

Seralarda Isı Perdesi Kullanımının Isı Tasarrufuna Etkisinin Belirlenmesi ve Ekonomik Açıdan Bir Değerlendirme

Abdullah Nafi BAYTORUN¹, Adil AKYÜZ², Sait ÜSTÜN³, Ali ÇAYLI⁴

¹Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana, ^{2,3}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, ⁴ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Türkoğlu Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0002-5971-6893>, ²<https://orcid.org/0000-0002-2120-0680>, ³<https://orcid.org/0000-0002-9978-6140>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-8332-2264>

✉: baytorun@cu.edu.tr

ÖZET

Seralarda ısıtma maliyetlerinin düşürülmesi; ısı gereksiniminin azaltılması, ısı enerjisinin ucuz, verimli ve çevreci bir şekilde elde edilmesi, enerjinin iletimi esnasında ortaya çıkan kayıpların azaltılması ile mümkündür. Modern seralarda yapısal iyileştirmeler ile ısı gereksiniminin azaltılmasının yanında, ısı enerjisinin korunumu amacıyla ısı perdesi kullanımı tercih edilmektedir. Ancak ısı perdeleri sera yatırım maliyeti içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle ısı perdesi ile etkin bir şekilde tasarruf sağlanması için sızdırmazlık durumu ve tasarruf oranlarının yatırım yapılmadan önce analiz edilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Doğu Akdeniz iklim koşullarında yan duvarları polikarbonat ve çatısı tek kat PE örtülü olan ve alüminyum şeritli ısı perdesi kullanılan, toplam 7392 m² taban alanı sahip 55 m uzunluğunda üç bölmeden oluşan bir serada, ısı perdesinin sızdırmazlık durumu ve ısı perdesi ile sağlanabilen yakıt tasarrufu araştırılmıştır. Elde edilen bulgular ısı perdesi sızdırmazlık katsayısının 0.30 ve yakıt tasarruf oranının %28 olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmada ayrıca ekonomik açıdan ısı perdesi yatırımına ilişkin değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 14.04.2019

Kabul Tarihi : 24.05.2019

Anahtar Kelimeler

Seralarda ısıtma

Isı koruma

Isı tasarrufu

Isı perdesi

Enerji verimliliği

Determination of the Effect of Thermal Screen Usage on Heat Saving in Greenhouses and an Evaluation from Economic Perspective

ABSTRACT

Reducing the heat requirement, obtaining heat energy in a cheap, efficient and environmentally friendly manner is possible by reducing the losses that occur during the transmission of energy. In addition to reducing the heat requirement by structural improvements in modern greenhouses, it is also preferred to use thermal screen for the protection of heat energy. However, the thermal screen has an important place in the greenhouse investment cost. For this reason, it is important to analyze the air-tightness and saving rates of the thermal screen before investing in order to effectively saving with the thermal screen.

In this study, thermal insulation and fuel saving rate of thermal screen were investigated in the greenhouse in Eastern Mediterranean climate conditions in Turkey. The greenhouse side walls were covered with polycarbonate and the roof was covered with single layer PE. Its length was 55 m and total floor area was 7392 m². It had three compartments and aluminum striped thermal screen were used. The findings showed that the thermal screen air-tightness coefficient was 0.30 and the fuel saving rate was 28%. Also, the thermal screen investment was evaluated from an economic perspective.

Research Article

Article History

Received : 14.04.2019

Accepted : 24.05.2019

Keywords

Greenhouse heating

Heat protection

Heat saving

Thermal screens

Energy efficiency

GİRİŞ

Düzenli olarak ısıtılan yüksek teknolojiye sahip seralarda ısıtma giderleri işletme giderleri içerisinde bölgenin iklimine bağlı olarak ilk veya işçilikten sonra ikinci sırada yer almaktadır. Akdeniz bölgesinde düzenli olarak ısıtılan seralarda ısıtma giderleri %20 - 25 ile ikinci sırayı alırken, soğuk bölgelerde birinci sırada yer alır (Baytorun ve ark., 2017a). Seralarda ısı korunumu amacıyla ısı enerjisinin seraya iletilmesindeki kayıpların azaltılması, ısı perdelerinin kullanılması ve rüzgârdan koruma gibi bazı teknik önlemler uygulanmaktadır (Von Zabeltitz, 1986). Bu teknik önlemlerle tasarruf edilebilecek ısı enerjisi oranları %5-40 arasında değişmekle birlikte en fazla ısı tasarrufu ısı perdeleri ile sağlanabilmektedir (Ruhm ve ark., 2007). Isı perdesi ve diğer tasarruf önlemleri ile ısıtma maliyetleri açısından dezavantajlı olan bölgelerde rekabet şansı artırılabilir (Çaylı ve Temizkan, 2018).

Enerji tasarrufu amacıyla uygulanan yöntemin, kış aylarında minimum düzeyde olan güneş ışığının seraya girişini fazla etkilememesine özellikle dikkat edilmelidir. Seralarda enerji tasarrufu amacıyla çatı bölgesinde çift katlı örtü malzemesinin kullanılması seraya ulaşan ışık miktarını azaltırken aynı zamanda CO₂ ve nem sorunu yaratabilmektedir (Tantau, 2012a, Baytorun, 2016). Isı kayıplarının azaltılması amacıyla yapılan yalıtım sonucunda, sera içindeki nemin de yükselmesi dikkate alınmalıdır. Bu sebeple son yıllarda yaygın olarak çatı bölgesinde tek katlı örtü ve gece saatlerinde iyi yalıtılmış hareketli ısı perdelerinin kullanılması önerilmektedir (Baytorun, 2016). Isı perdeleri ortamda ısı transferini azaltarak ek bir ısı direnç sağlar (Arinze ve ark., 1986, Sethi ve Sharma, 2008). Bu perdelerin gündüz saatlerinde toplanmasıyla fotosentez için gerekli ışığın (PAR) seraya ulaşması sağlanır. Ilıman iklim bölgelerinde ısıtma için gerekli olan ısı enerjisinin tamamına, soğuk bölgelerde %70-75'ine gece saatlerinde ihtiyaç duyulduğundan, ısı perdeleri ile sistem iyi projelendirilip malzeme iyi seçildiğinde önemli düzeyde ısı tasarrufu sağlanabilir (von Zabeltitz, 1982, Baytorun, 2016). Aynı zamanda ısı perdeleri ısıtma yapılmayan seralarda don olayı riskini azaltmak için de kullanılabilir (Teitel ve ark., 1996).

Isı perdelerinin seçiminde ise küçük yüzey alanına sahip olmalarına, farklı malzemenin kolay monte edilebilmesine ve malzemede çekme gerilmesinin az olmasına dikkat edilmelidir (Meyer, 1982). Seralarda kullanılan perdeler, enerji koruma, gölgeleme, karartma ve gündüz enerji koruma perdeleri olarak farklı amaçlar için kullanılırlar. Süs bitkileri üretiminin yapıldığı modern seralarda her üç perdenin ayrı amaçlar için kullanımı söz konusu olmaktadır. Ancak son yıllarda bu perdelerin gece saatlerinde enerji tasarrufu amacıyla birlikte kullanıldığı görülmektedir (Tantau, 2012a).

Almanya'da geleceğe yönelik düşük enerji gereksinimli seralar (ZINEG) konusunda yapılan çalışmalarda, ısı camla kaplı serada iki kat enerji ve gölgeleme perdesinin birlikte kullanılması durumunda %70 enerji tasarrufu sağlanabilmektedir (Tantau, 2012b). Bu oran ısı perdesinin kullanılmadığı tek kat camla örtülü seraya göre %84'lere kadar yükselmektedir (Tantau, 2012a).

