



Determination of the suitability of some local materials as cooling pad in greenhouses

Seralarda soğutma pedi olarak bazı yerel malzemelerin uygunluklarının değerlendirilmesi

Sedat BOYACI¹, Adil AKYÜZ²

¹Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Kırşehir, Turkey.

²Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Kahramanmaraş, Turkey.

MAKALE BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Makale tarihçesi / Article history:

Geliş tarihi /Received:12.11.2019

Kabul tarihi/Accepted:16.12.2019

Keywords:

Greenhouse, cooling pad, local material, cooling, cooling effect.

Corresponding author: Sedat BOYACI

✉: sedat.boyaci@ahievran.edu.tr

Ö Z E T / A B S T R A C T

Aims: In this study, it is aimed to determine the cooling efficiencies, cooling capacity and water consumption of the local materials that can be used as an alternative to commercial pads in the cooling of greenhouses and their use with the shading net.

Methods and Results: In this study, natural ventilation and natural ventilation+shading net applications were found to be inadequate in reducing indoor temperature values and the necessity of evaporative cooling systems was revealed. Then, as a cooling material, celdek pad, grater shavings, straw, and combinations of materials with shading net were used to increase system efficiency. According to the results, the highest cooling efficiency in celdek pad is 56.722%, but this ratio increased to 67.45% when used with shading net. While the highest cooling efficiency in straw application was 29.96%, this ratio reached 32.77% when used with straw+shading net. While the highest cooling efficiency in grater shavings was 41.08%, this ratio reached 44.44% when used with grater shavings+shading net.

Conclusions: As a result of the study, it was determined that commercially produced celdek pads give more positive results in lowering greenhouse temperatures. It has been determined that the reason for the decrease in the success rate of the local materials is that the dry air taken from the outdoor environment does not transmit enough air through the cooling pads into the greenhouse and consequently the cooling efficiency of the local materials is reduced.

Significance and Impact of the Study: In our country, which is one of the important greenhouse centers of the world, it is very important to reduce the high temperatures occurring during the summer months and to increase the low relative humidity values for an economical production. With cooling applications, yield losses will decrease in the face of increasing temperatures and farmer income level will increase and our competitiveness in greenhouse cultivation will increase in the world.

Atif / Citation: Boyacı S, Akyuz A (2019) Determination of the suitability of some local materials as cooling pad in greenhouses. *MKU. Tar. Bil. Derg.* 24 (Özel Sayı) :257-268

GİRİŞ

Yaz mevsiminde sera iç ortamında aşırı sıcaklık artışı önlemek için serinletme uygulanması gerekir. Serada doğal havalandırmayla ulaşılabilen değerlerden daha

düşük iç ortam sıcaklığı istenildiğinde, seraya giren hava sıcaklığını azaltmak ve oransal nem oranını artırarak bitki su stresini önlemek için, nemlendirmeli serinletme sistemleri kullanılır. Serinletme uygulamaları için, iç ortam sıcaklığını azaltan ve oransal nem oranını artıran

su buharlaştırmalı sistemler, mekanik (soğutucu) sistemlerden daha uygundur (Öztürk, 2004). Serin iklim bölgelerinde yaz sıcaklıkları, sıcak iklim bölgelerindeki yaz sıcaklığına oranla daha düşük olur. Bu nedenle seraların fan ped sistemiyle 10-12°C kadar soğutularak, sera sıcaklığının dış hava sıcaklığının altına düşmesi sağlanarak yazın da seralarda üretime devam edilebilmektedir (Atılğan ve Öz, 2007). Ancak, bu sistemlerde ticari olarak kullanılan serinletme pedlerinin maliyetinin yüksek olması nedeniyle özellikle kırsal kesimde bulunan tarımsal yapılar için uygun yerel malzemelerin performansını değerlendirme çalışmalarına ihtiyaç vardır (Elmsaad ve Omran, 2015). Bu amaçla yapılan çalışmalarda, Gunhan ve ark. (2007) Türkiye’de soğutma pedleri için bazı yerel malzemelerin uygunluklarını belirledikleri çalışmalarında, celdek ped materyaline alternatif olarak (pomza taşı, volkanik tüf ve gölgeleme tülü) kullanmışlardır. Dört farklı hava hızında (0.6, 1.0, 1.3 ve 1.6 m sn⁻¹), dört farklı (1.0, 1.25, 1.5 ve 1.75 l dak⁻¹) akış oranında ve üç farklı (50, 100 ve 150 mm) kalınlıkta test etmişlerdir. Çalışma sonucunda 0.6 m s⁻¹ deki havalandırma hızlarında volkanik tüf materyalin celdek pede iyi bir alternatif olacağını bildirmişlerdir. Ahmed ve ark. (2011) Sudan’da soğutma pedleri için üç farklı yerel malzemenin uygunluklarını araştırdıkları çalışmalarında üç farklı ped materyali (celdek ped, anız ve talaş) kullanmışlardır. Aynı zamanda bitki materyali olarak hıyar bitkisi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, talaş ile serinletilen serada en yüksek verime ulaşırken, anız sapları ile serinletilen serada en düşük verimi almışlardır. Elmsaad ve Omran (2015) Sudan’da soğutma pedleri için bazı yerel malzemelerin uygunluklarını belirledikleri çalışmalarında, 3 farklı ped kalınlığı (50, 100, ve 150 mm) ve 5 farklı (0.7, 1.0, 1.5, ve 1.75 m s⁻¹) havalandırma hızı kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan materyaller ile serinletme etkinliği arasında önemli bir fark belirlemişlerdir. Buna göre kabak lifinde ortalama doygunluğu %73.67, anız artıkları ped te %71.87, celdek ped te %70.33 ve çuval bezinde %69 olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, kabak lifi materyalinin diğer materyallere göre daha iyi sonuçlar verdiği ve ped materyali olarak kullanım potansiyeli bulunduğunu belirtmişlerdir. Helmy ve ark. (2013) Mısır’da alternatif ped materyali kullandıkları çalışmalarında, 3 farklı ped materyali (*Cyperus Alopecuroides* Rottb (Samar), *Cyperus Alternifolius* (Japon Şemsiyesi) ve *Cyperus Rotundus* L (Topalak) kullanmışlardır. Serinletme etkinliklerini 15 cm ped kalınlığı ve 0.45 m s⁻¹ lik hızlarda topalak, japon şemsiyesi ve samar da sırasıyla %88.4, 83.1 ve 79.6 olarak belirlemişlerdir. Ped materyali olarak topalak’ın yüksek etkinlik göstermesinden dolayı alternatif ped materyali

olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Kulkarni ve ark. (2015) Hindistan’da yeni serinletme materyallerini araştırdığı çalışmalarında, hindistan cevizi lifi ve kenevir bitkisine kil karıştırarak celdek pedler ile karşılaştırma yaptıkları çalışmalarında, hindistan cevizi life ve kil karışımının celdek pedlere göre performans, ilk yatırım, bakım ve onarımda daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Jain ve Hindoliya (2014) Hindistan’da laboratuvar koşullarında yapmış oldukları çalışmalarında, 4 farklı ped materyalini (aspen, kenevir lifleri, hindistan cevizi lifleri, palash ağacı) teste tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda, plash ağacı liflerinin, aspen ve kenevir liflerine göre farklı hava hızlarında en yüksek doygunluğa ulaştığı belirtmişlerdir. Alodan ve Al-Faraj (2005) Suudi Arabistan’da yapmış oldukları çalışmalarında ticari selüloz ped ile karşılaştırıldığında selüloz olmayan pedlerin %73-%89 arasında serinletme etkinliği olduğunu belirtmişlerdir.

Buna göre çalışmada, seraların serinletilmesinde ticari pede (celdek), alternatif olarak kullanılabilecek yerel malzemelerin (rende talaşı ve saman) ve bunların gölgeleme tülü ile birlikte kullanımında uygulamaların serinletme etkinlikleri, soğutma kapasitesi ve su tüketim miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, 2019 yılı Haziran-Ağustos ayları arasındaki farklı günlerde taban alanı 3mx5m ve yüksekliği 2 m olan tünel serada yürütülmüştür. Örtü malzemesi olarak polietilen plastik ve iç ortam sıcaklık değerini düşürmek amacıyla ilk olarak doğal havalandırma (DH) ve doğal havalandırma+gölgeleme tülü (DH+GT) uygulamaları yapılarak bu uygulamaların sıcaklıkların yükseldiği dönemlerde bitki yetiştiriciliği için elverişsiz sera iç ortam sıcaklık değerleri oluşturduğu belirlenmiş ve evaporatif serinletme sistemlerinin gerekliliği ortaya konulmuştur. Daha sonra serinletme materyali olarak 45x45x3 cm kalınlığında celdek ped, rende talaşı ve saman olmak üzere 3 farklı materyal kullanılmıştır. Ayrıca sistem etkinliğini arttırmak amacıyla sera üzerinde gölgeleme tülü ile kombinasyonları kullanılarak 6 farklı uygulama denemeye alınmıştır. Bu uygulamalar, ticari olarak yaygın şekilde kullanılan celdek ped (CP), celdek ped+gölgeleme tülü (CP+GT), yerel malzeme olarak saman (S), saman+gölgeleme tülü (S+GT) ve rende talaşı (RT), rende talaşı+gölgeleme tülü (RT+GT) dır. Sistem performansını belirlemek amacıyla gün içerisinde 09:00-17:00 saatleri arasında sera içerisinde ve dışında her 30 dakikalık aralıklar ile sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) ölçümleri hobo marka sıcaklık ve nem ölçer ile, radyasyon ölçümleri (W m⁻²) apogee pyranometre

sensörü ile rüzgar hızı ($m s^{-1}$) ise benetech marka anomometre ile yapılmıştır. Ölçümler sera dışında 1 adet, sera içerisinde ise ped önünde, seranın ortasında ve kapı önünde 1 er adet olmak üzere toplam 4 ölçüm noktasından alınmıştır. Serinletme materyallerinden rende talaşı ve samanda meydana gelecek dökülmeleri önlemek ve küçük parçacıkların düşmesini engellemek amacıyla malzemeler file içerisinde sulu klima içerisine yerleştirilmiştir. Klima 3 yanı kuru havanın malzeme ile temasını sağlayacak şekilde açık ve bir yüzünde hava çıkışı olacak şekilde dizayn edilmiştir. Sistemin altında bir su deposu mevcut olup su bir pompa yardımıyla pedlere verilmiştir. Pedlerden süzülen su tekrar depoya gelecek şekilde sisteme devir daim yaptırılmıştır. Sistemde, eksilen su miktarı sistemin çalıştırıldığı saat 09:00-17:00 arasında kayıt altına alınarak günlük tüketilen toplam su miktarı belirlenmiştir. Bu malzemelerin serinletme materyali olarak değerlendirilmesinde aşağıda belirtilen yöntem ve eşitlikler kullanılmıştır. Sistemin serinletme etkinliği Eşitlik 1 yardımıyla belirlenmiştir (Maurya ve ark., 2014).

$$\eta = \frac{[t_d - t_i]}{[t_d - t_{wb}]} \times 100 \quad \text{Eş. (1)}$$

Eşitlikte; η = Serinletme etkinliği (%), t_d = Dış havanın kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$), t_i = İç hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), t_{wb} = Dış havanın yaş termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$), dır. Evaporatif serinletme pedinin soğutma kapasitesi Eşitlik 2 yardımıyla belirlenmiştir (Maurya ve ark., 2014).

$$Q_c = M_a \times C_{pa} \times [t_d - t_i] \times 3.6 \quad \text{Eş. (2)}$$

Eşitlikte; Q_c = Soğutma kapasitesi ($kJ sa^{-1}$), t_d = Dış havanın kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}C$), t_i = İç hava sıcaklığı ($^{\circ}C$), M_a =Havanın kütleli akış hızı ($kg s^{-1}$), C_{pa} = Havanın özgül ısı ($J kg^{-1}^{\circ}C^{-1}$)

Havanın özgül nemi ve havanın kütleli akış hızının bir fonksiyonu olan su tüketim oranı Eşitlik 3 yardımıyla belirlenmiştir (Maurya ve ark., 2014).

$$Q_{\omega} = M_a [\omega_o - \omega_i] \times 3600 \quad \text{Eş. (3)}$$

Eşitlikte; Q_{ω} = Su tüketim oranı ($kg sa^{-1}$), M_a = Havanın kütleli akış hızı ($kg s^{-1}$), ω_i = Dış ortam havasının pedden girmeden önceki özgül nemi ($kg kg^{-1}$), ω_o = Dış ortam havasının pedden çıktıktan sonraki özgül nemi ($kg kg^{-1}$)

