



## Antalya İklim Koşullarında Farklı Donanımlara Sahip Seraların Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi

Abdullah Nafi Baytorun<sup>1\*</sup>, Sait Üstün<sup>2</sup>, Adil Akyüz<sup>2</sup>, Ali Çaylı<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü 01250 Adana, Türkiye

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 46040 Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>3</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkoğlu Meslek Yüksekokulu, 46880 Kahramanmaraş, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

#### Araştırma Makalesi

Geliş 25 Ağustos 2016  
Kabul 06 Aralık 2016

#### Anahtar Kelimeler:

Sera  
Sera ısıtması  
Isı enerjisi gereksinimi  
Isı perdesi

\*Sorumlu Yazar:

E-mail: baytorun@cu.edu.tr

### ÖZET

Akdeniz iklim kuşağında yılın belli dönemlerinde günlük ortalama sıcaklık değerleri 12°C'un altına düşmektedir. Bu koşullarda seralardan beklenen kaliteli yüksek verimin elde edilebilmesi seraların ısıtılması gereklidir. Seralarda ısıtma giderleri bölge iklimine, sera büyüklüğüne, tipine, donanımına ve serada üretilen bitki çeşidine bağlı olarak işletme giderlerinin %20-60'ı arasında değişim göstermektedir. Seralarda ısı gereksinimi DIN 4701 standartlarında belirlenen esaslara göre hesaplanmaktadır. Ancak serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık, hesaplamalarda göz önüne alınan dış sıcaklık değerlerinden daha yüksektir. Belirtilen nedenle seralarda ısı gereksinimi, seranın havalandırma sıcaklığı ve ısı depolama özelliğine bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık yükselmeleri göz önüne alınarak hesaplanmalıdır. Yapılan bu çalışmada Akdeniz bölgesindeki Antalya ilinin iklim değerleri esas alınarak ısı enerjisi gereksinimi belirlenmiştir. Hesaplamalarda seralardaki farklı donanımlar esas alınmış ve tasarruf edilebilecek enerji değerleri belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, serada sıcaklık yükselmeleri göz önüne alınarak hesaplanan ısı enerjisi gereksinimi ile dış sıcaklığa göre yapılan hesaplamalar arasında yılın aylarına bağlı olarak %12-29 farklılık elde edilmiştir.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(2): 144-152, 2017

## The Determination of Heat Energy Requirement for Greenhouses with Different Hardware under Climate Conditions Antalya

### ARTICLE INFO

#### Research Article

Received 25 August 2016  
Accepted 06 December 2016

#### Keywords:

Greenhouse  
Greenhouse heating  
Heat energy requirement  
Energy screen

\*Corresponding Author:

E-mail: baytorun@cu.edu.tr

### ABSTRACT

In Mediterranean climate region, during certain times of the year the daily average temperature decreases under 12°C. In such conditions, greenhouse heating is essential to be able to get the high quality yield that is expected from greenhouses. The cost of heating varies from 20% to 60% of the total costs depending on the climate of the region, size, type and hardware of the greenhouse and type of plant grown in the greenhouse. The heat requirement in greenhouses is calculated based on the rudiments defined by DIN 4701 standards. However, the real temperature in greenhouses is higher than the outside temperatures used in calculations. For this reason, the heat requirement in greenhouses should be calculated by taking temperature increases that are caused by ventilation temperature and heat storage capability into consideration. In this study, the heat energy need of Antalya which is located in Mediterranean region is assessed according to its climate conditions. In the calculations, the different hardware structures are considered and the level of energy that can be saved is calculated. As a result of the calculations, depending on the month of the year, 12% to 29% difference is observed between energy requirement calculations based on the indoor temperature increases and energy requirement calculations based on outside temperature values.

## Giriş

Tarımsal üretimde çevre koşullarının kontrol edilebilmesi verimlilik üzerine doğrudan etkilidir. Bu nedenle son yıllarda çevre kontrollü tarımsal üretim teknikleri giderek artan bir ivme ile gelişme göstermektedir. Çevre kontrollü bitkisel üretim sistemlerinde doğal çevresel etmenler, bütün yönleri ile bitkilerin biyolojik optimum istekleri doğrultusunda değiştirilmeye çalışılmaktadır. Bitkisel üretimde çevre kontrollü üretimin en yaygın ve etkin uygulaması seralarda gerçekleştirilmektedir.

Yüksek verim olgusuna karşılık sera ürünlerinin kaliteleri son yıllarda gerek yurt içi, gerekse yurt dışında önemli boyutlara ulaşan tartışmalara konu olmaktadır. Kalite olumsuzluğuna neden olan ana faktörlerden biri, sera iklim koşullarıdır. Düşük sıcaklık ve yüksek nem, bir yandan fiziksel, kimyasal ve aromatik kalite noksanlığı oluştururken, diğer yandan yoğun tarımsal savaş ilacı kullanımını zorunlu kılmaktadır. Seralarda düşük sıcaklık ve yüksek nem sorununun çözmek, kaliteli ve yüksek verim elde edilebilmek için günlük ortalama sıcaklığın 12°C'un altına düşmesi durumunda seralar ısıtılmalıdır (Nisen ve ark., 1988; von Zabeltitz 1992, 2011).

Seralarda ısıtma ciddi anlamda enerjiye gereksinim göstermektedir. Seralarda en fazla enerji kuzey Avrupa ülkelerinde tüketilmektedir. Hollanda'da bir kilo domates üretimi için İspanya'ya oranla 13 kat, biber üretiminde 14-17 kat ve hıyar üretiminde 9 kat daha fazla enerji tüketilmektedir (von Zabeltitz, 2011). Buna karşın Hollanda'da seralarda domates üretiminde kullanılan tarımsal ilaç, diğer Akdeniz ülkelerine göre oldukça azdır. Hollanda'da seralarda sebze üretiminde hastalıklara karşı mücadelede 31 kg ha<sup>-1</sup> ilaç kullanılırken, bu değer İtalya'da 47 kg ha<sup>-1</sup>'dir (Stanghellini ve ark., 2003). Türkiye'de Bombus arısı kullanılan işletmelerde 78 kg ha<sup>-1</sup> ilaç kullanılırken, Bombus arısı kullanmayan işletmelerde bu değer 357 kg ha<sup>-1</sup>'a kadar yükselmektedir (Karaman ve ark., 2006).

