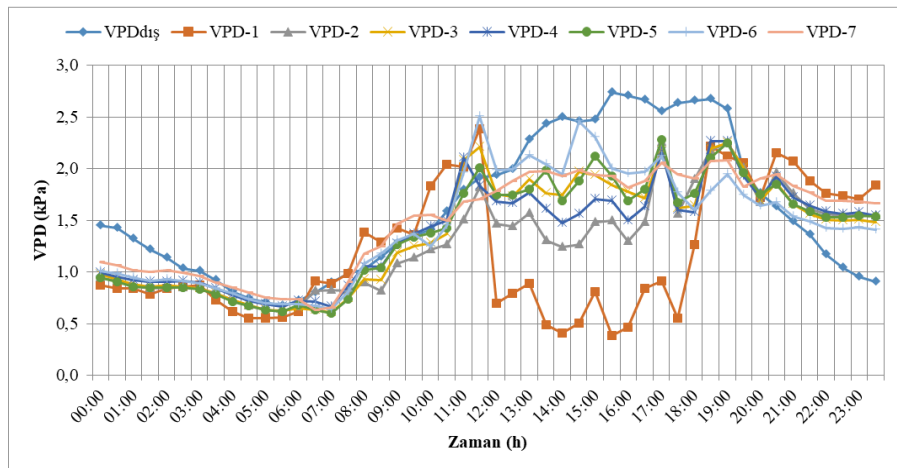
Çalışmada, Haziran ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerlerinin değişimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Haziran ayında sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte artan iç ortam sıcaklıkları bağıl nem değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Gün içerisinde dış ortam bağıl nem değerleri %23.8–58.6 arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam bağıl nem değerleri yükselmeye başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde bağıl nem değerleri ise %27.7–80.1 arasında değişim göstermiştir. Bu durumda iç sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde yer alan RH-1 sensöründe en yüksek bağıl nem değerleri ölçülürken sensör konumlarına göre pedten uzaklaştıkça bağıl nem değerlerinin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.2).

Çalışmada, Haziran ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen VPD değerlerinin değişimi Şekil 4.3'te verilmiştir.

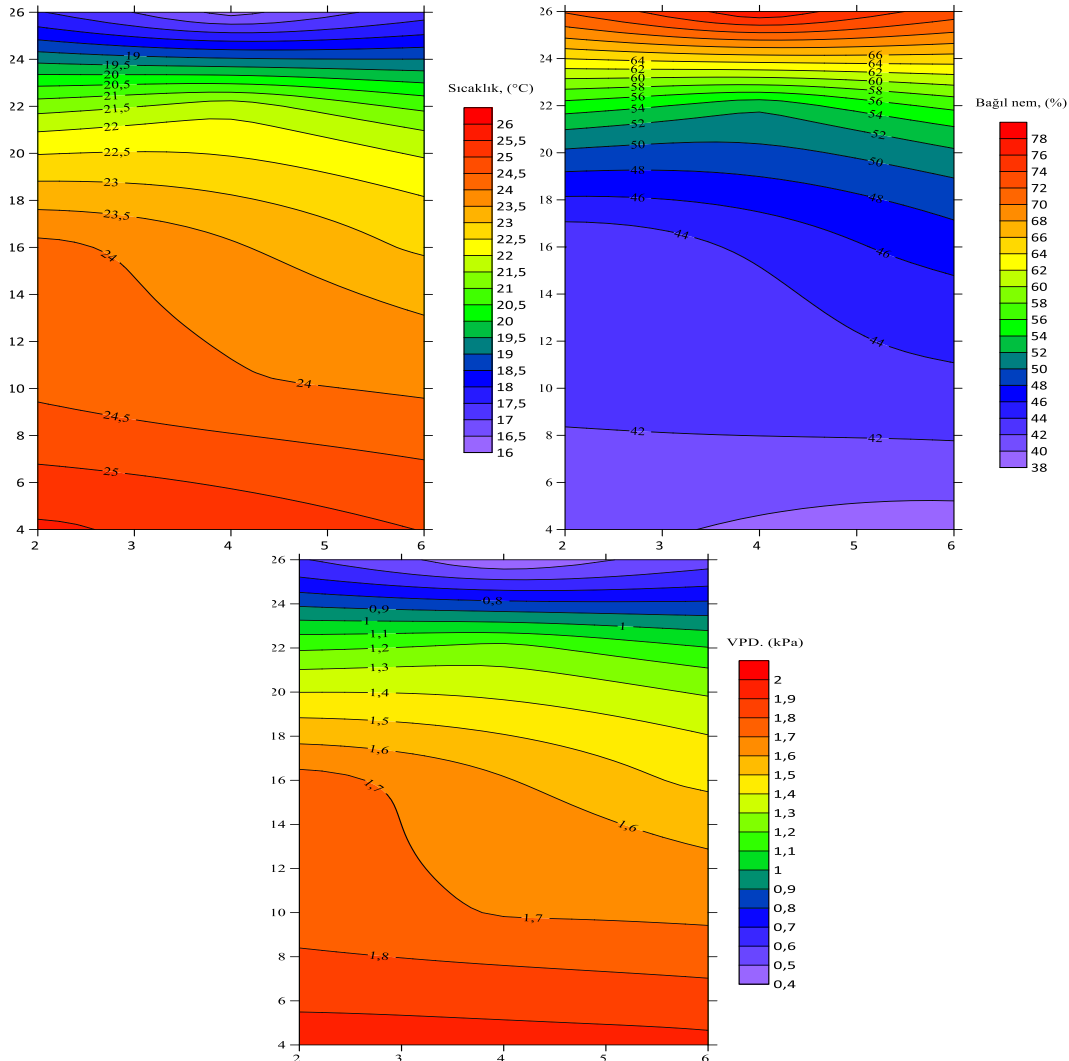


Şekil 4.3. Haziran ayında sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte artan iç ortam sıcaklıkları bağıl nem değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Bu durumda buhar

basıncı açığı değerleri artış göstermiştir. Gün içerisinde dış ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.0–2.7 kPa arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam buhar basıncı açığı değerleri yükselmeye başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde buhar basıncı açığı değerleri ise 0.4–2.5 kPa arasında değişim göstermiştir. Ölçümlere başlanan 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde ölçülen düşük sıcak ve bağıl nem değerleri VPD değerinin azalmasına neden olurken pedten uzaklaştıkça artan sıcaklık ve düşen bağıl nem değerleri VPD değerlerinin yükselmesine neden olmuştur (Şekil 4.3).

Çalışmada, seranın yatay profili boyunca ortaya çıkan sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerlerindeki değişimler Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4. Haziran ayında seranın yatay profili boyunca iç ortam parametrelerinin değişimi

Çalışmada Haziran ayında sistemlerin çalıştırıldığı saatler arasında yapılan ölçümlerde ped ten fana doğru ortalama sıcaklık artışı 4.3°C ve bağıl nem ise %9.1

azalmıştır. Ölçüm yapılan günde pedten fana doğru en yüksek sıcaklık farkı 9.2°C ve bağıl nem ise %36.7 azalmıştır.

Çalışmada Temmuz ayının 15. gününde sera dışında ve içinde ölçülen sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

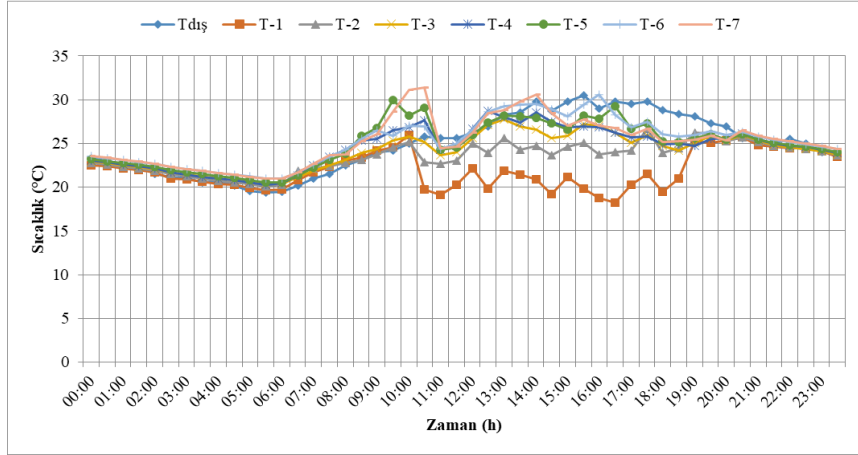
Tablo 4.2. Temmuz ayında ölçülen iç ortam iklim parametreleri

| Ölçümler | Sensör konumu | | | | | | | | Ort. |
|--------------|------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | T _{dış} | T-1 | T-2 | T-3 | T-4 | T-5 | T-6 | T-7 | |
| Sıcaklık, °C | 27.3 | 21.7±0.5d | 24.4±0.2c | 25.5±0.2b | 26.2±0.3ab | 26.8±0.3a | 27.1±0.3a | 27.0±0.4a | 25.5±0.2 |
| ΔT, °C | – | –5.6 | –2.9 | –1.8 | –1.1 | –0.5 | –0.1 | –0.3 | –1.8 |
| Bağıl nem, % | 36.9 | 69.7±3.0a | 60.2±0.9b | 54.1±0.9c | 51.9±0.9c | 53.4±0.9c | 50.8±0.8c | 51.0±1.1c | 55.9±0.7 |
| ΔRH, % | – | 32.9 | 23.3 | 17.3 | 15.1 | 16.5 | 14.0 | 14.2 | 19.0 |
| VPD, kPa | 2.3 | 0.8± 0.1d | 1.2±0.0c | 1.5±0.0b | 1.6±0.1ab | 1.7±0.1ab | 1.8±0.1a | 1.8±0.1a | 1.5±0.0 |
| ΔVPD, kPa | – | –1.5 | –1.1 | –0.8 | –0.7 | –0.7 | –0.5 | –0.6 | –0.8 |

Temmuz ayında ölçüm yapılan saatlerde ortalama dış ortam sıcaklığı ve bağıl nemi 27.3°C ve %36.9 olarak ölçülmüştür. Sera içerisinde farklı ölçüm noktalarında ölçülen sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ortalaması ise 25.5°C ve %55.9 olarak ölçülmüştür. Buna göre sera iç ortamında ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan 1.8°C daha düşük, bağıl nem ise %19 daha yüksek ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre iç ortam sıcaklıklarının ortalaması 21.7–27.1°C arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (T-1) ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan (T_{dış}) 5.6°C düşük iken fana en yakın (T-6 ve T-7) sensörler arasındaki fark dış ortamdan ortalama 0.2°C daha düşük olarak ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre iç ortam bağıl nem değerlerinin ortalaması %51.0–60.2 arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (RH-1) ölçülen bağıl nem değeri dış ortam bağıl nem değerinden (RH_{dış}) %32.9 daha yüksek iken pede en yakın (RH-6 ve RH-7) sensörler arasındaki bağıl nem farkı dış ortamdan ortalama %14.1 daha yüksek olarak belirlenmiştir. Dış ortamda ölçülen buhar basıncı açığı (VPD) değerlerinin ortalaması 2.3 kPa iken iç ortamda 1.5 kPa olarak hesaplanmıştır. Buna göre sera iç ortamında ölçülen VPD değeri, dış ortamda ölçülen VPD’den 0.8 kPa daha düşük ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi nedeniyle iç ortam buhar basıncı açığı değerleri 0.8–1.8 kPa arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (VPD-1) ölçülen buhar basıncı açığı değeri dış ortam buhar basıncı açığı değerinden (VPD_{dış}) 1.5 kPa daha düşük iken fana en yakın (VPD-6 ve VPD-7) sensörler arasındaki buhar basıncı açığı farkı dış ortamdan ortalama 0.6 kPa daha düşük olduğu belirlenmiştir. Uygulamada sensör konumları arasındaki farklılıkları belirlemek için

yapılan varyans analizleri sonucunda sensör konumlarının iç sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı üzerine etkisi ($p < 0.01$) düzeyinde çok önemli olarak belirlenmiştir.