BULGULAR ve TARTIŞMA

Doğal havalandırma ve gölgeleme tülü uygulamaları

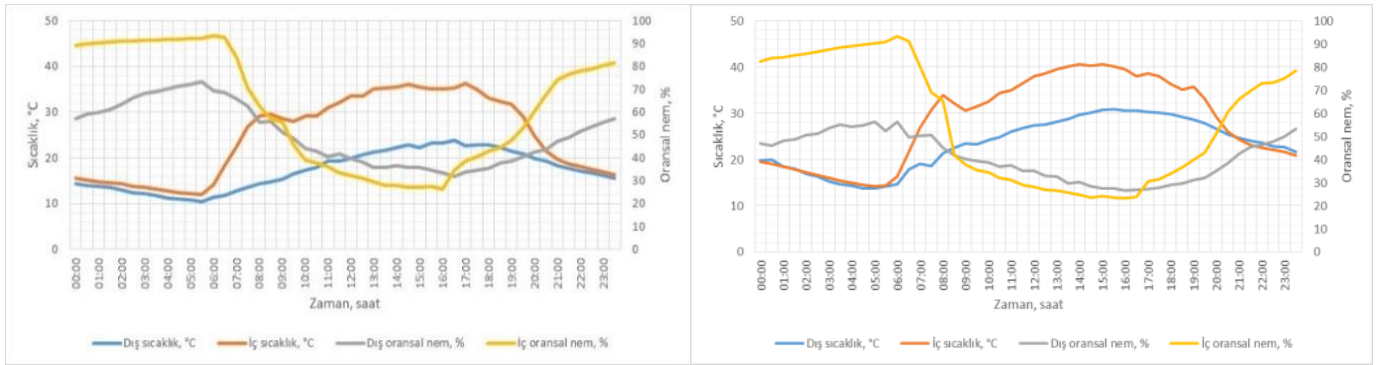
Çalışmada, Doğal havalandırma (DH) ve Doğal havalandırma+Gölgeleme tülü (DH+GT) uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 1’de, sıcaklık ve oransal nem ilişkisi Şekil 1’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında DH uygulaması yapılan bir günde Δt (iç-dış) sıcaklık farkının -12,63 $^{\circ}C$ olduğu, DH+GT uygulaması yapılan bir günde ise Δt (iç-dış) sıcaklık farkının -9,48 $^{\circ}C$ olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise DH uygulaması yapılan bir günde Δrh (iç-dış) sıcaklık farkının %-4,88 olduğu, DH+GT uygulaması yapılan bir günde ise Δrh (iç-dış) sıcaklık farkının -4,24 $^{\circ}C$ olduğu görülmüştür. DH uygulaması yapılan bir günde sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %74,46 iken DH+GT uygulaması yapılan bir günde sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %42,52 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Doğal havalandırma uygulaması yapılan saatlerdeki iklim değerleri

UYGULAMALAR		Dış			İç		
		Sıcaklık, $^{\circ}C$	Oransal nem, %	Radyasyon, $W m^{-2}$	Sıcaklık, $^{\circ}C$	Oransal nem, %	Radyasyon, $W m^{-2}$
DH	Min.	15.39	31.78	525.95	27.93	26.57	336.89
	Ort.	20.58	38.92	843.30	33.21	34.04	627.88
	Mak.	23.91	51.32	1013.10	36.26	55.60	848.31
DH + GT	Min.	23.33	26.58	521.10	30.65	23.37	235.10
	Ort.	27.85	32.50	834.18	37.33	28.26	354.72
	Mak.	30.93	40.31	1001.00	40.66	37.72	484.74

Serada yetiştiriciliği yapılan bitkiler 17-27 $^{\circ}C$ sıcaklık değerlerine adapte olmuşlardır. Bunun yanında iç ortam oransal nem değerinin %80 civarında olması istenir (Zabeltitz, 1994). Ancak yapılan her iki uygulamadan da görüleceği üzere iç ortam sıcaklık ve oransal nem değerlerinin bitki yetiştiriciliği için gerekli olan optimum sıcaklık ve nem değerlerinden uzak olduğu

görülmektedir. Bu günlerde yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem değerlerinde bitkilerin çiçek bağlaması verim ve gelişim parametrelerinde sorunlar yaşanacağı açıktır. Bu günlerde iç ortam sıcaklık değerini düşüren ve iç ortam oransal nem değerlerini artıran su buharlaştırma sistemleri tercih edilmelidir.



Şekil 1. DH ve DH+GT uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem ilişkisi

Evaporatif Serinletme Uygulamaları

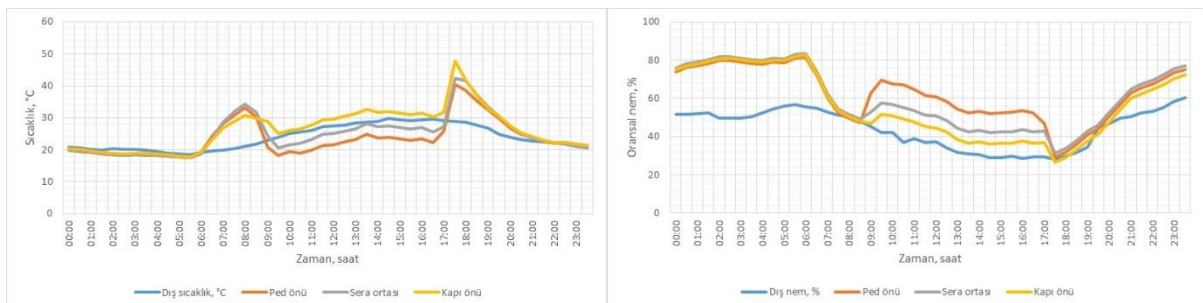
Çalışmada, doğal havalandırma ve doğal havalandırma+gölgeleme tülü uygulamalarında iç ortam sıcaklık değerlerinin düşürmede yetersiz kalması nedeniyle evaporatif serinletme sistemlerinin kullanılma gereği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla, 3 adet serinletme materyali ve bu materyallerin gölgeleme tülü ile birlikte uygulanması olmak üzere 6 farklı uygulama yapılmıştır. Bu uygulamalardan elde edilen ölçüm sonuçları ortaya konularak sistemlerin serinletme etkinliği, soğutma kapasitesi ve günlük su tüketim miktarları belirlenmiştir.