Isıtılmayan seralarda ortaya çıkan yüksek nem hastalıklara neden olduğu gibi, bitkilerde transpirasyonun azalmasına ve dolayısı ile bitki gelişiminin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Yüksek nem ayrıca örtü malzemesinin iç yüzeyinde yoğunlaşarak seraya ulaşan güneş ışınımını %15 oranında azaltmaktadır. Bu durum özellikle günlük toplam ısınımın düşük olduğu, Aralık ve Ocak aylarında büyük önem arz etmektedir (von Zabeltitz 1986, 2011; Baytorun ve ark., 1995).

Türkiye'de seracılığın yaygın olarak yapıldığı Akdeniz bölgesinin iklim değerleri incelendiğinde, günlük ortalama sıcaklığın Aralık, Ocak ve Şubat aylarında 12°C'un altına düştüğü görülmektedir. Bu koşullarda kaliteli yüksek verimin elde edilebilmesi için seralar ısıtılmalıdır. Ancak Akdeniz bölgesinde günlük ortalama sıcaklık değerlerinin 7°C'un altına düşmemesi nedeniyle, düşük teknolojiye sahip basit seralarda düzenli ısıtma yapılmamakta, yalnızca soğuk gecelerde bitkileri dondan korumak amacıyla lokal ısıtmalar uygulanmaktadır (Baytorun, 1999). Son yıllarda Akdeniz bölgesinde kurulan modern seralarda düzenli ısıtma yapılmakta ve ısıtmada yakıt olarak kömür kullanılmaktadır.

Seralarda bitkilerin arzu ettiği sıcaklığa bağlı olarak gereksinilen ısı enerjisi sera büyüklüğüne, tipine,

donanımına, serada yetiştirilen ürün çeşidine ve bölge iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Akdeniz bölgesi seralarında ısı enerjisi gereksinimi, soğuk kuzey Avrupa ülkelerine göre daha azdır. De Pascale ve Maggio'ya (2005) göre, güney İtalya'da 1 ha'lık kesme çiçek serası için 5200–6800 GJ yıl<sup>-1</sup> ısı enerjisi gereksinimi ortaya çıkarken, Hollanda'da bu değer 16000 GJ yıl<sup>-1</sup> olmaktadır.

Kuzey ve güney Avrupa ülkelerinde kurulan seralarda yakıt tüketimleri ciddi anlamda farklılık göstermektedir. Kuzey Avrupa ülkelerinde gereksinim duyulan yakıt miktarı, güney Avrupa ülkelerinin 10-13 katı olmaktadır (Campiotti ve Dondi, 2007). Kuzey Avrupa ülkelerinde kurulan seralarda ısı enerjisi gereksinimi 1900 MJ m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> (528 kWh m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>) iken, bu değer orta Avrupa ülkelerinde 1500 MJ m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> (417 kWh m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>), güney Avrupa ülkelerinde 500 MJ m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> (139 kWh m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>) olmaktadır. Kuzey Avrupa ülkelerindeki ısı enerjisini karşılamak için, üretim periyodu boyunca 45 L m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>, orta Avrupa ülkelerinde 35 L m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>, Güney Avrupa ülkelerinde 12 L m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup> fueloile gereksinim duyulmaktadır (Bot, 2008).

Seralarda ısıtma kadar ısıtılan seralarda enerjisinin korunması, artan enerji fiyatları ve fosil enerji kaynaklarının atmosfere saldıkları CO<sub>2</sub> emisyonu nedeniyle önem arz etmektedir. Seralarda ısı enerjisi tasarrufu amacıyla çok farklı önlemler kullanılmaktadır. Tantau (2012) düşük enerji gereksinimi gösteren seralar üzerinde yaptığı çalışmalarda, çift katlı örtü malzemesi ve üç katlı ısı perdeleri yardımıyla %80 oranında, Meyer (2012) çift katlı ETFE ile kaplı seralarda iki katlı ısı perdesi yardımıyla %90 oranında ısı tasarrufunun sağlanabileceğini belirlemişlerdir. Ancak çok katlı örtü malzemesi, bitki gelişimi için mutlak gerekli olan ışık (PAR) geçirgenliğini azaltmakta, bu durum verim düşüşlerine neden olmaktadır. Sera çatısından oluşan ısı kayıplarının önlenmesi amacıyla çift katlı örtü malzemesinden çok, ısı perdelerinin kullanılması önerilmektedir (Baytorun ve ark., 2016)

Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin saatlik iklim değerlerinden gidilerek belirlenmesi daha sağlıklı sonuçların elde edilmesine olanak sağlamaktadır (von Zabeltitz, 2011). Seralarda ısı enerjisi gereksinimi DIN 4701 standartlarında belirlenen esaslara göre hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda dış sıcaklık ve serada arzulan sıcaklık farkı ( $\Delta\theta_{(i-a)}$ ) esas alınmaktadır. Oysa belirli bir sıcaklığa kadar havalandırılmayan ve ısıtılmayan seralarda ortaya çıkan gerçek sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerlerinden yüksektir. Belirtilen nedenle seralarda ısı gereksiniminin hesaplanmasında, seranın özelliğine bağlı olarak ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve seranın enerji depolama özelliğine bağlı sıcaklık yükselmelerinin de göz önüne alınması daha doğru sonuçların elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Rath, 1992).

Yapılan bu çalışmada; Antalya iklim koşulları esas alınarak son yıllarda kurulan modern PE plastik seraların, farklı donanım ve farklı iç sıcaklık değerlerine bağlı olarak ısı gücü, ısı enerjisi gereksinimi ve alınabilecek teknik önlemlerle tasarruf edilebilecek enerji miktarları, serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık değerleri göz önüne alınarak saatlik değerlerden hesaplanmıştır.