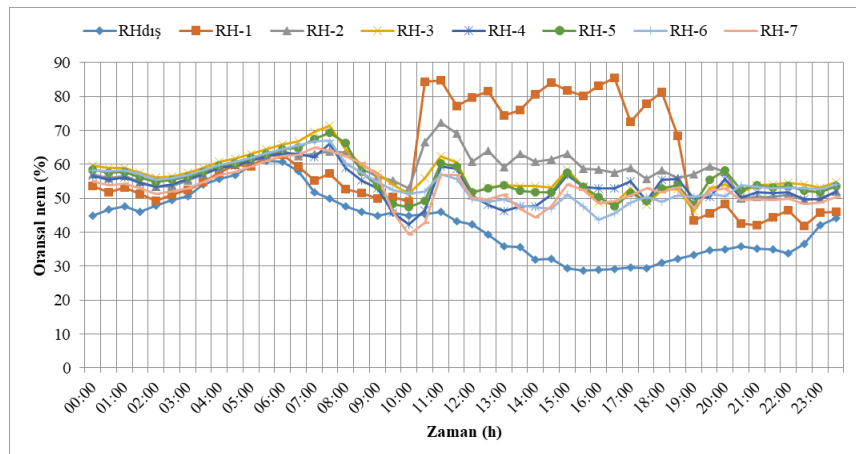
Çalışmada, Temmuz ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerlerinin değişimi Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. Temmuz ayında sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte ışıınım değerlerinin artması iç ortam sıcaklıklarını arttırmıştır. Gün içerisinde dış ortam sıcaklıkları 22.5–30.5°C arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam sıcaklıkları azalmaya başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde sıcaklıklar ise 18.2–31.4°C arasında değişim göstermiştir. Bu durumda iç sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde yer alan T-1 sensöründe en düşük sıcaklık değerleri ölçülürken sensör konumlarına göre pedten uzaklaştıkça sıcaklık değerlerinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.5).

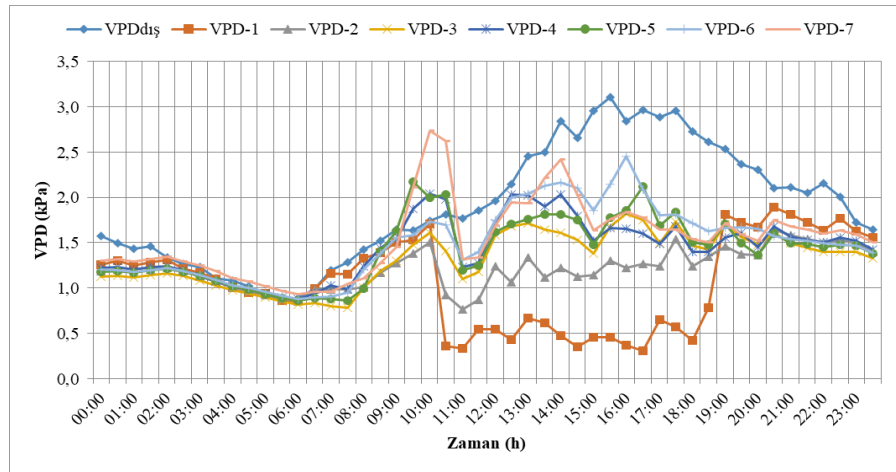
Çalışmada, Temmuz ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerlerinin değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Temmuz ayında sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte artan iç ortam sıcaklıkları bağıl nem değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Gün içerisinde dış ortam bağıl nem değerleri %28.7–47.5 arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam bağıl nem değerleri yükselmeye başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde bağıl nem değerleri ise %39.3–85.4 arasında değişim göstermiştir. Bu durumda iç sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde yer alan RH-1 sensöründe en yüksek bağıl nem değerleri ölçülürken sensör konumlarına göre pedten uzaklaştıkça bağıl nem değerlerinin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.6).

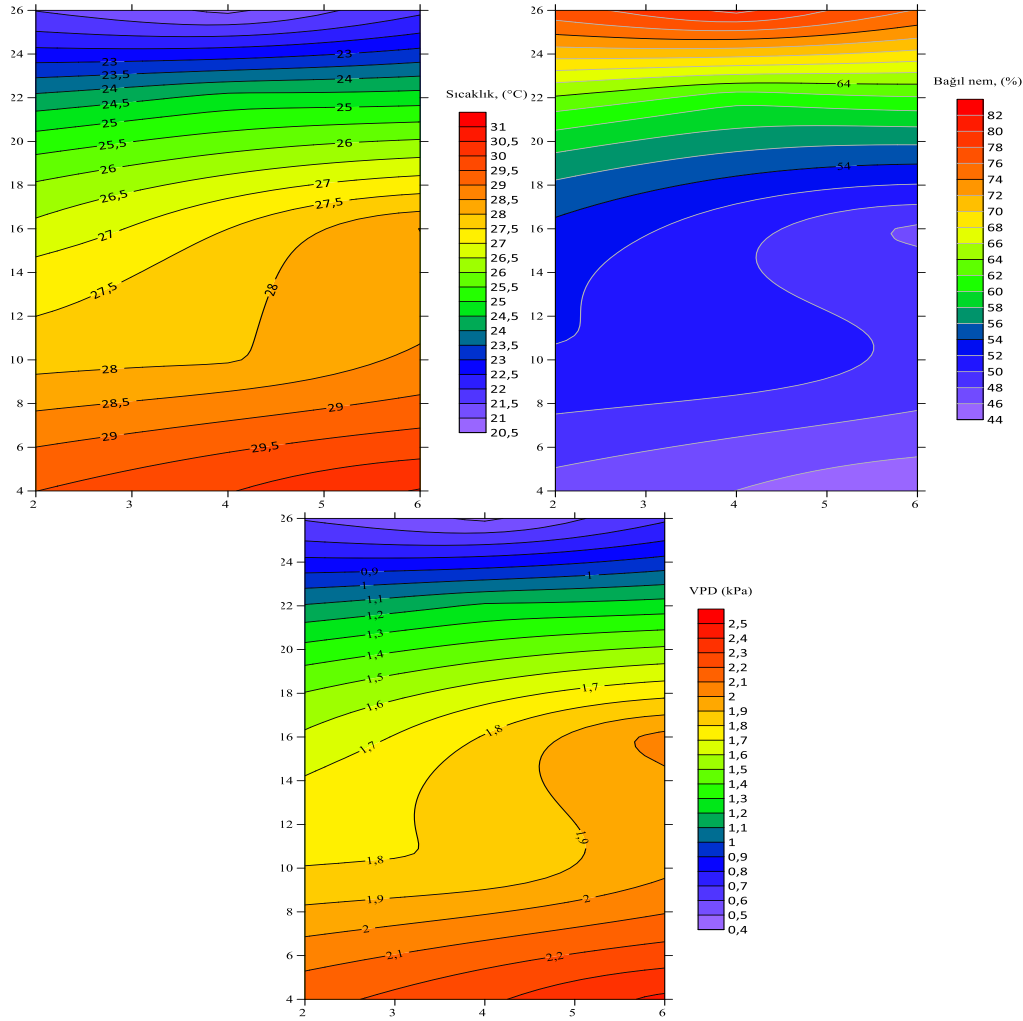
Çalışmada, Temmuz ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen VPD değerlerinin değişimi Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Temmuz ayında sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte artan iç ortam sıcaklıkları bağıl nem değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Gün içerisinde dış ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.4–3.1 kPa arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam buhar basıncı açığı değerleri yükselmeye başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde buhar basıncı açığı değerleri ise 0.3–2.7 kPa arasında değişim göstermiştir. Ölçümlere başlanan 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde ölçülen düşük sıcak ve bağıl nem değerleri VPD değerinin azalmasına neden olurken pedten uzaklaştıkça artan sıcaklık ve düşen bağıl nem değerleri VPD değerlerinin yükselmesine neden olmuştur (Şekil 4.7).

Çalışmada, seranın yatay profili boyunca ortaya çıkan sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerlerindeki değişimler Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Temmuz ayında seranın yatay profili boyunca iç ortam parametrelerinin değişimi

Çalışmada Temmuz ayında sistemlerin çalıştırıldığı saatler arasında yapılan ölçümlerde ped ten fana doğru ortalama sıcaklık artışı 5.4°C ve bağıl nem ise $\%18.7$ azalmıştır. Ölçüm yapılan günde pedten fana doğru en yüksek sıcaklık farkı 11.6°C ve bağıl nem ise $\%41.6$ azalmıştır.

Çalışmada Ağustos ayının 18. gününde sera dışında ve içinde ölçülen sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

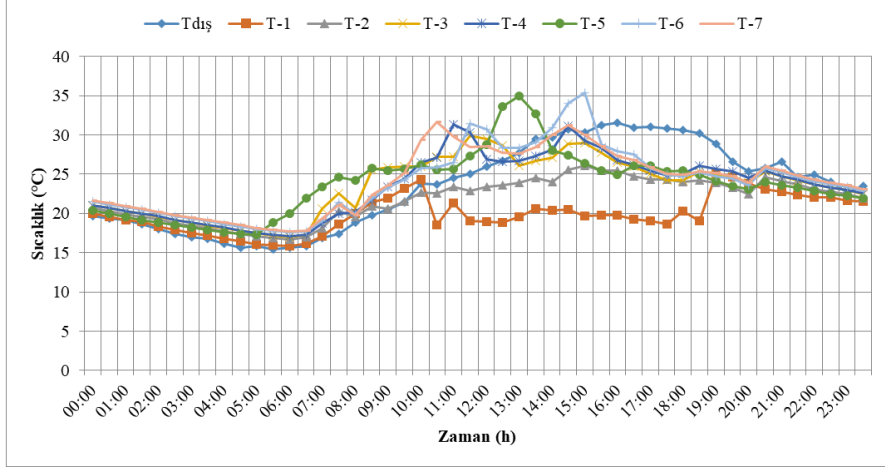
Tablo 4.3. Ağustos ayında ölçülen iç ortam iklim parametreleri

| Ölçümler | Sensör konumu | | | | | | | | Ort. |
|--------------------|---------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|----------|
| | Tdış | T-1 | T-2 | T-3 | T-4 | T-5 | T-6 | T-7 | |
| Sıcaklık, °C | 27.0 | 20.7±0.4c | 23.5±0.3b | 26.3±0.4a | 26.4±0.5a | 26.7±0.6a | 26.9±0.7a | 26.9±0.6a | 25.3±0.3 |
| ΔT , °C | – | –6.3 | –3.5 | –0.7 | –0.6 | –0.3 | –0.1 | –0.1 | –1.7 |
| Bağıl nem, % | 30.4 | 68.8±2.4a | 51.8±1.1b | 45.5±0.9cd | 46.0±1.0cd | 47.5±1.1c | 42.9±1.1de | 40.7±1.0e | 49.0±0.8 |
| ΔRH , % | – | 38.3 | 21.4 | 15.1 | 15.6 | 17.1 | 12.5 | 10.3 | 18.6 |
| VPD, kPa | 2.6 | 0.8±0.1c | 1.4±0.1b | 1.9±0.1a | 1.9±0.1a | 1.9±0.1a | 2.1±0.1a | 2.1±0.1a | 1.7±0.5 |
| ΔVPD , kPa | – | –1.8 | –1.2 | –0.7 | –0.7 | –0.7 | –0.5 | –0.5 | –0.9 |