Celdek ped uygulaması

Celdek ped uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 2'de sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi ise Şekil 2'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında celdek ped uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 27.56 °C iken ped önünde sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δt (iç-dış) sıcaklık farkının sırasıyla -5.43°C, -2.23°C ve 2.27°C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal nem değeri %34.27 iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δrh (iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla %23.57, %13.57 ve %7.57 olduğu, sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı ise %73.47 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	27.56	22.13	25.33	29.83
ΔT , °C		-5.43	-2.23	2.27
Oransal nem, %	34.27	57.84	47.84	41.84
ΔRH , %		23.57	13.57	7.57
Radyasyon, W m ⁻²	826.47		607.21	
ΔR , W m ⁻²		219.27		



Şekil 2. Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 2.22-7.46°C

arasında ortalama 5.43°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %22.77-56.72 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %41.90 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Celdek ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	23.04	27.56	29.74
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	13.29	14.50	14.98
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	18.19	22.13	25.81
İç sıcaklık, °C	T _i	18.19	25.77	32.77
Soğutma etkisi, °C	Δt	2.22	5.43	7.46
Soğutma etkinliği, %	η%	22.77	41.90	56.72

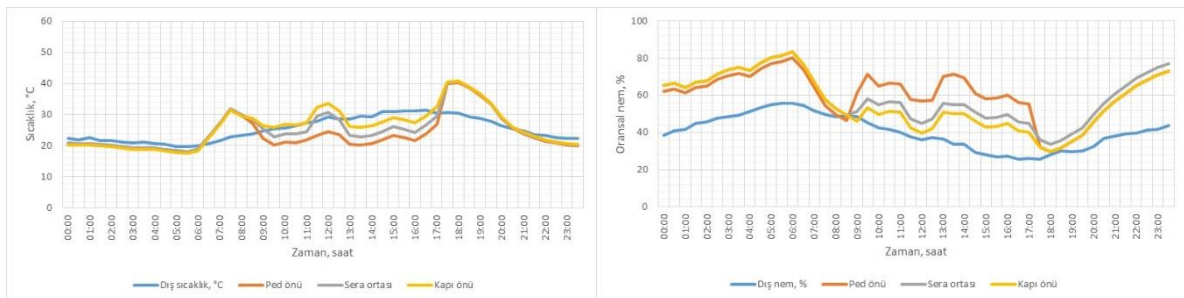
Celdek ped uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=9221.45 \text{ kJ h}^{-1}$ (2.56 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=27.82 \text{ l gün}^{-1}$ (2.87 l sa^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %4 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması

Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri

Çizelge 4. Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	28.76	22.31	25.56	28.44
ΔT, °C		-6.45	-3.20	-0.32
Oransal nem, %	35.04	62.47	51.15	46.15
ΔRH, %		27.43	16.12	11.12
Radyasyon, W m ⁻²	780.00		314.36	
ΔR, W m ⁻²		465.64		



Şekil 3. Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Celdek ped ve gölgeleme uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 2.22°C-9.61°C arasında ortalama 6.45°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %22.94-%67.45 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %47.69 olduğu belirlenmiştir

Celdek ped ve gölgeleme uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=10895.47 \text{ kJ sa}^{-1}$ (3.03 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=26.45 \text{ l gün}^{-1}$ (2.94 l sa^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %5 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Celdek ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	24.63	28.76	31.51
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	14.71	15.41	16.02
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	20.20	22.31	26.82
İç sıcaklık, °C	T _i	20.20	25.44	33.66
Soğutma etkisi, °C	Δ _t	2.22	6.45	9.61
Soğutma etkinliği, %	η%	22.94	47.69	67.45

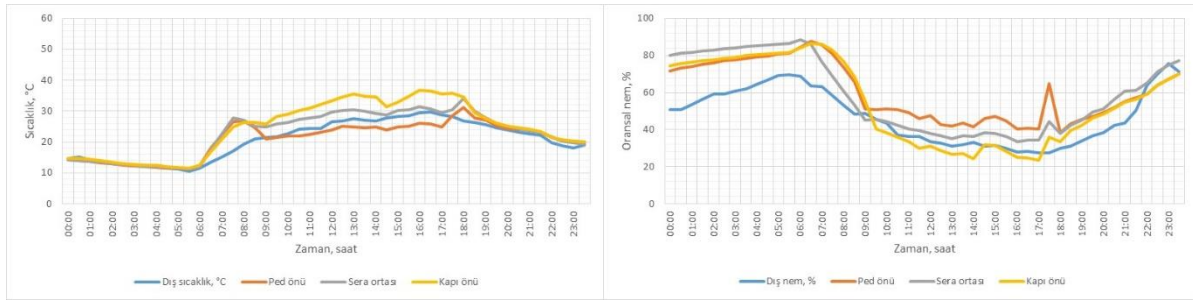
Saman ped uygulaması

Saman ped uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 6'da sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi ise Şekil 4'te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında saman ped uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 26.26°C iken ped önünde sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δ_t(iç-dış) sıcaklık farkının sırasıyla -2.33°C,

2.62°C, 6.51°C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal nem değeri %34.57 iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δrh_(iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla %11.10, %4.06 ve %-2.92 olduğu, sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranının ise %70.92 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6. Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	26.26	23.93	28.88	32.77
ΔT, °C		-2.33	2.62	6.51
Oransal nem, %	34.57	45.67	38.63	31.61
ΔRH, %		11.10	4.06	-2.96
Radyasyon, W m ⁻²	797.25		565.43	
ΔR, W m ⁻²			231.81	



Şekil 4. Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 0.26°C - 4.09°C arasında ortalama 2.33°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %2.82-%29.96 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %17.53 olduğu belirlenmiştir

Saman ped uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=3968.30 \text{ kJ sa}^{-1}$ (1.10 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=24.28 \text{ l gün}^{-1}$ (2.70 l sa⁻¹) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %4 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir

Çizelge 7. Saman ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	21.39	26.26	29.64
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	12.44	13.68	14.82
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	21.10	23.93	26.13
İç sıcaklık, °C	T _i	21.10	28.52	36.67
Soğutma etkisi, °C	Δt	0.26	2.33	4.09
Soğutma etkinliği, %	η%	2.82	17.53	29.96

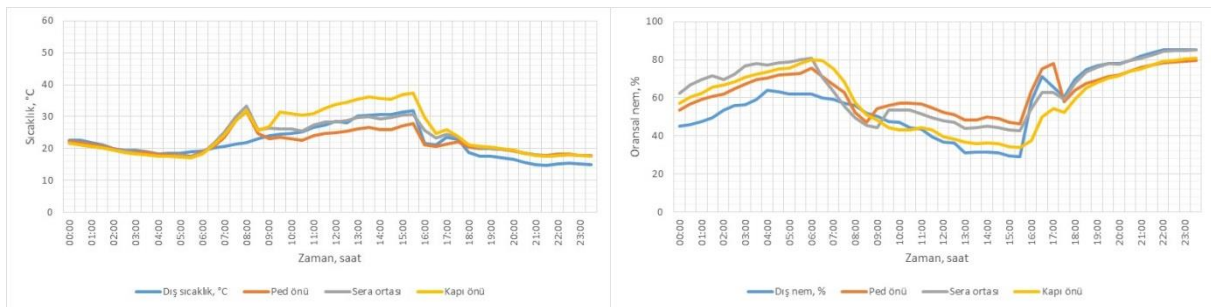
Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması

Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 8’de sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi ise Şekil 5’te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 27.09°C iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δt_{(iç-}

dış) sıcaklık farkının sırasıyla -2.71°C, 0.60°C, 5.23°C olduğu görülmüştür. Dış ortamda ölçülen ortalama oransal nem değeri %42.62 iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δrh_(iç-dış) oransal nem farkının sırasıyla %13.03, %7.13 ve %-1.42 olduğu sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %40.70 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 8. Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	27.09	24.38	27.69	32.32
ΔT, °C		-2.71	0.60	5.23
Oransal nem, %	42.62	55.66	49.75	41.20
ΔRH, %		13.03	7.13	-1.42
Radyasyon, W m ⁻²	705.87		287.28	
ΔR, W m ⁻²		418.59		



Şekil 5. Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 9’da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 0.46°C -4.79°C arasında ortalama 2.71°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %7.10-%32.77 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %22.00 olduğu belirlenmiştir.

Saman ped ve gölgeleme tülü uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=4587.09 \text{ kJ sa}^{-1}$ (1.27 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=25.40 \text{ l gün}^{-1}$ (2.82 l sa⁻¹) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %2 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 9. Saman ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	21.06	27.09	31.94
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	14.34	15.53	16.83
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	20.60	24.38	27.74
İç sıcaklık, °C	T _i	20.60	28.13	37.29
Soğutma etkisi, °C	Δ _t	0.46	2.71	4.79
Soğutma etkinliği, %	η%	7.10	22.00	32.77

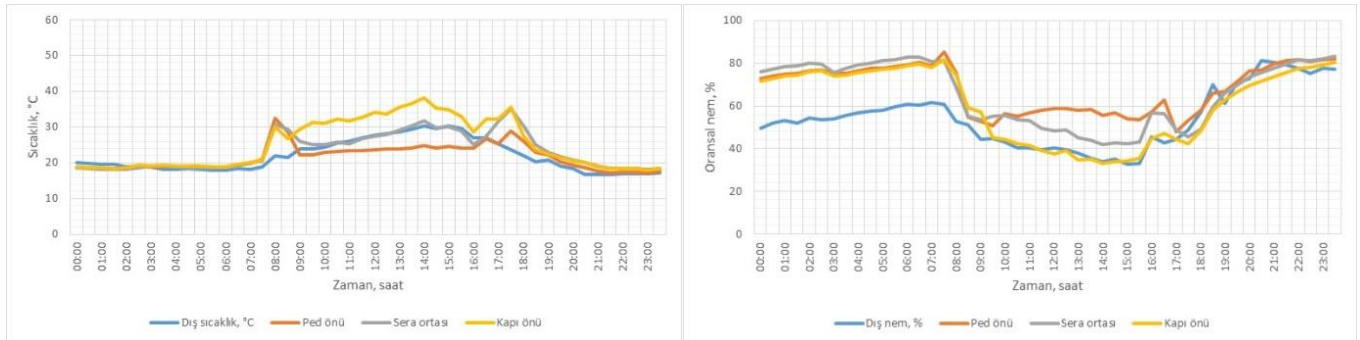
Rende Talaşı ped uygulaması

Talaş ped uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 10'da sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi ise Şekil 6'da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında talaş ped uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 27.26°C iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen Δ_{t(iç-dış)} sıcaklık farkının sırasıyla -3.34°C,

0.55°C, 5.82°C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal değeri %39.64 iken ped önünde orta ve kapı önünde, sera ortasında ortalama oransal nem değerleri sırasıyla Δrh_(iç-dış) %56.01, %49.39 ve %40.54 olarak, sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %72.84 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 10. Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	27.26	23.92	27.81	33.09
ΔT, °C		-3.34	0.55	5.82
Oransal nem, %	39.64	56.01	49.39	40.54
ΔRH, %		16.37	9.75	0.90
Radyasyon, W m ⁻²	687.61		500.85	
ΔR, W m ⁻²		186.76		



Şekil 6. Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 11'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin soğutma etkisi 0.09°C –

5.64°C arasında ortalama 3.34°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %0.88-%41.08 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %26.63 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 11. Talaş ped uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T _o	23.83	27.26	30.34
Islak termometre sıcaklığı, °C	T _{wb}	13.74	15.27	16.27
Ped önü sıcaklık, °C	T ₁	22.15	23.92	26.78
İç sıcaklık, °C	T _i	22.15	28.27	38.09
Soğutma etkisi, °C	Δ _t	0.09	3.34	5,64
Soğutma etkinliği, %	η%	0.88	26.63	41.08

Talaş ped uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=5656.21 \text{ kJ sa}^{-1}$ (1.57 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=26.71 \text{ l gün}^{-1}$ (2.97 l sa^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %2 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