Meyer ve ark. (2014) Almanya iklim koşullarında yaptığı çalışmada çift katlı ETFE (Etilen TetraFlorEtilen) ile kaplı serada farklı ısı perdelerinin sera çatı ve yan duvarlarda kullanılması durumunda ulaşılabilen tasarruf oranlarını; çatıda tek kat ısı perdesi kullanılması durumunda %55, çatıda çift kat enerji perdesi yan duvarda stor tipi perde kullanılması durumunda %90, çatıda ısı ve gündüz perdesi yan duvarlarda stor tipi perde kullanılması durumunda %80 olduğunu bildirmektedirler. Rath (1992) ise alüminyum dokusu az olan ısı perdesi ile %40, alüminyum dokusu fazla olan ısı perdesi ile %50 oranında tasarruf edilebileceğini rapor etmiştir. Tek kat enerji perdesi yardımıyla seralarda %32 enerji tasarrufu sağlanabilirken, bu oranın çift kat perde ile %48'lere ve çift kat enerji perdesi ile %52'lere çıkarılabilmektedir. Domke (2011) serada sadece gündüz perdelerinin kullanılması durumunda gece saatlerinde ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimini %25, gündüz saatlerinde ise %9 azaltılabildiğini bildirmiştir.

Seralarda kullanılan perdelerin ısı tasarruf oranları perdelerin sızdırmazlıklarına bağlı olarak değişmektedir (Meyer, 1984, Müller, 1987). Isı perdelerinin yan duvar ve sera cepheleleriyle birleştiği yerler sızdırmaz olmalıdır. Aksi takdirde ısınan havanın yükselerek bu aralıklardan geçip çatı örtü malzemesi tarafından dış ortama taşınması ısı tasarrufunu azaltmaktadır (Çaylı ve ark., 2016, Önder ve Baytorun, 2016). Aynı zamanda ısı perdesi sızdırmazlığı iyi olan seralarda rüzgar hızına bağlı olarak ortaya çıkan ısı kayıpları en düşük düzeydedir (Schmidt ve ark., 2011).

Seralarda ısı gereksinimi kullanılan ısıtma sistemlerinin tipi ve sera donanımına bağlı olarak da değişmektedir (Baytorun ve ark., 2018b, a). Isı gereksinimi hesaplamaları, serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve seranın özelliğine bağlı sıcaklık yükselmesi dikkate alınarak saatlik iklim değerlerine göre yapılmalıdır (Baytorun ve ark., 2018c). Isı gereksinimi hesaplamalarında doğru sonuçlar elde edebilmek için iklim verilerinin, araştırmanın yapıldığı yerden toplanması da oldukça önemlidir (Çaylı ve ark., 2018b). Aynı zamanda sera çevre koşullarının teknolojik cihazlarla takip edilmesi ve ihtiyaç duyulan koşulların otomatik olarak sağlanması durumunda da enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu amaçla geliştirilen bazı düşük maliyetli donanım ve yazılım çözümleri üzerine yapılan araştırmalar da vardır

(Çaylı ve ark., 2017, Çaylı ve Mercanlı, 2017, Çaylı ve ark., 2018a).

Sera yapıları bölgenin iklim koşullarına göre inşa edilerek gerekli ısı tasarruf önlemlerinin alınması, ısıtma giderlerinden kaynaklı üretim maliyetlerinin düşürülmesi açısından önemlidir (Boyacı ve ark., 2016). Bununla birlikte seralar için seçilen ısıtma sisteminin doğru olarak projelenmesi, enerji tasarrufu ve ilk yatırım giderlerinin azaltılması açısından büyük bir öneme sahiptir (Akyüz ve ark., 2017). Ayrıca ısıtma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan katı yakacak kazanlarında serada ihtiyaç duyulan ısı yüküne bağlı olarak yanma işleminin düzenlenmesi oldukça zor olduğundan ısı enerjisi etkin bir şekilde kullanılamaz. Bu amaçla ihtiyaç fazlası ısının sıcak su tankında (buffer) depolanması, tüketilen yakıttan elde edilen ısı enerjisinin etkin kullanımı için çözüm olarak sunulmuştur (Baytorun ve ark., 2017b).

Serada ısı kaybını artıran diğer bir faktörde dış ortamdaki rüzgâr hızıdır. Artan rüzgâr hızı, ısı perdesi kullanılan seraya kıyasla daha yüksek ısı kayıplarına

neden olur. Isı perdeleri ısı kayıplarını azaltarak ısı tasarrufu sağlar (Sethi ve Sharma, 2008, Çaylı ve Akyüz, 2019).

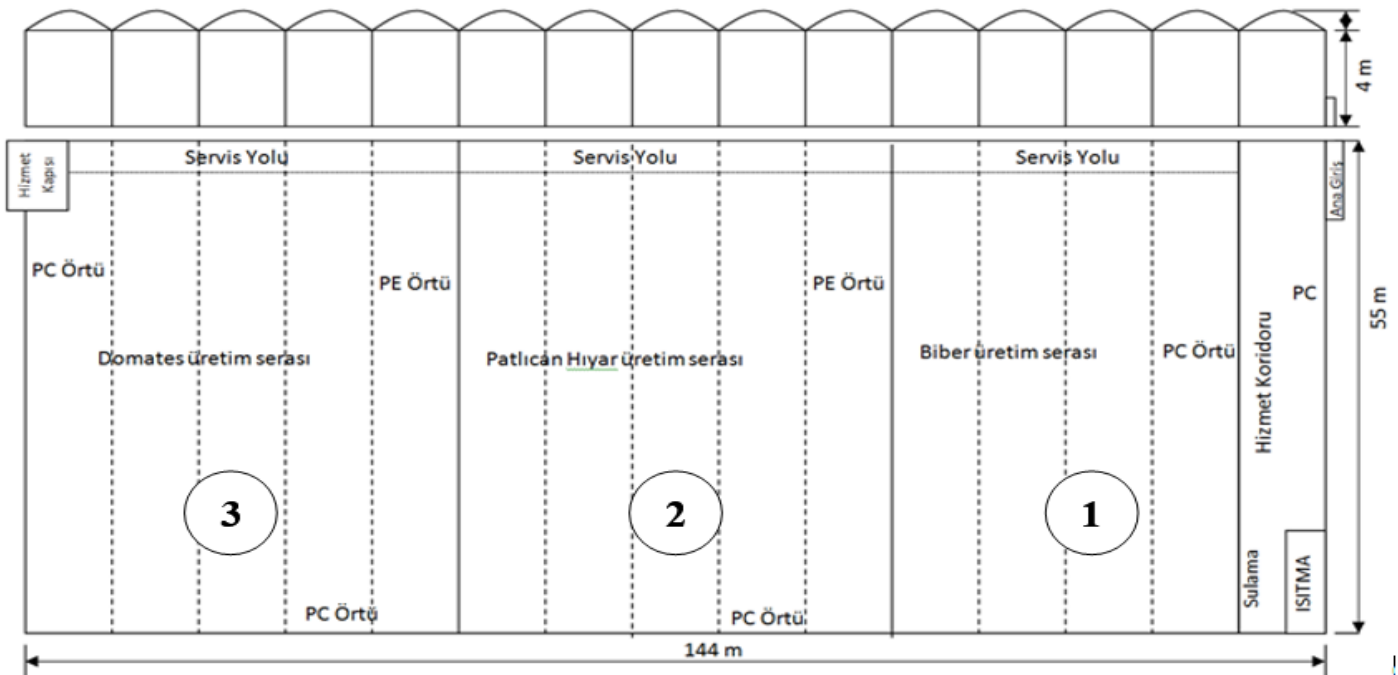
Yapılan bu çalışmada düzenli olarak ısıtılan plastik örtülü serada kullanılan ısı perdelerinin, üretici koşullarında etkinliğinin ve tasarruf oranlarının belirlenmesi ve ısı perdelerinin altında ortaya çıkan iklim etmenlerinin izlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırma Osmaniye İli, Cevdetiye ilçesinde (36E14, 37N03) kurulan orta teknolojiye sahip plastik seralarda yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan blok seranın boyutları ve teknik özellikleri Çizelge 1'de, şematik görünümü ise Şekil 1'de verilmiştir. Seranın çatısında 180 mikron kalınlığında tek kat katkılı PE plastik, yan duvarlarda ise çift kat (8 mm aralıklı) polikarbonat (PC) plakalar kullanılmıştır. Sera üç bölmeden oluşup birinci bölmede biber, ikinci bölmede hıyar ve patlıcan, üçüncü bölmede domates yetiştirilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma serasının teknik özellikleri