## Materyal ve Metot

Çalışmada son yıllarda kurulan modern PE plastik sera tipi ve boyutları esas alınmıştır. Hesaplamalarda kullanılan seranın boyutları Çizelge 1’de verilmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan toplam ısı gereksinim katsayısı 4 m s<sup>-1</sup> rüzgâr hızı için (k<sub>a</sub>’) tek kat PE plastik için 7,0 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>, çift katlı polikarbonat (PC-10 mm) için 4,7 Wm<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup> ve çift katlı PE plastik için 5,1 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup> alınmıştır (Tantau, 1983; von Zabeltitz, 1986).

Hesaplamalarda Meteoroloji Genel Müdürlüğünden sağlanan, Antalya ilinin (36°:53’ N) 25 yıllık saatlik sıcaklık, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı değerlerinden yararlanılmıştır.

### Yıllık Isı Enerjisi Gereksiniminin Hesaplanması

Serada yılın saatlerine bağlı ısı enerjisi gereksinimi 1 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır (Rath, 1992). Hesaplamalarda dış sıcaklık yerine, ısıtılmayan serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve seranın özelliğine bağlı sıcaklık yükselmesi esas alınmıştır.

$$Q = \sum_{n=1}^{8760} \left( (\vartheta_{in} - \vartheta_{i,OHn} - \Delta\vartheta_{Spn}) * k'_a * A_H * (1 - EE_{ES}) * t_{si} \right) \quad (1)$$

Eşitlikte;

Q :Isı enerjisi gereksinimi [Wh]

$\vartheta_i$  :Serada istenen sıcaklık [°C]

$\vartheta_{i,OH}$ :Isıtılmayan serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık [°C]

$\Delta\vartheta_{Sp}$ :Seranın özelliğine bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi [°C]

k<sub>a</sub>’ :Örtü malzemesinin toplam ısı iletimi katsayısı [W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>]

A<sub>H</sub> :Sera örtü yüzey alanı [m<sup>2</sup>]

EE<sub>ES</sub>:Isı perdesi ile sağlanan ısı tasarrufu [-]

n :Yılın saatleri

t<sub>si</sub> :Simülasyonda zaman dilimi (1 h)

### Örtü Malzemesi ve Rüzgâr Hızına Bağlı Toplam Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi

Seranın çatı ve yan duvarlarında farklı örtü malzemesinin kullanılması ve serada ısı korunumu amacıyla farklı teknik önlemlerin (çok katlı örtü, ısı perdesi, vb.) alınması durumunda toplam ısı iletim katsayısı (k<sub>a</sub>’) 2 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$k'_F = k'_{TF1} * (1 - EE_{TF1}) * An + k'_{TF2} * (1 - EE_{TF2}) * (1 - An) \quad (2)$$

Eşitlikte;

k<sub>F</sub>’ :Seranın 4 m s<sup>-1</sup> rüzgâr hızında toplam ısı iletim katsayısı [W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>]

k<sub>TF1,2</sub> :Seranın farklı yerlerinde kullanılan farklı örtü malzemelerinin, 4 m s<sup>-1</sup> rüzgâr hızında toplam ısı iletim katsayıları [W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>]

EE<sub>TF1,2</sub>:Seranın farklı bölmelerinde (TF<sub>1</sub>,TF<sub>2</sub>) ısı koruma amacıyla kullanılan önlemin enerji tasarruf oranı [-]

An :Farklı örtü ile kaplanmış yüzey alanının (TF<sub>1</sub>) tüm sera yüzey alanına oranı [-]

Toplam ısı iletim katsayısı rüzgâr hızına bağlı olarak değişim göstermektedir (Tantau, 1983; von Zabeltitz 1986, 2011). Rüzgâr hızına bağlı olarak değişen toplam ısı iletim katsayısı 3 nolu eşitlik yardımı ile belirlenmiştir (Rath, 1992).

$$k'_a = k'_F + \frac{k'_F}{x_1} * (x_2 * v_w + x_3) \quad (3)$$

Eşitlikte;

v<sub>w</sub>:Rüzgâr hızı [m s<sup>-1</sup>]

x<sub>1</sub>=7,56 [-], x<sub>2</sub>=0,35 [s m<sup>-1</sup>], x<sub>3</sub>=-1,4 [-]

### Isı Perdesi Etkisinin Hesaplamalarda Dikkate Alınması

Serada ısı korumu amacıyla kullanılan ısı perdesinin sağladığı ısı artırımını, k<sub>a</sub>’ ≤ 10 ve EE<sub>ES</sub> ≤ 0,6 olduğu koşullarda 4 nolu ilişki ile hesaplanmıştır (Rath, 1992).

$$EE_{ES} = \frac{EE_{ES}}{KF_{ES}} * k'_a \quad (4)$$

Eşitlikte;

KF<sub>ES</sub>:Isı perdesinin sızdırmazlığına bağlı düzeltme faktörü [W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>].

Isı perdelerinin enerji tasarruf oranları perdelerin sızdırmazlığına bağlı olarak değişmektedir. Hesaplamalarda ısı perdelerinin sızdırmazlığına bağlı olarak kullanılan düzeltme faktörü (KF<sub>ES</sub>), Müller’in (1987) üretici koşullarında ısı perdelerinin sızdırmazlıklarına bağlı yaptığı araştırmalardan elde ettiği sonuçlara göre, Rath (1992) tarafından geliştirilen katsayılar esas alınmıştır (Çizelge 2).

