

**T.C.**  
**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERALARDA YAZ KOŞULLARINDA FAN-PED SİSTEMİNİN**  
**ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Fatma Gül ERBİL**

**Danışman: Doç. Dr. Atılğan ATILGAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**  
**ISPARTA-2010**

## TEZ ONAYI

# İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
SİMGELER DİZİNİ .....	ix
1.GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
2.1. Seralarda Serinletme .....	3
2.1.1. Nemlendirmeli serinletme sistemi.....	3
2.2. Doğrudan Nemlendirmeli Serinletme Sistemleri.....	5
2.2.1. Fan-ped serinletme sistemi .....	7
2.2.1.1. Fan-ped serinletme sisteminin düzenlenmesi .....	9
2.2.1.2. Ped malzemesi.....	9
2.2.1.3. Ped yerleşimi.....	11
2.2.1.4. Ped kalınlığı .....	13
2.2.1.5. Ped içerisinden hava akış hızı .....	14
2.2.1.6. Ped içerisindeki su akış hızı.....	15
2.2.1.7. Su damlatma hızı ve su deposu kapasitesi .....	18
2.2.2. Fan-ped serinletme sistemlerinin tasarımı.....	18
2.2.3. Fan-ped serinletme sistemlerinde sıcaklık dağılımı.....	20
2.2.4. Fan-ped serinletme sistemlerinin etkinliği .....	21
2.2.4.1. Ped malzemesi.....	21
2.2.4.2. Ped alanı.....	22
2.2.4.3. Su akış hızı.....	22
2.2.4.4. Hava akış hızı.....	23
2.2.4.5. Fan kapasitesi.....	23
2.2.4.6. Fan ve ped ünitelerinin yerleşimi .....	24

3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.1.1. Araştırma alanının coğrafi durumu .....	26
3.1.2. Araştırma serasının yapısı .....	26
3.1.3. Araştırma alanının iklim durumu .....	28
3.2. Yöntem .....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	33
5. SONUÇ .....	46
6. KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	52

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **SERALARDA YAZ KOŞULLARINDA FAN-PED SİSTEMİNİN ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Fatma Gül ERBİL**

**Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Atılgan ATILGAN**

Bu çalışmada, Antalya ilinde sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında fan-ped sisteminin etkinliği belirlemek amacıyla iç ve dış sıcaklık değerleri incelenmiştir. Antalya yöresindeki serinletme sistemi olmayan seralarda iç sıcaklık değerleri rahatlıkla 40 °C'nin üzerine çıkabilmektedir. Serinletme sistemlerin esası, havadaki duyulur ısıнын, suyun buharlaşması ile gizli ısıya dönüşmesi ilkesine dayanır. Antalya ilinde sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında, optimum üretim yapılabilmesi için sera içi uygun iklim koşullarının sağlanması gerekir. Bu amaçla sıcaklık ve nem ile ilgili ölçümler yapılmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda elde edilen veriler ile önerilen değerler kıyaslanarak sera içi iklim parametrelerinden biri olan sıcaklığın, ne ölçüde ve neden değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Yaz mevsiminde araştırmaya konu olan serada aşırı sıcaklık artışını önlemek için serinletme uygulaması yapılmıştır. Serada doğal havalandırmayla ulaşılabilen değerlerden daha düşük iç ortam sıcaklığı istenildiğinden, seraya giren hava sıcaklığını azaltmak ve oransal nem değerini artırarak bitki su stresini önlemek için, nemlendirmeli serinletme sistemi kullanıldı. Özellikle Antalya gibi sıcak iklim bölgelerinde fan-ped sistemi ile iç ortam sıcaklığı 7 ile 14 °C'ye kadar soğutulabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fan-ped, Antalya, sıcak iklim bölgesi, sistemin etkinliği

**2010, 52 sayfa**

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF SYSTEM OF SUMMER CONDITIONS IN GREENHOUSES PED FAN**

**Fatma Gül ERBİL**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Agriculture Structure and Irrigation Department**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Atilgan ATILGAN**

In this study, the aim is to investigate internal and external temperatures which are effective in the high season, that is July, August and September, and to see the effectiveness of the fan pad system the province of Antalya. In the greenhouses nearby the region that do not make use of a cooling system, interior temperatures can easily reach up to 40 ° C. Cooling systems are based on the principle of sensible heat that turns into hidden heat as a result of evaporation of water . During July and August when the temperatures are at peak level, necessary climatic conditions inside the greenhouse should be able provided in order to harvest optimum produce. For this purpose, temperature and humidity measurements were checked and the received data were contrasted with the values of climate parameters in order to answer the questions to what extent and why the temperature inside the greenhouse changed.

The greenhouse mentioned was cooled to prevent over-heating in the high season. A humidified cooling system was used in order to provide lower temperatures, than those of natural ventilation, less heat in the indoor air, less water stress for plants and more humidity level. In areas like Antalya, where climate is mild, through fan pad system, internal temperatures can be reduced as much as 7 to 14 ° C.

**Key Words:** Fan-pad, Antalya, warm climate zone, the effectiveness of the system

**2010, 52 pages**

## TEŞEKKÜR

Araştırma konumun belirlenmesinden tezin yürütölmesi ve tamamlanmasına kadar her aşamada yardım ve desteğini gördüğüm, sayın hocam Doç. Dr. Atılğan ATILGAN'a katkılarından dolayı teőekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

2066-YL-09 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Benim bu günlere getiren benden maddi manevi desteklerini esirgemeyen canım annem Aynur ERBİL, babam Mak. Yük. Müh. Nural ERBİL kardeşim Mak. Müh. Samed ERBİL'e ve tezimin yürütölmesinde desteklerini esirgemeyen meslektaşım Kemal AKA' ya, bölüm hocalarıma ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Fatma Gül ERBİL

ISPARTA, 2010

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Sera serinletme sistemleri .....	4
Şekil 2. 2. Su püskürtme sistemiyle serinletme yapılan seradan görüntü.....	5
Şekil 2. 3. Su damlatmalı ped .....	6
Şekil 2. 4. Fan-ped serinletme sisteminin başlıca elemanları .....	7
Şekil 2. 5. Fan-ped serinletme sisteminin başlıca elemanları .....	8
Şekil 2. 6. Serada fan-ped sisteminin düzenlenmesi .....	9
Şekil 2. 7. Ped ünitesinin sera kenarı boyunca yerleşimi.....	10
Şekil 2. 8. Mukavva ped üniteleri.....	10
Şekil 2. 9. Ped ünitesinin yatay ve düşey olarak yerleştirilmesi .....	12
Şekil 2. 10. Ped ünitesinin düşey yerleşimi.....	14
Şekil 2. 11. Pedden hava ve su akışı.....	17
Şekil 2. 12. Fan ünitesi.....	23
Şekil 3. 1. Sera içindeki pedler.....	27
Şekil 3. 2. Sera içindeki fanlar.....	27
Şekil 3. 3. Seranın genel görüntüsü .....	28
Şekil 3. 5. Sera içerisine yerleştirilen hoboların dağılımı .....	30
Şekil 3. 6. Sera içine yerleştirilen hobo .....	31
Şekil 3. 7. Hobonun genel görüntüsü.....	32
Şekil 3. 8. Hobonun teknik özellikleri .....	32
Şekil 4. 1. Kontrol serası içine yerleştirilen hobo.....	34
Şekil 4. 2. Kontrol serasından görünüm.....	34
Şekil 4. 3. 18.07.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası.....	35
Şekil 4. 4. 21.07.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası.....	36
Şekil 4. 5. 25.07.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası.....	37

Şekil 4. 6. 29.08.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası.....	38
Şekil 4. 7. 30.08.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası.....	39
Şekil 4. 8. 31.08.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası.....	40
Şekil 4. 9. 28.09.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası.....	41
Şekil 4. 10. 30.09.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası.....	42
Şekil 4. 11. 18 Temmuz, 21 Temmuz ve 25 Temmuz 2009 tarihlerine ait oransal nem değişimleri.....	43
Şekil 4. 12. 29 Ağustos (a), 30 Ağustos (b) ve 31 Ağustos 2009 (c) tarihlerine ait sera içi oransal nem değişimleri.....	44
Şekil 4. 13. 28 Eylül (a) ve 30 Eylül 2009 (b) günleri sera içi oransal nem değişimleri .....	45

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Değişik ped üniteleri için önerilen hava hızları .....	15
Çizelge 2. 2. Düşey ped üniteleri için su akış hızı ve depo kapasitesi.....	16
Çizelge 2. 3. Fanın teknik özellikleri.....	24
Çizelge 3. 1. Antalya'ya ait uzun yıllık ortalama meteorolojik veriler .....	29

## SİMGELER DİZİNİ

<b>°C</b>	Celcius
<b>Kg</b>	Kilogram
<b>m</b>	Metre
<b>s</b>	saniye
<b>J</b>	Joule
<b>h</b>	Hour
<b>V</b>	Hava hızı
<b>D</b>	Fana hava giriş aralığı
<b>dak</b>	dakika
<b>kPa</b>	Kilo pascal
<b>mm</b>	milimetre
<b>m<sup>2</sup></b>	metrekare
<b>m<sup>3</sup></b>	metreküp
<b>cm</b>	santimetre
<b>l</b>	litre
<b>gr</b>	gram

## 1.GİRİŞ

Tarımsal açıdan önem taşıyan bitkisel ürünlerin birçoğu, uygun iklim ve mevsimlerde dış ortam koşullarında yetiştirilebilir. Tarımsal amaçla kullanılan seralar ve diğer kontrollü ortamlardan, dış ortamdaki iklim değişikliklerinin ürün gelişimine olan etkilerinin azaltılması, yüksek kaliteli ürün elde edilmesi için uygun ortam koşullarının sağlanması ve ticari veya araştırma amacıyla sezon dışında üretim yapılması amacıyla yararlanılır. Seralarda yapılan tarımsal üretim, kontrollü ortamlarda yetiştiricilik olarak adlandırılır (Giacomelli 1993).

Geçmiş yıllarda, soğuk iklimlerde kullanılan seralardan sadece kış mevsiminin sonundan, ilkbaharın başlangıcına kadar olan dönemde ve sonbahar mevsiminde yararlanılmıştır. Sera iç ortamındaki hava sıcaklığı yaz mevsiminin ortasında çok fazla yükselir. Sera yetiştiriciliği, Akdeniz’de kazançlı bir tarım sektörüdür. Seracılık yüksek yatırım ve endüstriyel etkinlik gerektirir. İklim, bölgesel düzenlemeler, yetiştirilen ürünler, yapı malzemeleri vb. etmenler sera tasarımında etkilidir. Sera yapılarında bitki büyüme etmenleri olan; ışık, sıcaklık, oransal nem ve hava bileşimi en uygun düzeylerde sürdürülebilir (Seçim, 1995).

Örtü altı yetiştiriciliğinde uygun iklim şartlarının sağlanması yapay düzeneklerle oluşturulur. Bu durum, sistemin açık alanda yapılan yetiştiriciliğe nazaran daha karmaşık olmasına neden olur. Dış hava oransal nemi ve sıcaklığı, sera içi oransal nemi ve sıcaklığı, rüzgar yönü ve hızı, güneş ışınımı, buharlaşma, toprak sıcaklığı vb. etkenlerin hepsi birbirleriyle etkileşim içerisindedirler. Mükemmel bir otomasyon sistemi bu etkenleri iyi algılayabilmeli, değerlendirebilmeli ve doğru bir sonuç çıkartabilecek yapıya sahip olmalıdır. Yaz aylarında güneşin etkisiyle yükselen sera içi hava sıcaklığı bilgisayar yardımıyla değişik şekillerde istenilen sınırlarda tutulabilir. Havalandırma pencereleriyle doğal havalandırma, vantilatörler yardımıyla mekanik havalandırma, sisleme ve ıslak yastıklar (PAD, sisleme, vantilatör sistemiyle) ile serinletme hedeflerinin gerçekleştirilmesi için, yazın sera içerisinde bitki gelişimi için uygun ortam koşullarının sağlanması gerekir. Sera iç ortam sıcaklığı, yaz mevsiminde dış ortam sıcaklığından daha yüksektir. Seralarda ortaya

ıkan yüksek sıcaklık, sera ortamından uzaklaştırılmalı ve gelişim etmenleri mümkün olduğu kadar arzu edilen değerler düzeyinde tutulmalıdır (Willits, 2003).

Bu araştırmada nemlendirme sistemleri ile özellikle sıcak mevsimlerde serada bitki yetiştirmek için uygun ortam koşullarının ne ölçülerde sağlandığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu sistemlerin esası, havadaki duyulur ısının, suyun buharlaşması ile gizli ısıya dönüşmesi ilkesine dayanır. Bu çalışmanın amacı, Antalya ilinde sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında, optimum üretim yapabilmek için sera içi uygun iklim koşullarının sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla sera içi ve dışı sıcaklığın yanı sıra kontrol serasında da ölçümler yapılmıştır. Elde edilen veriler önerilen değerlerle kıyaslanarak sera içi iklim parametrelerinden biri olan sıcaklığın, ne ölçüde ve neden değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır.

## **2. KAYNAK ÖZETLERİ**

### **2.1. Seralarda Serinletme**

Ülkemizde, yaz aylarında tarla ve bahçelerde sebze yetiştiriciliği yaygın olarak yapıldığından, seracılığın yaygın olduğu sıcak ve ılıman bölgelerimizdeki seralarda yaz aylarında sebze yetiştiriciliği yapılmaz, kış ve ilkbahar için yetiştirilen bitkilerin hasatına yaz başlarında da devam edilir ve sera içi sıcaklık bitkiler için elverişsiz duruma geldiğinde sera boşaltılır. Belirtilen bu yörelerimizde sebze seraları, yaz aylarında boş olduklarından, bu sıcak günlerde söz konusu seraların serinletilmesi gibi sorunu vardır (Yağcıoğlu, 2005).

Akdeniz kuşağında da, Nisan ortalarından itibaren Eylül ortalarına kadar seralarda sıcaklık aşırı derecede yükselmektedir. Bu nedenle, sera içi sıcaklığının düşürülmesi için uygun bir teknikle serinletme yapılmalıdır (Çolak, 2002).

#### **2.1.1. Nemlendirmeli serinletme sistemi**

Nemlendirmeli serinletme uygulamaları için, iç ortam sıcaklığını azaltan ve oransal nemi artıran su buharlaştırmalı sistemler, mekanik (soğutucu) sistemlerden daha uygundur. Sera iç ortam havasının oransal nem değeri, bitkilerden oluşan su kaybına etkili olduğundan önemlidir (Stanghellini, 1987). Oransal nemin yüksek olması durumunda, bitkilerden daha az su kaybı oluşur ve solma olasılığı azalır. Bu sistemler, havada bulunan ısı enerjisi ile suyu buharlaştırdığından, iç ortam havasının oransal nemini artırır. Buharlaşma sırasında, sera ortamındaki havadan (yaklaşık 2260 kJ/kg su) ısı enerjisi alınır (Hellickson ve Walker 1983; Albright 1989; Bot 1993; Bot vd. 1995; Ciolkosz ve Albright 2000). Oransal nemi çok düşük olan bölgelerde, nemlendirmeli serinletme sistemleriyle hava sıcaklığı 10-25°C kadar azaltılabilir (Coşkun ve Filiz, 1997).

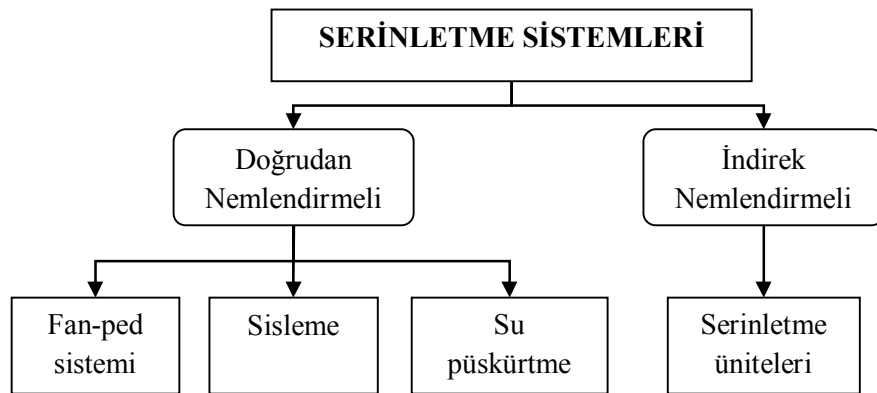
Seraya ulaşan güneş ışınımı ve iç ortamdan uzaklaştırılması gereken ısı miktarı çok fazla olduğunda, mekanik tip serinletme sistemlerinin etkinliği düşüktür. Konut iklimlendirme için yaygın olarak kullanılan mekanik serinletme sistemleri, sera ortam havasındaki oransal nemi azaltır. Temiz bir örtü malzemesiyle örtülü olan bir

seranın iç ortamında, yaz dönemlerinde yaklaşık 630 -788 J/s m<sup>2</sup> ısı enerjisi bulunur. Bu nedenle, seraların mekanik sistemlerle serinletilebilmesi için, taban alanının her 4,5-5,6 m<sup>2</sup>'si için 1 ton soğutma kapasitesi gereklidir. Sera iç ortamına ulaşan güneş ışınımı %50 oranında azaltan gölgeleme sistemleri kullanılması durumunda ise taban alanının her 10-11 m<sup>2</sup>'si için 1 ton soğutma kapasitesine gereksinim duyulabilir (Walker ve Duncan, 1975; Öztürk, 2008).