Ağustos ayında ölçüm yapılan saatlerde ortalama dış ortam sıcaklığı ve bağıl nemi 27.0°C ve %30.4 olarak ölçülmüştür. Sera içerisinde farklı ölçüm noktalarında ölçülen sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ortalaması ise 25.3°C ve %49.0 olarak ölçülmüştür. Buna göre sera iç ortamında ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan 1.7°C daha düşük, bağıl nem ise %18.6 daha yüksek ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre iç ortam sıcaklıklarının ortalaması $20.7\text{--}26.9^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (T-1) ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan ($T_{\text{dış}}$) 6.3°C düşük iken fana en yakın (T-6 ve T-7) sensörler arasındaki fark dış ortamdan ortalama 0.1°C daha düşük olarak ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre iç ortam bağıl nem değerlerinin ortalaması %40.7–68.8 arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (RH-1) ölçülen bağıl nem değeri dış ortam bağıl nem değerinden ($\text{RH}_{\text{dış}}$) %38.3 daha yüksek iken pede en yakın RH-6 ve RH-7 sensörleri arasındaki bağıl nem farkı dış ortamdan ortalama %11.4 daha yüksek olarak belirlenmiştir. Dış ortamda ölçülen buhar basıncı açığı (VPD) değerlerinin ortalaması 2.6 kPa iken iç ortamda 1.7 kPa olarak hesaplanmıştır. Buna göre sera iç ortamında ölçülen VPD değeri, dış ortamda ölçülen VPD'den 0.9 kPa daha düşük ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi nedeniyle iç ortam buhar basıncı açığı değerleri 0.8–2.1 kPa arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (VPD-1) ölçülen buhar basıncı açığı değeri dış ortam buhar basıncı açığı değerinden ($\text{VPD}_{\text{dış}}$) 1.8 kPa daha düşük iken fana en yakın VPD-6 ve VPD-7 sensörleri arasındaki buhar basıncı açığı farkı dış ortamdan ortalama 0.5 kPa daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Uygulamada sensör konumları arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan varyans analizleri sonucunda sensör konumlarının iç sıcaklık üzerine etkisi ($p<0.01$) düzeyinde çok önemli, bağıl nem değerleri üzerindeki etkisi ($p>0.05$) düzeyinde önemsiz ve buhar basıncı açığı üzerine etkisi ($p<0.01$) düzeyinde çok önemli olarak belirlenmiştir.

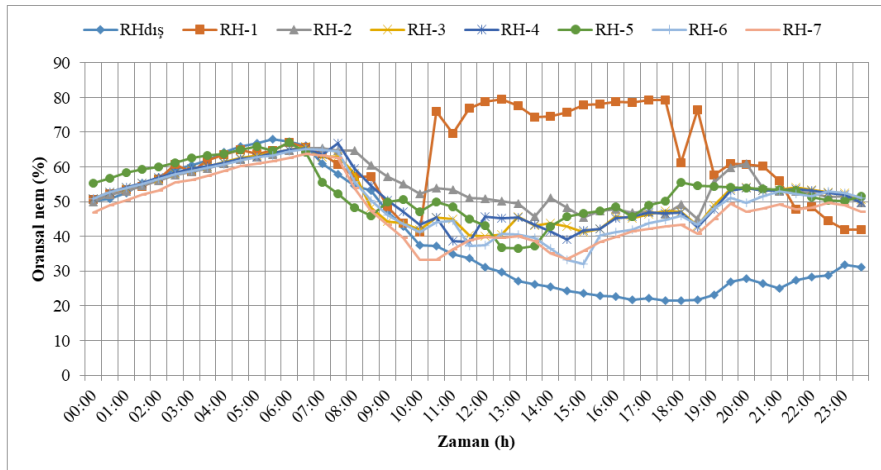
Çalışmada, Ağustos ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerlerinin değişimi Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Ağustos ayında sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte ışıınım değerlerinin artması iç ortam sıcaklıklarını arttırmıştır. Gün içerisinde dış ortam sıcaklıkları 18.8–31.5°C arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam sıcaklıkları azalmaya başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde sıcaklıklar ise 18.6–35.4°C arasında değişim göstermiştir. Bu durumda iç sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde yer alan T-1 sensöründe en düşük sıcaklık değerleri ölçülürken sensör konumlarına göre pedten uzaklaştıkça sıcaklık değerlerinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.9).

Çalışmada, Ağustos ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerlerinin değişimi Şekil 4.10’da verilmiştir.

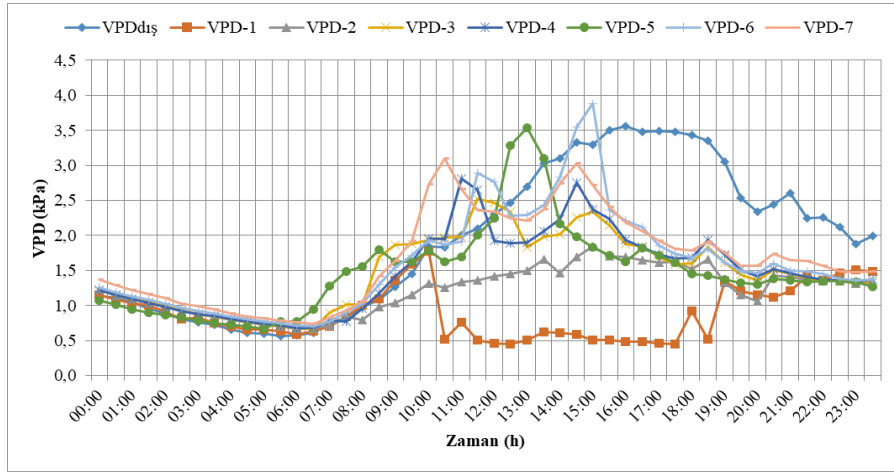


Şekil 4.10. Ağustos ayında sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte artan iç ortam sıcaklıkları bağıl nem değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Gün içerisinde dış ortam bağıl nem değerleri %21.4–54.7 arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin

çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam bağıl nem değerleri yükselmeye başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde bağıl nem değerleri ise %32.1–79.5 arasında değişim göstermiştir. Bu durumda iç sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde yer alan RH-1 sensöründe en yüksek bağıl nem değerleri ölçülürken sensör konumlarına göre pedten uzaklaştıkça bağıl nem değerlerinin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.10).

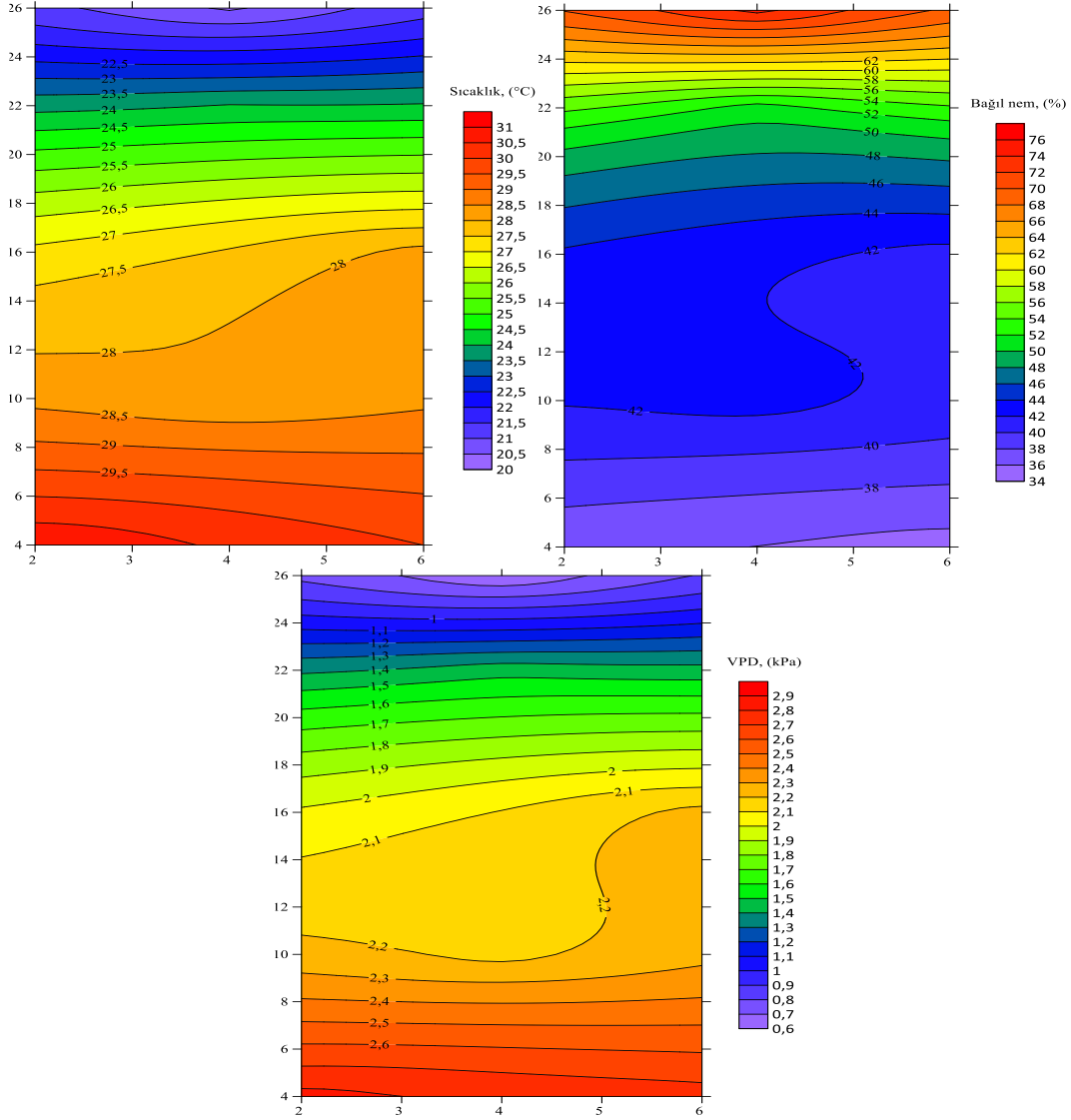
Çalışmada, Ağustos ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen VPD değerlerinin değişimi Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11. Ağustos ayında sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte artan iç ortam sıcaklıkları bağıl nem değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Gün içerisinde dış ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.0–3.6 kPa arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam buhar basıncı açığı değerleri yükselmeye başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde buhar basıncı açığı değerleri ise 0.4–3.9 kPa arasında değişim göstermiştir. Ölçümlere başlanan 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde ölçülen düşük sıcak ve bağıl nem değerleri VPD değerinin azalmasına neden olurken pedten uzaklaştıkça artan sıcaklık ve düşen bağıl nem değerleri VPD değerlerinin yükselmesine neden olmuştur (Şekil 4.11).

Çalışmada, seranın yatay profili boyunca ortaya çıkan sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerlerindeki değişimler Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12. Temmuz ayında seranın yatay profili boyunca iç ortam parametrelerinin değişimi

Çalışmada Ağustos ayında sistemlerin çalıştırıldığı saatler arasında yapılan ölçümlerde ped ten fana doğru ortalama sıcaklık artışı 6.2°C ve bağıl nem ise %28 azalmıştır. Ölçüm yapılan günde pedten fana doğru en yüksek sıcaklık farkı 13.1°C ve bağıl nem ise %42.7 azalmıştır.