### Belli Bir Sıcaklığa Kadar Havalandırılmayan ve Isıtılmayan Serada Ortaya Çıkan Gerçek Sıcaklığın Hesaplanması

DIN 4701 Standartlarında belirlenen esaslara göre seralarda ısı gereksiniminin hesaplanmasında, bitkilerin arzulanıkları sıcaklık ile dış sıcaklık değerleri arasındaki fark ( $\Delta\vartheta = \vartheta_i - \vartheta_a$ ) esas alınmaktadır. Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin hesaplanmasında dış sıcaklık yerine serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık değerlerinin göz önüne alınması daha gerçekçi sonuçların elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Rath, 1992, Baytorun ve ark., 2016). Serada gerçek sıcaklık değerinin belirlenmesi için öncelikle serada teorik olarak ortaya çıkan sıcaklık değerinin 5 nolu eşitliğe göre hesaplanması gereklidir. Hesaplamalarda seraya ulaşan güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüşüm faktörü ( $\eta$ ) 0,70 olarak alınmıştır (Tantau 1983, von Zabeltitz 1986).

$$\vartheta_{i,th} = \frac{q_{GS} * D_G * \eta * A_G}{k'_a * (1 - EE_{ES}) * A_H} + \vartheta_a \quad (5)$$

Eşitlikte;

$\vartheta_{i,th}$  :Havalandırılmayan - ısıtılmayan serada ortaya çıkan teorik sıcaklık (°C)

q<sub>GS</sub> :Güneş radyasyonu (W m<sup>-2</sup>)

D<sub>G</sub> :Örtü malzemesinin geçirgenliği (%)

$\eta$  :Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüşüm faktörü (standart=0,7)

A<sub>G</sub> :Sera taban alanı (m<sup>2</sup>)

$\vartheta_a$  :Dış sıcaklık (°C)

Isıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık değeri ( $\vartheta_{i,OH}$ ), hesaplanan teorik sıcaklık ( $\vartheta_{i,th}$ ), havalandırma sıcaklığı ( $\vartheta_L$ ) ve dış sıcaklık ( $\vartheta_a$ ) değeri göz önüne alınarak, 6 nolu eşitliklerde verilen mantıksal ilişkilerle belirlenmiştir.

$$\left. \begin{array}{l} \vartheta_{i,th} \geq \vartheta_L \text{ ve } \vartheta_L \geq \vartheta_a \quad \text{ise} \\ \vartheta_{i,th} < \vartheta_L \text{ ve } \vartheta_{i,th} > \vartheta_a \quad \text{ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} \vartheta_{i,oH} = \begin{cases} \vartheta_L \\ \vartheta_{i,th} \\ \vartheta_a \end{cases} \quad (6)$$

$\vartheta_L$  :Havalandırma sıcaklığı (°C)

$\vartheta_{i,S}$  :Serada istenen sıcaklık (°C)

Hesaplamalarda kullanılan iç sıcaklık ( $\vartheta_i$ ), serada istenen sıcaklığa ( $\vartheta_{i,S}$ ) bağlı olarak 7 nolu, serada gece/gündüz farklı sıcaklığın istenmesi durumunda, 8 nolu mantıksal eşitlikler yardımı ile belirlenmiştir.

$$\left. \begin{array}{l} \vartheta_{i,oH} \leq \vartheta_{i,S} \quad \text{ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} \vartheta_i = \begin{cases} \vartheta_{i,S} \\ \vartheta_{i,oH} \end{cases} \quad (7)$$

$$\left. \begin{array}{l} q_{GS} > 0 \text{ ve } \vartheta_{i,oH} \leq \vartheta_{i,SGündüz} \quad \text{ise} \\ q_{GS} = 0 \text{ ve } \vartheta_{i,oH} \leq \vartheta_{i,SGece} \quad \text{ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} \vartheta_i = \begin{cases} \vartheta_{i,SGündüz} \\ \vartheta_{i,SGece} \\ \vartheta_{i,oH} \end{cases} \quad (8)$$

#### Seranın Özelliğine Bağlı Olarak Ortaya Çıkan Sıcaklık Yükselmesinin Belirlenmesi

Serada gün boyu depolanan ısı enerjisi, sıcaklık yükselmelerine neden olmaktadır. Serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi, gündüz saatlerindeki sıcaklık ortalamaları ile takip eden gecenin dış sıcaklık ortalamaları arasındaki farka bağlı olarak değişmektedir (Rath, 1992; Tantau, 2008).

Seranın enerji depolama özelliği; birinci derecede gündüz ve gece serada ortaya çıkan sıcaklık farkına, ikinci derecede seranın enerji depolama özelliğine ve üçüncü derecede yüksek ısı enerjisi gereksiniminin ortaya çıktığı koşullarda ( $\Delta\vartheta_{(i-a)} \geq 20$ ) tamamen toplam ısı gereksinim katsayısına ( $k'_a$ ) bağlı olarak değişmektedir. Rath (1992) tarafından geliştirilen doğrusal modelde, belirtilen bu üç koşulu kapsayan bir matematiksel çözüm geliştirilmiştir (Şekil 1). Modelde uyarılma değeri olarak ısıtılmayan serada yıl içinde gece saatlerinde ortaya çıkan en yüksek sıcaklık farkı ( $\Delta\vartheta_{(i-a)}$ ) dikkate alınmaktadır. von Zabeltitz (2011) Akdeniz bölgesindeki plastik seralarda maksimum sıcaklık yükselmesinin 1-2°C alınabileceğini belirtmektedir.

Rath (1992) tarafından geliştirilen doğrusal modelde serada istenen sıcaklık ve ısıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık farkı ( $\vartheta_i - \vartheta_{oH}$ ) aktüel ısı depolama potansiyeline bağlı sıcaklık yükselmesinden küçük veya eşit ise serada ısıtmaya gereksinim yoktur (Şekil 1, Örnek A). Serada arzulanan sıcaklık ve ısıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık farkı ( $\vartheta_i - \vartheta_{oH}$ ) 20 K'den daha büyükse ısı depolama potansiyeline bağlı sıcaklık yükselmesi 0°C olduğundan, sıcaklık yükselmesi ısı gereksinimi hesaplamalarında etkili değildir (Şekil 1, Örnek B).

Serada arzulanan sıcaklık ve ısıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık farkı ( $\vartheta_i - \vartheta_{oH}$ ) maksimum sıcaklık yükselmesi ile 20 K arasında bulunuyorsa (Şekil 1, Örnek C), ısı enerjisi hesaplamalarında göz önüne alınacak sıcaklık yükselmesi 11 nolu mantıksal eşitlikler yardımı ile belirlenmektedir.