Sera	Teknik Özellikler
Tip / Model	Gotik Çatılı (9600) – Çatıda Çift Kelebek Havalandırma
Çatı örtüsü	Polietilen Plastik 180 mikron
Yan duvar örtüsü	Çift Kat (8 mm) PC
Bloktaki tünel sayısı	15, Tünellerden biri hizmet koridoru
Bloktaki bölme sayısı	3
Oluk altı yükseklik	4.0 m
Mahya yüksekliği	6.15 m
Tünel Uzunluğu	55 m
Bölme alanları	Bölme-1: 2112 m ² , Bölme-2: 2640 m ² , Bölme-3: 2640 m ²



Şekil 1. Araştırma serasının şematik görünümü

Serada havalandırma çatıda bulunan havalandırma kapakları ile sağlanmıştır. Havalandırma kapaklarının açıklık oranı sera taban alanının %40'dır. Havalandırma açıklıklarından seraya böceklerin girmesini önlemek amacıyla böcek tülü gerilmiş ve havalandırma sıcaklığı 20°C'ye ayarlanmıştır.

Isıtma sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) yakıt kullanan merkezi kalorifer sistemiyle yapılmıştır. Günlük gaz tüketimleri otomatik olarak birer saat aralıklı olarak kaydedilmiş ve bilgisayar yardımı ile takip edilmiştir. Serada en düşük sıcaklık 15°C'ye ayarlanmıştır. Seralarda ısı koruma amacıyla gölgeleme oranı %55 ve enerji tasarruf oranı %58 olan şeffaf akrilik ve alüminyum şeritlerden oluşan ısı perdesi (PH 55) kullanılmıştır. Isı perdesi saat 8.00'de toplanmış ve saat 17.00'de açılacak şekilde elle kumanda edilerek yönetilmiştir. Isı perdesinin yakıt tasarrufunu belirlemek için belirli günlerde perde kapatılmadan serada ölçümler yapılmıştır.

Serada sulama damla sulama ile gerçekleştirilmiştir. Bitki besin maddeleri damla sulama ile birlikte verilmiştir.

Sıcaklık ve oransal nem değerlerinin kaydedilmesinde On-Set HOBO U12 marka veri kaydediciler kullanılmıştır. Bu cihazlar (-20°C - 70°C aralığında, ± 0.35°C doğruluk oranında sıcaklık ölçümü ve %5 - %95

arasında, %2.5 hassasiyette oransal nem ölçümü yapabilmektedirler. Sera bölmelerinde perde altındaki veri kaydediciler yerden 1 m yüksekliğe, perde üzerindeki veri kaydediciler ise çatı bölgesinde perde ve mahya arasına gelecek şekilde yerden 5.5 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Sıcaklık ve nem değerleri 15 dakika aralıklarla ölçülüp kaydedilmiştir. Sera dışındaki sıcaklık değerleri ise dış ortamdaki meteoroloji istasyonundan yerden 2 m yüksekliğe yerleştirilen aynı model veri kaydedici ile ölçülmüştür. Serada kurulu ısı perdesi sisteminin sızdırmazlığı Eşitlik 1'e göre belirlenmiştir (Von Zabeltitz, 1986, Öztürk, 2008, Von Zabeltitz, 2011).

$$V_{sız} = \frac{\theta_{p,üst} - \theta_o}{\theta_{p,alt} - \theta_o} \quad (1)$$

Eşitlikte;

$V_{sız}$: Perdenin sızdırmazlık katsayısı (-)

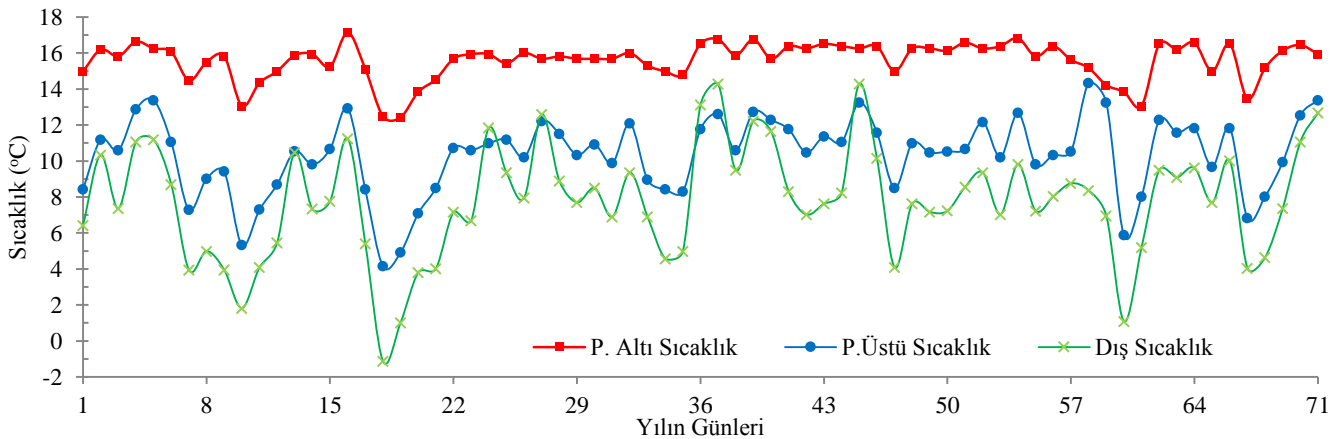
$\theta_{p,alt}$: Perde altı sıcaklık (°C)

$\theta_{p,üst}$: Perde üstü sıcaklık (°C)

θ_o : Dış sıcaklık (°C)

BULGULAR ve TARTIŞMA

Osmaniye iklim koşullarında PE plastik serada gece saatlerinde (00.00-05.00) perde üstünde, altında ve dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değerleri Şekil 2'de verilmiştir.