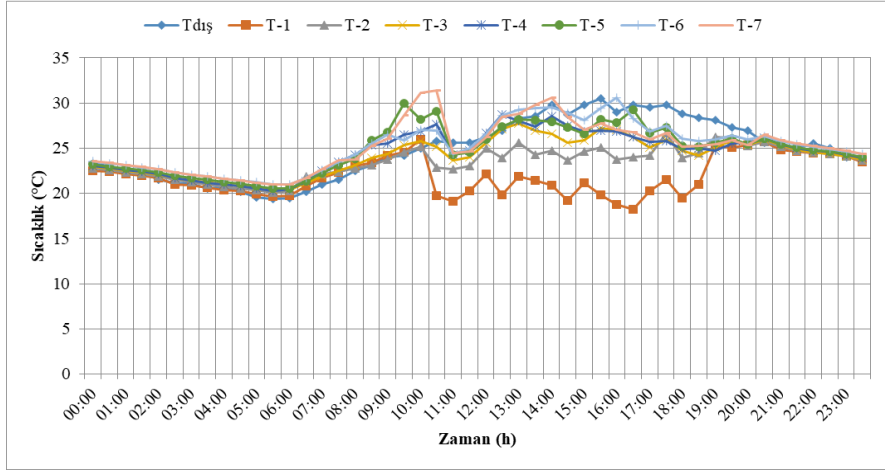
Çalışmada Eylül ayının 15. gününde sera dışında ve içinde ölçülen sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Eylül ayında ölçülen iç ortam iklim parametreleri

| Ölçümler | Sensör konumu | | | | | | | | Ort. |
|--------------|------------------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|------------|----------|
| | T _{dış} | T-1 | T-2 | T-3 | T-4 | T-5 | T-6 | T-7 | |
| Sıcaklık, °C | 27.9 | 20.9±0.5e | 24.1±0.5d | 26.4±0.5bc | 26.1±0.4c | 26.9±0.3abc | 27.8±0.6a | 27.7±0.5ab | 25.7±0.2 |
| ΔT, °C | – | -7.0 | -3.8 | -1.5 | -1.8 | -1.1 | -0.1 | -0.2 | -2.2 |
| Bağıl nem, % | 27.0 | 64.5±3.3a | 52.3±0.6b | 48.5±1.2bcd | 49.0±1.0bc | 52.2±0.9b | 45.6±1.0cd | 43.7±1.0d | 50.8±0.8 |
| ΔRH, % | – | 37.6 | 25.4 | 21.5 | 22.0 | 25.3 | 18.6 | 16.7 | 23.9 |
| VPD, kPa | 2.8 | 0.9±0.1d | 1.5±0.1c | 1.8±0.1b | 1.7±0.1b | 1.7±0.4bc | 2.1±0.1a | 2.1±0.1a | 1.7±0.0 |
| ΔVPD, kPa | – | -1.9 | -1.3 | -1.0 | -1.1 | -1.1 | -0.7 | -0.7 | -1.1 |

Eylül ayında ölçüm yapılan saatlerde ortalama dış ortam sıcaklığı ve bağıl nemi 27.9°C ve %27.0 olarak ölçülmüştür. Sera içerisinde farklı ölçüm noktalarında ölçülen sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ortalaması ise 25.7°C ve %50.8 olarak ölçülmüştür. Buna göre sera iç ortamında ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan 2.2°C daha düşük, bağıl nem ise %23.9 daha yüksek ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre iç ortam sıcaklıklarının ortalaması 20.9-27.8°C arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (T-1) ölçülen sıcaklık dış sıcaklıktan (T_{dış}) 7.0 °C düşük iken fana en yakın (T-6 ve T-7) sensörler arasındaki fark dış ortamdan ortalama 0.2°C daha düşük olarak ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre iç ortam bağıl nem değerlerinin ortalaması %43.7-64.5 arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (RH-1) ölçülen bağıl nem değeri dış ortam bağıl nem değerinden (RH_{dış}) %37.6 daha yüksek iken pede en yakın (RH-6 ve RH-7) sensörler arasındaki bağıl nem farkı dış ortamdan ortalama %17.7 daha yüksek olarak belirlenmiştir. Dış ortamda ölçülen buhar basıncı açığı (VPD) değerlerinin ortalaması 2.8 kPa iken iç ortamda 1.7 kPa olarak hesaplanmıştır. Buna göre sera iç ortamında ölçülen VPD değeri, dış ortamda ölçülen VPD'den 1.1 kPa daha düşük ölçülmüştür. Sensör konumlarına göre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi nedeniyle iç ortam buhar basıncı açığı değerleri 0.9–2.1 kPa arasında değişim göstermiştir. Ped önünde (VPD-1) ölçülen buhar basıncı açığı değeri dış ortam buhar basıncı açığı değerinden (VPD_{dış}) 1.9 kPa daha düşük iken fana en yakın (VPD-6 ve VPD-7) sensörler arasındaki buhar basıncı açığı farkı dış ortamdan ortalama 0.7 kPa daha düşük olduğu belirlenmiştir. Uygulamada sensör konumları arasındaki farklılıkları belirlemek için yapılan varyans analizleri sonucunda sensör konumlarının iç sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı üzerine etkisi (p<0.01) düzeyinde çok önemli olarak belirlenmiştir.

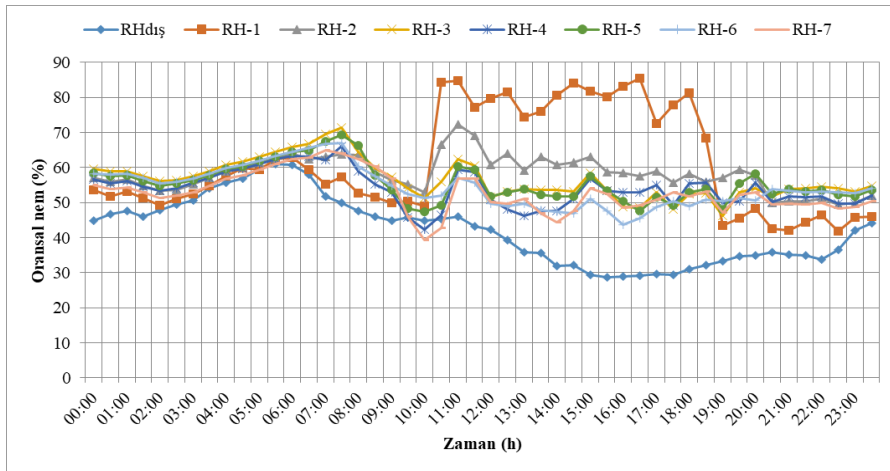
Çalışmada, Eylül ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerlerinin değişimi Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13. Eylül ayında sensör konumlarına göre ölçülen sıcaklık değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte ışıınım değerlerinin artması iç ortam sıcaklıklarını arttırmıştır. Gün içerisinde dış ortam sıcaklıkları 19.1–31.6°C arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam sıcaklıkları azalmaya başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde sıcaklıklar ise 17.9–31.6°C arasında değişim göstermiştir. Bu durumda iç sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde yer alan T-1 sensöründe en düşük sıcaklık değerleri ölçülürken sensör konumlarına göre pedten uzaklaştıkça sıcaklık değerlerinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.13).

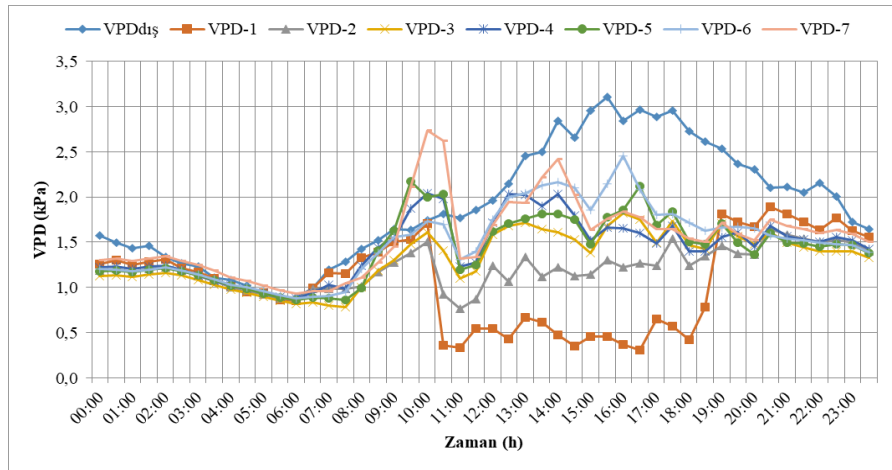
Çalışmada, Eylül ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerlerinin değişimi Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14. Eylül ayında sensör konumlarına göre ölçülen bağıl nem değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte artan iç ortam sıcaklıkları bağıl nem değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Gün içerisinde dış ortam bağıl nem değerleri %20.8–42.4 arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam bağıl nem değerleri yükselmeye başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde bağıl nem değerleri ise %32.3–78.8 arasında değişim göstermiştir. Bu durumda iç sıcaklık değerlerinin yükselmeye başladığı 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde yer alan RH-1 sensöründe en yüksek bağıl nem değerleri ölçülürken sensör konumlarına göre pedten uzaklaştıkça bağıl nem değerlerinin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.14).

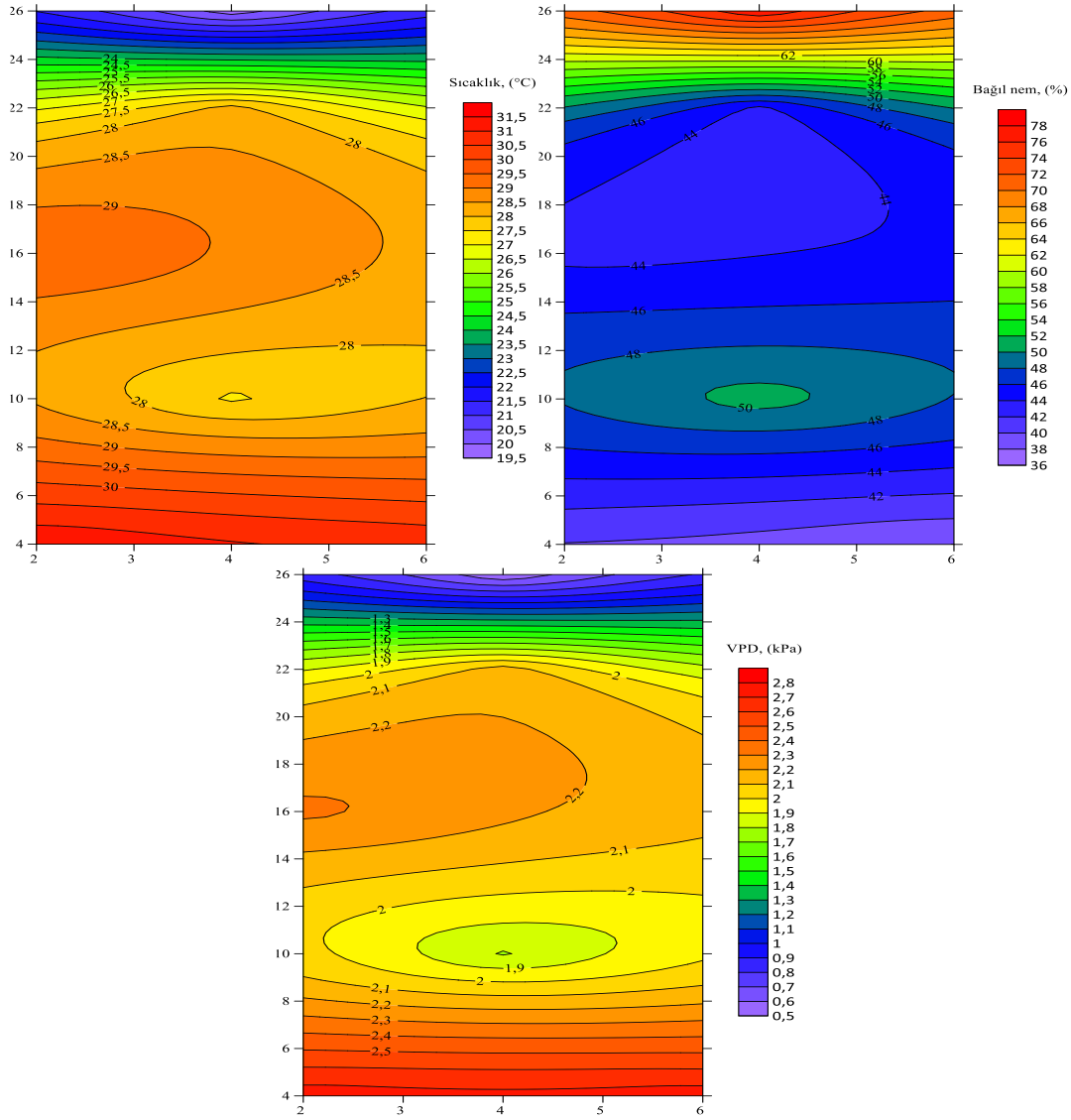
Çalışmada, Eylül ayında sera dışında ve içinde sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerlerinin değişimi Şekil 4.15’te verilmiştir.