Yapılan hesaplamalarda seraya özgü maksimum sıcaklık yükselmesi ( $\Delta\vartheta_{Sp,max}$ ), Akdeniz bölgesinde ısıtılmayan PE plastik seralarda yapılan ölçümler göz önüne alınarak 1°C alınmıştır (Baytorun ve ark., 1995). Bu değer Rath (1992) tarafından geliştirilen model için uyarılma değeri olarak kabul edilmiştir. Aktüel ısı depolama potansiyeline bağlı sıcaklık yükselmesi ( $\Delta\vartheta_{Sp,pot}$ ), ısıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık ( $\vartheta_{i,oH}$ ) değerlerine bağlı olarak 9 ve 10 nolu eşitlikler yardımıyla yılın tüm saatleri için hesaplanmıştır.

$$\Delta\vartheta_{Sp,pot} = \frac{Z_d}{\max(Z_2, \dots, 365)} * \Delta\vartheta_{Sp,max} \quad (9)$$

$$Z_d = \overline{\vartheta_{i,oH,Gündüz_{d-1}}} - \overline{\vartheta_{i,oH,Gecede}} \quad (10)$$

Eşitliklerde;

$\Delta\vartheta_{Sp}$ :Serada enerji depolamaya bağlı sıcaklık yükselmesi (°C),

$\Delta\vartheta_{Sp,pot}$ :Serada aktüel ısı depolama potansiyeline bağlı sıcaklık yükselmesi °C,

$\Delta\vartheta_{Sp,max}$ :Isıtılmayan serada ortaya çıkan maksimum sıcaklık yükselmesi (1°C),

$Z_d$ :Isıtılmayan serada yılın günlerine bağlı olarak gece ( $q_{GS}=0$ ) ve gündüz ( $q_{GS}>0$ ) saatlerindeki sıcaklık ortalamaları arasındaki fark (°C).

Yapılan çalışmada, ısı depolama potansiyeline bağlı olarak serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi ( $\Delta\vartheta_{Sp}$ ) 11 nolu eşitliklerde verilen mantıksal ilişkiler yardımı ile belirlenmiştir.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta\vartheta_{Sp,pot} \geq 20 \quad \text{ise} \\ \vartheta_i - \vartheta_{i,oH} \leq \Delta\vartheta_{Sp,pot} < 20 \quad \text{ise} \\ 0 < \Delta\vartheta_{Sp,pot} < \vartheta_i - \vartheta_{i,oH} < 20 \quad \text{ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} \Delta\vartheta_{Sp} = \begin{cases} \Delta\vartheta_{Sp,pot} \\ \Delta\vartheta_{Sp,pot} \\ \frac{\Delta\vartheta_{Sp,pot} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{i,oH} - 20)}{\Delta\vartheta_{Sp,pot} - 20} \\ 0 \end{cases} \quad (11)$$

#### Isıtma Sistemlerinin Isı Enerjisi Gereksinimine Etkisi

Serada kullanılan ısıtma sistemleri seranın ısı enerjisi tüketimine etki ederler. Yapılan hesaplamalarda farklı ısıtma sistemlerine sahip seralarda ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde Tantau (1983) tarafından belirlenen değerler kullanılarak ısıtma sistemleri için düzeltme katsayıları geliştirilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 1 Hesaplamalarda esas alınan PE plastik seranın boyutları

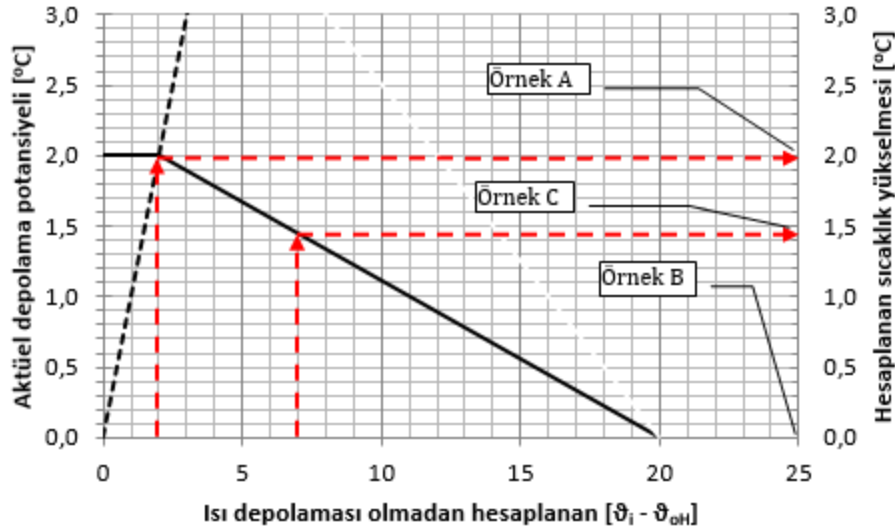
Bölme sayısı	(Adet)	10	Yan duvar alanı	(m <sup>2</sup> )	425,0
Bölme genişliği	(m)	9,60	Cephe alanı	(m <sup>2</sup> )	1183,45
Sera uzunluğu	(m)	50,00	Çatı alanı	(m <sup>2</sup> )	5729,59
Yan duvar yüksekliği	(m)	4,25	Örtü alanı	(m <sup>2</sup> )	7338,04
Çatı yüksekliği	(m)	2,75	Taban alanı	(m <sup>2</sup> )	4800,00
Mahya yüksekliği	(m)	7,00	A <sub>H</sub> /A <sub>G</sub>	(-)	1,53

Çizelge 2 Isı perdesinin yalıtım durumuna göre düzeltme faktörü ( $KF_{ES}$ ) ( $W m^{-2} K^{-1}$ )

Isı perdesinin sızdırmazlık durumu	$KF_{ES}$
Isı perdesi sıkıca kapalı ve iyi derecede yalıtılmış	6,8
Isı perdesi kapalı ve orta derecede yalıtılmış	11,05
Isı perdesi kapalı ve kötü derecede yalıtılmış	23,43
Isı perdesi yok	0