Yaz mevsiminde sera iç ortamında aşırı sıcaklık artışını önlemek için serinletme uygulaması gerekir. Serada doğal havalandırmayla ulaşılabilen değerlerden daha düşük iç ortam sıcaklığı istenildiğinde, seraya giren hava sıcaklığını azaltmak ve oransal nem değerini artırarak bitki su stresini önlemek için, nemlendirmeli serinletme sistemi kullanılır. Nemlendirmeli serinletme uygulamalarında havalandırma sisteminin zorunlu havalandırma sistemi olması gerekir (Öztürk vd., 1989).

Nemlendirme sistemleri, özellikle sıcak mevsimlerde serada bitki yetiştirmek için uygun ortam koşullarının sağlanması için geliştirilmiştir. Bu sistemlerin esası, havadaki duyulur ısı, suyun buharlaşması ile gizli ısıya dönüşmesi ilkesine dayanır. Seralarda kullanılan serinletme sistemleri esas olarak iki grup altında incelenebilir (Şekil 2.1).

1. Doğrudan nemlendirmeli serinletme sistemleri
2. Dolaylı nemlendirmeli serinletme sistemleri



Şekil 2.1. Sera serinletme sistemleri (Öztürk, 2008)

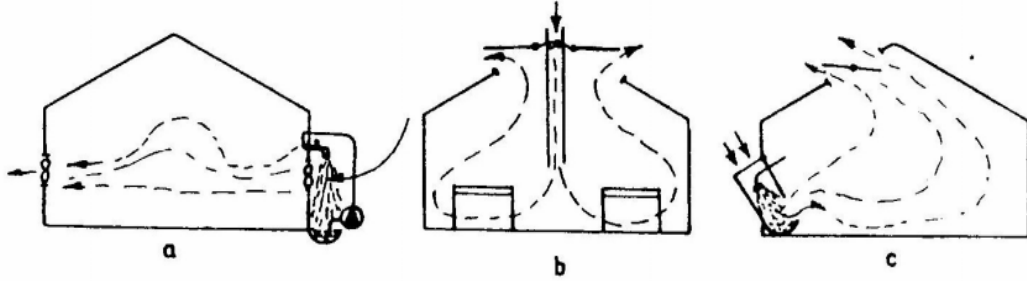
## 2.2. Doğrudan Nemlendirmeli Serinletme Sistemleri

Nemlendirmeli serinletme için, durgun hava serbest su yüzeyi ile temasa geçirildiğinde işlem çok yavaştır. Isı ve kütle transfer hızı, buharlaşma için geniş bir su yüzeyi alanından geçen hava akımının zorunlu hareketiyle önemli oranda artırılabilir (Öztürk, 2008).

Su yüzeyinden geçen havanın hareketi genellikle fan kullanılarak sağlanır. Geniş su yüzeyi alanlarının oluşturulabilmesi için, uygulamada yaygın olarak iki yöntemden yararlanılabilir:

- 1) Hava akımı içine çok küçük damlacıklar şeklinde doğrudan su püskürtmek.
- 2) Sürekli ıslak kalan gözenekli bir materyal içerisinde hava geçirmek.

Seralarda su püskürtme sistemiyle serinletmenin uygulanma biçimi Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

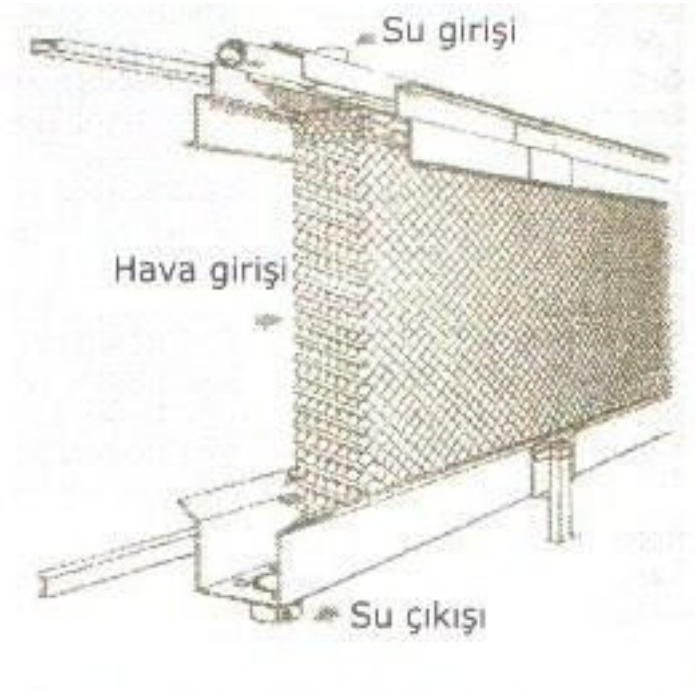


Şekil 2. 2. Su püskürtme sistemiyle serinletme yapılan seradan görüntü (Öz, 2007)

Su püskürtme işleminin asıl işlevi, serinletmeden çok nem kontrolü sağlamaktır. Püskürtme işleminde, su damlacıklarının tamamen buharlaşabilmesi için, çok iyi tasarlanmış ekipmanlar gerekmektedir. Eşit büyüklükte su damlacıkları ile püskürtme işleminin gerçekleştirilebilmesi için, basınç uygulamak gerektiğinden işletme giderleri yüksektir. Birçok sistemde 2500 kPa gibi yüksek basınç değerleri uygulanmaktadır. Diğer taraftan, sistemde kullanılan suyun süzülmesi de gerekebilir (Walker ve Duncan, 1975; Öztürk ve Başçetinçelik, 2008 ).

Hava-su temasının sağlanması için havanın, ıslak ve gözenekli bir materyalden veya ped içerisinden geçirilmesi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ped aşağıdaki yöntemlerle sürekli olarak ıslak tutulabilir (Çolak, 2002):

- Su damlatmalı tip: Düşey olarak yerleştirilen pedlerin üst kısmından su damlatılır (Şekil 2.3).
- Su püskürtmeli tip: Ped yüzeyine su püskürtülür.



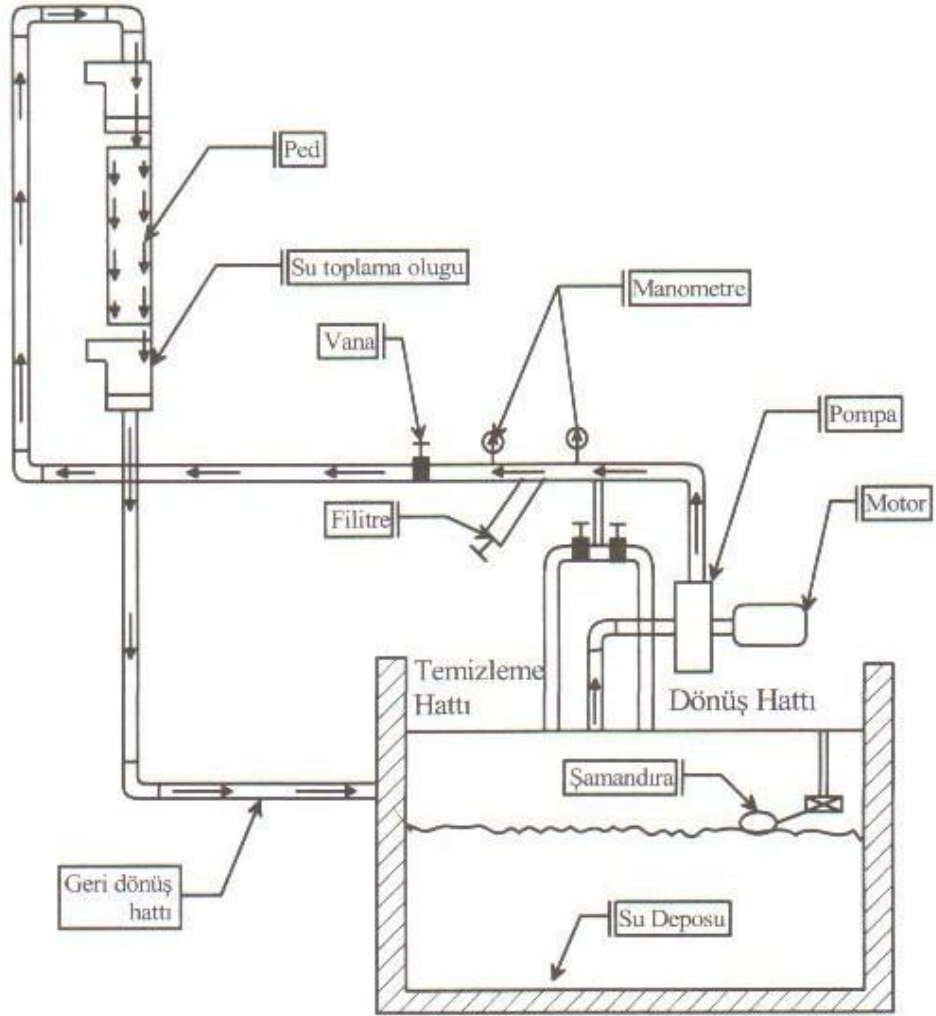
Şekil 2. 3. Su damlatmalı ped (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002)

Pedin ıslak tutulması hava akımına karşı su püskürtülerek gerçekleştirildiğinden, püskürtme sistemi, fanın karşısındaki pedin bulunduğu kenara yerleştirilir. Su püskürtme sisteminin dış ortama yerleştirilmesi durumunda, su damlacıklarının serbest hava akımı etkisiyle ped yüzeyinden farklı bölgelere taşınması önlenmelidir. Bu tip sistemlerde güç gereksinimi, su damlatmaları sistemlerden daha fazladır (Anonymous, 1994).

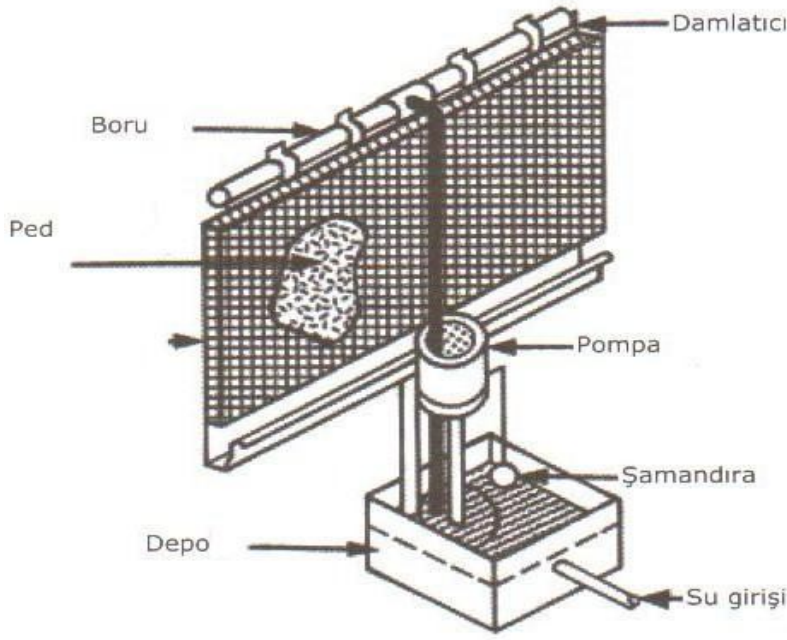
### 2.2.1. Fan-ped serinletme sistemi

Fan-ped serinletme sistemi, seralarda yaygın olarak kullanılan doğrudan nemlendirmeli serinletme sistemidir. Bu sistem ilk olarak 1950'li yılların başlarında Kaliforniya'da kullanılmaya başlanmıştır (Van de Muyzenberg 1980; Öztürk, 2004).

Şekil 2.4 ve 2.5'de fan-ped serinletme sisteminin başlıca elemanları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. 4. Fan-ped serinletme sisteminin başlıca elemanları (Öztürk, 2008)



Şekil 2. 5. Fan-ped serinletme sisteminin başlıca elemanları (Nelson, 1978)

Fan-ped sistemi başlıca aşağıdaki elemanlardan oluşur (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5).

- Sera içerisine hava emilmesinde kullanılan fanlar,
- Seraya giren havanın nemlendirilmesi için kullanılan ped,
- Ped içerisinde su dolaşımı için kullanılan pompa,
- Su deposu ve dağıtma boruları,

Fan-ped sistemi uygulanan, seranın bir kenarına emici tip fanlar ve karşı kenarına da ped yerleştirilir. Ped, fanların karşısındaki uzun veya kısa- yan kenar boyunca kesintisiz bir şekilde yerleştirilir. Uzunluğu fazla olan seralarda, fanlar seranın ortasına, ped ise seranın her iki kenarına yerleştirilebilir. Bu durumda fanların hemen altındaki bölgede hava durgun ve sıcak olduğundan, bitkiler için gerekli hava hızı azalır (Yağcıoğlu, 2005).

Fan-ped sistemlerinin olumsuzlukları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Öztürk, 2008).

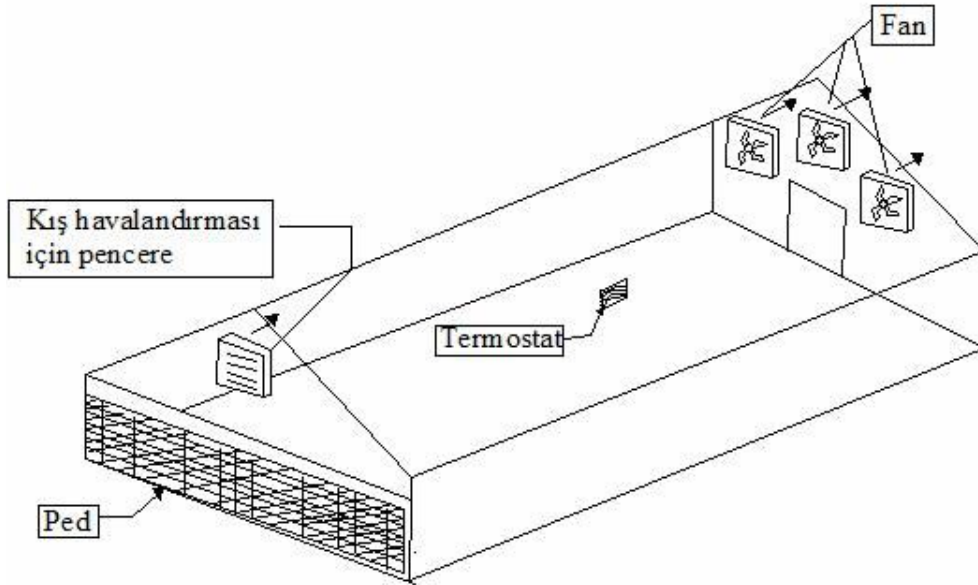
- Hava pede doğru zorlanarak yönlendirilir. Bu durumda, ped içerisinden hava geçişini engelleyen bir dirençle karşılaşılır.
- Sera boyunca önemli düzeyde sıcaklık ve nem farkı oluşur.
- Tasarım, işletme ve bakım giderleri yüksektir.

- Sürekli çalışma ve kullanılan su kalitesinin uygun olmaması durumunda, ped tıkanır. Bu durum pedin serinletme etkinliğinin azalmasına neden olur.