Şekil 4.15. Eylül ayında sensör konumlarına göre ölçülen buhar basıncı açığı değerleri

Uygulamada sabah saatlerinde güneşin doğuşu ile birlikte artan iç ortam sıcaklıkları bağıl nem değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Gün içerisinde dış ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.3–3.6 kPa arasında değişim göstermiştir. Fan ped sisteminin çalışmaya başlaması ile birlikte iç ortam buhar basıncı açığı değerleri yükselmeye başlamıştır. Sensör konumlarına göre sera içerisinde buhar basıncı açığı değerleri ise 0.4–2.8 kPa arasında değişim göstermiştir. Ölçümlere başlanan 08:00–20:00 saatleri arasında ped önünde ölçülen düşük sıcak ve bağıl nem değerleri VPD değerinin azalmasına neden olurken pedten uzaklaştıkça artan sıcaklık ve düşen bağıl nem değerleri VPD değerlerinin yükselmesine neden olmuştur (Şekil 4.15).

Çalışmada, seranın yatay profili boyunca ortaya çıkan sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerlerindeki değişimler Şekil 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.16. Eylül ayında seranın yatay profili boyunca iç ortam parametrelerinin değişimi

Çalışmada, Eylül ayında sistemlerin çalıştırıldığı saatler arasında yapılan ölçümlerde ped ten fana doğru ortalama sıcaklık artışı 6.8°C ve bağıl nem ise %20.8 azalmıştır. Ölçüm yapılan günde pedten fana doğru en yüksek sıcaklık farkı 11.3°C ve bağıl nem ise %41.2 azalmıştır.

Akdeniz ülkelerinde yaz aylarında seralarda yüksek sıcaklık ($T>35^{\circ}\text{C}$) ve buhar basıncı açığı ($\text{VPD}>3$ kPa) meydana gelmektedir. Bu koşullar seralarda üretilen ürünlerin kalite ve miktarının düşmesinde etkilidir (Baille, 1999). Seralarda sıcaklık arttıkça, bitkilerde solunum hızlanır, su kaybı ve fotosentez olayı artar. Bitkinin bu olaylarla kaybettiği suyu kökleri aracılığıyla alması güçleşir. Bitki susuz kalacağı için zarara uğrar (Öneş, 1986). Sera içerisinde 30°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda bitki gelişmesi devam eder, çiçeklenme meydana gelir, ancak polen çimlenmesi kötüleşir,

polen tüpü meydana gelse de yeterli derecede uzayamaz ve döllenme oluşmadığı için iek dökülür, partenokarpik k ek meyveler meydana gelir ve verim azalır (Vural ve ark., 2000). Sıcaklıkların 30°C'nin üzerine yükselmesi bitki büyümesini, iek tozu oluşumunu, iek tozu canlılığını ve çimlenme yeteneğini azaltmaktadır (Abak ve  r k, 1995).

Sera içerisindeki ortamın serinletilerek bitkilerin daha uygun koşullarda yetiştirilebilmesi için çeşitli metotlar kullanılabilir. Daha ucuz ve daha kolay bir işletim gösterdiğinden doğal havalandırma genellikle ilk adım olarak düşünülür fakat bu yöntem genelde güneşli yaz günlerinde içerideki aşırı enerjinin dışarı atılmasında yeterli değildir (Baille, 1999). Araştırmacıların yaz aylarında yapmış oldukları çalışmalarda sera içi sıcaklıkların dış ortamdan öz (2007) 8  C, Erbil (2010) 9.5–11.0 C ve Boyacı (2014) 10 C daha yüksek sıcaklıklara ulaştığını belirlemişlerdir. Bu nedenle sera içerisindeki iklim koşullarının hafifletilmesi için en etkili çözüm yollarından biri evaporatif serinletme sistemlerinin kullanılmasıdır. Bu sistemin çalışma prensibinin temelinde hissedilir ısının gizli ısıya dönüşmesidir. Bunun için sera ortamına su doğrudan sisleme yağmurlama ile veya ıslak pedler ile verilir. Evaporatif serinletme eř zamanlı olarak sıcaklık ve buhar basıncı açığını düşürür ve sera i sıcaklığını dış hava sıcaklığından daha düşük olması sağlar (Cohen ve ark., 1983; Arbel ve ark., 1999; Willits, 1999).

Fan ped siteminde soğutma etkisini Kittas ve ark. (2003) 10 C, Daives (2005) 15 C, Fuchs ve ark. (2006), 15 C, öz (2007) 10–12 C, Erbil (2010) 7–14 C ve Boyacı (2014) 15 C düşürmeyi başarmışlardır. Çalışmada Haziran ayında yapılan  limde dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerindeki değişime bağlı olarak sıcaklığın 28.5 C ve bağıl nemin %29.5 olduğu günde sera içerisindeki en yüksek sıcaklık düşüşü 11.4 C olarak ölçülmüştür. Temmuz ayında yapılan  limde dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerindeki değişime bağlı olarak sıcaklığın 29.8 C ve bağıl nemin %29.2 olduğu günde sera içerisindeki en yüksek sıcaklık düşüşü 11.6 C olarak ölçülmüştür. Ağustos ayında yapılan  limde dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerindeki değişime bağlı olarak sıcaklığın 30.8 C ve bağıl nemin %21.4 olduğu günde sera içerisindeki en yüksek sıcaklık düşüşü 12.1 C olarak ölçülmüştür. Eylül ayında yapılan  limde dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerindeki değişime bağlı olarak sıcaklığın 31.2 C ve bağıl nemin %22.0 olduğu günde sera içerisindeki en yüksek sıcaklık düşüşü 12.3 C olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu sıcaklık düşüşleri araştırmacıların çalışmaları ile uyum göstermiştir.

Sera iç ortam havasının bağıl nem oranı, bitkilerden oluşan su kaybında etkili olduğundan önemlidir. Bağıl nem oranının yüksek olması durumunda, bitkilerden daha az su kaybı oluşur ve solma olasılığı azalır. Normal bitki gelişmesi için en uygun bağıl nem oranı genellikle %50–80 arasında değişir. Bağıl nem oranının çok düşük (%20'den daha düşük) olması, özellikle güneş ışınımının yüksek olduğu koşullarda, buharlaşma kayıplarını bitkilerin dengeleyebileceği değerlerden daha fazla artırdığından, bitkilerin solmasına neden olur. Kontrollü ortamlarda bitkisel üretim için, en düşük bağıl nem oranı %60 olmalıdır (Öztürk, 2004). Çalışmada, Haziran ayında yapılan ölçümde dış ortam bağıl nem değerleri %23.8–58.6 arasında değişim göstermiştir. İç ortamda ise sensör konumlarına göre bağıl nem değerleri %27.7–80.1 arasında değişim göstermiş ve ortalama bağıl nem değeri %47.6 olarak belirlenmiştir. Temmuz ayında yapılan ölçümde dış ortam bağıl nem değerleri %28.7–47.5 arasında değişim göstermiştir. İç ortamda ise sensör konumlarına göre bağıl nem değerleri %39.3–85.4 arasında değişim göstermiş ve ortalama bağıl nem değeri %55.9 olarak belirlenmiştir. Ağustos ayında yapılan ölçümde dış ortam bağıl nem değerleri %21.4–54.7 arasında değişim göstermiştir. İç ortamda ise sensör konumlarına göre bağıl nem değerleri %32.1–79.5 arasında değişim göstermiş ve ortalama bağıl nem değeri %49.0 olarak belirlenmiştir. Eylül ayında yapılan ölçümde dış ortam bağıl nem değerleri %20.8–42.4 arasında değişim göstermiştir. İç ortamda ise sensör konumlarına göre bağıl nem değerleri %32.3–78.8 arasında değişim göstermiş ve ortalama bağıl nem değeri %50.8 olarak belirlenmiştir. Buna göre iç ortam bağıl nem değerleri ped önünde en yüksek değerlere ulaşırken ped ten fana doğru sıcaklık artışı nedeniyle fan önünde en düşük bağıl nem değerleri elde edilmiştir.

Projeleme kriterlerine uygun olarak tasarlanmış bir serada soğutma etkinliğini Montero ve ark. (1981) %70–80, Albright (1989) %80, Kittas ve ark. (2003) %80, Öztürk (2003) %11.7–80, Erbil (2010) %63, Arbel ve ark. (1999) %75, Boyacı (2014) %55–80 olarak gerçekleştirmiştir. Öztürk (2004) tarafından Venlo tip cam serada fan-ped serinletme sisteminin duyulur ve gizli ısı transferine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, deneme sonunda serinletme etkinliği, %32.4–76.6 değerleri arasında değişmiştir. Deneme süresince, fan-ped sisteminin etkinliği ortalama %53.3 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada haziran ayında soğutma etkinliği %40.4–85.4 arasında ortalama %63.9, Temmuz ayında soğutma etkinliği %36.2–78.4 arasında ortalama %60, Ağustos ayında ayında soğutma etkinliği %49.0–73.0 arasında ortalama %63.7 ve Eylül ayında ayında soğutma etkinliği 57.9–72.9 arasında ortalama %67.4 olarak

belirlenmiştir. Bu değerler araştırmacıların soğutma etkinliği üzerine yapmış oldukları çalışmalar ile uyum göstermiştir.