Çizelge 3 Isıtma sistemlerine bağlı olarak hesaplamalarda kullanılan düzeltme faktörleri

Isıtma Sistemi	Düzeltilme Faktörü [-]
Yükseğe yerleştirilmiş borulu ısıtma sistemi	1,17
Masa altına yerleştirilmiş borulu ısıtma sistemi	1,06
Yan duvarlarda borulu ısıtma sistemi	1,16
Isıtma boruları tabana ve bitki masuralarına yakın	0,96
Delikli plastik tüplü hava ısıtıcısı	1,00



Şekil 1 Seranın özelliğine bağlı olarak hesaplanan sıcaklık yükselmesi

## Bulgular

DIN 4701 standartlarında belirlenen esaslara göre saatlik dış sıcaklık değerlerinden gidilerek belirlenen ısı gereksinimiyle, serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve sıcaklık yükselmesinin dikkate alındığı koşullara göre yapılan ısı gereksinimi hesaplamaları yılın farklı ayları için Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve sıcaklık yükselmesinin göz önüne alındığı yöntemle göre yapılan hesaplamalarla, dış sıcaklık değerlerine göre hesaplanan ısı gereksinimi değerleri arasında ortalama %16 oranında farklılık belirlenmiştir. Bu farklılık soğuk dönemlerde azalırken, sıcaklığın yükseldiği geçiş dönemlerinde ciddi anlamda artış göstermektedir.

Serada sıcaklık yükselmesi göz önüne alınarak, Antalya ilinin uzun yıllık saatlik iklim değerlerine göre tek kat PE plastikle örtülmüş seralarda sıcaklığın gece/gündüz 17/18°C'da tutulması durumunda, yılın aylarına bağlı gereksinilen günlük ısı enerjisi ve seraya ulaşan günlük toplam güneş enerjisi değerleri hesaplanarak Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Antalya ilinde yılın aylarına bağlı olarak güneşten kazanılan ısı enerjisi, serada sıcaklığın gece/gündüz 17/18°C'da tutulmak istenmesi durumunda gereksinilen ısı enerjisini karşılayabilmektedir. Ancak bu

durum Antalya'da seralarda ısıtmaya gerek olmadığı anlamına gelmemelidir. Antalya'da serada sıcaklığın tüm gün 16°C'da tutulmak istenmesi durumunda, farklı ayların 24 saati için yapılan hesaplamalarda, serada gündüz saatlerinde ısıtma gereksinimi ortaya çıkmazken, gece saatlerinde farklı aylara göre ortaya çıkan ortalama ısı gücü gereksinimi 20-82  $W m^{-2}$  arasında değişmektedir (Şekil 2).

Antalya koşullarında serada sıcaklık yükselmesi göz önüne alınarak saatlik iklim değerlerine göre hiçbir ısı koruma önleminin alınmadığı PE plastik serada, farklı sıcaklık değerleri için yılın haftalarına bağlı olarak gece ve gündüz gereksinilen ısı enerjisi değerleri hesaplanarak Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi serada sıcaklığın gece/gündüz 16°C'da tutulmak istenmesi durumunda, yılın 1.-18. ile 43.-52. haftaları arasında ısıtma gereksinimi ortaya çıkmakta ve üretim periyodu boyunca toplam  $10,0+108,2 = 118,2 kWh m^{-2} a^{-1}$  ısı enerjisine gereksinim duyulmaktadır.

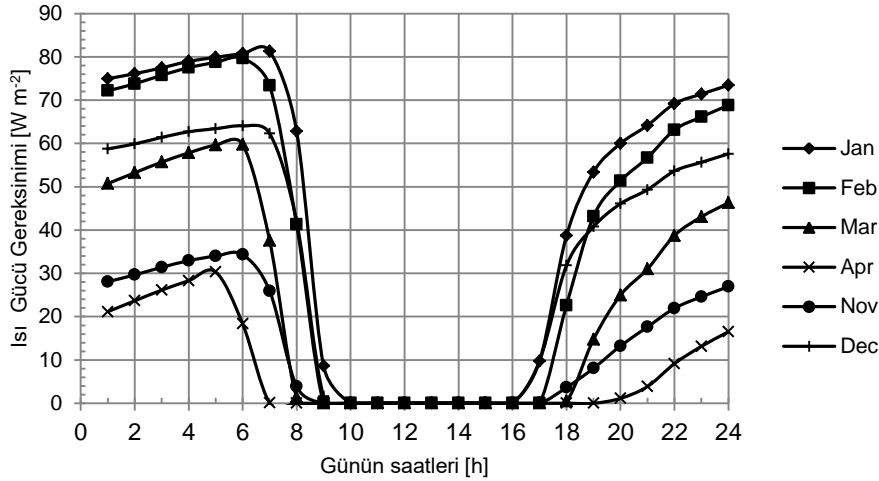
Seralarda gece gündüz arasındaki sıcaklık farkının 5-7°C olması önerilmektedir. (Nisen ve ark., 1988). Serada sıcaklığın gece saatlerinde düşük tutulması enerji tasarrufu açısından önemlidir. Antalya koşullarında serada sıcaklığın gündüz 18°C'ye yükseltilmesi, ısı enerjisi

gereksinimini anlamlı bir oranda yükseltmemektedir. Serada sıcaklığın gece/gündüz 16/18°C’da tutulmak istenmesi durumunda üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi  $18,4+108,2 = 126,6 \text{ kWh m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  olmaktadır.