### 2.2.1.1. Fan-ped serinletme sisteminin düzenlenmesi

### 2.2.1.2. Ped malzemesi

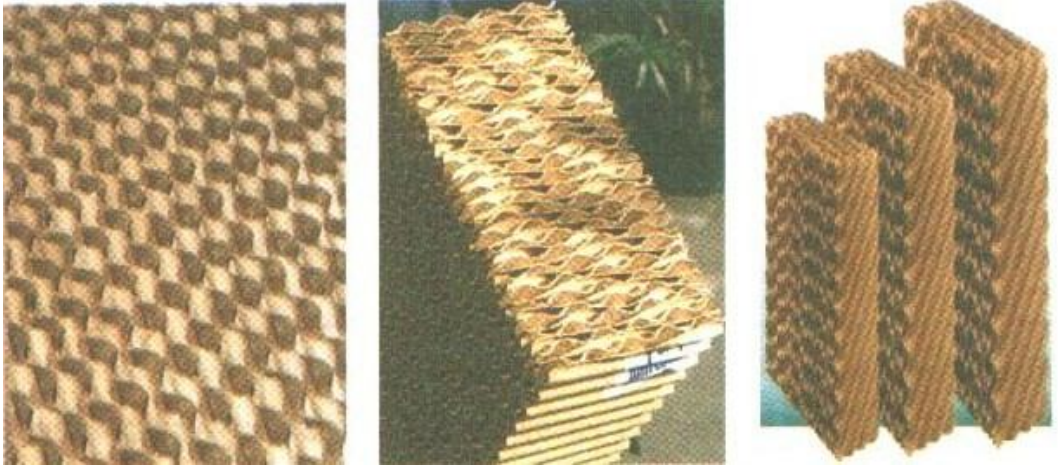
Ped malzemesi olarak; ahşap, metal, mineral, cam, plastik ve selüloz esaslı malzemeler kullanılabilir. Ped ıslaklığının su damlatılarak sağlandığı ve su akışının sınırlı olduğu uygulamalarda, gözenekli malzemelerden yapılan pedlerin etkinliği yüksektir. Ped malzemesi olarak gözeneksiz malzemeler kullanıldığında, su ped içerisinden çok az yüzey alanı oluşturarak aşağıya doğru akar (Anonymous, 1994). Serada fan-ped sisteminin düzenlenmesi Şekil 2.6 ve 2.7’de gösterilmiştir



Şekil 2. 6. Serada fan-ped sisteminin düzenlenmesi (Duncan, 1983; Öztürk 2008)



Şekil 2.7. Ped ünitesinin sera kenarı boyunca yerleşimi



Şekil 2.8. Mukavva ped üniteleri

Ped malzemesi olarak en uygun özelliklere sahip malzeme kavak talaşdır. Kavak talaşından yapılan pedler çürümeye karşı daha dirençli olmalarına karşın, bu tip

pedlerin etkinliği birinci yıldan sonra önemli oranda azalır. Ped üzerinde toz birikmesi, pedin etkinliği ve kullanım süresini azalttığından, pedin temiz su ile yıkanması gerekir. Bununla birlikte, kavak talaşından yapılan pedlerin her yıl yenilenmesi önerilir. Kimyasal işlemden geçirilmiş mukavva ve PVC gibi sert malzemeler de ped malzemesi olarak kullanılabilir. Bu tür malzemelerin kullanıldığı pedler genellikle 10-30 cm arasında değişen kalınlıklarda tasarlanılır. Birim ped alanı başına maliyet, talaş kullanılarak tasarımılanan pedlerden daha fazladır. Bu tip pedlerde, yüzey hızının yüksek olması durumunda daha yüksek etkinlik sağlandığından, belirli değerdeki hava akım hızı için daha az ped alanı gereklidir. Ayrıca, bu tip pedlerin kullanım süresi, kavak talaşından tasarımılanan pedlere kıyasla daha yüksektir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002; Öz, 2007).

Şekerpancarı küspesi gibi değişik bitkisel artıklar, çimento ile kaplanarak, ped malzemesi olarak kullanılabilir. Bu tip malzemelerden tasarımılanan pedler, genellikle 2,5 cm kalınlığındadır ve kullanım süresi en az 10 yıldır. Bu pedlerin birim alan başına kütlesi fazladır (18 kg/m<sup>2</sup>) ve ilk yatırım maliyetleri yüksektir. (Öztürk, 2008).

Nemlendirmeli serinletme sistemlerinin etkinliği, önemli oranda ped etkinliğine bağlıdır. Bu nedenle nemlendirme pedlerinin tasarımında aşığıdaki etmenler dikkate alınmalıdır:

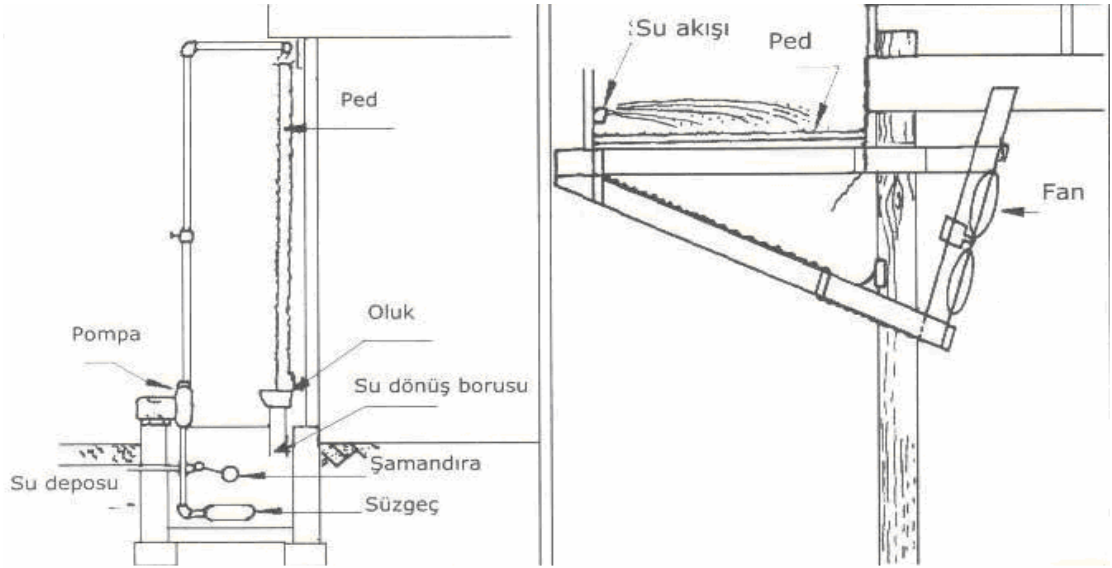
- Ped içerisinden havanın geçtiği ıslak yüzey alanı fazla olmalıdır.
- Ped içerisine geçen havanın suyla temas süresi fazla olmalıdır
- Pedlerin hava akımına karşı gösterdiği direnç düşük olmalıdır.
- Ped materyali çürümeye karşı dirençli olmalı, orijinal şekil ve dokusunu koruyabilmelidir.
- Özel uygulamalarda, hava ile taşınan toz, polen, böcek vb'nin ped içerisinden geçmesini önlemek için filtreler kullanılmalıdır (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002).

### **2.2.1.3. Ped yerleşimi**

Tarımsal uygulamalarda pedler genellikle, boşaltma fanlarının bulunduğu kenarın karşıındaki kenar boyunca sürekli olarak yerleştirilir. Düşey yerleştirilen pedlerde

tekdüze su akışı sağlanması için, ped yüksekliği genellikle 0,9-3 m arasında değişir (Scarborough vd., 1988).

Kavak talaşından yapılan ped üniteleri düşey veya yatay olarak düzenlenebilir. Düşey olarak düzenlenen ped emniyetli bir şekilde yerleştirilmelidir. Toz yoğunluğu fazla olan bölgelerde pedlerin tıkanmasını geciktirmek için, pedin düşey olarak düzenlenmesi önerilir. Soğuk dönemlerde pedin yerleştirildiği kenarda sera içerisine soğuk hava girmemelidir. Bu nedenle ped, genellikle sera kenarlarındaki havalandırma açıklıklarına yerleştirilir. Ped, sera kenarı boyunca sürekli olmalı ve pedler arasında boşluk olmamalıdır. Ped yüksekliği sera yetiştirilen bitkilerin boyuna eşit olmalıdır. Toz yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde düşey olarak yerleştirilen su damlatmalı tip pedler toz parçacıklarıyla tıkanabilir. Bu durumda hava ped içerisinden serbest bir şekilde geçemez ve pedin serinletme etkinliği azalır (Çolak, 2002).



a) Ped ünitesinin düşey yerleşimi b) Ped ünitesinin yatay yerleşimi

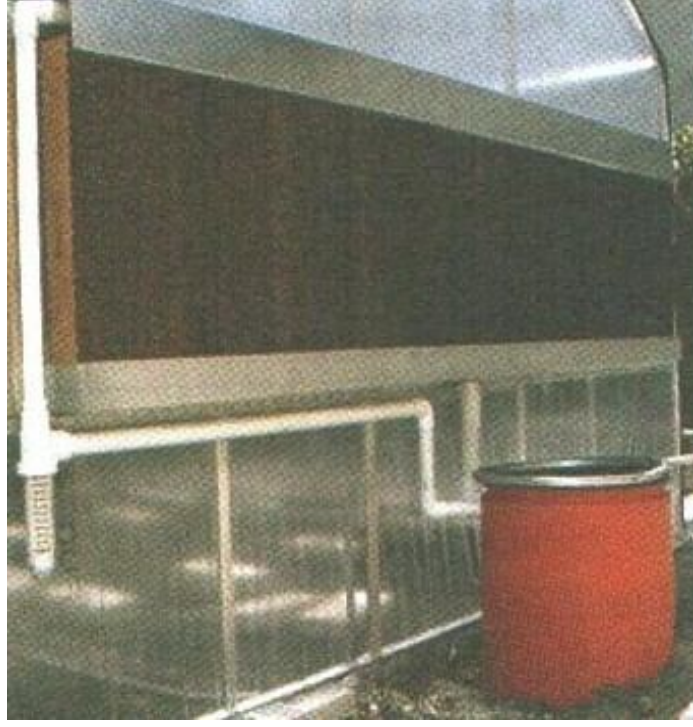
Şekil 2. 9. Ped ünitesinin yatay ve düşey olarak yerleştirilmesi (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002)

Ped üzerinde toz birikmesini önlemek için ped üniteleri yatay olarak düzenlenebilir (Wiersma vd., 1972). Bu tip düzenlemelerde ped malzemesi olarak kullanılan talaş, yatay olarak çekilmiş tellerden oluşan bir net üzerine dağıtılır. Pedin sürekli olarak ıslak kalması için su, pedi tamamen ıslatacak şekilde ped yüzeyinin tamamına püskürtülür. Hava ped içerisinden aşağıya ve yukarıya doğru çekilir. Daha sonra yatay olarak veya belirli bir açıyla serinletilecek ortama girer. Pedlerin yatay olarak yerleştirilmesi durumunda, ped sürekli olarak temiz kalır. Böylece, kısmen tozlu ortamlarda bile tüm yaz mevsimi süresince etkin bir serinletme sağlanır. Ped içerisinden geçen hava akımıyla taşınan toz parçaları su deposunda toplanır. Bu nedenle, su deposu, dip kısmında katı materyal birikimine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Su deposunda biriken katı parçacıklar belirli aralıklarla temizlenmelidir. Uygun olarak tasarlanmış su depolarında, temizleme işlemi yılda bir kez yapılabilir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002).

#### **2.2.1.4. Ped kalınlığı**

Ped kalınlığının fazla olması durumunda, içerisinden geçen hava akımına karşı oluşan direnç artar. Bununla birlikte, pedin kalın olması durumunda, içerisinden geçen havanın pedden akan suyla temas süresi artar. Diğer taraftan, hava kalın bir ped içerisinden geçtiğinden, buhar basıncı farkı azalır. Bu durum buharlaşma hızının azalmasına neden olur (Coşkun ve Filiz, 1997).

Ped yoğunluğunun artması, boşluk oranı kapilariteyi arttırdığından, suyun ped yüzeyinde daha tek düze bir şekilde dağılmasını sağlar. Bu durumda ped yüzeyinden su akışının daha fazla olması gerekir. Sonuç olarak, ped içerisine geçen hava akımına karşı direnç artar. Düşey olarak yerleştirilen pedlerde, ped yoğunluğun fazla olması, kendi kendine destek sağlamasına olanak tanır. Bununla birlikte, pedin çökmesini önlemek için, yerleştirildiği çatının daha dayanıklı olması gerekir. Ped içerisinde hava akımına karşı açık alanların olması, serinletme etkinliğini önemli oranda etkilediğinden, ped içerisinde hava akımının serbest bir şekilde seçebileceği boşluklar bulunmamalıdır (Koca vd., 1991). Şekil 2. 10'da ped ünitesinin düşey yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 2. 10. Ped ünitesinin düşey yerleşimi

Kavak talaşından yapılmış olan pedlerin düşey olarak yerleştirilmesi durumunda, ped yoğunluğu yaklaşık  $32 \text{ kg talaş/m}^3$  olmalıdır. Wiersma vd. (1972) her  $\text{m}^2$  ped alanı için tek düze olarak dağılmış  $4 \text{ kg talaş}$  kullanılmasını önermektedir. Tüketilen birim enerjiye karşılık en yüksek serinletme etkinliğinin sağlanabilmesi için, ped kalınlığı ayarlanabilmelidir. Ped ünitesinin yatay olarak yerleştirilmesi durumunda, pedin kalınlığı ve yoğunluğu, ped malzemesinin destek elemanları üzerinde dağıtılmasına bağlıdır (Öztürk, 2008).

#### **2.2.1.5. Ped içerisinden hava akış hızı**

Ped içerisinden geçen hava hızı, pedin değişik noktalarında farklı değerlerdedir ve ölçülmesi güçtür. Pede giren ve çıkan hava hızı, ped yüzey hızı olarak adlandırılır. Ped yüzey hızı, ped içerisinden geçen hava hızını tanımlamak için yaygın olarak kullanılan bir terimdir. Ped yüzey hızı, ped alanının hesaplanması için kullanılan temel bir tasarım değeridir. Başlıca ped malzemeleri için önerilen hava hızı değerleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir. Hava hızı değerleri, tasarıma bağlı olarak %25 oranında artırılabilir (Anonymous, 1994).

Çizelge 2. 1. Değişik ped üniteleri için önerilen hava hızları

Ped Ünitesi	Hava Hızı (m/s)
Düşey olarak yerleştirilmiş kavak talaşı (50-100 mm kalınlığında)	0.75
Yatay olarak yerleştirilmiş kavak talaşı (50-100 mm kalınlığında)	1.00
Mukavva (100 mm kalınlığında)	1.25
Mukavva (150 mm kalınlığında)	1.75

Kavak talaşından yapılmış pedlerle konutların serinletilmesi için, etkin yüzey hızının 1,25 m/s olması önerilir. Wiersma vd. (1972) tarafından yapılan bir araştırmada en yüksek ped etkinliği, yüzey hızının düşey olarak yerleştirilmiş pedlerde 1,25 m/s ve yatay olarak yerleştirilmiş pedlerde de 1,50 m/s değerlerinde sağlanmıştır. Bununla birlikte, yüzey hızının yüksek olması durumunda basınç düşmesi arttığından, ped yüzey hızının 1,25 m/s olması gerektiği önerilmiştir. Ped yüzey hızının 1,50 m/s'den daha yüksek olması, ped içerisinden akan suyun hava akımıyla serinletilen ortama taşınmasına neden olmaktadır.

Üretici firma verilerine göre; 15 cm kalınlığında mukavva malzemedan yapılmış ped üniteleri için, yüzey hızının 0,8 m/s'ye kadar olması durumunda, etkinliğin %80'den daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Mukavva ped kalınlığının 30 cm olması durumunda, 1,8 m/s'ye kadar olan yüzey hızlarında etkinliğin %90'dan daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Anonim, 1995).

#### 2.2.1.6. Ped içerisindeki su akış hızı

Nemlendirmeli serinletme sisteminin etkinliği, ped içerisinden geçen havanın özelliklerinin değişmesine, diğer bir deyişle, havanın doymun duruma gelmesine bağlıdır. Ped içerisinde su akış hızı belirlenirken, ekstrem koşullar dikkate

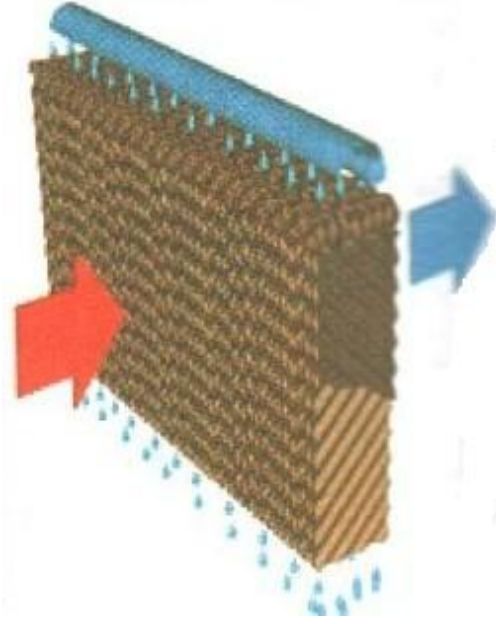
alınmalıdır. Farklı tip ped malzemeleri için önerilen su akış hızları Çizelge 2.2.'de verilmiştir. Önerilen su akış hızları, kurak ve nemli iklimler için kullanılabilir (Anonymous, 1994).

Çizelge 2. 2. Düşey ped üniteleri için su akış hızı ve depo kapasitesi

<b>Ped Ünitesi</b>	<b>Birim ped uzunluğu başına en düşük su akış hızı (l/dak m)</b>	<b>Birim ped alanı başına en az depo kapasitesi (l/m<sup>2</sup>)</b>
Kavak talaşı (50-100 mm kalınlığında)	4	20
Kavak talaşı (50-100 mm kalınlığında, kurak iklimler için)	5	20
Mukavva (100 mm kalınlığında)	6	30
Mukavva (150 mm kalınlığında)	10	40

Ped içerisinden su akış hızının fazla olması, suyun yetersiz olmasından daha az sakıncalıdır. Ped malzemesi su ile doymun durumda değilse, ped içerisinden geçen hava yeterince nemlenemeyeceğinden, serinletme etkinliği azalır. Pedden akan su miktarının yeterli olmaması durumunda, olumsuzluklarla karşılaşılır. Ped üzerinde ıslanmayan herhangi bir alandan sıcak hava girişine neden olabileceği için sistemin serinletme etkinliği azalabilir (Çolak, 2002).