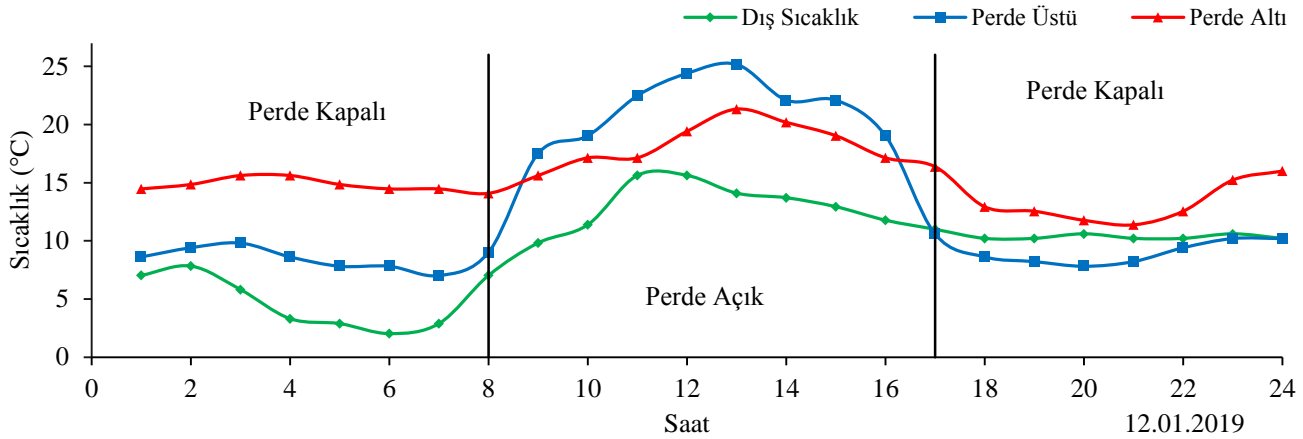


Şekil 2. Gece saatlerindeki perde altı, perde üstü ve dış sıcaklık (1 Ocak – 15 Mart 2019)

Şekilden de görüleceği gibi 1 Ocak- 15 Mart 2019 tarihleri arasında gece saatlerindeki ortalama dış sıcaklık değerleri -1.0°C ila 14°C arasında değişirken, serada ortalama gece sıcaklıkları perde altında 16°C civarında seyretmiştir. Ancak dış sıcaklığın çok düşük olduğu günlerde iç sıcaklık değeri 12.5°C'ye kadar düşmüştür. Perde altındaki sıcaklık dış sıcaklıktan fazla etkilenmezken, perde üzerindeki sıcaklık dış sıcaklığın seyrine bağlı olarak değişim göstermiştir. Gökyüzünün açık olduğu bazı gecelerde perde üzerindeki sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerlerinin altına düşmüştür. Bunun nedeni PE plastiğin belirli bant aralığındaki uzun dalgalı ısı ışınlarını

geçirmesidir (Von Zabeltitz, 1986, Baytorun, 2016).

Hıyar ve patlıcan üretimi yapılan Bölme-2'de günün saatlerine bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık değişimleri 12 Ocak 2019 günü için Şekil 3'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi gece ısı perdelerinin kapalı olduğu saatlerde serada sıcaklık 15°C civarında seyrederken dış sıcaklık minimum 2°C'ye, perde üzerindeki sıcaklık dış sıcaklığa bağlı olarak 7°C'ye kadar düşmüştür. Perde üstü ve perde altı sıcaklık değerleri arasında yaklaşık 6°C sıcaklık farkı kaydedilmiştir. Sıcaklık farkının yüksek olması ısı perdesi sızdırmazlık durumunun iyi olduğunu göstermektedir.



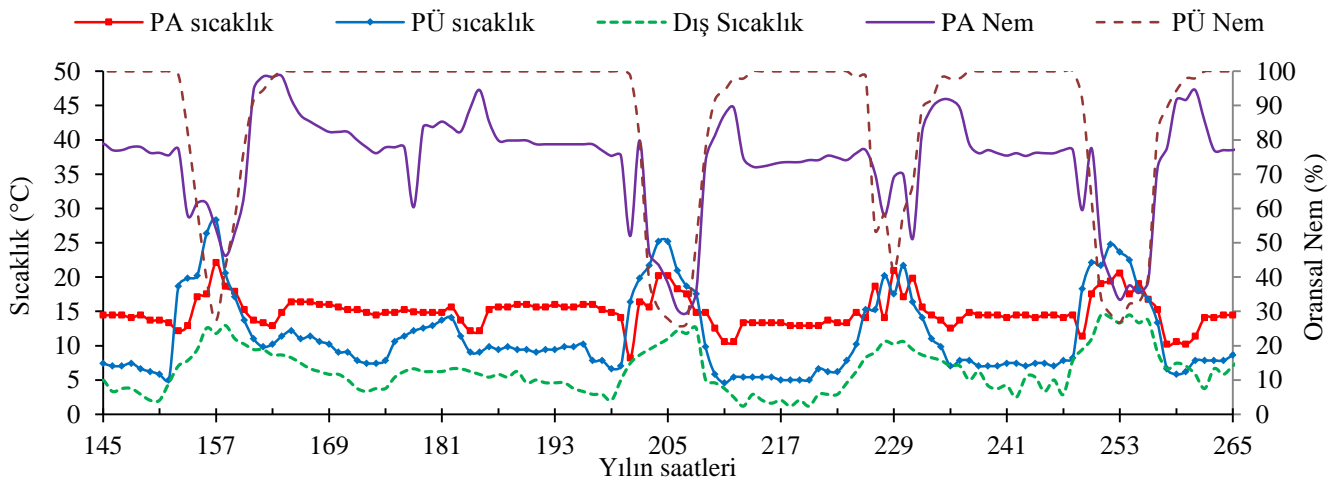
Şekil 3. Bölme-2'de 12 Ocak 2019 tarihinde sıcaklık değerleri

Araştırmanın yapıldığı serada ısı perdeleri sabah saat 8.00'de toplanmış ve serada artan sıcaklığa bağlı olarak ısıtma sistemi kapatılmıştır. Güneşin doğuşuna bağlı olarak dış ortam ve serada sıcaklık değerleri yükselerek saat 13.00'de en yüksek değerine ulaşmıştır. Gündüz saatlerinde ısıtmanın yapılmadığı serada bitki sıra aralarında sıcaklık 21°C'ye yükselirken, perde üzerinde çatı bölgesindeki sıcaklık 25°C olarak kaydedilmiştir. Günün ilerleyen saatlerinde güneş ışınımının azalmasına bağlı olarak sera ve dış sıcaklık değerleri düşmeye başlamış, saat 17.00'de ısı perdeleri kapatılmış, saat 18.00'den sonra perde altındaki sıcaklık değerleri 11°C'de, perde üzerindeki sıcaklık değerleri ise dış sıcaklık değerlerinin altına seyretmeye başlamıştır. Isıtma sistemi saat 21.00'den sonra devreye alınmış ve serada sıcaklık yükselmeye başlamıştır. Serada sıcaklık saat 23.00'de ayarlanan sıcaklık değerine ulaşmıştır (Şekil 3). Isı perdesinin kapatılmasından hemen sonra ısıtma sistemi devreye alınmadığından perde üzerindeki sıcaklık dış sıcaklığının altına düşmüştür. Plastik seralarda en büyük sorun PE plastiğin belirli bant genişliğindeki IR ışınları geçirmesidir (Von Zabeltitz, 2011). Bu durum özellikle açık gökyüzü koşullarında

serada sıcaklığın dış sıcaklık değerlerinin altına düşmesine neden olur. Şekil 3'de de görüleceği gibi perde üzerindeki sıcaklık ısıtmanın devreye girmesinden sonra gece saat 00.00'da dış sıcaklık değerlerine ulaşabilmiştir.

Isı perdeleri serada ısı kayıplarını önlerken perde altında oransal nemin yükselmesine neden olurlar. Isı perdelerinin kullanılmadığı seralarda örtü yüzey sıcaklığı dış sıcaklık nedeniyle çığ noktası sıcaklığına ulaştığından, seradaki nemin örtü yüzeyinde yoğunlaşmasına bağlı olarak seradaki nem azalmaktadır (Von Zabeltitz, 2011, Baytorun, 2016). Ancak bu durum, yoğunlaşan su damlacıklarının bitkilerin üzerine damlaması ve hastalıkların ortaya çıkması nedeniyle arzu edilmemektedir. Isı perdelerinin kullanıldığı seralarda perde sıcaklıkları çığ noktası sıcaklıklarına ulaşmadığı için yoğunlaşma olmamakta ve bitkilerin transpirasyonu nedeniyle perde altındaki nem aşırı yükselmektedir.