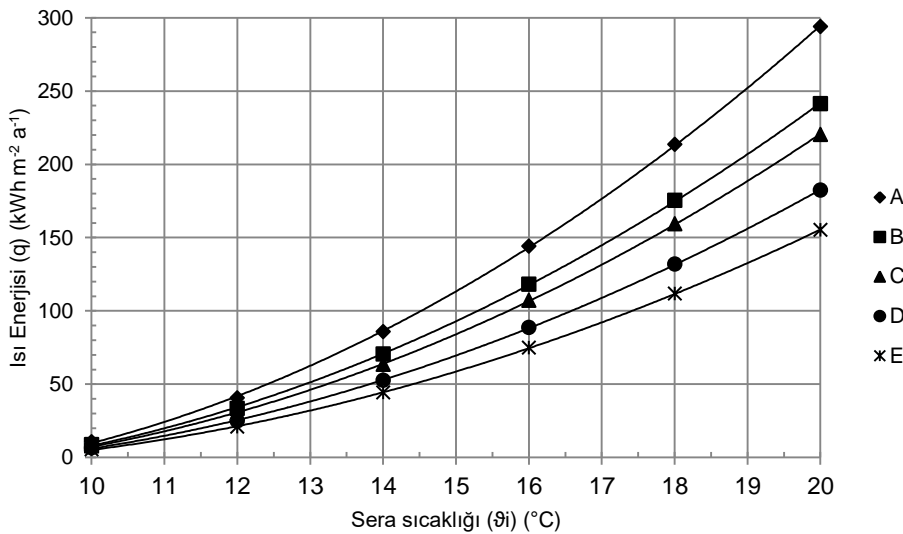
Seralarda kullanılan ısıtma sistemi ısı enerjisi tüketimini etkiler. Antalya koşullarında sıcaklığın gece/gündüz 17/18°C’da tutulduğu ısı perdesiz PE plastik serada farklı ısıtma sistemlerine bağlı olarak gereksinilen yıllık ısı enerjisi Çizelge 7’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi en yüksek ısı enerjisi gereksinimi ısıtma borularının sera çatı bölgesine yerleştirilmesi durumunda ( $183,0 \text{ kWh m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ ) ortaya çıkmaktadır. Isıtma borularının bitki sıra aralarına veya tabana yakın yerleştirilmesi durumunda gerekli olan ısı enerjisi, yükseğe yerleştirilmiş ısıtma sistemlerine oranla %18 azalarak  $150,2 \text{ kWh m}^{-2} \text{ a}^{-1}$  olmaktadır.

Seralarda ısı enerjisi tasarrufu amacıyla alınabilecek bir diğer önlemden, çok katlı örtü malzemesinin kullanılmasıdır. Ancak sera çatısının çok katlı örtü malzemesi ile kaplanması ışık (PAR) geçirgenliği %15-20

azalmaktadır (von Zabeltitz, 1986, 2011; Baytorun ve ark., 1995). Akdeniz bölgesinde Aralık ve Ocak aylarında günlük toplam güneş radyasyonu  $2,34 \text{ kWh m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ’ün altına düşmektedir. Bu da bitki gelişimi için istenmeyen durumdur (Nisen ve ark., 1988; Krug, 1991; von Zabeltitz 2011). Belirtilen nedenle seralarda ısı korunumu amacıyla yan duvarlarda çok katlı örtü malzemesi kullanılırken, çatı bölgesinde daha fazla güneş ışımının seraya ulaşabilmesi için tek kat örtü kullanılmalıdır. Seralarda çatı bölgesinde tek kat örtü malzemesinin kullanılması, serada ortaya çıkan yüksek nemin soğuk örtü yüzeyi üzerinde yoğunlaşmasına da neden olabilmektedir. Bu durum serada yüksek nemin azaltılması açısından üstünlük sağlamaktadır. Çizelge 8’de Antalya iklim koşullarında farklı örtü malzemelerine sahip seralarda sıcaklığın gece/gündüz 17/18°C’da tutulmak istenmesi durumunda, üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi değerleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi yan duvarlarda çift katlı plastik örtünün kullanılması durumunda %6 oranında ısı enerjisi tasarruf edilebilmektedir.



Şekil 2 Antalya’da (36°:53’ N) PE plastik serada sıcaklığın 16°C ve havalandırma sıcaklığının 25°C’ye ayarlandığı koşullarda farklı aylar için günün saatlerine bağlı gereksinilen ısı gücü değerleri ( $\text{W m}^{-2}$ )



Şekil 3 Antalya iklim koşullarında farklı donanımlara sahip PE plastik (AH/AG=1,53) seralarda farklı sıcaklık değerlerine bağlı ısı enerjisi gereksinimleri ( $\text{kWh m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ )

Çizelge 4 Aynı özelliklere sahip tek kat PE plastik kaplı serada farklı iki yöntemle göre saatlik iklim değerlerinden hesaplanan ısı enerjisi gereksinimleri

Yöntem	Isı enerjisi gereksinimi (kWh m <sup>-2</sup> ay <sup>-1</sup> )								
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Sıcaklık yükselmesine göre	34,3	27,5	18,6	6,0	0,2	0,4	10,6	25,6	123,1
Dış sıcaklık değerlerine göre	38,8	31,2	22,6	8,5	0,6	0,8	13,9	29,8	146,1
Oransal fark (%)	12	12	18	29	67	50	24	14	16

Çizelge 5 Antalya'da aylara bağlı seraya ulaşan günlük güneş enerjisi (D<sub>G</sub>=0,6) ve PE plastik serada gece/gündüz 17/18°C sıcaklık için gereksinim duyulan günlük ısı enerjisi değerleri

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Seraya ulaşan güneş enerjisi (kWh m <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )												
Q <sub>s</sub>	1,27	1,54	2,62	3,28	3,82	4,16	3,99	3,6	3,10	2,36	1,51	1,15
Isı enerjisi gereksinimi (kWh m <sup>-2</sup> gün <sup>-1</sup> )												
Q(17/18)	1,27	1,13	0,73	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,49	0,98

Q<sub>s</sub>: Seraya ulaşan güneş radyasyonu

Çizelge 6 Antalya'da tek kat PE plastik ile kaplı serada farklı sıcaklık değerleri için gece ve gündüz gereksinim duyulan haftalık ısı enerjisi (kWh m<sup>-2</sup> hafta<sup>-1</sup>)