Araştırmacıların serada buhar basıncı açığı üzerine yapmış oldukları çalışmalarda, Grange ve Hand (1987) bahçe bitkilerinin fizyolojisi ve gelişimi üzerinde 1.0 kPa ve 1.2 kPa buhar basıncı açığı arasındaki nem oranlarının çok az etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Düşük nem düzeyinin bitki su stresine yol açacağını ve büyümeyi azaltacağını, daha yüksek seviyelerin hastalığı teşvik edip büyüme ve gelişme bozukluklarına neden olabileceğini bildirmişlerdir. İraqi ve ark. (1995), gündüz ve gece saatlerinde optimal olarak 0.8 kPa'lık VPD'leri önermiş ve 0.5 kPa'lık VPD uygulamaları ile karşılaştırıldığında domates meyvelerinin hem fotosentez hızının hem de veriminin arttığını bildirmiştir. Katsoulas ve ark. (2006) biber bitkisi yetiştirilen serada soğutma etkisi nedeniyle günün en sıcak saatlerinde dahi hava buhar basıncı açığı 2 kPa'dan daha düşük ve bitki transpirasyonunu yaklaşık %20 oranında azaldığını bildirmiştir. Katsoulas ve ark. (2009) Patlıcan yetiştirilen serada nem kontrolü olmaması durumunda iç ortam sıcaklıkları 40°C ye kadar çıkarken sisleme yöntemi ile iç ortam sıcaklıkları 32°C nin altında tutulmuştur. Sisleme yöntemi, iç ortam buharı basıncı açığını yaklaşık %55 oranında azaltırken bitkinin stoma iletkenliğini yaklaşık %73 oranında artırmıştır. Bu durum bitkinin terleme oranında yaklaşık %31'lik bir düşüğe neden olmuştur. Çalışmada Haziran ayında yapılan ölçümde dış ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.0–2.7 kPa arasında değişim göstermiştir. İç ortamda ise sensör konumlarına göre buhar basıncı açığı değerleri 0.4–2.5 kPa arasında değişim göstermiş ve buhar basıncı açığı değerleri 1.6 kPa olarak belirlenmiştir. Temmuz ayında yapılan ölçümde dış ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.4–3.1 kPa arasında değişim göstermiştir. İç ortamda ise sensör konumlarına göre buhar basıncı açığı değerleri 0.3–2.7 kPa arasında değişim göstermiş ve ortalama buhar basıncı açığı değerleri 1.5 kPa olarak belirlenmiştir. Ağustos ayında yapılan ölçümde dış ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.0–3.6 kPa arasında değişim göstermiştir. İç ortamda ise sensör konumlarına göre buhar basıncı açığı değerleri 0.4–3.9 kPa arasında değişim göstermiş ve ortalama buhar basıncı açığı değerleri 1.7 kPa olarak belirlenmiştir. Eylül ayında yapılan ölçümde dış ortam buhar basıncı açığı değerleri 1.3–3.6 kPa arasında değişim göstermiştir. İç ortamda ise sensör konumlarına göre buhar basıncı açığı değerleri 0.4–2.8 kPa arasında değişim göstermiş ve ortalama buhar basıncı açığı değerleri 1.7 olarak belirlenmiştir. Buna göre iç ortam sıcaklık ve bağıl nemindeki değişimler buhar basıncı açığı değerlerindeki etkilemiştir. En düşük buhar basıncı açığı değerleri sıcaklığın

düşük ve bağıl nemin yüksek olduğu ped önünden elde edilirken fan önünde en yüksek buhar basıncı açığı değerleri elde edilmiştir. Araştırmacıların çalışmaları ile karşılaştırıldığında fana yakın bitkilerde buhar basıncı açığı değerlerinin yüksek olması bu bölgede yetiştirilen bitkilerde transpirasyon hızının arttıracağı ve daha çok sulama suyuna ihtiyaç duyulacağı belirlenmiştir.

Sera içindeki sıcaklık gradyanlarının analizi, yetiştiricilerin gübreleme ve sulama sistemlerini optimize etmelerine (Boulard ve Wang, 2002) ve hava durgunluğu olan bölgelere dikilen fidelerin ısı stres sorununun çözümüne yardımcı olabilir (López ve ark., 2012). Sera havasını soğutma yeteneği, birçok sıcak iklim sera bitkisinin yetiştirilmesinde çok önemlidir. Mevcut yöntemler, örneğin fan ve ped soğutma, hem yüksek nemde soğutma miktarı hem de sera içindeki soğutulmuş havanın homojenliği veya dağılımı açısından yetersiz kalmaktadır (Giacomelli ve ark., 1985). Fan ped serinletme sistemlerinin en önemli olumsuzluğu; fan ve ped arasında çok fazla sıcaklık farkına neden olmasıdır (Öztürk, 2004). Erbil (2010) tarafından yürütülen çalışmada dış sıcaklık değeri 39°C iken ped önündeki sıcaklık 27°C, orta sırada 29°C ve fan önünde 33°C olarak ölçülmüştür. Buna göre ped önünde sıcaklık düşüşü 14°C iken fan önünde 8°C olarak belirlenmiştir. Öz (2007) ise dış sıcaklığın 35°C olduğu saatte fan önünde yaklaşık 27°C sıcaklık ölçülmüş ve 8°C'lik sıcaklık düşüşü gerçekleşmiştir. Orta sıradaki 28°C ölçülerek yaklaşık 7°C sıcaklık düşüşü ve ped önünde 22°C olarak ölçülmüş ve sıcaklık düşüşü 13°C olarak bulunmuştur. Dayıoğlu ve Silileli (2015) serada ped ten fana doğru yatay eksen boyunca hava sıcaklığının yaklaşık 7°C yükseldiğini belirlemişlerdir. López ve ark. (2012) fan ped sisteminin başlıca dezavantajının, yatay ve dikey sıcaklık gradyanları olduğunu ve pedler ve fanlar arasındaki maksimum sıcaklık farkının yatayda 11.4°C'ye kadar çıkabildiğini bildirmiştir. Ayrıca dikey olarak 1 m ile 2 m yükseklikler arasında maksimum sıcaklık farkının 6.7°C ye kadar çıktığını bildirmişlerdir. Çalışmada Haziran ayında sistemlerin çalıştırıldığı saatler arasında yapılan ölçümlerde ped ten fana doğru ortalama sıcaklık artışı 4.3°C ve bağıl nem ise %9.1 azalmıştır. Ölçüm yapılan günde pedten fana doğru en yüksek sıcaklık farkı 9.2°C ve bağıl nem ise %36.7 azalmıştır. Temmuz ayında sistemlerin çalıştırıldığı saatler arasında yapılan ölçümlerde ped ten fana doğru ortalama sıcaklık artışı 5.4°C ve bağıl nem ise %18.7 azalmıştır. Ölçüm yapılan günde pedten fana doğru en yüksek sıcaklık farkı 11.6°C ve bağıl nem ise %41.6 azalmıştır. Ağustos ayında sistemlerin çalıştırıldığı saatler arasında yapılan ölçümlerde ped ten fana doğru ortalama sıcaklık artışı 6.2°C ve bağıl nem ise %28 azalmıştır. Ölçüm yapılan günde pedten fana doğru en yüksek

sıcaklık farkı 13.1°C ve bağıl nem ise %42.7 azalmıştır. Eylül ayında sistemlerin çalıştırıldığı saatler arasında yapılan ölçümlerde ped ten fana doğru ortalama sıcaklık artışı 6.8°C ve bağıl nem ise %20.8 azalmıştır. Ölçüm yapılan günde pedten fana doğru en yüksek sıcaklık farkı 11.3°C ve bağıl nem ise %41.2 azalmıştır. Buna göre araştırmacılarında bildirdiği üzere fan ped sisteminde ped ve fan arasındaki sıcaklık ve bağıl nem değerinde önemli değişimler meydana gelmiştir. Uniform bitki yetiştiriciliği için ortaya çıkan sıcaklık ve bağıl nem deseninin takip edilmesi gerekmektedir. iç ortamda sıcaklık ve bağıl nem farklılıklarının azaltılması için sera içerisinde sirkülasyon fanlarının çalıştırılarak iç ortam havasının karıştırlarak üniformitenin sağlanmaya çalışılması en doğru yöntemlerden biri olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Seralarda sıcaklıkların bitki yetiştiriciliğine olanak vermediği dönemlerde sera iç ortamını soğutmak amacıyla kullanılan fan-ped soğutma sisteminin performansının belirlenmesi ve seranın uzun eksen boyunca mesafeye bağlı olarak meydana gelen yatay sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı değerlerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

Seralarda yetiştiriciliği yapılan bitkiler genel olarak 17–27°C arasındaki sıcaklıklara adapte olmuşlardır. Yapılan çalışma sonucunda dış ortam yüksek sıcaklıkları ve düşük bağıl nem değerlerinin olduğu günlerde fan ped serinletme sistemleri ile iç ortam sıcaklık ile bağıl nem değerleri Haziran ayında 24.3°C ve %47.6, Temmuz ayında 25.5°C ve %55.9, Ağustos ayında 25.3°C ve %49 ve Eylül ayında 25.7°C ve %50.8 de tutulabilmektedir. Buna göre iç ortam ortalama sıcaklık değerleri bitki yetiştiriciliğine uygun değerler arasında tutulabileceği belirlenmiştir. Ancak yaz aylarındaki yüksek güneş ışınımı nedeniyle iç ortamda artan sıcaklıklar bağıl nem değerini azaltsada fan ped sistemi ile iç ortamda bağıl nem değerleri artış göstermiştir. Bu artış sıcaklıkların düşük olduğu ped önünde en yüksek değere ulaşırken fan önünde en düşük değerleri almıştır. Yüksek sıcaklık ve buhar basıncı açığı ise sensör konumlarına göre fana doğru buhar basıncı açığının artmasına neden olmuştur. Bu durumda iç ortamda yatay eksende sera boyunca ortaya çıkan değişimlerin azaltılarak uniform bir yetiştiricilik için;

- Serada fan ped sistem çalıştırıldığı saatler arasında, kapı ve çatıda yer alan havalandırma açıklıklarının sızdırmazlığına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca sistem etkinliğinin azaltılmaması amacıyla fan ve pedlerin önleri hava akışını önleyecek elemanlar ile kapatılmaması önem arz etmektedir.

- İç ortam havasının sirkülasyon fanları ile karıştırılması ped ve fanlar arasındaki uniformitenin sağlanmasına katkıda bulunacaktır.

- İç ortam ikliminin otomasyon sistemleri ile tek nokta yerine birden fazla noktadan alınan veriler ile kontrol edilmesi sistem çalışmasını düzenleyeceğinden verilerin kontrolünün takip edilebilmesi soğutma etkinliği bakımından önemli olacaktır.

- Fan ped sisteminin dezavantajları arasında yer alan pedlerden fana doğru uniformitenin sağlanamaması sorununa çözüm olarak fan ve pedlerin seranın kısa duvarları yerine uzun eksen duvarlarına konumlandırılması bir çözüm olacaktır. Çünkü bu durum fan ve pedler arasındaki mesafeyi kısaltılarak pedten geçen havanın daha kısa

zamanda serayı terk etmesini sağlayacaktır. Bu durumda sera içinde havanın ısınması ve üniformitenin artması sağlanabilecektir.

- Pedten geçen kuru havanın yeterli hava su temasını sağlayabilmesi bakımından pedten geçen hava hızının kontrol edilmesi gerekmektedir. Düşük havalandırma oranları yeter derecede hava su temasını engellerken yüksek hava hızlarında evapotranspirasyonun artmasına neden olacaktır.

- Serinletme etkinliğinin artırılması amacıyla da pedlerin düzenli aralıklarla kontrol edilerek sudaki tuzluluk seviyesine bağlı olarak hava geçişini engelleyecek tıkanma problemleri denetlenmelidir. Ayrıca ped üzerinde kuru alan kalmayacak şekilde üniform su dağılımı sağlanmalıdır.