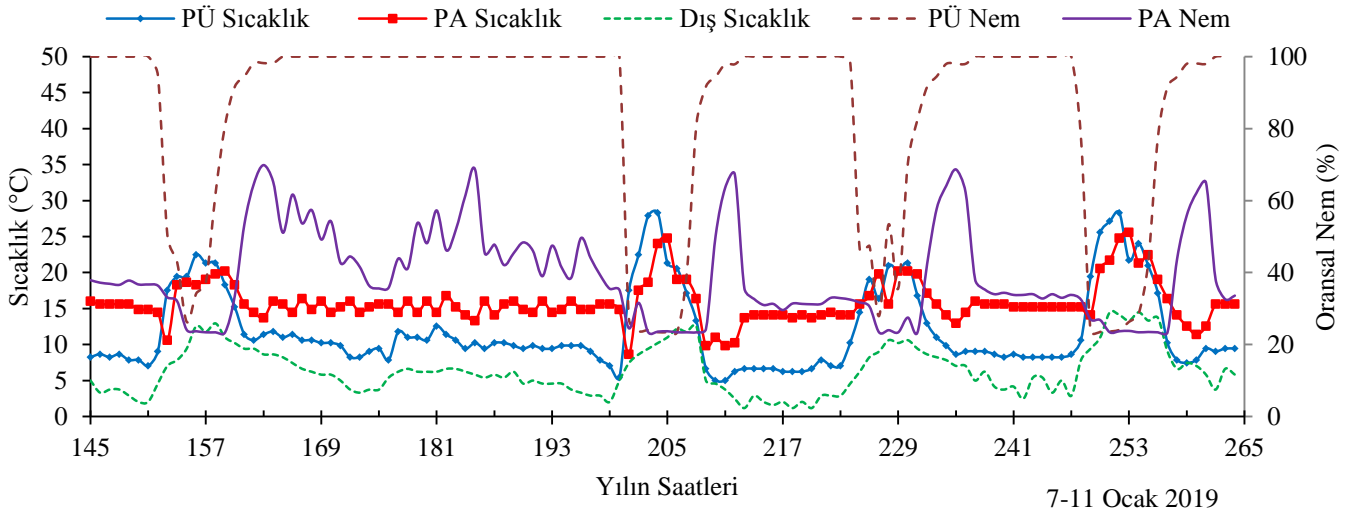
Araştırmanın yürütüldüğü seradaki Bölme-2'de 7-11 Ocak 2019 tarihleri arasında ölçülen sıcaklık ve nem değerleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Bölme-2'de 7-11 Ocak 2019 tarihleri arasında sıcaklık ve nem değerleri

Şekilden de görüleceği gibi perde altındaki nem değerleri seradaki sıcaklığa bağlı olarak gece saatlerinde %75-98 arasında değişim göstermiştir. Serada ısıtmanın henüz devreye alınmadığı saatlerde perde altındaki nem değerleri %98'e yükselirken, ısıtmanın devreye girmesi sonucu nem değerleri %75'e kadar düşmüştür. Perde üzerindeki nem değerleri ise perde üstü sıcaklığının düşmesi nedeniyle gece saatlerinde %100'e ulaşmıştır (Şekil 4). Seradaki

orsansal nem dış iklim koşulları yanında, serada üretilen bitkinin yaprak alan indeksine bağlı olarak değişmektedir. Serada üretilen bitkinin yaprak alan indeksi değeri büyük olduğunda, transpirasyonla ortama verdikleri su buharı artmakta, bu durum serada nemin yükselmesine neden olmaktadır. Şekil 5'te biber yetiştirilen Bölme-1'de 7-11 Ocak 2019 tarihleri arasında yapılan sıcaklık ve nem ölçümleri verilmiştir.



Şekil 5. Bölme-1'de 7-11 Ocak 2019 tarihleri arasında sıcaklık ve nem değerleri

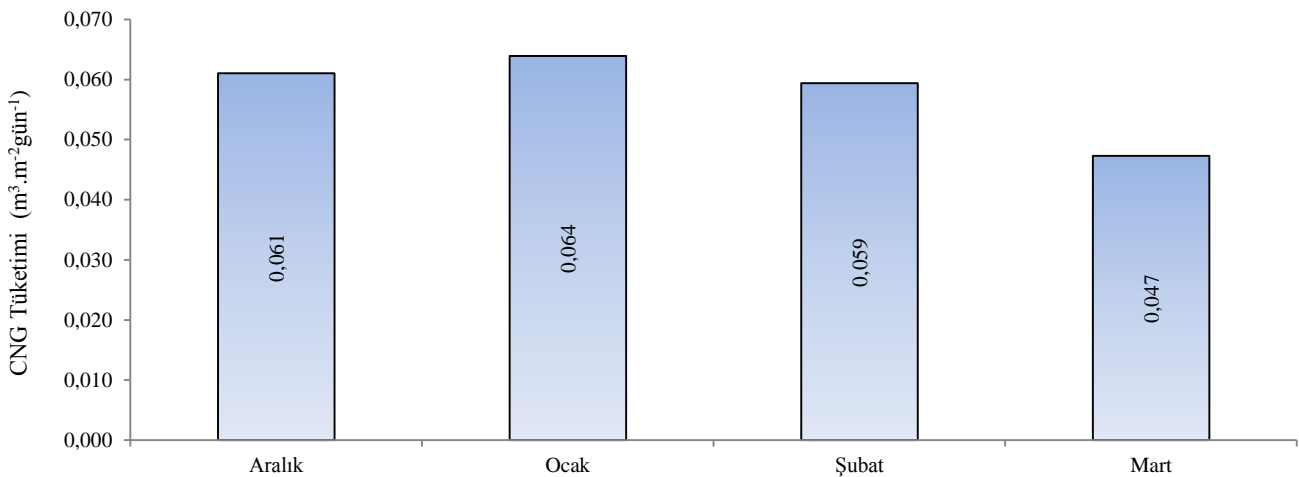
Şekil 5 incelendiğinde perde altında gece saatlerinde ortaya çıkan nem değerleri en fazla %70 civarında olmuştur. Bunun da nedeni biber bitkisinin yaprak alan indeksi değerinin küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak perde üzerindeki nem değerleri gece saatlerinde sıcaklığın düşmesine bağlı olarak %100'e ulaşmaktadır.