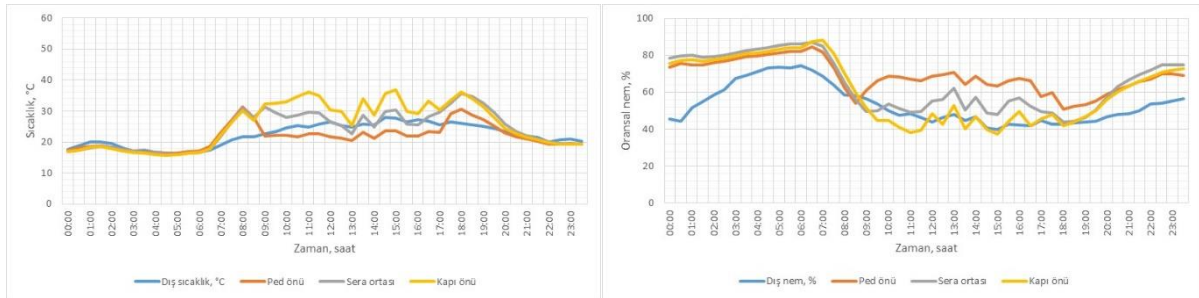
Rende Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması

Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan serada ölçülen sıcaklık, oransal nem ve radyasyon değerleri Çizelge 12’de sıcaklık ve oransal nem değerlerinin

değişimi ise Şekil 7’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan bir günde dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değeri 25.68°C iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen $\Delta t_{(iç-dış)}$ sıcaklık farkının sırasıyla -3.37°C , 2.21°C , 6.52°C olduğu görülmüştür. Oransal nem değerlerine bakıldığında ise dış ortamda ölçülen ortalama oransal değeri %46.16 iken ped önünde, sera ortasında ve kapı önünde ölçülen $\Delta rh_{(iç-dış)}$ oransal nem farkının sırasıyla %20.06, %6.52, %-2.06 olduğu sera içi ortamına ulaşan radyasyon oranı %38.70 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 12. Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sensör konumlarına göre ortalama sıcaklık ve oransal nem değişimleri

Ölçümler	Sensörlerin konumu			
	Dış ortam	Ped önü	Sera ortası	Kapı önü
Sıcaklık, °C	25.68	22.31	27.88	32.19
ΔT , °C		-3.37	2.21	6.52
Oransal nem, %	46.16	66.22	52.67	44.10
ΔRH , %		20.06	6.52	-2.06
Radyasyon, W m^{-2}	440.26		170.37	
ΔR , W m^{-2}			269.89	



Şekil 7. Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin değişimi

Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri Çizelge 13’te verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında pedin

soğutma etkisi 0.60°C - 5.10°C arasında ortalama 3.37°C olarak bulunmuştur. Pedin serinletme etkinliğinin %7.67-%44.44 arasında olduğu, ortalama ped etkinliğinin %31.72 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 13. Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulaması yapılan saatlerdeki ped önünde ölçülen performans değerleri

Ölçümler	Birimler	Minimum	Ortalama	Maksimum
Dış sıcaklık, °C	T_o	22.56	25.68	27.88
Islak termometre sıcaklığı, °C	T_{wb}	14.74	15.30	15.93
Ped önü sıcaklık, °C	T_1	20.58	22.31	23.67
İç sıcaklık, °C	T_i	20.58	27.46	36.87
Soğutma etkisi, °C	Δt	0.60	3.37	5.10
Soğutma etkinliği, %	$\eta\%$	7.67	31.72	44.44

Talaş ped ve gölgeleme tülü uygulamasında sistem soğutma kapasitesi $Q_c=5736.03 \text{ kJ sa}^{-1}$ (1.59 kW) ve su tüketim kapasitesi ise $Q_w=27.82 \text{ l gün}^{-1}$ (3.09 l sa^{-1}) olarak hesaplanmıştır. Sisteme saat 09:00-17:00 saatleri

arasında verilen su miktarı ile hesap edilen günlük su tüketim kapasitesi arasında %3 bir fark olduğu bunada sistemdeki kayıp ve kaçakların neden olduğu belirlenmiştir.

Erbil ve Atılgan (2014) tarafından yapılan çalışmada, 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 kullanılmıştır. Evaporatif (nemlendirmeli) serinletme sistemlerinde prensip hissedilir ısının gizli ısıya dönüşmesi ilkesine dayanır. Burada dış ortamdan alınan kuru hava ped içerisinden geçerek kuru hava nemlendirilerek iç ortamda sıcaklık düşüşü ve artan oransal nem miktarı ile iç ortamda ki buhar basıncı açığını azaltır. Bu amaçla, seraların serinletilmesinde kullanılan ticari pedlere alternatif olabilecek su tutma kapasitesi yüksek gözenekli yörede kolay bulunabilen ucuz malzemeler üzerinde birçok araştırmacı, Gunhan ve ark. (2007) pomza taşı, volkanik tüf ve gölgeleme perdesi, Ahmed ve ark. (2011) celdek ped, anız and talaş, Helmy ve ark. (2013) Samar, Japon Şemsiyesi, Topalak, Elmsaad ve Omran (2015) kabak lifi, anız artıkları, celdek ped, çuval bezi, Kulkarni ve ark. (2015) hindistan cevizi lifi ve kenevir bitkisi, Jain ve Hindoliya (2014) aspen, kenevir lifleri, hindistan cevizi lifleri, butea monosperma (palash ağacı) lifleri) çalışmıştır. Bu malzemeler arasında celdek pedlere alternatif malzemeler ortaya konulmuştur. Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalar ile karşılaştırıldığında, yapılan çalışmada, ticari olarak kullanılan celdek pedler serinletme etkinliği açısından en iyi ped malzemesi olmuştur. Ahmed ve ark. (2011) anız sapsarı ile serinletilen serada en düşük serinletme oranı olduğunu belirlemişlerdir. Vala ve ark. (2016) ise celdek pedlerde ortalama iç sıcaklık azalmasını 8°C bulurken, talaş pedlerde ortalama 3.5°C olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda da saman ped uygulamasında en düşük serinletme etkinliği elde edilmiştir.