Pedden su akışı fazla olduğunda, su ped yüzeylerini yeterince ıslatmadan, doğrudan aşağıya akar. Bu durumda, etkin ped yüzey alanı azalır. Su akış hızının fazla olması, özellikle yatay olarak yerleştirilen pedlerin sürekli olarak yıkanmasına neden olur. Böylece, ped yüzeyinin mineral madde ve toz parçacıkları tarafından tıkanması önlenmiş olabilir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002). Pedden hava ve su akışı Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2. 11. Pedden hava ve su akışı (Öztürk, 2008)

Düsey olarak yerleştirilen ve 5 cm kalınlığında kavak talaşından yapılan pedler için normal koşullarda en yüksek serinletme etkinliği, havayla, su akış oranının yaklaşık 40 olması (pedden akan her kg su için yaklaşık 40 kg hava geçmesi) durumunda sağlanır. Ped yüzeyine gönderilecek su miktarı, suyun buharlaşma hızına bağlı olarak belirlenmelidir. Havayla su oranının en uygun değerinde olması durumunda, 1 l suyun buharlaştırılması için ped yüzeyine ortalama 7,5 l su gönderilmelidir. Belirli değerlerdeki hava akış hızı ve sistem etkinliğine bağlı olarak, her bölge için buharlaşma hızı hesaplanabilir. Ped ünitesi üzerine, buharlaşma hızından daha yüksek hızda su iletecek kapasitede bir pompa seçilebilir (Yağcıoğlu, 2005).

Mukavva malzemeden yapılan ped üniteleri için yatay ped alanı başına 60 l/dk m<sup>2</sup> su dolaşım hızı önerilir. Ped uzunluğunun 2 m'den fazla olması durumunda, bu değer %10-20 oranında artırılabilir. Bitkisel artıklardan yapılan pedler için, üretici firma verilerine göre, ped yüzey alanı başına 7,2 l/dk m<sup>2</sup> su akışı önerilmektedir (Anonymous, 1994).

### **2.2.1.7. Su damlatma hızı ve su deposu kapasitesi**

Nemlendirmeli serinletme sisteminde, su tasarrufu sağlamak ve pedleri sürekli olarak ıslak tutabilmek için, damlatma vanası ve su deposu kullanılması gerekir. Kullanılacak su deposu hacmi aşağıdaki etmenlere bağlıdır:

- Pompa düzenleme biçimi
- Pedin tipi
- Damlatma hızı

Su pompası, ped yüzeyinde mineral birikiminin önlenmesi için, suyun ped yüzeyinde sürekli olarak damlamasına olanak sağlamalıdır. Ped yüzeyine su damlatma hızı, kullanılan suyun mineral içeriğine bağlıdır. Damlatma hızı, ped içerisinden her m<sup>3</sup>/s hava akışı için 8 l/h olmalıdır.

Nemlendirmeli serinletme sistemlerinde, su damlatma hızı aşağıdaki etmenlere bağlı olarak hesaplanabilir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002).

- Suyun buharlaşma hızı
- Depo kapasitesi

### **2.2.2. Fan-ped serinletme sistemlerinin tasarımı**

Nemlendirmeli serinletme sistemleri, sera ortamına giren havayı serinletmek ve doymuş duruma getirmek için kullanılır. Seralarda fotosentez için gerekli güneş ışınımı ve bitki türüne bağlı olarak nem değerinin, %70-80 düzeylerinde ve gündüz süresince en uygun ortam sıcaklığının 21-27 °C arasında olması istenir (Yağcıoğlu, 2005).

Seralarda nemlendirmeli serinletme sistemleri için tasarım yükü, sera ortamına ulaşan belirli koşullardaki havanın güneş ışınımından kazandığı enerjidir. Bu nedenle, nemlendirme serinletme sistemi, hava-buhar karışımının sıcaklığındaki artışı ve oransal nem değerindeki azalmayı dengeleyebilmek için yeterince etkin olmalıdır (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002).

Seralarda ped ünitesinden fanlara kadar olan mesafede sıcaklık ve nem değişimi, bitkilerden oluşan terlemeye bağlı olarak önemli ölçüde etkilendiğinden, bitki

yaprakları da buharlaştırma pedleri gibi işlev görür. Oransal nem değerinin %80'den daha yüksek olması durumunda, güneşli bir günde doğrudan güneş ışınım alan bir bitkinin yaprak sıcaklığının, ortamdaki hava sıcaklığından genellikle 3°C veya daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu nedenle, seralarda yetiştirilen bitkilerde nem ve sıcaklık stresini en aza indirmek için, oransal nem değerinin %70-80 olması istenir (Montero vd.,1981; Öztürk, 2008).

Sera iç ortam sıcaklığındaki artış, hava akışıyla ters orantılıdır. Güneşli bir günde hava değişim oranının 3/4 olması durumunda, sera iç ortamında sıcaklık artışı yaklaşık 6 °C'dir. Bununla birlikte, hava değişim ortamının dakikada 1 olması durumunda, sıcaklık artışı yaklaşık 5 °C olacaktır (Montero vd., 1981; Öztürk, 2008).

Nemlendirmeli serinletme sistemi kullanılan seralarda, fan ve ped üniteleri arasında, 30-50 m açıklık olması gerekir. Uzunluğu fazla olan seralarda, fanların çatının ortasına ve pedlerinde seranın her iki uç kenarına yerleştirilmesi durumunda bitkilerin etrafındaki hava hızı azalır. Bununla birlikte, fanların altında kalan bölgelerde bazen hareketsiz ve sıcak hava katmanı oluşabilir. Fana giriş aralığı 30' m den daha az olan seralarda nemlendirmeli serinletme etkinliğinin artırılması için, hava hızı artırılmalıdır. İstenilen hava hızı, aşağıda verilen (2.1)'deki eşitlikle hesaplanabilir (Anonymous, 1994).

$$V = \frac{5,5}{\sqrt{D}} \quad (2.1.)$$

V = hava hızı (m/dak)

D = fana hava giriş aralığı (m)

Nemlendirmeli serinletme sisteminde kullanılacak ped alanı, havalandırma oranına bağlı olarak belirlenir. Ped alanı, değişik ped materyalleri için önerilen hava hızlarını karşılayacak değerlerde olmalıdır. Ped tesisatı seradaki hava giriş açıklıklarına yerleştirilir. Hava giriş açıklığının sürekli olması gerekli değildir, fakat ped boyunca tekdüze olarak dağılmış olması gerekir. Ped tesisatının hava giriş açıklığının dış tarafına yerleştirilmesi durumunda, hava giriş açıklığı sürekli olmalıdır. Hava giriş açıklığı, ped yüksekliğine göre ortalanmış olmalı ve ped içerisine hava girişini

engellenecek herhangi bir engel bulunmamalıdır. Hava giriş açıklığından geçen hava hızı için en yüksek tasarım değeri 1,8 m/s olmalıdır (Filiz, 2001).

Düşey olarak yerleştirilen ped yüksekliğinin, hava giriş açıklığının yüksekliğinden fazla olması durumunda, ped hava giriş açıklığından itibaren geriye doğru yükseklik farkının en az yarısı kadar aralıkta yerleştirilmelidir. Fan ve ped kapasiteleri belirlendikten sonra serada tek düze hava akışı için fan boyutları ve yerleştirme aralığının belirlenmesi gerekir. Serada yetiştirilen bitkiler etrafındaki hava hızı, 1 m/s'den daha yüksek olmamalıdır. Seranın rüzgar altı kenarına yerleştirilen fanlar arasındaki aralık, en fazla 7,5 m olmalıdır. Kış mevsiminde soğuk havanın bitkilere zarar vermesini önlemek için fanlar sıkı bir şekilde kapatılabilen kapakçıklarla donatılmalıdır. Seralar genellikle birbirine yakın olarak kurulduklarından, bir serada fanlarından boşalan hava ile diğer seranın pedi arasında en az 15 m açıklık bulunmalıdır (Li, 2007; Öz, 2007).

### **2.2.3. Fan-ped serinletme sistemlerinde sıcaklık dağılımı**

Fan-ped sistemlerinde, hava ped içerisinden çıktıktan hemen sonra sıcaklığı en düşük değerdedir. Hava, sera içerisinde bitkiler ve toprak tarafından ortama verilen ısıyı toplayarak pedlere doğru hareket eder ve sıcaklığı yavaş yavaş artar. Sera iç ortam sıcaklığı, ped yakınında en düşük, fanların yakınında ise en yüksek değerdedir. Seradan çıkan havanın sıcaklığı, pedlerden çıkan hava sıcaklığından 7-8 °C daha yüksektir. Ped, en fazla 0,015 kPa basınç kaybıyla, havanın yaş termometre sıcaklığını 2 °C azaltabilmelidir. Fan-ped sistemiyle serinletme yapılan bir seranın bütün bölgelerdeki sıcaklık azalımı aynı düzeyde değildir (Critten, 1988). Fan-ped sistemi kullanılan bir sera içerisindeki sıcaklık dağılımı aşağıdaki etmenlere bağlıdır (Öztürk, 2008).

- İç ortamdaki hava hızı
- Serada hava hareketinin engellenmesi
- Yetiştirme masalarının düzenlenmesi
- Sera çatısının tasarımı
- Sera içerisindeki bitki yoğunluğu
- Sera tabanındaki açık toprak alanı

- Havalandırma hızı
- Ürün transpirasyonu
- Toprakta oluşun buharlaşma
- Gölgeleme sistemi
- Su buharlaşması
- Örtünün ısı transfer katsayı

Sera içerisinde bitki düzeyindeki sıcaklık değeri önemlidir. İç ortamdaki hava hızının düşük olması durumunda ortam havasının sıcaklığı hızlı bir şekilde yükselir. Fan-ped serinletme sistemlerinin en önemli olumsuzluğu; fan ve ped arasında çok fazla sıcaklık farkına neden olmasıdır. Pedlerden çıkan serin hava bitki örtüsü içerisinde yönlendirilmezse, serinletme etkinliği azalır. Oluktan bağlantılı seralarda çapraz hava akışı sağlandığında, olukların hava hareketini engellemesi nedeniyle, serin hava bitki düzeyinde tutulabilir. Hava akışının seranın uzun kenarı boyunca olması durumunda hava bitki örtüsü içerisinde yönlendirilmelidir. Havanın seradaki bitki örtüsü içerisinde yönlendirilmesi amacıyla, çatıda bazı engellerin kullanılması gerekir (Anonymous, 1994).

#### **2.2.4. Fan-ped serinletme sistemlerinin etkinliği**

Uygun olarak tasarlanmış olan bir fan-ped sisteminin etkinliği, %85 gibi yüksek bir değerde olabilir (Öztürk, 2008). Cruz vd. (2006), tarafından yapılan araştırmada üç farklı pedle, farklı sıcaklık ve hava hızından yaptıkları çalışmada, en yüksek serinletme etkinliğinin % 80 ve üzerine ulaşıldığını belirlemişlerdir.

##### **2.2.4.1. Ped malzemesi**

Son zamanlarda, seralardaki serinletme sistemlerinde özel işlemden geçirilmiş mukavva pedler yaygın olarak kullanılmaktadır. Mukavva pedler pahalı olmalarına karşın, serinletme etkinlikleri yüksektir. Bakım işlemleri gerekli şekilde yapıldığında kullanım süreleri 10 yıldır (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002).

Ped materyali olarak genellikle 50-75 mm kalınlığında, kaba bir şekilde parçalanmış ahşap dokulu materyaller kullanılır. Kavak talaşından yapılan pedler, çürüme,

tıkanma ve yosun oluşumuna karşı duyarlıdırlar. Bu nedenle bu tip pedler son yıllarda yaygın olarak kullanılmamaktadır. Alüminyum ve plastik esaslı malzemelerden yapılan pedler pahalıdır ve mukavva pedler kadar etkin değildirler. Ped materyali seçiminde aşağıdaki etmenler dikkate alınmalıdır (Al-Amri, 2000).

- Nemlendirme etkinliği
- Kullanım süresi
- Bakım gereksinimi
- Maliyet

#### **2.2.4.2. Ped alanı**

Nemlendirmeli serinletme sistemlerinde gerekli ped alanı, kullanılan ped materyaline bağlı olarak değişir. Kavak talaşından yapılan ped üniteleri düşey olarak düzenlendiğinde, fan kapasitesinin her  $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ 'si için  $1 \text{ m}^2$  ped alanı dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Yatay olarak yerleştirilen pedlerde ise,  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  fan kapasitesi başına  $1 \text{ m}^2$  ped alanı gerekmektedir (Anonymous, 1994). Mukavva pedler için,  $0.11 \text{ m}^2/\text{s}$  fan kapasitesi başına  $0.093 \text{ m}^2$  ped alanı önerilmektedir (Bucklin vd., 1993). Bazı araştırmacılar taban alanı ve ped alanını kıyaslamışlardır. Yağcıoğlu, (2005),  $1 \text{ m}^2$  yastık alanının ortalama olarak  $20\text{-}25 \text{ m}^2$ , Baytorun (1995), ise ortalama  $20\text{-}30 \text{ m}^2$  sera taban alanı için yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

#### **2.2.4.3. Su akış hızı**

Nemlendirmeli serinletme sistemlerinin etkinliğinde, uygun ped materyali ile birlikte, ped ünitesine yeterli miktarda su sağlanması da önemlidir. Su dağıtma sistemi, pedleri sürekli olarak tekdüze bir şekilde ıslak tutmalıdır. Pedlerin sürekli olarak ıslak tutulması için gerekli su miktarı, kullanılan ped materyaline bağlı olarak değişmektedir. Su deposundaki pompadan çıkan hat üzerine bir vana yerleştirilerek, ped ünitesine gönderilecek su miktarı ayarlanabilir. Ped yüzeyinden aşağıya doğru fazla miktarda su akması durumunda, sera içerisine giren hava akımına karşı bir direnç oluşur ve pedden akan su sera içerisine taşınabilir. Ped yüzeyinin tamamının bir su filmiyle kaplanması gerekir (Al-Amri, 2000).

#### 2.2.4.4. Hava akış hızı

Ped içerisinden geçen hava hızı, kullanılan ped materyaline bağlı olarak değişir. Serada fanlar tarafından dakikada en az bir hava değişimi sağlanmalıdır. Fan-ped sistemi, sera içerisine giren havanın tamamı ped içerisinden geçecek şekilde tasarlanmalıdır. Ped yüzeyindeki hava hızı 0.8-2 m/s arasında olmalıdır. Kalınlıkları 100 mm ve 150 mm olan mukavva pedlerin kullanılması durumunda, ped yüzeyindeki hava hızı sırasıyla 1.3 m/s ve 1.8 m/s olmalıdır (Anonymous, 1994).

#### 2.2.4.5. Fan kapasitesi

Fan-ped serinletme sistemlerinde kullanılacak fanlar, serada dakikada en az bir hava değişimi sağlayacak kapasitede olmalıdır. Serada gerekli hava değişimini, belirli statik basınçta en düşük güç gereksinimiyle sağlayacak fan seçilmelidir (Şekil 2.12.). Venlo tipi sera bölmelerindeki fan-ped sistemleri için kullanılan fan ünitesinin teknik özellikleri Çizelge 2.3'te verilmiştir (Öztürk, 2008).



Şekil 2. 12. Fan ünitesi

Çizelge 2. 3. Fanın teknik özellikleri

<b>Teknik özellikleri</b>	<b>Değeri</b>
Gücü (kw)	0,37
Toplam kütle (kg)	55
Pervane hızı (d/min)	590
Debi (m <sup>3</sup> /h) (0-20 Pa statik basınçta)	13,50-11,95
Pervane çapı (mm)	760
Kanat sayısı (adet)	6
Panjurdaki kanat sayısı (adet)	7

Yağcıoğlu (2005), nemlendirmeli serinletme sistemleri için fan seçimlerinde aşağıdaki etmenlerin dikkate alınması gerektiğini belirtmektedir.

- Hava değişim oranı
- Statik basınç
- Fan etkinliği
- Enerji tüketimi
- Gürültü düzeyi
- Fanların yerleştirilmesi için yeterli boşluk
- Satın alma bedeli

#### **2.2.4.6. Fan ve ped ünitelerinin yerleşimi**

Ped ünitesi seranın yaz mevsiminde rüzgar alan kenarına, fanlar, pedin karşısındaki rüzgar etkisinde olmayan kenara yerleştirilmelidir. Fanların hakim rüzgar yönünde yerleştirilmesi durumunda, fan kapasitesi %10-15 oranında artar (Baytorun, 1995). Serada fan ve ped arasındaki en uygun açıklık aşağıdaki iki etmene bağlı olarak değişir.