Araştırmanın yapıldığı serada düzenli ısıtma 11 Aralık'ta başlamıştır. Aralık ayında kullanılan toplam CNG miktarı 9927 m³/ay, ocak ayında 14653 m³/ay, şubat ayında 12292 m³/ay ve mart ayının 18'ine kadar 6294 m³/ay olmuştur. Birim sera alanı için aylara bağlı

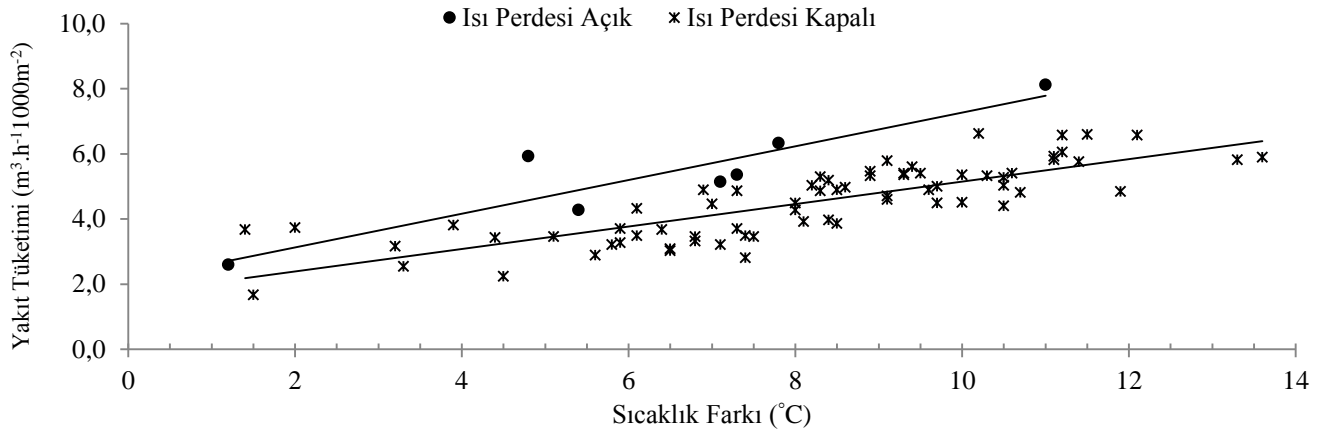
günlük ortalama CNG tüketimleri Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi en yüksek CNG tüketimi ocak ayında gerçekleşmiştir.

Serada tüketilen yakıt miktarına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı (ΔT) ısı perdesinin açık ve kapalı olduğu koşullar için Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7 incelendiğinde artan sıcaklık farkına bağlı olarak tüketilen yakıt miktarının doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Serada ulaşılan sıcaklık farkına ile tüketilen yakıt miktarı arasında yapılan regresyon analizinde Çizelge 2 verilen eşitlikler elde edilmiştir.



Şekil 6. Aylara göre birim alan için tüketilen günlük CNG miktarı



Şekil 7. Serada ulaşılan sıcaklık farkına bağlı olarak tüketilen CNG miktarları

Çizelge 2. Sıcaklık farkı ile tüketilen yakıt miktarı arasındaki ilişkilere ait eşitlikler

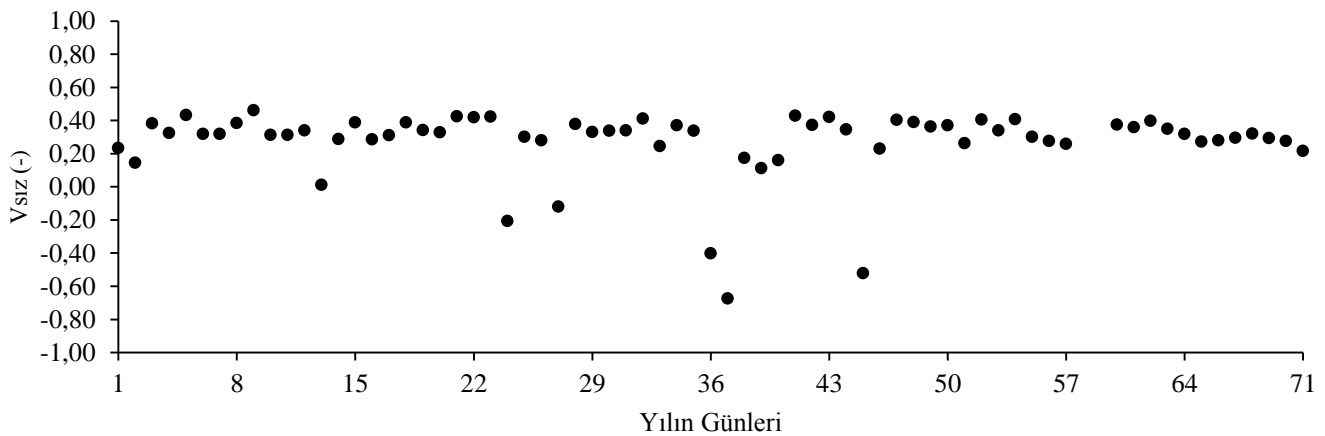
Isı Perdeleri	$m_{yak}=0.5169*\Delta T+2.0984$	$R^2 = 0.83$
Isı perdeleri	$m_{yak}=0.3453*\Delta T+1.698$	$R^2 = 0.66$

Araştırmanın yapıldığı serada ısı perdesinin kapatılması durumunda tasarruf edilen yakıt miktarı %28 olarak hesaplanmıştır. Çaylı ve Akyüz (2019) Aynı özellikteki sera için ısı perdesi ile tasarruf oranını %36 olduğunu bildirmektedir. (Bailey, 1976) alüminyum şeritli ısı perdesi ile tek kat camla kaplı serada %28 oranında tasarruf sağlanabileceğini rapor etmiştir. Le Quillec ve ark. (2004) ise ısı perdeleri ile % 22-27 arasında tasarruf sağlanabileceğini bildirmiştir. Daha birçok araştırmacı bu konuda yaptıkları çalışmalarda %20-%70 arasında tasarruf sağlanabileceğini bildirmişlerdir (Mihara ve Hayashi, 1979, Chandra ve Albright, 1980, Fuller ve ark., 1984, Jolliet ve ark., 1984, Meyer, 1984, Arinze ve ark., 1986,

Pirard ve ark., 1994, Critten ve Bailey, 2002, Yüksel, 2012, Newell ve ark., 2015). Ancak bu verilen tasarruf oranları sera yapısı, örtü malzemesi, sızdırmazlık durumu ve rüzgâr hızı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada elde edilen %28 oranındaki bulgunun, literatürde benzer özellikteki araştırmalardaki bulgulara yakın bir değer olduğu görülmüştür.

Seralarda kullanılan ısı perdelerinin tasarruf oranları perdelerin sızdırmazlıklarına bağlıdır. İdeal koşullarda ısı perdelerinin sızdırmazlıklarını temsil eden V_{siz} katsayısının 0.30 civarında olması arzu edilir. V_{siz} katsayısının 1'e yaklaşması ısı perdesi sızdırmazlığının kötü olduğu anlamına gelmektedir (Meyer, 1982, Müller, 1987).

Araştırma serası Bölme-2'de kullanılan ısı perdeleri için yılın farklı günlerinde hesaplanan V_{siz} değerleri Şekil 8'de verilmiştir.

Şekil 8. Isı perdesinin kullanıldığı serada V_{siz} değerleri

Şekilden de görüleceği gibi ısı perdesinin kapalı olduğu gece saatlerinde V_{siz} değerleri bazı günlerde 0'ın altında hesaplanmıştır. Buna, daha öncede belirtildiği gibi gökyüzünün açık olduğu gecelerde perde üzerindeki sıcaklığın dış sıcaklık altına düşmesi neden

olmuştur. Normal koşullar için hesaplanan V_{siz} değerlerinin 0.20-0.40 arasında değişmektedir. Ortaya çıkan sapmalar gökyüzü koşullarından ve perdenin sızdırmazlığından kaynaklanmıştır.

Çizelge 3'te araştırmanın yapıldığı sera bölmelerinde

1 Ocak-15 Mart döneminde her gün için gece saat 24.00 sabah saat 05.00 arasındaki değerler için hesaplanan maksimum, minimum ve ortalama $V_{süz}$ değerleri verilmiştir.