Dzivama ve ark. (1999) bir ped malzemesi serbest hava akışına izin verecek kadar gözenekli, suyu emebilen ve buharlaşmaya izin vermedir. Ayrıca, doyumluğa ulaşmak için yeterli miktarda hava suyuyla temas süresi boyunca azami miktarda ıslanmış yüzey alanına sahip olmalıdır. Malzeme yerel olarak mevcut ve ucuz olmalıdır. Dahası, istenen şekil ve ebatla kolay şekillendirilmesine izin vermesi gerektiğini bildirmiştir. Evaporatif ped sistemlerinin verimliliği, yüzey alanı ve pedin kalınlığı, pedde kullanılan malzemenin tipi, deliklerin büyüklüğü, akış hızı ve pedin içinden geçen havanın oransal nemi ve kullanılan suyun hacmi gibi birçok faktörden etkilenir (Warke ve Deshmukh., 2017). Her ne kadar ticari pedler iyi doyumluk verimi vermiş olsalar da, özel olarak yapıldıkları halde, pahalıdır ve düşük gelirli çiftçiler ve yetiştiriciler için uygun değildirler. Yerel olarak ve kolayca temin edilebilen

pedler %90'nın üzerindeki oransal nem ve 25°C maksimum sıcaklık düşüşü ile daha iyi performans göstermiştir. Bununla birlikte, performans dış havaya bağlıdır, ancak doyumluk verimliliği ped içerisinde iyi gözeneklilik ve hava-su teması oluşturarak daha da artırılabilir (Vala ve ark., 2016). Bunun yanında, Franco ve ark. (2014) ped tarafından buharlaştırılan su miktarı, dış havanın sıcaklığı ve oransal nemi, ped boyunca havanın akış hızı ve pedlerin geometrisi ile ilgili olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, talaş ve saman gibi malzemelerde ise malzemenin su tutma kabiliyeti yüksek olması, kolay temin edilebilmesi, ucuz olması gibi avantajlarının aksine malzemenin birbiri üzerine yığılması ve hava akışına karşı direnç göstermesi malzemenin en büyük dezavantajları arasındadır. Bu nedenle serinletme etkinliklerinde yüksek başarı elde edilememiştir. Bunun nedeni ped kalınlığının az olması (3 cm) dış ortamdan alınan kuru havanın ped malzemesi ile yeterince temasını sağlayamadığı bu nedenle iç ortam oransal nem değerlerinin diğer çalışmalara göre düşük kaldığı belirlenmiştir. Bu durum sera ortasında ve kapı önünde sıcaklık artışının daha fazla yükselmesine neden olmuştur. Vala ve ark. (2016) doyma verimliliğinin dış hava sıcaklığına, oransal neme ve hava hızı için hava-su temasına bağlı olduğunu, ticari pedin, daha fazla hava-su teması oluşturarak daha iyi doyma verimliliği oluşturduğunu bildirmiştir. Ayrıca çalışmada, doyma verimliliği, dış nemdeki düşüşle birlikte artmış ve bu da suyun ped içinden daha fazla buharlaşmasına neden olmuştur. Bununda nem ve doyumluk verimliliği arasında ters bir ilişki olduğu ortaya koymuştur. Çalışmada, malzeme kalınlığının artırılarak kullanılmasının kuru havanın suyla temasını arttıracak ve iç ortam oransal nem değerlerini arttıracaktır. Aynı zamanda hava su teması artırılarak serinletme etkinliğinde artacaktır. Malzemelerin gölgeleme tülü ile birlikte kullanıldığı uygulamalara bakıldığında, Kittas ve ark. (2003) üstten yapılan gölgeleme tülünün fan ped serinletme sisteminde iç sıcaklıkları düşürmeye yardımcı olduğunu bildirmiştir. Xu ve ark. (2015) evaporatif serinletme ve dıştan gölgeleme uygulama yaptıkları çalışmalarında ped ve dıştan gölgelemenin birlikte yapılması durumunda gölgelemenin sera içerisine ulaşan solar radyasyonu engellemesi nedeniyle iç ortam sıcaklığını dış ortam sıcaklığından 2-3°C düşürdüğünü, oransal nemin ise %80 ler de tuttuğu bildirmiştir. Yapılan çalışmada da, gölgeleme tülünün iç ortama ulaşan solar radyasyon oranını azalttığı bu nedenle iç sıcaklıkları azaltmada ve oransal nem oranını yükseltmede daha olumlu sonuçlar verdiği bu nedenle serinletme pedleri ile birlikte kullanımının daha uygun olacağı belirlenmiştir. Çalışmada soğutma kapasitelerine bakıldığında

malzemelerin özelliğine bağlı olarak farklı değerler almıştır.

Ticari olarak kullanılan pedlerin yüksek maliyetli oluşu ve düşük gelirli çiftçilerin bu pedleri kullanmasını sınırlandıran en büyük etmenlerden biridir. İyi bir ped malzemesinde aranan özellikler arasında, hava hareketine karşı az direnç göstermesi, geniş bir yüzey alanı oluşturarak iyi bir nemlendirme sağlaması, nemi üzerinde uzun süre tutabilme özelliklerine sahip olması gibi özellikleri aranır. Buna göre yapılan çalışmada ticari olarak bu özelliği taşıyan ticari pede (celdek ped) alternatif olabilecek veya yerini alabilecek yerel olarak bulunması kolay ve ucuz ped malzemelerin denendiği çalışma sonucunda;