- 1) Sera boyutları
- 2) Yetiştirilen bitkilerin sıcaklığa karşı göstermiş olduğu tepki (Öztürk, 2008).

Fan ve ped üniteleri arasındaki açıklık 45 m veya daha az olmalıdır. Fan ve ped arasındaki açıklığın 60 m'den fazla olması uygun değildir (Renard ve Stein, 1962;

Baytorun , 1995). Sera kenarına yerleştirilen fanlar arasındaki aralık en fazla 6-9 m olmalıdır. İki sera arasında en az 15 m aralık yoksa fanların diğer seranın pedine doğru hava boşaltması engellenmelidir. Uzunluğu fazla olan seralarda, ped ünitelerinin seranın her iki uç kenarına yerleştirilmesi daha uygundur. Bu durumda, emici tip fanlar da seranın orta noktasında yan kenar veya çatıya yerleştirilmelidir. Böylece, seranın her iki uç kenarından giren hava seranın merkezine doğru taşınır. Ped ünitesi, serada ayrı bir konstrüksiyon üzerine veya seranın dış tarafına yerleştirilebilir. Bu durumda, sera kenarlarındaki açıklıklar havalandırma amacıyla kullanılabilir. Pedin ayrı bir konstrüksiyon üzerine yerleştirilmesi durumunda, seraya giren havanın tamamının ped içerisinden geçmesi önemlidir (Bucklin vd., 1993). Bu nedenle, ped konstrüksiyonu ve sera kenarı arasındaki hacim, hava sızdırmaz bir şekilde yalıtılmalıdır. Ped ünitesinin sera dışına yerleştirilmesi düşünüldüğünde, aşağıdaki etmenler dikkate alınmalıdır (Çolak, 2002).

- Hava giriş açıklığı kesintisiz olmalıdır.
- Hava girişini etkileyen büyük engeller bulunmamalıdır.
- Hava giriş açıklığı ped ünitesine göre merkezlenmiş olmalıdır.

Ped yüksekliği hava giriş yüksekliğinden fazla olduğunda, ped hava giriş ağzından yükseklik farkının en az yarısı kadar geriye yerleştirilir. Su akışının tekdüze olması için, pedin düşey yüksekliği, 2,5 m'den daha fazla ve 0.5 m'den daha az olmamalıdır. Dış ortam havasının ped içerisinden geçmesini sağlamak amacıyla, ped ünitesine hava girişi için uygun bir açıklık bırakılmalıdır. Bu açıklık, ped hareket ettirilmeden kolay bir şekilde kapatılabilmelidir. Ped ünitesinden çıkan hava, serada yavaş yavaş aşağıya doğru yönelir. Bu nedenle, ped ünitesinden çıkan havanın aşağıya doğru yönlendirilmesi için, bitki üst düzeyinde bazı engellerin yerleştirilmesi gerekli değildir. Serada yetiştirme masaları düzeyinde daha etkin serinletme sağlamak için, bazı durumlarda yetiştirme masaları altındaki alanın 2/3'ünü örten engeller yerleştirilebilir (Bucklin vd., 1993).

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Bu araştırmada, Antalya ili sınırları içerisinde Abdurrahmanlar mevkisinde boyu 75 m, eni 38.4 m ve ykseklėđi 5 m olan, çatısı plastik, yan duvarları poli karbon örtü malzemesi ile kaplı bir sera ile aynı plastik örtü malzemesine sahip bir kontrol serası materyal olarak seçilmiştir. Sera tabanı çakıl, zemin grobeton olup sebze fidelerinin üretimi aşı masalarında sağlanmıştır.

##### **3.1.1. Araştırma alanının coğrafi durumu**

Araştırma serası Antalya ilinin kuzeybatısında Abdurrahmanlar arazisi üzerinde 37° Kuzey enlemi ve 30° Doğu boylamı arasında kurulmuştur. Arazi düze yakın az engebeli bir arazidir. Çalışma serasının uzun eksenini kuzeybatı-güneydoğu yönünde konumlandırılmıştır. Çalışma alanının rakımı 16 m'dir.

##### **3.1.2. Araştırma serasının yapısı**

Araştırma serası yay çatılı blok şeklinde inşa edilmiş olup plastik ile kaplıdır. Serada ped ve fanlar sera uzun eksene monte edilmiştir. Sera atı havalandırması otomatik olup fan-ped sisteminin çalışmadığı saatlerde havalandırma pencereleri açılarak doğal havalandırma sağlanmıştır. Serada retim periyodu boyunca gölgeleme perdesinden de yararlanılmıştır. Serada mukavvadan yapılmış pedler 1x1.5 m boyutlarında ve 50" lik 50 hp fanlar kullanılmıştır. Materyal olarak seçilen serada kullanılan pedler şekil 3.1'de, fanlar şekil 3.2'de ve seranın genel görüntüsü şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Sera içindeki pedler



Şekil 3. 2. Sera içindeki fanlar



Şekil 3. 3. Seranın genel görüntüsü

### **3.1.3. Araştırma alanının iklim durumu**

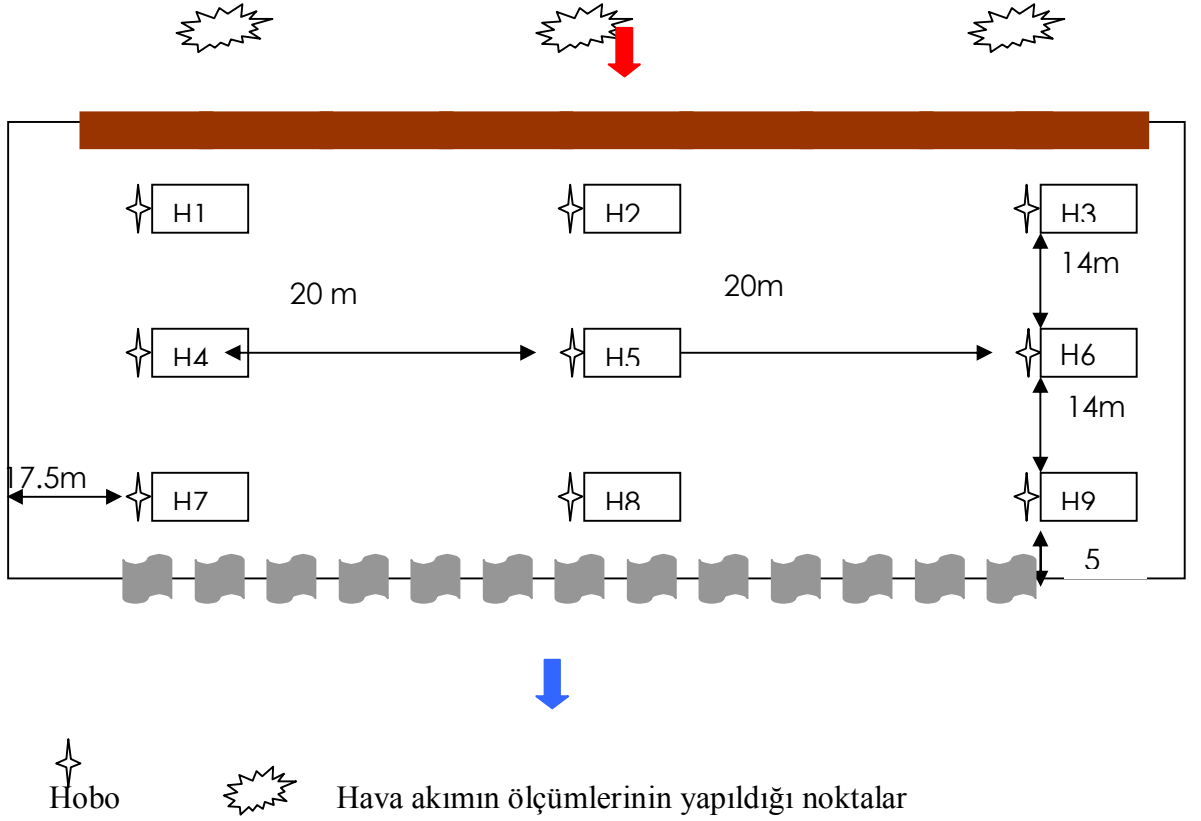
Antalya ilinin uzun yıllar sıcaklık ortalaması 18,7 °C'dir. Yılın en soğuk ayları Ocak-Şubat ayları olup, günlük ortalama sıcaklıkları 9.5-9.9 °C arasındadır. En sıcak aylar olan Temmuz-Ağustos aylarında günlük ortalama sıcaklıkları ise 28.4-27.8 °C arasındadır (Anonim, 2006). Araştırmanın yapıldığı Mayıs-Ekim dönemine ait Antalya uzun yıllık ortalama meteorolojik veriler Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1. Antalya'ya ait uzun yıllık ortalama meteorolojik veriler (Anonim, 2006)

<b>METEROLOJİ VERİLERİ</b>	<b>MAYIS</b>	<b>HAZİRAN</b>	<b>TEMMUZ</b>	<b>AĞUSTOS</b>	<b>EYLÜL</b>	<b>EKİM</b>
Ortalama yerel basınç (hpa)	1005,2	1002,7	999,7	1000,5	1004,4	1008,0
Ortalama sıcaklık (°C)	20,3	25,3	28,4	27,8	24,3	19,5
Ortalama oransal nem (%)	66	59	56	60	60	61
Ortalama toplam yağış miktarı (mm)	32,5	8,3	3,0	2,0	9,8	87,5
Ortalama rüzgar hızı (m/s)	2,4	2,8	2,7	2,4	2,5	2,5
Ortalama buharlaşma (mm)	185,1	253,6	292,3	262,7	212,0	150,6
Günlük ortalama güneşlenme (saat, dakika)	09:54	11:37	11:58	11:33	09:58	08:06

### 3.2. Yöntem

Bu araştırma ile sıcak iklime sahip yörelerimize kurulu olan seraların, fan-ped sistemiyle serinletme etkinliği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla denemenin yürütüldüğü Temmuz ile Eylül ayları arasında ölçümler yapılmıştır. Sıcaklık ve nemin ölçümünde HOB0 sensörleri kullanılmıştır. Hobolar aracılığıyla fan-ped sera içi ve kontrol serasına ait ortalama sıcaklık ve nem değerleri ölçülmüştür. Fan-ped sistemli sera içerisine 9 adet, kontrol serasına da 1 adet olmak üzere toplam 10 noktada sıcaklık ve nem ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sıcaklık verileri kontrol serasıyla kıyaslanarak fan-ped sistemiyle hangi değerlere düşürülebildiği belirlenmeye çalışılmıştır. Sera içerisine girecek hava hızının ölçülmesinde Prova AVM 07 hava akım ölçer serada ped sistemine giren hava debisinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Sera içerisinde hava akım hızını belirlemek için 3 noktadan ölçüm yapılmıştır. Sera içerisine yerleştirilen sensör kullanılarak sıcaklık, nem ve hava akım ölçümlerinin yapıldığı noktalar Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4. Sera içerisine yerleştirilen hoboların dağılımı

Üretim periyodu boyunca seradaki sıcaklık ve nem değerleri düzenli olarak ölçülmüştür (Şekil 3.5). Ölçümlerin yapılmasında kullanılan Hobo sensörlerinin genel görünümü ve teknik özellikleri Şekil 3.6 ve 3.7’de gösterilmiştir. Hobolar aracılığıyla sera içi sıcaklık ve nem değerleri her saatte bir ölçülmüş ve saatlik ortalamalar şeklinde kaydedilmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen ölçüm sonuçları Excel programı ile değerlendirilmiş ve sonuçlar grafiklenerek yorumlanmıştır.



Şekil 3. 5. Sera içine yerleştirilen hobo



Şekil 3. 6. Hobonun genel görüntüsü

Ölçüm sıklığı : 0.5s - 9h Bilgisayar bağlantısı için gereken program : BoxCar Pro Pil : 1 adet CR-2032 lithium 3V HOBO SHUTTLE uyumlu
<b>NEM/SICAKLIK/2xDİŞ GİRİŞ KAYDEDİCİ</b> Bağıl nem ölçüm aralığı : %25-%95 Hassasiyet : %5 Sıcaklık ölçüm aralığı : -20°C - +70°C Hassasiyet : 0.6°C Çözünürlük : 0.4°C 2adet dış giriş : (dış giriş kablolarına bakınız) Pil ömrü : 1 yıl (pili kullanıcı değiştirebilir) Ölçüleri : 6cm x 4.7cm x 2cm Ağırlığı : 29gr Kayıt kapasitesi : 7943 ölçüm (4 kanal toplamı) Programlanabilir kayıt başlangıç zamanı Programlama sırasında pil ömrü göstergesi Pil değiştirilmesinde veya bitiminde silinmeyen bellek Çalışmayı gösteren kırmızı led Ölçüm sıklığı : 0.5s - 9h Bilgisayar bağlantısı için gereken program : BoxCar Pil : 1 adet CR-2032 lithium 3V HOBO SHUTTLE uyumlu

Şekil 3. 7. Hobonun teknik özellikleri

#### **4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

Sera içerisindeki sıcaklık ve oransal nem ölçümleri 16.07.2009 ile 30.09.2009 tarihileri arasında yapılmıştır. Yaklaşık 3 aylık üretim periyodu içindeki sıcaklık ve oransal nem değerleri kayıt altına alınmıŐtır.

Araştırma serasında sıcaklık ve oransal nem değerlerinin fan-ped sisteminin çalıştırıldığı saatlerde ki değişimi ile dış ortam sıcaklık ve oransal nem değerleri grafiklenmiŐtir. Ayrıca kontrol serasında ölçülen sıcaklık ve nem değerleri ile karŐılaŐtırmalar yapılmıştır. Bu amaçla hem araştırma hem de kontrol serasına yerleştirilen sensörler yardımıyla her saatte bir sıcaklık ve oransal nem değerleri ölçülmüştür.

Sera içerisinde evaporatif serinletmenin etkinliğinin belirlenmesi amaçıyla fan-ped serinletme sisteminin hem çalıştırıldığı hem de çalıştırılmadığı günlere ait, sıcaklık ve oransal nem değerleri lölerek, ortam sıcaklığının ne kadar düşürülebildiği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla elde edilen değerler Excel ortamında hazırlanan grafiklerle açıklanmıŐtır. Burada farklı günlerde yapılan ölçüm sonuçlarına iliŐkin değerlendirmeler verilmiştir. Kontrol serası içine yerleştirilen hobo Şekil 4.1’de, kontrol serasının genel görünümlü Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

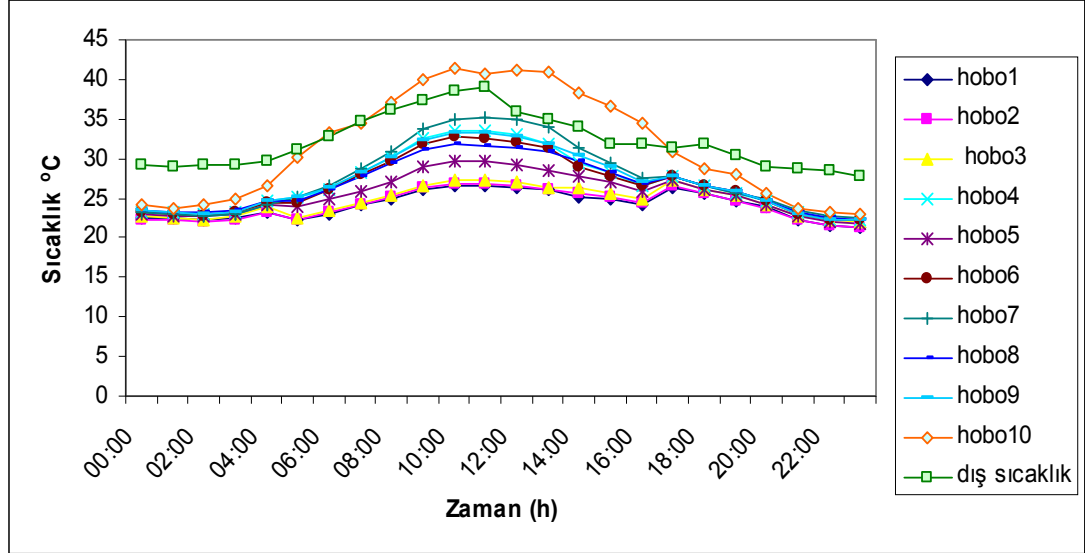


Şekil 4. 1. Kontrol serası içine yerleştirilen hobo



Şekil 4. 2. Kontrol serasından görünüm

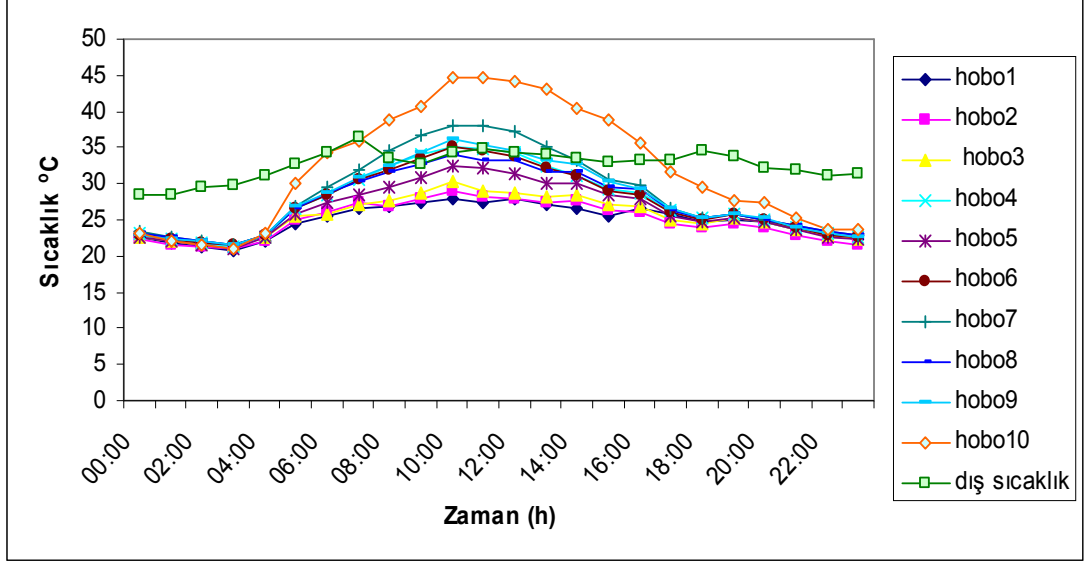
Araştırma periyodunca seraların içerisine yerleştirilen sensörler ile farklı tarihlerde elde edilen değerlerin grafikleri Şekil 4.3-4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 3. 18.07.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası

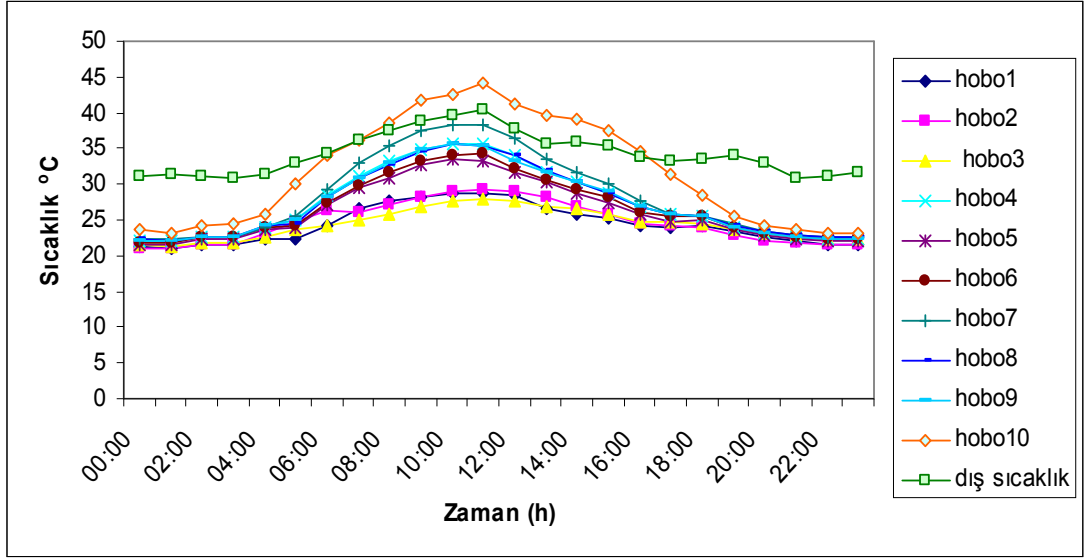
Şekil 4.3 incelendiğinde, fan-ped ile sisleme sistemi saat 8:30’da çalışmaya başlamış ve saat 19:30’da kapatılmıştır. Saat 11:00’de dış sıcaklık değeri 39 °C olarak ölçülmüştür. Kontrol serasındaki (doğal serinletmeli) sera içi sıcaklık okuma değeri 41 °C olarak ölçülmüştür. Fan-ped sisteminin çalıştığı serada ped önündeki hobolarda (1,2 ve 3) yapılan okumalarda ortalama sıcaklık 27 °C’, orta sıradaki hobolarda(4,5 ve 6) ortalama sıcaklık 29 °C ve fan önündeki hobolarda (7,8 ve 9) ortalama sıcaklık 33 °C olarak ölçülmüştür. Araştırma serasında ayrıca sisleme sistemi de mevcuttur. Fan-ped sistemiyle, sisleme sisteminin etkinliği beraber ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Fan-ped serinletme sisteminin kullanıldığı sera ile kontrol serası arasında, ped önünde 14 °C, orta sırada 12 °C ve fan önünde 8 °C’lik bir sıcaklık azalması görülmüştür. Sera içindeki aşılı domates fidelerinin sıcaklık istekleri ortalama 20-25 °C’dir (Doğan, 2004). Dolayısıyla domates fidelerinin gelişimlerini rahatlıkla sağlayabilecek sıcaklık değerlerine ulaşamadığı görülmektedir. Sera içindeki her noktada sıcaklık değişiminin aynı olmadığı gözlenmektedir. Pedlerden fanlara doğru sıcaklık değerlerinin arttığı görülmektedir.

Ölçülen değerlere bağlı olarak hesaplanan soğutma etkinliği değerleri %38-56 aralığında değişim göstermiştir.



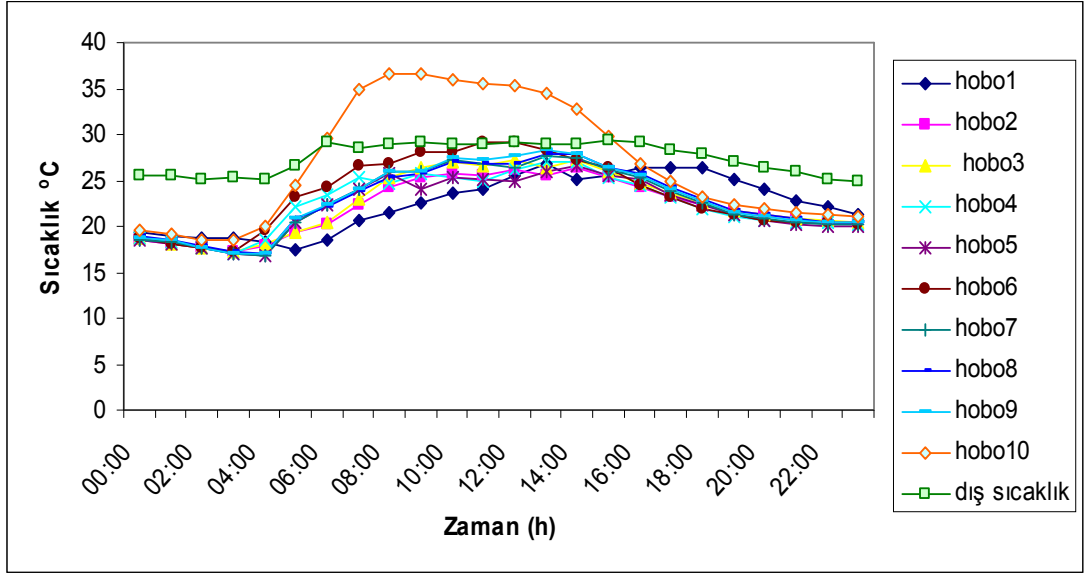
Şekil 4. 4. 21.07.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası

Şekil 4.4'de sadece fan-ped sisteminin çalıştırıldığı, sislemenin çalıştırılmadığı durumda elde edilen değerler gösterilmiştir. Fan-ped sistemi 08:00 ile 17:00 saatleri arasında çalıştırılmıştır. Fan-ped sisteminin çalıştırıldığı saatlerde, ped önünde yapılan okumada ortalama sıcaklık 29°C, orta sırada ortalama sıcaklık 33 °C ve fan önündeki ortalama sıcaklık 37 °C olarak okunmuştur. Kontrol serasındaki iç ortalama sıcaklık değeri 44.5 °C ve dış ortalama sıcaklık değeri 35 °C olarak ölçülmüştür. Fan-ped ile kontrol serasındaki ortalama sıcaklık farkı 7.5-15.5 °C arasında değişim göstermiştir. Pedlerden fanlara doğru gidildikçe seradaki sıcaklığın yaklaşık 8 °C arttığı belirlenmiştir. Kontrol serasındaki sıcaklık ve fan-ped sisteminin çalıştığı saatler arasındaki sıcaklık farkının nemlendirmeli serinletme sistemi sayesinde fidelerin rahat gelişim sağlayacağı sıcaklık değerlerine düşürüldüğü görülmektedir. Ölçülen değerlere bağlı olarak hesaplanan soğutma etkinliği değerleri %9-43 aralığında değişim göstermiştir.



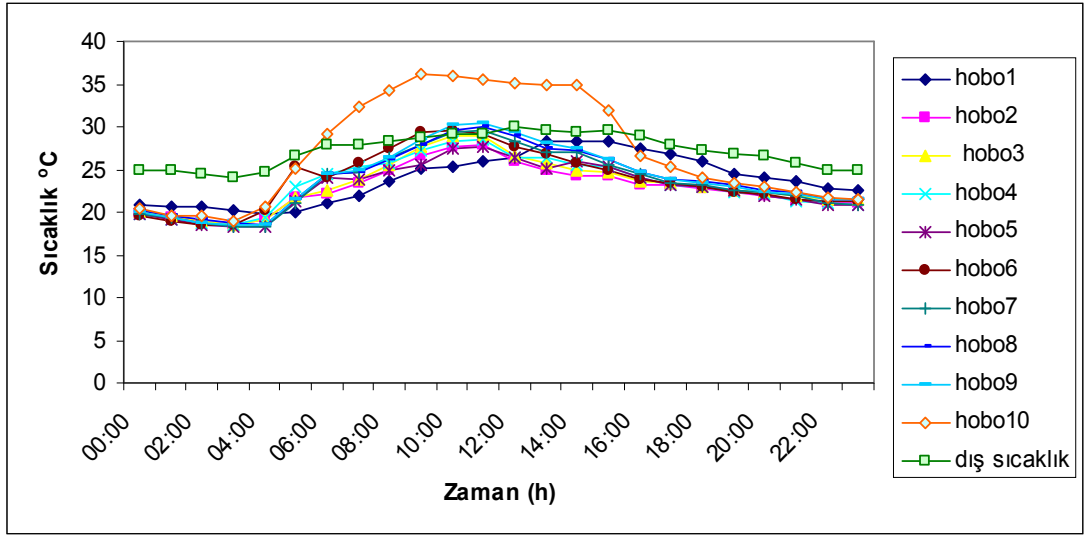
Şekil 4. 5. 25.07.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası

25.07.2009 tarihinde araştırma alanında en yüksek sıcaklık değerine ulaşılmıştır. Fan-ped 07:30 ile 19:00 saatleri arasında çalıştırılmıştır. Burada fan-ped sisteminin daha uzun süre ile çalıştırıldığı görülmektedir. Fan-ped ile sisleme sisteminin çalıştığı saatlerdeki sıcaklık etkinliğini incelediğimizde, ped önündeki yapılan okumada ortalama sıcaklık 28 °C, orta sırada ortalama 34 °C ve fan önünde ise ortalama 36 °C olarak ölçülmüştür. Kontrol serasındaki iç sıcaklık değeri 45 °C dış sıcaklık saat 11:00'de 40.5 °C olarak ölçülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü sera ile kontrol serasındaki ortalama sıcaklık farkı 9-17 °C arasında değişim göstermiş, sisleme sisteminin çalıştığı saatlerde etkinlik daha da artmıştır. Ölçülen değerlere bağlı olarak hesaplanan soğutma etkinliği değerleri %29-62 aralığında değişim göstermiştir.



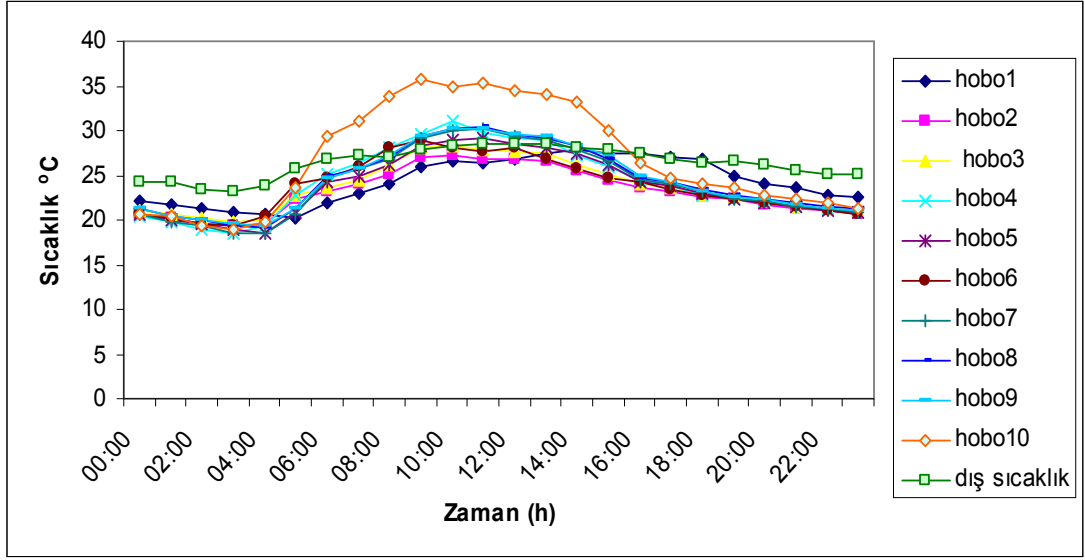
Şekil 4. 6. 29.08.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası

29.08.2009 tarihinde sadece fan-ped sisteminin çalıştırıldığı, sislemenin çalıştırılmadığı durumda elde edilen değerler Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Fan-ped sistem saat 8:45'de çalışmaya başlamış ve saat 18:45'te kapatılmıştır. Saat 13:00'deki sıcaklık okuma değerlerine baktığımızda fan-ped sistemli serada ped önü sıcaklık ortalaması 25,5 °C, orta sırada ortalama 26 °C'yi ve fan önünde ortalama 27 °C'yi göstermektedir. Kontrol serasındaki iç sıcaklık değeri 36 °C ve dış sıcaklık değeri ise 29 °C ölçülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü sera ile kontrol serasındaki ortalama sıcaklık farkı 9-10,5 °C arasında, ölçülen değerlere bağlı olarak hesaplanan soğutma etkinliği değerleri ise %38-43.8 aralığında değişim göstermiştir.



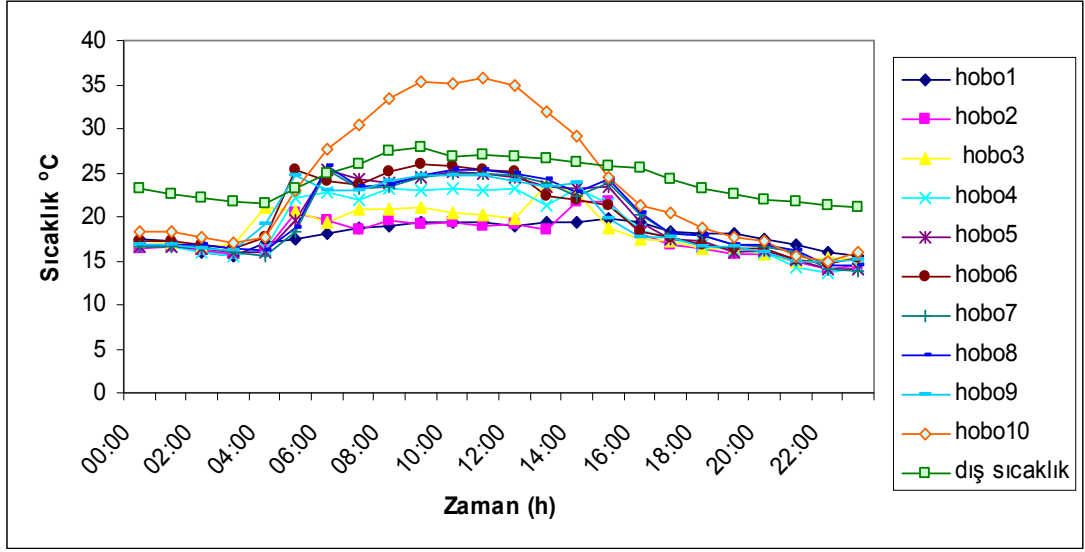
Şekil 4. 7. 30.08.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası

30.08.2009 tarihinde sadece fan-ped sistemi çalıştırılmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü serada fan-ped sistemi saat 8:30'da çalıştırılmış ve saat 18:30'da kapatılmıştır. Belirtilen tarihte yapılan sıcaklık okuma değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir. Hava sabah saatlerinde yağmurlu olduğu için sıcaklık mevsim normallerinin altına düşmüş, yağmurun kesilmesiyle birlikte hobo okuma değerlerinde sıcaklık artışı meydana gelmiştir. Saat 10:00'da yapılan okumada, kontrol serasındaki sıcaklık değeri 35 °C, dış sıcaklık değeri 30 °C, fan-ped sisteminin olduğu serada ise ped önü ortalama sıcaklık 25 °C, orta sıradaki ortalama sıcaklık 26 °C ve fan önünde ortalama sıcaklık değeri ise 27 °C olarak ölçülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü sera ile kontrol serasındaki ortalama sıcaklık farkı ise 8-10 °C arasında, ölçülen değerlere bağlı olarak hesaplanan soğutma etkinliği değerleri ise %12-63 aralığında değişim göstermiştir.