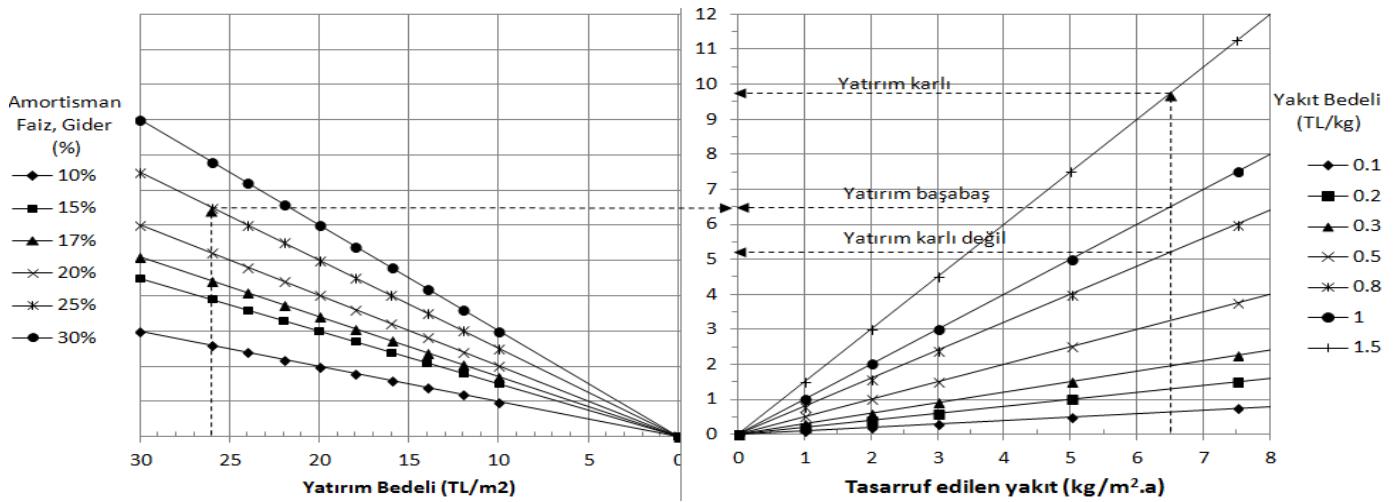
Çizelge 3. Bölmeler için hesaplanan $V_{süz}$ değerleri

$V_{süz}$	Bölme-1	Bölme-2
Maksimum	0.50	0.46
Minimum	0.11	0.11
Ortalama	0.34	0.33

Çizelge-3' de görüleceği gibi biber yetiştirilen Bölme-1 için hesaplanan $V_{süz}$ değerleri 0.11-0.50 arasında

değişirken, hıyar ve patlıcan üretiminin yapıldığı Bölme-2'de bu değerler 0.11-0.46 arasında değişmiştir. Bölme-1 için hesaplanan ortalama $V_{süz}$ değeri 0.34 olurken Bölme-2'de bu değer 0.33 olarak bulunmuştur. Hesaplanan bu değerlere göre her iki bölme arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

Çalışmada ısı perdelerinin yatırım maliyeti ve sağladığı ısı tasarrufuna bağlı maliyet karşılaştırılması da yapılmıştır. Bu amaçla Şekil 9'de ısı perdelerinin farklı faiz ve amortisman oranlarına karşılık gelen yatırım maliyetleri ve serada kullanılan yakıtın bedeline bağlı olarak ısı perdelerinin sağladıkları yakıt tasarrufları verilmiştir.



Şekil 9. Isı perdelerinin yatırım bedeli ve sağlayacakları ısı tasarrufuna bağlı maliyet karşılaştırması.

Seralarda ısı perdesinin kurulmasına karar vermeden önce tasarruf edilen yakıt miktarı ve yakıt bedelinden gidilerek yatırıma karar verilmelidir. Seralarda kurulacak olan ısı perdesinin yatırım bedeli 26 TL/m², amortisman ve banka faizleri oranı %25 olduğu koşullarda ve ısı perdesi yardımıyla üretim periyodu boyunca 6.5 kg/m² yakıt tasarrufu sağlandığında, kullanılan yakıtın bedeli 1.5 TL/kg olduğunda yapılacak olan yatırım karlı olacaktır. Sera ısıtmasında kullanılan yakıt bedeli 1 TL/kg olduğunda yatırım ile tasarruf edilen yakıt giderleri başa baş olacaktır. Bu durum atmosfere verilen emisyon dikkate alındığında anlam kazanacaktır. Ancak yakıt bedelinin 1 TL/kg'dan daha ucuz olması durumunda ısı perdesi için yapılacak yatırımlar kârlı olmayacaktır.

SONUÇ

Düzenli olarak ısıtılan seralarda ısı korunumu, üretim maliyetinin düşürülmesi ve karbon ayak izinin küçültülmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Seralarda enerji verimliliğinin yükseltilmesinde en çok kullanılan teknik önlemlerden birisi ısı perdeleridir. Isı perdelerinin amaca uygun seçilmesi ve yalıtımlarının sağlanması ısı korunumu açısından önemlidir. Isı perdelerinden beklenen tasarrufun sağlanabilmesi için $V_{süz}$ değerinin 0.30 değerine yakın

olmalıdır. Uygulamada kurulu olan ısı perdelerinin etkinliğini belirlemek amacıyla perde üzerinde, altında ve dış ortamda yapılacak sıcaklık ölçümlerinden gidilerek ısı perdelerinin sızdırmazlıkları belirlenmelidir. Seralarda ısı perdesi ile tasarruf edilen enerji miktarına, sera yan duvar ve cephelerindeki izolasyon durumu önemli oranda etki etmektedir. Türkiye'de son yıllarda yüksek teknolojiye sahip seralarda kurulan ısı perdelerinin yan duvar ve cephelerdeki birleşimlerinde yeterli izolasyon sağlanamadığı için ısı perdelerinden beklenen tasarruf sağlanamamaktadır. Isı perdelerinde ithal malzeme kullanıldığından maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle ısı perdesi kullanımı için, sağlayacakları yakıt tasarrufu, yakıt bedeli ve yatırım giderleri dikkate alınarak karar verilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akyüz A, Baytorun AN, Çaylı A, Üstün S, Önder D 2017. Seralarda Isıtma Sistemlerinin Projelenmesinde Gerekli Olan Isı Gücünün Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi 20(3):209-217. doi:10.18016/ksudobil.266155.
- Arinze EA, Schoenau GJ, Besant RW 1986. Experimental and computer performance