Çalışma sonucunda yaz aylarında dış ortam sıcaklıklarının yüksek ve bağıl nem değerlerinin düşük olduğu bölgelerde kurulan seralarda iç ortam yüksek sıcaklık ve düşük bağıl nem değerlerinin bitki yetiştiriciliğini sınırlandırdığı dönemlerde fan ped soğutma yöntemi ile sera içi sıcaklığı bitkilerin ihtiyacı olan optimum sıcaklık değerlerinde tutularak yaz aylarında da üretime devam edilebileceği ve üretim periyodunun yıl boyunca sürdürülebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abak, K., & Çürük, S. (1995). Bazı domates genotiplerinin çukurova koşullarında nemli yüksek sıcaklığa uyumları, çiçek tozu canlılık ve çimlenme yetenekleri. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Adana, 2, 77-178.
- Ahmed, H. A., Tong, Y. X., Yang, Q. C, Al-Faraj, A. A., & AbdelGhany, A. M. (2019). Spatial distribution of air temperature and relative humidity in the greenhouse as affected by external shading in arid climates. *Journal of Integrative Agriculture*, 18(12), 2869–2882.
- Ahmed, H.A., Al-Faraj, A.A., & Abdel-Ghany, A.M. (2016). Shading greenhouses to improve the microclimate, energy, and water saving in hot regions: A review. *Scientia Horticulturae*, 201, 36–45.
- Albright, L.D. (1989). Environment Control for Animal and Plants. Published by ASAE, 453s.
- Almaneea, A., Alshammari, T. A., Aldhafeeri, F. Y., Aldhfeeri, M. H., Allaboun, A. A., & Almutairi, T. S. (2022). Experimental investigation of air cooler using local palm tree waste. *Heliyon*, 8, e10265.
- Arbel, A., Barak, M., & Shklyar. A. (2003). Combination of forced ventilation and fogging systems for cooling greenhouses. *Biosystems Engineering*, 84(1), 45-55.
- Arbel, A., Yekutieli, O., & Barak, M., (1999). Performance of a fog system for cooling greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72, 129-136.
- Arslan, K. (2025). *Bazı tarımsal atıkların seralarda soğutma pedi olarak uygunluklarının değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kırşehir. 79s.
- Bailey, B. (2006). Natural and mechanical greenhouse climate control. *Acta Horticulture*, 710, 43-54.
- Bailey, B. J. (1991). The environment in evaporatively cooled greenhouses. *Acta Horticulture*, 287, 59–66.
- Baille, A. (1999). Greenhouse structure and equipment for improving crop production in mild winter climates. *Acta Horticulture*, 491, 37–47.
- Bartzanas, T. H., & Kittas, C. (2005). Heat and mass transfer in a large evaporative cooled greenhouse equipped with a progressive shading. *Acta Horticulture*, 691, 625–632. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.691.76>.

- Baytorun, A. N., & Makaay, A. M. A, (2019). Farklı iklim bölgelerindeki seralarda evaporatif soğutma olanaklarının belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(4), 29-38.
- Baytorun, A. N., Tokgöz, H., Üstün, S., & Akyüz, A. (1994). Seralarda iklimlendirme olanakları. 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi. Türkiye. 1, 303-313.
- Baytorun, AN., Üstün, S., Akyüz, A., & Çaylı, A. (2017). Antalya iklim koşullarında farklı donanımlara sahip seraların ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 144-152.
- Boulard, T., & Wang, S. (2002). Experimental and numerical studies on the heterogeneity of crop transpiration in plastic tunnel. *Computers and Electronics in Agriculture*, 34, 173e190.
- Boyacı, S. (2014). *Kahramanmaraş yöresi için plastik seralarda uygun serinletme sisteminin belirlenmesi*. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş. 165s.
- Boyacı, S. (2018). Investigation of the effectiveness of the fan-pad cooling system and the horizontal temperature and relative humidity changes in the greenhouse. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12B), 9755-9761.
- Boyacı, S. (2019). Fan-Ped serinletme sisteminin duyulur ve gizli ısı transferine etkisi ve sistem etkinliğinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(1), 64-70.
- Boyacı, S., & Akyüz, A., (2018). Effect of Greenhouse Cooling Methods on the Growth and Yield of Tomato in a Mediterranean Climate. *International journal of Horticulture, Agriculture and Food Science*, 2(6), 199-207. <https://dx.doi.org/10.22161/ijhaf.2.6.1>
- Boyacı, S., Başpınar, A., Atılğan, A. & Roman, R., (2023). Determination of the vertical distribution pattern of indoor climate parameters in the greenhouse heated in the winter period. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 25, 105-115. <https://doi.org/10.54740/ros.2023.011>
- Bucklin, R. A., Henley, R. W., & McConnell, D. B. (1993). Fan and pad greenhouse evaporative cooling systems. Circular 1135: December 1993. Gainesville, FL, USA: Florida Cooperative Extension Service, University of Florida.
- Cohen, Y., Stanhill, G., & Fuchs, M. (1983). An experimental comparison of evaporative cooling in a naturally ventilated glasshouse due to wetting the outer roof and inner crop soil surfaces. *Agricultural Meteorology*, 28(3), 239-251.

- Çaylı, A. (2020). Temperature and relative humidity spatial variability: an assessment of the environmental conditions inside greenhouses. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(07), 4954-4962.
- Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Üstün, S., & Boyacı, S. (2016). Seralarda Isı Kaybına Neden Olan Yapısal Sorunların Termal Kamera ile Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19, 5-14.
- Çaylı, A., Akyüz, A., Kaya, E. H., Çiçekli, Y., & Yıldız, M. C. (2018). Bazı meteorolojik verilerin mekânsal değişkenliği üzerine bir karşılaştırma: *Kahramanmaraş örneği*. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 21(2), 175-184.
- Davies, P. A. (2005). A solar cooling system for greenhouse food production in hot climates. *Solar Energy*, 79, 661-668.
- Dayıoğlu, M. A., & Silleli, H. H. (2015). Performance analysis of a greenhouse fan-pad cooling system: gradients of horizontal temperature and relative humidity. *Journal of Agricultural Sciences*, 21, 132-143.
- Dayıoğlu, M. A., & Silleli, H. H. (2015). Performance analysis of a greenhouse fan-pad cooling system: gradients of horizontal temperature and relative humidity. *Journal of Agricultural Sciences*, 21, 132-143.
- De Gelder, A., Dieleman, J. A., Bot, G. P. A., & Marcelis, L. F. M. (2012). An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 87, 193–202. <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512852>.
- Erbil, F. G. (2010). *Seralarda yaz koşullarında fan-ped sisteminin etkinliğinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta. 46s.
- Fenglin, A., Qiang, S., Shubin, W., Biying, L., Xiangzhu, Z., Ru, X., Iouzen C., & Yizhang, L. (2017). Precision irrigation scheduling for greenhouse tomato based on analysis of environmental characters and the penman-monteith model. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26, 6938-6944.
- Ferentinos, K. P., Katsoulas, N., Tzounis, A., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2017). Wireless sensor networks for greenhouse climate and plant condition assessment. *Biosystems Engineering*, 153, 70-81.
- Fuchs, M., Dayan, E., & Presnov, E. (2006). Evaporative cooling of a ventilated greenhouse rose crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138, 203-215.

- Ganguly, A., & Ghosh, S. (2011). A review of ventilation and cooling technologies in agricultural greenhouse application. *Iranica Journal of Energy and Environment*, 2, 32–46.
- Giacomelli, G. A., Giniger, M. S., Krass, A. E., & Mears, D. R. (1985). Improved methods of greenhouse evaporative cooling. *Acta Hortic.* 174, 49-56. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1985.174.4>
- Grange, R. I., & Hand, D. W. (1987). A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. *Journal of Horticultural Science*, 62, 125–134. <https://doi.org/10.1080/14620316.1987.11515760>
- Hanan, J. J., Holley, W. L., & Goldberry, K. L. (1978). Greenhouse management. Advances Series in Agricultural Sciences. Vol. 5. SpringerVerlag, Berlin.
- Iraqi, D., Gagnon, S., Dubé, S., & Gosselin, A. (1995). Vapor pressure deficit (VPD) effects on the physiology and yield of greenhouse tomato. *Hortscience* 30, 846.
- Karaali, R., & Ozturk, I.T. (2016). Thermodynamic optimization of a zero CO₂ emission cogeneration cycle. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25, 5729-5738.
- Katsoulas, N., Kitta, E., Kittas, C., Tsirogiannis, I. L., Stamati, E., & Sayvas, D. (2006). Greenhouse cooling by a fog system: effects on microclimate and on production and quality of a soilless pepper crop. *Acta Hortic.* 719, 455-462.
- Katsoulas, N., Savvas, D., Tsirogiannis, I., Merkouris, O., & Kittas, C. (2009). Response of an eggplant crop grown under Mediterranean summer conditions to greenhouse fog cooling. *Scientia Horticulturae*, 123, 90-98.
- Kittas, C., Bartzanas, T., & Jaffrin, A. (2003). Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering*, 85(1), 87-94.
- Kittas, C., Draoui, B., & Boulard, T. (1995). Quantification of the ventilation rate of a greenhouse with a continuous roof opening. *Agricultural and Forest Meteorology*, 77, 95e111.
- Kumar, K. S., Tiwari, K. N., & Jha, M. K. (2009). Design and technology for greenhouse cooling in tropical and subtropical regions: A review. *Energy and Buildings*, 41 (12), 1269-1275.
- Li, S., & Willits, D. H. (2008). An Experimental Evaluation of Thermal Stratification in a Fan-Ventilated Greenhouse. *Transactions of the ASABE*, 51(4), 1443-1448. doi: 10.13031/2013.25237

- López, A., Valera, D. L., Molina-Aiz, F. D., & Peña, A. (2012). Sonic anemometry to evaluate airflow characteristics and temperature distribution in empty Mediterranean greenhouses equipped with padefan and fog systems. *Biosystems Engineering*, 113(4), 334-350.
- Maurya, R., Shrivastava, N., & Shrivastava, V. (2014). Performance evaluation of alternative evaporative cooling media. *Int. J. Sci. Eng. Res.*, 5, 676–684.
- MGM, (2025). Resmi İklim İstatistikler. Erişim Linki: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KIRSEHIR>. Erişim Tarihi: 01.10.2025.
- Montero, J.I., Short, T. H., Curry, R. B., & Bauerle, W.L. (1981). Influence of evaporative cooling systems on greenhouse environment. *ASAE*, (81), 4027-4033.
- Ogunlowo, Q. O., Akpenpuun, T. D., Na, W. H., Rabi, A., Adesanya, M. A., Addae, K. S., Kim, H. T., & Lee, H. W. (2021). Analysis of heat and mass distribution in a single- and multi-span greenhouse microclimate. *Agriculture* 11, 891. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090891>
- Oz, H., Atilgan, A., Buyuktas, K., & Alagoz, T. (2009). The efficiency of fan-pad cooling system in greenhouse and building up of internal greenhouse temperature map. *African Journal of Biotechnology*, 8(20), 5436-5444.
- Öneş, A. (1986). Sera Yapım Tekniği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 970, Ankara, 123s.
- Öz, H. (2007). *Isparta yöresindeki seralarda fan ped sisteminin etkinliğinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta. 62s.
- Öztürk, H. H. (2003). Evaporative cooling efficiency of a fogging system for greenhouses. *Turk. J. Agric. For.*, 27, 49-57.
- Öztürk, H. H. (2004). The efficiency of fan and pad cooling system, sensible and latent heat transfer in a venlo glasshouse. *Tarım Bilim. Derg.*, 10, 381–388.
- Ryu, M. J., Ryu, D. K., Chung, S. O., Hur, Y. K., Hur, S. O., Hong, S. J., Sung, J. H., & Kim, H. H. (2014). Spatial, vertical, and temporal variability of ambient environments in strawberry and tomato greenhouses in winter. *Journal of Biosystem Engineering*, 39, 47–56.
- Sapounas, A. A., Nikita-Martzopoulou, C., Bartzanas, & T., Kittas, C. (2008). Fan and pad evaporative cooling system for greenhouses: Evaluation of a numerical and analytical Model. *Acta Horticulture*, 797, 131–138.