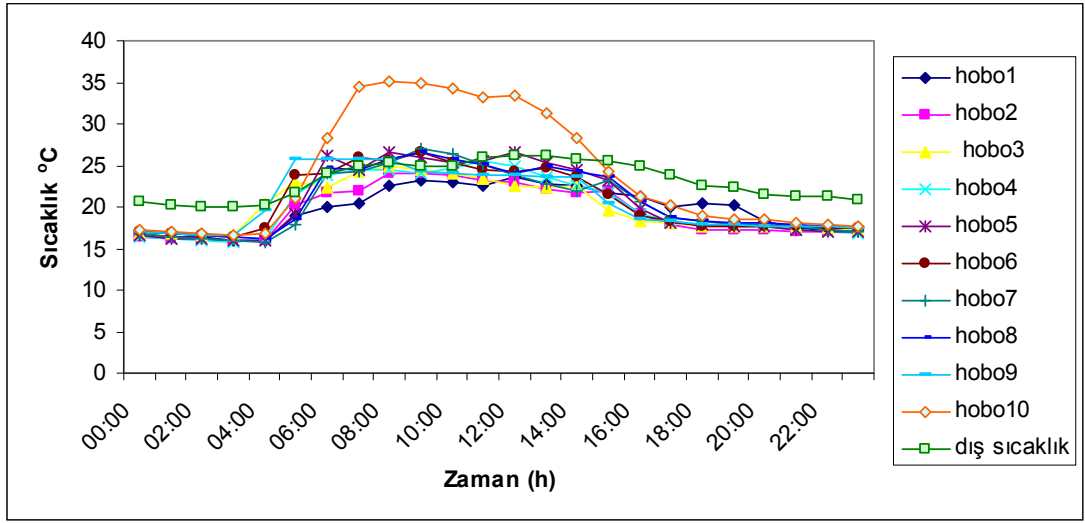
Şekil 4. 8. 31.08.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası

31.08.2009 tarihinde fan-ped sistemi çalışmış, sisleme çalıştırılmamıştır. Araştırmanın yürütüldüğü serada fan-ped sistem saat 08:30'da çalıştırılmış ve saat 19:15'de kapatılmıştır. Saat 13:00'deki sıcaklık okuma değerleri sonunda dış sıcaklık 28 °C ve kontrol serasındaki sıcaklık ise 35 °C ölçülmüştür. Fan-ped sisteminin olduğu serada ped önü ortalama sıcaklık 26 °C, orta sıradaki ortalama sıcaklık 27 °C ve fan önündeki ortalama sıcaklık 29 °C olarak ölçülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü sera ile kontrol serasındaki ortalama sıcaklık farkı 6-9 °C arasında, ölçülen değerlere bağlı olarak hesaplanan soğutma etkinliği değerleri ise %4-51 aralığında değişim göstermiştir.



Şekil 4. 9. 28.09.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası

28.09.2009 tarihinde fan-ped sistemi çalışmış, sisleme çalıştırılmamıştır. Araştırmanın yürütüldüğü fan-ped sistemi saat 09:00'da çalıştırılmış ve saat 18:15'de kapatılmıştır. Saat 12:00'de dış sıcaklık değeri ortalama 26 °C ve kontrol serasındaki sıcaklık 35 °C ölçülmüştür. Fan-ped sisteminin çalıştığı serada ped önünde yapılan okumada ortalama sıcaklık 19 °C, orta sırada ortalama sıcaklık 22 °C ve fan önündeki ortalama sıcaklık 23 °C olarak ölçülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü sera ile kontrol serasındaki ortalama sıcaklık farkı 12-16 °C arasında ölçülen değerlere bağlı olarak hesaplanan soğutma etkinliği değerleri ise %19-51 aralığında değişim göstermiştir.

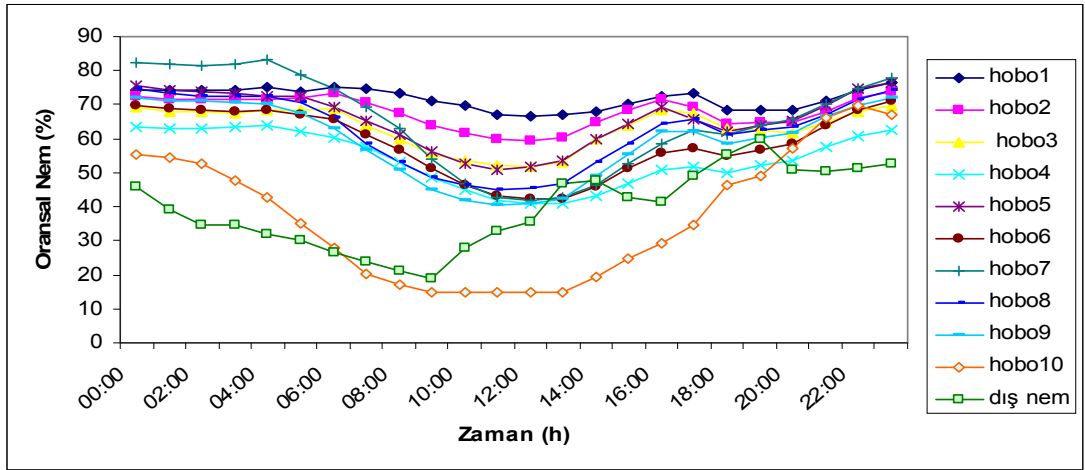


Şekil 4. 10. 30.09.2009 tarihli fan-ped sistemli seradaki hobo (1,2 ve 3) ped önü, hobo (4,5 ve 6) orta sıra, hobo (7,8 ve 9) fan önü ve hobo 10 kontrol serası

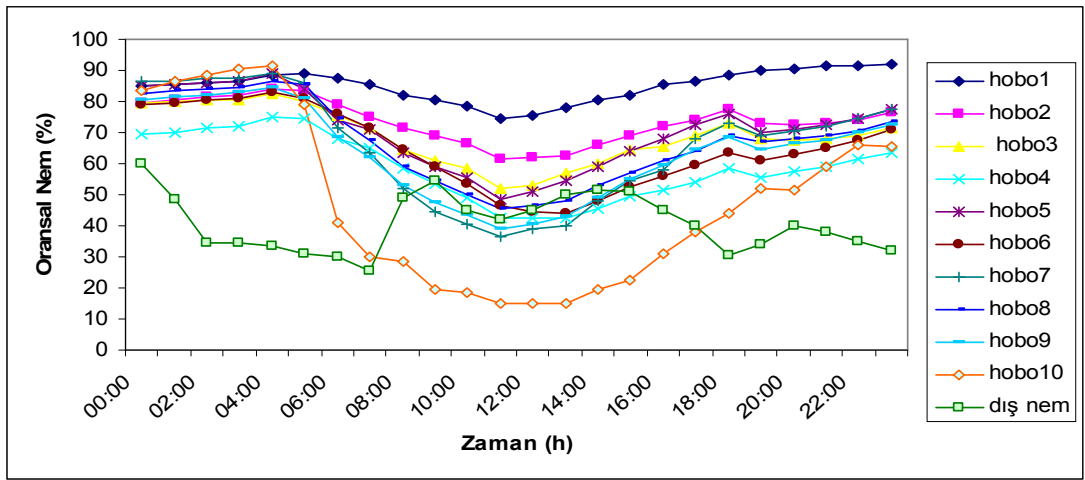
30.09.2009 tarihinde ise yine fan-ped sistemi çalışmış, sisleme çalıştırılmamıştır. Araştırmanın yürütüldüğü fan-ped sistemi saat 09:00'da çalıştırılmış ve saat 18:30'da kapatılmıştır. Saat 11:00'deki ölçümlerde, ped önündeki yapılan okumada ortalama sıcaklık 22°C, orta sırada ortalama sıcaklık 23 °C, fan önünde ortalama sıcaklık 25 °C ve dış sıcaklık 26 °C olarak ölçülmüştür. Kontrol serasında ki sera içi sıcaklık okuma değeri 35 °C ölçülmüştür. Fan-ped ile kontrol serasındaki ortalama sıcaklık farkı ise 10-13 °C arasında, ölçülen değerlere bağlı olarak hesaplanan soğutma etkinliği değerleri ise %2-56 aralığında değişim göstermiştir.

Yapılan ölçümlerde ped etkinliği minimum %2 maksimum %63 olarak gerçekleşmiştir. Uygun olarak tasarlanmış olan bir fan-ped sisteminin etkinliği, %70-80 arasında olması istenir (Montero vd., 1981). Yağcıoğlu (2005), 1m<sup>2</sup> yastık alanının ortalama olarak 20-25 m<sup>2</sup>, Baytorun (1995), ise 20-30 m<sup>2</sup> sera taban alanı için yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

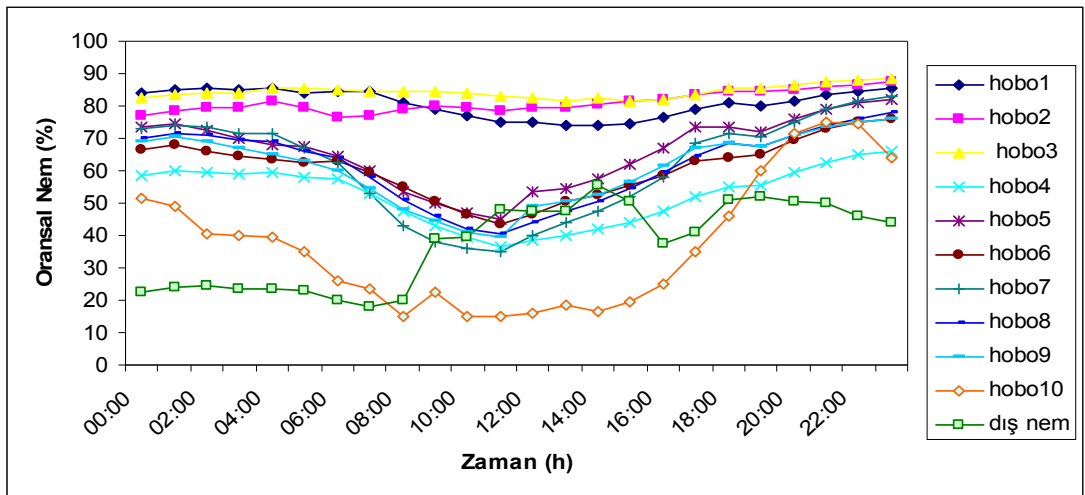
Araştırmanın gerçekleştiği günlere ait dış rüzgar hızı Prova AVM 07 ile ölçülmeye çalışılmıştır. Fakat ölçülen rüzgar hızları sağlıklı biçimde kayıt altına alınamadığı için sıcaklık ve nem değerlerine olan etkisi irdelenememiştir.



(a) 18 Temmuz 2009

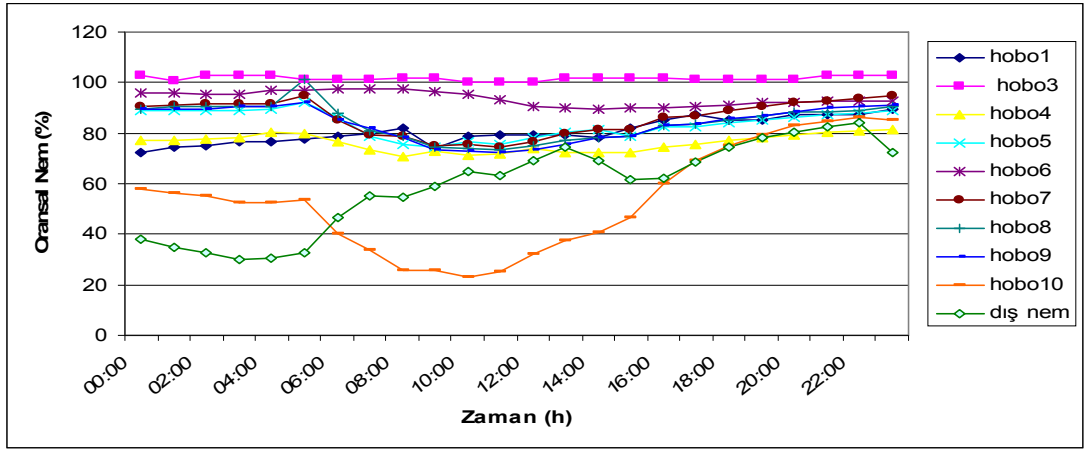


(b) 21 Temmuz 2009

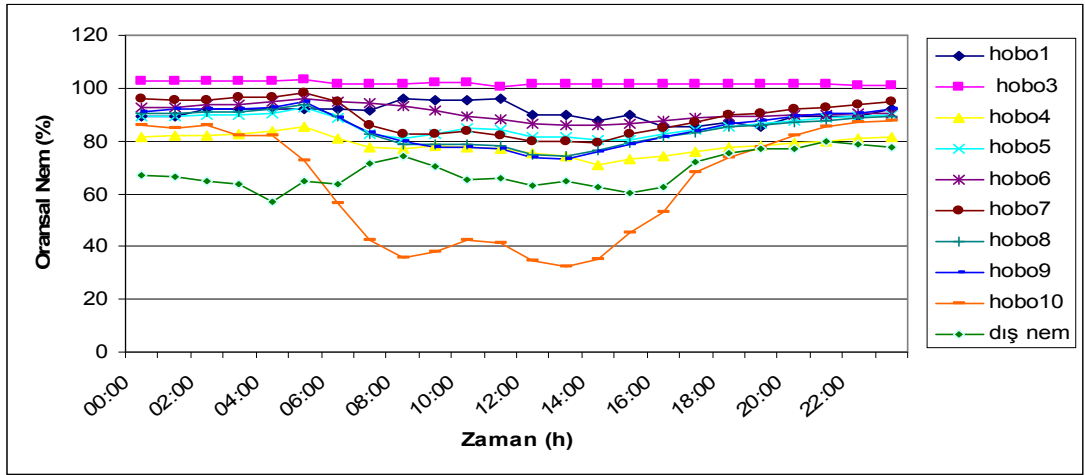


(c) 25 Temmuz 2009

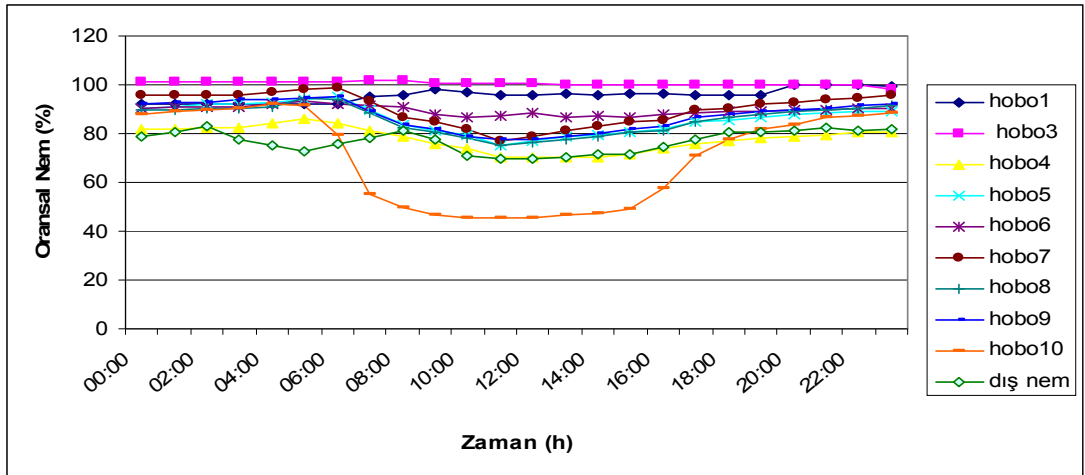
Şekil 4. 11. 18 Temmuz, 21 Temmuz ve 25 Temmuz 2009 tarihlerine ait oransal nem değişimleri.