- evaluation of a movable thermal insulation for energy conservation in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research* 34:97-113. doi:10.1016/S0021-8634(86)80003-8.
- Bailey B 1976. Thermal screens for reducing heat losses from glasshouses. *Technical and Physical Aspects of Energy Saving in Greenhouses* 70:26-34.
- Baytorun AN. 2016. Seralar, Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirilmesi. 1. baskı. Nobel Akademik Yayıncılık. Nobel kitabevi, İstanbul. 444s.
- Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A 2018a. Sera Isı Gereksinimi Hesaplama Modelinin "ISIGER-SERA" Çukurova Koşullarında Test Edilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(5):699-707. doi:10.18016/ksudobil.396127.
- Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A 2018b. Testing Greenhouse Heat Requirement Calculation Model" ISIGER-SERA" in Cukurova Conditions. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi-KSU Journal of Agriculture and Nature* 21(5):699-707. doi:10.18016/ksudobil.396127.
- Baytorun AN, Üstün S, Akyüz A, Çaylı A 2017a. Antalya İklim Koşullarında Farklı Donanımlara Sahip Seraların Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(2):144-152. doi:10.24925/turjaf.v5i2.144-152.960.
- Baytorun AN, Üstün S, Akyüz A, Çaylı A 2017b. Determination of Heat Storage Tank (buffer) Capacity in Greenhouse Heating Systems. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture* 32(2):53-64. doi:10.21605/cukurovaummfd.358357.
- Baytorun AN, Zaimoğlu Z, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A 2018c. Comparison of Greenhouse Fuel Consumption Calculated Using Different Methods with Actual Fuel Consumption. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)* 6(7):850-857.
- Boyacı S, Akyüz A, Baytorun AN, Çaylı A 2016. Kırşehir ilinin örtüaltı tarım potansiyelinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5(2):142-157. doi:10.17100/nevbiltek.284738.
- Chandra P Albright LD 1980. Analytical Determination of the Effect on Greenhouse Heating Requirements of Using Night Curtains. *T Asae* 23(4):994-1000.
- Critten DL Bailey BJ 2002. A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. *Agricultural and Forest Meteorology* 112:1-22. doi:10.1016/S0168-1923(02)00057-6.
- Çaylı A, Akyüz A 2019. The Experimental Determination of The Impact of Overall Heat Consumption Coefficient and Thermal Screens on Heat Saving in Plastic Greenhouses. *KSU Journal Of Agriculture and Nature* 22(2):271-281. doi:10.18016/ksutarimdoga.vi.493745.
- Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, Boyacı S, Üstün S, Kozak FB 2017. Control of Greenhouse Environmental Conditions with IOT Based Monitoring and Analysis System. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(11):1279-1289. doi:10.24925/turjaf.v5i11.1279-1289.1282
- Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, Üstün S, Boyacı S 2016. Determination of Structural Problems Causing Heat Loss with the Thermal Camera in Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi* 19(1):5-14.
- Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, Üstün S, Mercanlı AS 2018a. The Feasibility of a Cloud-Based Low-Cost Environmental Monitoring System Via Open Source Hardware in Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(3):312 - 322.
- Çaylı A, Akyüz A, Kaya EH, Çiçekli Y, Yıldız MÇ 2018b. A Comparison on The Spatial Variability of Some Meteorological Data: Kahramanmaras Case Study. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 21(2):175-184. doi:10.18016/ksudobil.320511.
- Çaylı A Mercanlı AS 2017. The Impact of Greenhouse Environmental Conditions on the Signal Strength of wi-fi Based Sensor Network. *International Journal of Advanced Research (IJAR)* 5(6):774-781. doi:10.21474/IJAR01/4475.
- Çaylı A, Temizkan Y 2018. Determination of The Effect of Heat Saving Precautions and Cladding Materials on Heat Requirement via Expert System in The Kahramanmaras Region Greenhouses. *KSÜ Journal Of Agriculture and Nature* 21(3):312-322. doi:10.18016/ksudobil.321559.
- Domke O 2011. Neue Entwicklungen bei doppelagigen Energieschirmmaterialien und beim Einsatz von Tagesenergieschirmen. *Fachtagung Energieeffizienz, "Energie-Innovationen im Gartenbau – Neue Ideen aus Praxis und Forschung"*, 9. November 2011 im Gartenbauzentrum Straelen 1(1).
- Fuller R, Sites R, Blackwell J 1984. A thermal screen system for greenhouse energy conservation. *Effect of greenhouse design parameters on conservation of energy for greenhouse environmental control. Energy* 27:777-794.
- Jolliet O, Bourgeois M, Danloy L, Gay J-B, Mantilleri S, Moncousin C 1984. Test of a greenhouse using low temperature heating. *Greenhouse Construction and Covering Materials* 170:219-226.
- Le Quillec S, Brajeul E, Lesourd D, Loda D. 2004. Thermal screen evaluation in soilless tomato crop under glasshouse. Pages 709-716 in *Proc. International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys2004* 691.
- Meyer J 1982. Bewertung von beweglichen Energieschirmen in [sic] Hinblick auf den Wärmeverbrauch von Gewächshäusern. 11.

- Meyer J 1984. The influence of thermal screens on energy consumption of greenhouse. *Gartenbauwissenschaft* 49:74-80.
- Meyer J, Schockert K, Laun N, Schlipen M, Kreuzpainter A 2014. Niedrigenergiegewachshaus mit CO₂-neutralen Heizsystem. *Zukunft Initiative Niedrigenergie Gewachshaus (ZINEG). Ansätze und Ergebnisse*.
- Mihara Y., Hayashi M 1979. Studies on the Insulation of Greenhouses-1. *J Agric Meteorol* 35(1):13-19.
- Müller G 1987. Energieschirme unter Praxisbedingungen Bewertung und Optimierung im Hinblick auf Energieverbrauch und Klimaführung. *Dissertation. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft Universität Hannover*.
- Newell A, Yao H, Ryker A, Ho T, Nita-Rotaru C 2015. Node-capture resilient key establishment in sensor networks: Design space and new protocols. *ACM Computing Surveys (CSUR)* 47(2):24.
- Önder D., Baytorun AN 2016. Akdeniz Bölgesi İklim Koşullarında Seralarda Kullanılan Isı Perdelerinin Sera İçi Sıcaklığına ve Enerji Tasarrufuna Etkilerinin Belirlenmesi.
- Öztürk HH. 2008. *Sera İklimlendirme Tekniği*, 320 s.baskı. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Pirard G, Deltour J, Nijskens J 1994. Controlled operation of thermal screens in greenhouses. *Plasticulture (France)*.
- Rath T 1992. Einsatz wissensbasierter Systeme zur Modellierung und Darstellung von gartenbautechnischem Fachwissen am Beispiel des hybriden Expertensystems HORTEX. *Gartenbautechnische Informationen (Germany)*. no. 34.
- Ruhm G, Gruda N, von Allwörden A, Steinborn P, Hattermann H, Bokelmann W, Schmidt U 2007. *Energiekonzepte für den Gartenbau-Untersuchungen zu den Auswirkungen weiterer Heizölpreissteigerungen auf sächsische Gartenbauunternehmen, daraus abgeleitete innovative Handlungsfelder und Strategien*. 20/2007:214.
- Schmidt U, Huber C, Dannehl D, Rocksch T, Tantau HJ, Meyer J 2011. Effect of Special Climate Conditions in Closed Greenhouses on Coefficient of Performance and Plant Growth - Preliminary Tests for Optimizing Closed Greenhouse Control. *Acta Horti* (893):429-436.
- Sethi VP., Sharma SK 2008. Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy* 82(9):832-859. doi:10.1016/j.solener.2008.02.010.
- Tantau H 2012a. *Erfahrungen aus dem ZINEG-Projekt mit dem Einsatz unterschiedlicher Energieschirme BGT kolloquium Berlin*.
- Tantau HJ 2012b. *Energieeinsparungen von 80 % bei Topfpflanzen möglich. ZINEG Hannover* 8(11):8-11.
- Teitel M, Peiper U, Zvieli Y 1996. Shading screens for frost protection. *Agricultural and forest meteorology* 81(3-4):273-286.
- Von Zabeltitz C 1982. *Forschung für die Technik der Pflanzenproduktion in Gewächshäusern. Grundlagen der Landtechnik* 32(5):152-155.
- Von Zabeltitz C. 1986. *Gewachshäuser - Handbuch des Erwerbsgartnersbaski. Handbuch des Erwerbsgartners. Ulmer -Verlag, Stuttgart*.
- Von Zabeltitz C 2011. *Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control. Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control:285-311*. doi:10.1007/978-3-642-14582-7_12.
- Yüksel A 2012. *Sera Yapım Tekniği*, ISBN: 978-975-8377-82-4, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 272s.