- Sawaibhadure, H. N., Shendre, G., Pande, S. A., Dharme, M. R. Bhaghat, Y. B., Padghan, K. K., Sarode, R. P., & Dongare, J. S. (2025). Fan and pad evaporative cooling system for greenhouses: evaluation of a numerical and analytical model. *Journal Of Advance Scientific Research and Engineering Trends*, 9(11), 26-29.
- Seo, I. H., Lee, H. J., Wi, S. H., Lee, S. W., & Kim, S. K. (2021). Validation of an air temperature gradient using computational fluid dynamics in a semi-open type greenhouse and determination of kimchi cabbage physiological responses to temperature differences. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 62, 737-750. <https://doi.org/10.1007/s13580-021-00378-3>.
- Sethi, V. P., & Sharma, S. K. (2007a). Experimental and economic study of a greenhouse thermal control system using aquifer water. *Energy Conversation and Management*, 48(1), 306-319.
- Sethi, V. P., & Sharma, S. K. (2007b). Survey of cooling technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy*, 81, 1447-1459.
- Tashoo, K., Thepa, S., Pairintra, R., & Namprakai, P. (2014). Reducing the air temperature inside the simple structure greenhouse using roof angle variation. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(2), 136-151.
- Teitel M. (2001). The effect of insect proof screens in roof openings on greenhouse microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110, 13-25.
- Teitel, M., Atias, M., & Barak, M. (2010). Gradients of temperature, humidity and CO₂ along a fan-ventilated greenhouse. *Biosystems Engineering* 106, 166-174. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.03.007>
- Van Pee, M., Janssens, K., Berckmans, D., & Lemeur, R. (1998). Dynamic measurement and modeling of climate gradients around a plant for micro-environment control. *Acta Horticulture*, 456, 399-406.
- Villarreal-Guerrero, F., Kacira, M., Fitz-Rodríguez, E., Kubota, C., Giacomelli, G. A., Linker, R., & Arbel, A. (2012a). Comparison of three evapotranspiration models for a greenhouse cooling strategy with natural ventilation and variable high pressure fogging. *Scientia Horticulturae*, 134, 210-221.
- Villarreal-Guerrero, F., Kacira, M., Fitz-Rodríguez, E., Linker, R., Kubota, C., Giacomelli, G. A., & Arbel, A. (2012b). Simulated performance of a greenhouse cooling control strategy with natural ventilation and fog cooling. *Biosystems Engineering*, 111(2), 217-228.

- von Elsner, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistriotis, A., von Zabeltitz, C., Gratraud, J., Russo, G., & Suay-Cortes, R. (2000). Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union countries: part I, design requirements. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 75(1), 1-16.
- von Zabeltitz C. (2011). *Integrated greenhouse systems for mild climates*. Springer - Verlag Berlin Heidelberg.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, G. (2000). *Kültür Sebzeleri*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 440s.
- Willits, D. H. (1999). Constraints and limitations in greenhouse cooling: challenges for the next decade. *Acta Hort.*, 534, 57-66.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.534.5>
- Zhao, Y., Teitel, M., & Barak, M. (2001). Vertical temperature and humidity gradients in a naturally ventilated greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78, 431- 436.
- Zhao, Y., Teitel, M., & Barak, M. (2001). Vertical temperature and humidity gradients in a naturally ventilated greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78, 431–436.

EKLER

EK-1

Kongre Katılım Belgesi



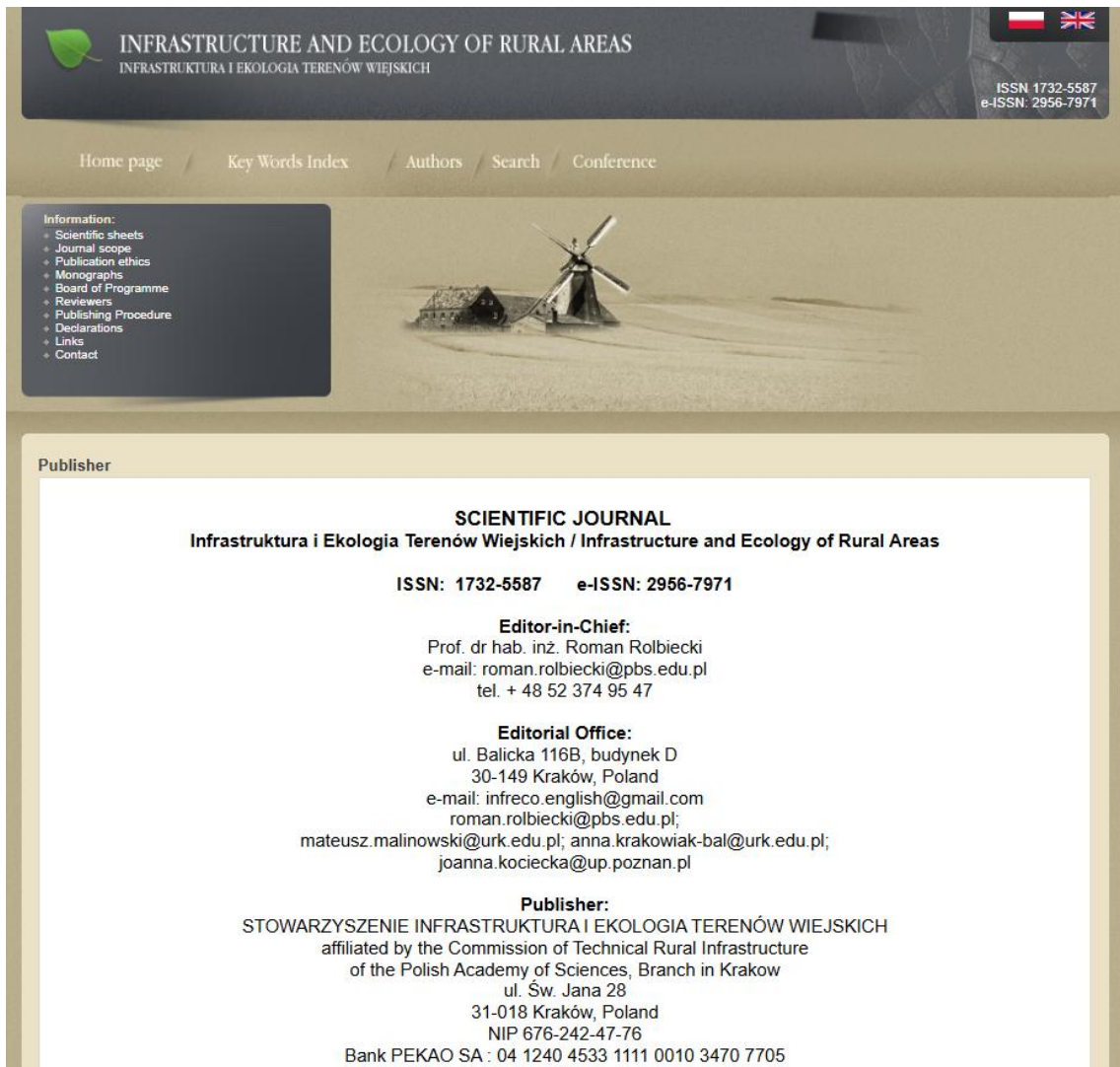
EK-2

Kongre Katılım Belgesi



EK-3

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler



The image shows the header and publisher information for the journal 'INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS'. The header features a green leaf logo, the journal title in English and Polish, and ISSN/e-ISSN numbers. Below the header is a navigation menu with links to Home page, Key Words Index, Authors, Search, and Conference. A sidebar on the left lists information resources such as Scientific sheets, Journal scope, and Contact. The main content area displays the journal's title, ISSN/e-ISSN, Editor-in-Chief (Prof. dr hab. inż. Roman Rolbiecki), Editorial Office (ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, Poland), and Publisher (STOWARZYSZENIE INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH).

INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS
INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH

ISSN 1732-5587
e-ISSN: 2956-7971

Home page / Key Words Index / Authors / Search / Conference

Information:

- Scientific sheets
- Journal scope
- Publication ethics
- Monographs
- Board of Programme
- Reviewers
- Publishing Procedure
- Declarations
- Links
- Contact

Publisher

SCIENTIFIC JOURNAL
Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich / Infrastructure and Ecology of Rural Areas

ISSN: 1732-5587 e-ISSN: 2956-7971

Editor-in-Chief:
Prof. dr hab. inż. Roman Rolbiecki
e-mail: roman.rolbiecki@pbs.edu.pl
tel. + 48 52 374 95 47

Editorial Office:
ul. Balicka 116B, budynek D
30-149 Kraków, Poland
e-mail: infreco.english@gmail.com
roman.rolbiecki@pbs.edu.pl;
mateusz.malinowski@urk.edu.pl; anna.krakowiak-bal@urk.edu.pl;
joanna.kociecka@up.poznan.pl

Publisher:
STOWARZYSZENIE INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
affiliated by the Commission of Technical Rural Infrastructure
of the Polish Academy of Sciences, Branch in Krakow
ul. Św. Jana 28
31-018 Kraków, Poland
NIP 676-242-47-76
Bank PEKAO SA : 04 1240 4533 1111 0010 3470 7705

ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler | |
|-------------------------|---------------------|
| Adı Soyadı: | Mustafa AKTAŞ |
| Uyruğu: | T.C. |
| Orcid Numarası: | 0009-0001-7638-2602 |

| Eğitim Bilgileri | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Lisans | |
| Üniversite | Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi |
| Fakülte | Ziraat Fakültesi |
| Bölümü | Biyosistem Mühendisliği Bölümü |
| Mezuniyet Yılı | 2017 |
| Yüksek Lisans | |
| Üniversite | Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi |
| Enstitü Adı | Fen Bilimleri Enstitüsü |
| Anabilim Dalı | Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı |
| Mezuniyet Tarihi | 2026 |

| Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler |
|---|
| <p>Boyacı, S., Başpınar, A., Ekiz, M. S., & Aktaş, M. (2024). Etlik piliç kümesinde farklı yalıtım değerlerine bağlı olarak ısıtma ve soğutma saat değerlerinin belirlenmesi. <i>Ahi Evran 4. International Congress on Scientific Research</i>, 26-28 Nisan 2024, Kırşehir, Türkiye.</p> <p>Boyacı, S., Başpınar, A., Ekiz, M.S., & Aktaş, M. (2024). Venlo tip serada ısıtma gereksiniminin derece saat yöntemiyle belirlenmesi: Kırşehir ili örneği. <i>Ahi Evran 4. International Congress on Scientific Research</i> 26-28 Mayıs 2024, Kırşehir, Türkiye.</p> <p>Boyacı, S., Aktaş, M., Ekiz, M.S., & Başpınar, A. (2024). Determination of heat requirement in greenhouses and evaluation of precautions to be taken for energy efficiency. <i>Infrastructure and Ecology of Rural Areas</i>, 19(1), 77-92.</p> |