29 Ağustos 2009  
(a)

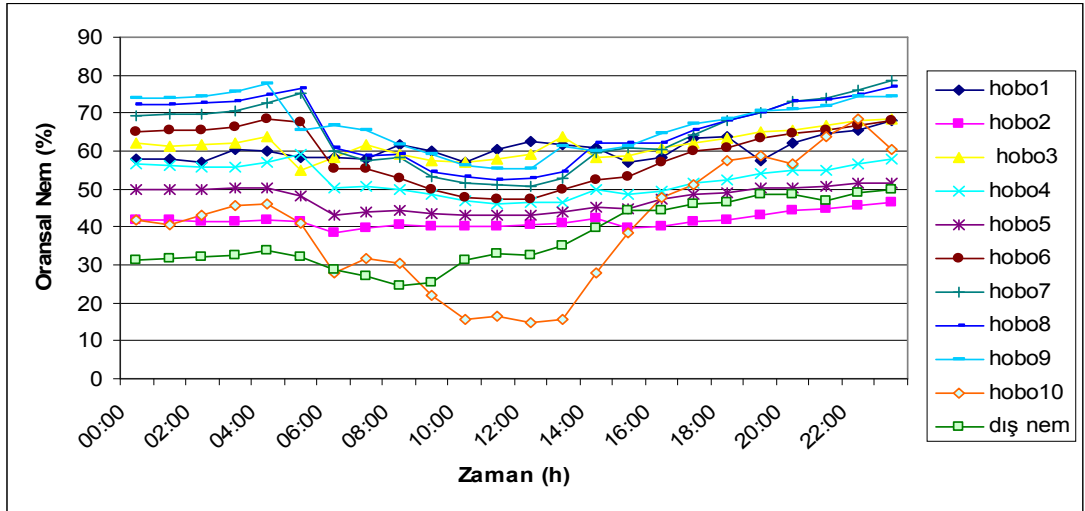


30 Ağustos 2009  
(b)

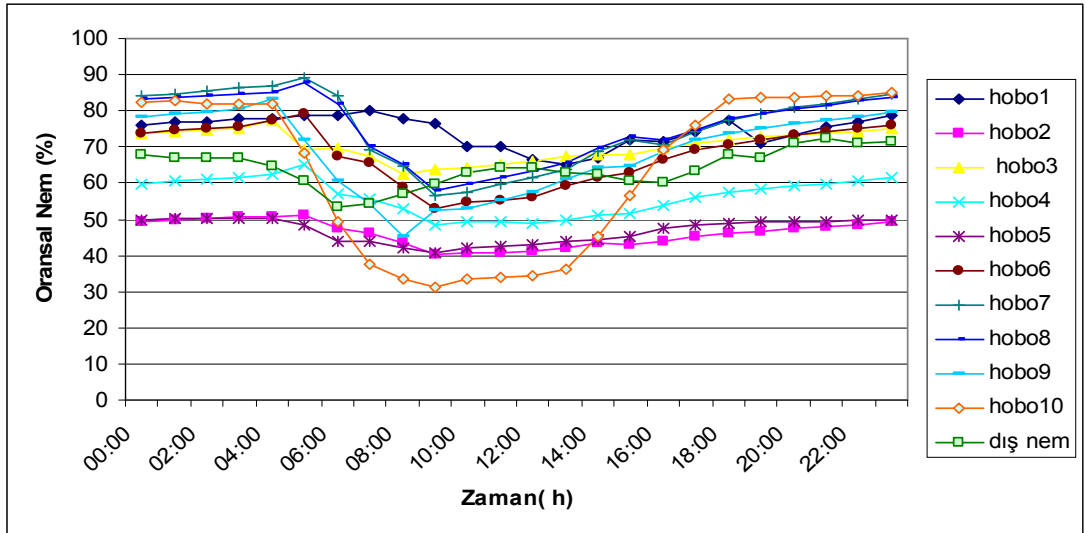


31 Ağustos 2009  
(c)

Şekil 4. 12. 29 Ağustos (a), 30 Ağustos (b) ve 31 Ağustos 2009 (c) tarihlerine ait sera içi oransal nem değişimleri.



28 Eylül 2009  
(a)



30 Eylül 2009  
(b)

Şekil 4. 13. 28 Eylül (a) ve 30 Eylül 2009 (b) günleri sera içi oransal nem değişimleri verilmektedir.

Araştırmaya ait oransal nem değerleri incelendiğinde ped önünde oransal nem değeri en düşük %53 en yüksek %100, orta sırada ise en düşük oransal nem değeri %50, en yüksek %87 ve fan önündeki oransal nem değeri en düşük %44 en yüksek %81 olarak gerçekleşmiştir.

## 5. SONUÇ

Örtü altı yetiştiriciliğinde, kontrol edilmesi gerekli en önemli faktörlerden biri olan yüksek sıcaklık, seralarda yapılan havalandırma ve serinletme sistemiyle kontrol altına alınabilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda sadece havalandırma yeterli olmayıp seralarda serinletme uygulamaları yapılmaktadır. Fan-ped sistemi de bu sistemlerden birisidir.

Bu araştırmada serinletme sistemlerinden olan fan-ped sistemi yardımıyla sera içi sıcaklıklarının bitkiler için önerilen düzeylere indirilmesine çalışılmıştır. Araştırma boyunca kontrol serasının iç sıcaklığının 45 °C'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Fan-ped sistemi ile çalıştırılan seranın kontrol serasına göre sıcaklık düşüşü, en sıcak gün olan 25 Temmuz'da sera içi ped önünde ortalama sıcaklık 17 °C, orta sırada ortalama sıcaklık 11 °C ve fan önündeki ortalama sıcaklık 9 °C kadar olduğu ve ped etkinliği ortama %50 olarak belirlenmiştir. Projeleme kriterlerine uygun olarak tasarlanmış bir serada ped etkinliğinin %70-80 arasında olması istenir (Montero vd., 1981). Oysa bizim araştırmamızda maksimum %63 olarak gerçekleşmiştir.

Ülkemizde seralarda iç sıcaklıkların 40 °C'nin üzerine çıktığı belirtilmektedir (Öztürk, 2003). Sera iç sıcaklıklarının üretim için uygun olan değerlere indirilmesinde havalandırma uygulamalarının yetersiz kalması, özel serinletme uygulamalarına başvurulması gerekmektedir (Mutaf, 1981; Mutaf ve Sönmez, 1984; Öztürk vd., 1989; Dağtekin vd., 1998; Kittas et al., 2001, 2003; Yağcıoğlu, 2005). Mekanik soğutma sistemlerinin kuruluş masraflarının yüksek olması nedeniyle, söz konusu seralarda, sisleme ve nemli yastıklı buharlaşmalı serinletme (fan-ped) uygulamaları yaygın kullanım alanı bulmaktadır (Mutaf, 1981; Dağtekin vd., 1998; Öztürk, 2003; Yağcıoğlu, 2005).

Sonuç olarak Antalya yöresi gibi sıcak iklim koşullarında uygulanan fan-ped serinletme sistemine sahip seralarda, iç ortam sıcaklıklarının sislemeyle birlikte daha çok düşürülebildiği anlaşılmıştır. İç ortam sıcaklıklarının ve fan-ped sisteminin etkinliğini arttırabilmesi için bazı özellikler göz önüne alınması gerekmektedir. Araştırmacılar fan-ped serinletme sisteminin etkinliğini belirleyen bazı faktörleri şu şekilde açıklamışlardır:

Anonymous, (1983) ve McNeill, (1983), tarafından yapılan bir araştırmada kullanılan ped yüzeyinin artması veya azalması, pedlerin ıslatılmasında kullanılan suyun akış debisinin az ya da çok olması serinletme etkinliğini etkileyebileceğini, Öztürk (2008), ise fan kapasitesi, fan ve ped ünitelerinin yerleşimi, Buffington vd. (1978) ve Kaydar (2007), ise yaptıkları bir çalışmada farklı ped malzemelerinin ve Simmons (1996), ise havanın pedden geçişteki hızı sistem etkinliğini etkileyen faktörler olarak bildirmişlerdir. Yağcıoğlu (2005), 1m<sup>2</sup> yastık alanının ortalama olarak 20-25 m<sup>2</sup>, Baytorun (1995), ise 20-30 m<sup>2</sup> sera taban alanı için yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Dolayısıyla seralarda fan-ped sisteminin etkin olarak çalışabilmesi için belirtilen özelliklerin yerine getirilmesi ile sağlanacağı kansısına varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Al-Amri, A.M.S. 2000. Comparative Use of Greenhouse Cover Materials and Their Effectiveness in Evaporative Cooling Systems Under Conditions in Eastern Province of Saudi Arabia, AMA Vol. 27.155-190.
- Albright, L. D. 1989. Environment Control for Animal and Plants. Published by Anonymous, 453 pp., American Society of Agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St Joseph.
- Anonymous, 1995. The greenhouse climate handbook, 1995. ACME Engineering and Manufacturing Corp. Box. 978. Muskagee, OK 74402.
- Anonim, 2006. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Ankara.
- Anonymous, 1983. Ventilation of Agricultural Structures (Edited: Mylo A. Hellickson and John N. Walker). Anonymous Monograph Numbers:6, St. Joseph, Michigan.
- Anonymous, 1994. Plants: Greenhouses, Growth Chambers and Other Facilities, Anonymous Fundamentals Handbook (SI).
- Baytorun, N., 1995. Seralar, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 110.
- Bot, G. P. A. 1993. Physical modeling of greenhouse climate. The computerized greenhouse: automatic control application in plant production: 51-73, (Edited by; Y.Hashimoto, G.P.A. Bot, Day W., H.J. Tantau, H. Nonami), Academic Press, Inc.
- Bot, G. P. A., Challa, H., Van de Braak, 1995. Greenhouse Climate Control: An Integrated Approach. Wageningen Pres, ISBN 90-74134-17-3, 279 pp.
- Bucklin, R.A., Hanley, R.W., McConnell, D.B., 1993. Fan and Pad Greenhouse Evaporative Cooling Systems, University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, Circular 1135p.
- Buffington, D.E., Skinner, T. C., Collette B., Borer D., 1978. Evaporative Cooling for Hot, Humid Climates. Paper Presented at the Scutheast-Scuthwest Regional Meeting of Anonymous at Huston, TX. February 5-8.
- Ciolkosz, D. E., Albright, L. D., 2000. Use of Small-Scale Evaporation Pans for Evaluation of Whole plant Evapotranspiration. Transactions of the Anonymous, 43(2): 415-420.
- Coşkun, M., Filiz, M., 1997. Sera İçi Kliması Düzenleme İlkeleri ve Bu Konuda Gelişen Teknolojiler Üzerine Araştırmalar. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Bursa, 666-674.

- Critten, D.L., 1988. Direct Sunlight Losses in North-South Aligned Multispan Greenhouse with Symmetric Roofs at UK Latitudes. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 40 (1): 71-79p.
- Cruz, V.F., M., Perissinotto, E.M., Lucas, D.J, De Moura, 2006. Efficiency evaluation of pad cooling systems design with different pad materials. XVI. CIGR World Congress, AgEng Bonn 2006, Book of Abstracts, P:403-404.
- Çolak A., 2002. Sera İçi Kliması ve Otomasyon Muğla Üniversitesi Ortaca Meslek Yüksekokulu Yayınları:01.
- Dağtekin M, Gürdil G. A. K., Yıldız Y, Uluocak A. N., 1998. Kümeslerde buharlaştırılmalı serinletme sisteminde, (fan-ped) kullanılan farklı tip pedlerin etkinliğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi. Proceedings book, 850-857.
- Doğan, M., 2004. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi, Fethiye Ovasında Seracılık ve Önemi, (12):85-95 İstanbul.
- Duncan, G.A., et al. 1983. Ventilation Systems For Greenhouse Structures. Ventilation of Agricultural Structures. Ed. by. Hellickson M.A., Walker, J.N. ASAE. St. Joseph, Michigan 49085, 281-300.
- Filiz, M., 2001. Sera İnşası ve Kliması. Üniversite Kitapları Akademi Kitapevi. İzmir.
- Giacomelli, G.A., 1993. Evaporative cooling for temperature control and uniformity, In 'Proceedings of ISHS International Workshop on cooling Systems for Greenhouses' Tel-Aviv, Israel.
- Hellickson, M. A., J. N. Walker, 1983. Ventilation of Agricultural Structures. Published by: Anonymous, 372 pp., American Society of Agricultural Engineers 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 49085-9659 USA.
- Kaydar, Z., 2007 Çukurova Bölgesinde Bir Etlik Piliç Kümesinde Bulunan Pedli Evaporatif Serinletme Sisteminin Serinletme Etkinliği ve Sağlanan Sıcaklık Düşmesi Değerlerinin Belirlenmesi. Adana.
- Kittas, C., Bartzanas, T., Jaffrin, A., 2001. Greenhouse evaporative cooling: measurement and data analysis. *Transactions of the Anonymous*, 44(3): 683-689.
- Kittas C, T Bartzanas, Jaffrin, A., 2003. Temperatures Gradients in a Partially Shaded Large Greenhouses Equipped With Evaporative Cooling Pads. *Biosystems Engineering* 85(1):87-94.
- Koca, R.W., Hughes, W.C., Christianson, L.L., 1991. Evaporative cooling pads: test, procedure and evaluation. *Applied Engineering in Agriculture*, 7(4):485-490.

- Li, S., 2007. Comparing The Performance of Naturally Ventilated and Fan Ventilated Greenhouses. Biological and Agriculture Engineering Raleigh, Nc, 234p.
- McNeill, S. G., R.L. Fehr, J. N. Walker, Parker G. R., 1983. Performance of Evaporative Coolers for Mid-South Gestation Housing. Transaction of the Anonymous, 26(1):219-222.
- Mutaf S. 1981. Açık Kümeslerde Su Püskürtme ile Serinletmenin Kümes İçi Çevre Koşullarına Etkisi. Doğa Bilim Dergisi. Veteriner Hayvan/Tarım Ormancılık. Cilt(5):30-39.
- Mutaf S, R Sönmez 1984. Hayvan Barınaklarında İklimsel Çevre ve Denetimi. E.Ü.Z.F. Yayınları No:438, Bornova-İzmir.
- Montero, J.I., Short, T.H., Curry, R.B., Bauerle, W.L. 1981. Influence of Evaporative Cooling Systems on Greenhouses Environment. Anonym paper No. 81-4027, ASEA, St. Joseph, MI 49085.
- Nelson P. V., 1978. Greenhouse operation and management. Reston Pub. Comp. Inc. A Prentice Hall Comp. Reston, Virginia.
- Öz, H., 2007. Isparta Yöresindeki Seralarda Fan-ped Sisteminin Etkinliğinin Belirlenmesi. Yüksel Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilimdalı, Isparta.
- Öztürk, H.H., Yıldız, O., Başçetinçelik, A., 1989. Seralarda nemlendirme Havalandırma Sisteminin Etkinliğinin Saptanması. Ç.Ü. Zir. Fak. Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Adana.
- Öztürk, H.H., Başçetinçelik, A. 2002. Seralarda Havalandırma. Türkiye Ziraat Odası Birliği Yayınları, No: 227, Ankara.
- Öztürk H. H., 2003. Evaporative Cooling Efficiency of a Fogging System for Greenhouses. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27(1), 49-57.
- Öztürk, H.H., 2004. Venlo Tip Cam Serada Nemlendirmeli Serinletme Etkinliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. 22. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 08-10 Eylül 2004, Aydın.
- Öztürk, H.H., 2008. Sera İklimlendirme Tekniği. Hasad Yayıncılık Haziran 2008, İstanbul.
- Renard, W., Stein, J., 1962. Betrachtungen zur Verdunstungskühlung in Gewachshausern. Die Deutsche Gartenbauwirtschaft.
- Scarborough, J. N., Coolings, N.E., Duffy, 1988. Misting Effects on Poultry Litter Wetting. Applied Engineering in Agriculture.
- Seçim, H. 1995. Seracılık. Anadolu Üniversitesi Yayın No:865, Eskişehir.

- Simmons, J. D., Lott B. D., 1996. Evaporative cooling Performance Resulting from Changes in Water Temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, 12(4):497-500.
- Stanghellini, C., 1987. *Transpiration of Greenhouses Crops: An Aid to Climate Management*. Wageningen Agriculture University, Wageningen, Netherlands.
- Van de Muyzenberg, E. W. B., 1980. *A History Greenhouse*. IMAG-DLO, Wageningen, pp. 291.
- Walker, J.N., Duncan G.A. 1975. *Air Circulation in Greenhouses*. Cooperative Extension Service, AEN-18, University Kentucky, Collage of Agriculture, Lexington.
- Willits D.H., 2003. Cooling Fan-Ventilate Greenhouses: a Modeling Study, *Biosystems Engineering*, 84(3):315-329.
- Wiersma, F., Stott, G.H., Lough, O. 1972 *Consider Cooling Possibilities: The Practical Aspects of Cooling Daily Cattle*, Publication P-25, The University Arizona.
- Yağcıgölu, A., 2005. *Sera Mekanizasyonu Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No, 562 Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir*.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Fatma Gül ERBİL

Doğum Yeri ve Yılı: BURSA 06.12.1984

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Bursa Atatürk Lisesi 1998-2002

Lisans: S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü 2003-2008

Yüksek Lisans: S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Yayımları (SCI ve diğer makaleler)

1-

2-

3-