Ticari olarak kullanılan celdek pedler serinletme etkinliği açısından en iyi ped malzemesi olmuştur. Celdek pedlerin fabrikasyon ürünü olması, pedlerde bulunan boşlukların ve malzeme kalınlığının eşit olması, üzerinde bulunan ve eşit dağılan boşluklar hava hareketine karşı daha az direnç göstermesi celdek pedlerin çalışmadaki en önemli özelliği olmuştur. Bunu rende talaşı ped ve saman ped uygulamaları izlemiştir. Talaş ve saman pedler pedlerde aranan nem tutma kapasitesi olarak herhangi bir sorun olmamasına karşı malzemenin üst üste yığılması nedeniyle ped içerisinden geçen hava hareketine karşı pedlerin direnç göstermesi malzemelerin çalışmadaki en büyük dezavantajı olmuştur. Malzemelerin farklı kalınlık, akış ve havalandırma hızlarında araştırılmasına ve maksimum fayda sağlanması çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Dünyanın önemli seracılık merkezlerinden olan ülkemizde büyük ticari işletmelerden ziyade küçük ve orta ölçekli sera işletmeleri yoğunluktadır. Bu işletmelerde tarımsal atıkların değerlendirilmesi amacıyla bu tür uygulamaların denenerek iç ortam sıcaklık değerinin azaltılması ve oransal nem değerinin artırılması alternatif ve daha ucuz soğutma pedlerinin kullanılması ile mümkün olduğu belirlenmiştir. Serinletme uygulamaları ile birlikte artan sıcaklıklar karşısında yaşanan verim kayıpları azalacak ve çiftçi gelir seviyesi artmakla birlikte dünyada seracılıkta rekabet gücümüzde artacaktır.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada, seraların serinletilmesinde ticari pedlere (celdek ped) alternatif olarak kullanılabilir yerel malzemeler (rende talaşı ve saman) ve bunların gölgeleme tülü ile birlikte kullanımında uygulamaların serinletme etkinlikleri, soğutma kapasitesi ve su tüketim miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntemler ve Bulgular: Çalışmada, doğal havalandırma ve doğal havalandırma+gölgeleme tülü uygulamaları yapılarak bu uygulamaların iç ortam sıcaklık değerlerini azaltmada yetersiz kaldığı belirlenmiş ve evaporatif serinletme sistemlerinin gerekliliği ortaya konulmuştur. Daha sonra serinletme materyali olarak celdek ped, rende talaşı, saman ve sistem etkinliğini arttırmak amacıyla malzemelerin gölgeleme tülü ile kombinasyonları kullanılmıştır. Elde sonuçlara göre, celdek ped'te en yüksek serinletme etkinliği %56.722 iken gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %67.45'e çıkmıştır. Saman uygulamasında en yüksek serinletme etkinliği %29.96 iken saman+gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %32.77'ye ulaşmıştır. Rende talaşı uygulamasında en yüksek serinletme etkinliği %41.08 iken rende talaşı+gölgeleme tülü ile birlikte kullanılması durumunda bu oran %44.44'e ulaşmıştır.

Genel Yorum: Çalışma sonucunda, ticari olarak üretilen celdek pedlerin sera içi sıcaklıkları düşürmede daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Yerel malzemelerde başarı oranının düşmesindeki neden dış ortamdaki kuru havanın serinletme pedlerinin içerisinden sera içerisine doğru yeterli miktarda hava iletememesinden kaynaklandığı ve bunun sonucu olarak yerel malzemelerin serinletme etkinliğinin azaldığı belirlenmiştir.

Çalışmanın Önemi ve Etkisi: Dünyanın önemli seracılık merkezlerinden olan ülkemizde yaz aylarında ortaya çıkan yüksek sıcaklıkların azaltılması ve düşük oransal nem değerlerinin artırılması ekonomik bir üretim için son derece önemlidir. Serinletme uygulamaları ile birlikte artan sıcaklıklar karşısında yaşanan verim kayıpları azalacak ve çiftçi gelir seviyesi artmakla birlikte dünyada seracılıkta rekabet gücümüzde artacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sera, serinletme sistemi, yerel malzeme, serinletme, serinletme etkisi.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi bilimsel araştırma projeleri koordinasyon birimi tarafından ZRT.A4.18.012 nolu proje ile desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar(lar) çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Ahmed EM, Abaas O, Ahmed M, Ismail MR (2011) Performance evaluation of three different types of local evaporative cooling pads in greenhouses in Sudan. *Saudi Journal of Biological Sciences* 18: 45–51.
- Alodan MA, Al-Faraj AA (2005) Design and evaluation of galvanized metal sheets as evaporative cooling pads. *J. King Saud Univ*, 18: *Agric Sci* 1: 9-18.
- Atılğan A, Oz H (2007) Serin iklimde sahip bölgelerdeki seraların fan ped sistemiyle serinletilmesi. *Derim Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 24(1): 11-18.
- Dzivama AU, Bindir UB, Aboaba FO (1999) Evaluation of pad materials in construction of active evaporative cooler for storage of fruits and vegetables in arid environments. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, AMA*, 30(3): 51-55.
- Elmsaad E, Omran A (2015) Evaluating the effect of new local materials of evaporative cooling pads. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 15(1): 78-84.
- Erbil FG, Atılğan A (2014) Sıcak bölgelerdeki seralarda fan-ped sisteminin etkinliğinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 34-41.
- Franco A, Valera DL, Peña A (2014) Energy efficiency in greenhouse evaporative cooling techniques: cooling boxes versus cellulose pads. *Energies* 7: 1427-1447.
- Gunhan T, Demir V, Yagcioglu AK (2007) Evaluation of the suitability of some local materials as cooling pads. *Biosystems Engineering* 96(3): 369–377.
- Helmy MA, Eltawil MA, Abo-shieshaa RR, El-Zan NM (2013) Enhancing the evaporative cooling performance of fan-pad system using alternative pad materials and water film over the greenhouse roof. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 15(2):173-187.
- Jain JK, Hindoliya DA (2014) Correlations for saturation efficiency of evaporative cooling pads. *J. Inst. Eng. India Ser. C* 95(1): 5–10.
- 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.
- Kulkarni MM, Vijaykumar KN, Jadhav NA, Bhor MJ, Shinde SS (2015) Experimental performance evaluation of new cooling pad material for direct evaporating cooling for pune summer conditions. *International Journal of Engineering Trends and Technology* 22(6): 281-287.
- Maurya R, Shrivastava N, Shrivastava V (2014). Performance evaluation of alternative evaporative cooling media. *International Journal of Scientific & Engineering Research* 5(10): 676-684.
- Öztürk HH (2004) Venlo tip cam serada fan-ped serinletme sisteminin etkinliği ile duyulur ve gizli ısı transferi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 10(4): 381-388.
- Vala KV, Kumpavat MT, Nema A (2016) Comparative performance evaluation of evaporative cooling local pad materials with commercial pads. *International Journal of Engineering Trends and Technology* 39(4): 198-203.
- Von Zabeltitz C (1994). Effective use of renewable energies for greenhouse heating. *Renewable Energy*, 5(1-4): 479-485.
- Warke DA, Deshmukh SJ (2017) Experimental analysis of cellulose cooling pads used in evaporative coolers. *International Journal of Energy Science and Engineering* 3(4): 37-43.
- Xu J, Li Y, Wang RZ, Liu W, Zhou P (2015) Experimental performance of evaporative cooling pad systems in greenhouses in humid subtropical climates. *Applied Energy* 138: 291-301.