Hafta	Serada arzulan sıcaklık değerleri											
	10°C		12°C		14°C		16°C		18°C		20°C	
	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece
1	0,0	0,4	0,1	2,1	0,2	4,1	0,5	6,2	0,9	8,2	1,4	10,2
2	0,0	1,0	0,1	2,8	0,3	4,8	0,5	6,8	0,9	8,9	1,4	10,9
3	0,0	1,3	0,2	3,2	0,4	5,2	0,7	7,2	1,2	9,2	1,7	11,2
4	0,0	1,4	0,2	3,3	0,4	5,2	0,8	7,1	1,3	9,0	1,9	10,9
5	0,0	1,1	0,2	2,8	0,4	4,7	0,7	6,6	1,2	8,5	1,8	10,4
6	0,0	1,1	0,1	2,8	0,4	4,7	0,8	6,5	1,2	8,4	1,8	10,2
7	0,0	0,4	0,1	1,9	0,3	3,7	0,7	5,4	1,1	7,2	1,7	9,0
8	0,0	0,6	0,2	2,1	0,4	3,8	0,8	5,6	1,3	7,3	1,7	9,0
9	0,0	0,2	0,1	1,4	0,3	3,0	0,5	4,7	0,9	6,4	1,4	8,1
10	0,0	0,1	0,1	1,2	0,2	2,7	0,4	4,4	0,7	6,1	1,1	7,8
11	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	2,3	0,3	3,9	0,5	5,6	0,9	7,3
12	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	1,9	0,2	3,4	0,5	5,0	0,8	6,6
13	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	1,0	0,2	2,4	0,6	3,9	0,9	5,3
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,2	1,8	0,5	3,1	0,9	4,5
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	1,2	0,3	2,6	0,6	4,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	0,3	2,5	0,5	3,9
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,8	0,2	1,9	0,3	3,3
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	1,2	0,2	2,4
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,1	1,9
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	1,2
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Isıtma İhtiyacı Yok												
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
41	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0
42	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	1,7
43	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	1,1	0,2	2,7
44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	2,2	0,3	4,0
45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	1,4	0,2	3,1	0,4	4,9
46	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2	2,1	0,3	3,8	0,6	5,6
47	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,1	0,2	2,8	0,5	4,6	0,9	6,5
48	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	1,8	0,3	3,7	0,6	5,6	0,9	7,5
49	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	2,5	0,3	4,5	0,6	6,4	1,1	8,3
50	0,0	0,0	0,0	1,4	0,1	3,3	0,3	5,3	0,6	7,4	1,1	9,4
51	0,0	0,4	0,1	2,1	0,2	4,1	0,5	6,2	0,9	8,2	1,4	10,3
52	0,0	0,3	0,1	1,9	0,2	3,9	0,5	5,9	0,9	7,9	1,4	9,9
Top.	0,0	8,5	1,6	31,8	4,6	65,8	10,0	108,2	18,4	156,9	29,6	211,5

Çizelge 7 Antalya iklim koşullarında tek kat PE plastikle örtülmüş ısı perdesiz serada sıcaklığın gece/gündüz 17/18°C’da tutulduğu koşullarda, farklı ısıtma sistemleri için üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi değerleri (kWh m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>)

Isıtma sistemi	Isı enerjisi gereksinimi (kWh m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )	Yükseğe yerleştirilmiş ısıtma sistemine oranla tasarruf (%)
Isıtma boruları yükseğe yerleştirilmiş	183,0	-
Isıtma boruları yan duvar ve çatıda	181,5	1
Isıtma boruları masa altında	165,8	9
Isıtma boruları tabana yakın	150,2	18
Üfleyicili ısıtma sistemi	156,4	15

Çizelge 8 Antalya iklim koşullarında serada sıcaklığın gece/gündüz 17/18°C’da tutulduğu koşullarda farklı örtü malzemelerine sahip seralarda gereksinilen ısı enerjisi (kWh m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>). (Isıtma boruları sera tabanına yakın yerleştirilmiş)

Örtü malzemesi	Isı Enerjisi gereksinimi kWh m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	Tek kat plastiğe oranla tasarruf (%)
Tek kat PE Plastik	150,2	-
Çift katlı plastik	106,8	29
Yan duvar çift, çatı tek kat PE plastik	140,5	6
Çatı tek kat PE plastik, yan duvar 10 mm PC	138,7	8

Çizelge 9 Antalya’da çatısı tek kat, yan duvarları çift kat PE plastik ile örtülmüş serada sıcaklığın gece/gündüz 17/18°C’da tutulduğu koşullarda, ısı perdesinin sızdırmazlığına bağlı gereksinilen ısı enerjisi (kWh m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>) (Isıtma boruları sera tabanına yakın)

Teknik Önlem	Isı perdesinin sızdırmazlığı		
	İyi	Orta	Kötü
Isı perdesiz (kWh m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )	140,5	140,5	140,5
Isı perdeli (kWh m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )	97,5	114,0	130,6
Tasarruf oranı (%)	31	19	7

Çizelge 10 Antalya iklim koşullarında serada farklı havalandırma sıcaklık değerlerinde serada gereksinim duyulan ısı enerjisi (kWh m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>)

Serada istenen sıcaklık	Havalandırma set sıcaklığı		Oransal Fark (%)
	25°C	19°C	
	Isı enerjisi gereksinimi (kWh m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup> )		
16°C	110,7	111,9	1,07
18°C	164,1	165,3	0,73

Çizelge 11 Antalya koşullarında farklı donanımlara sahip PE plastik serada sıcaklık ve ısı enerjisi gereksinimi ilişkileri

Konu	Sera donanımı	İlişki	R <sup>2</sup>
A	Tek kat PE plastik + ısıtma boruları yüksekte	$q=1,5567 \vartheta_1^2-18,218 \vartheta_1+36,286$	0,99
B	Tek kat PE plastik + ısıtma boruları yan duvar ve su oluk altında	$q=1,2790 \vartheta_1^2-14,995 \vartheta_1+30,071$	0,99
C	Çatı tek, yan duvar çift kat PE plastik + Isı perdeli (orta yalıtım) + ısıtma boruları yan duvar ve çatıda	$q=1,1996 \vartheta_1^2-14,639 \vartheta_1+33,714$	0,99
D	Çatı tek, yan duvar çift kat PE plastik + Isı perdeli (orta yalıtım) + ısıtma boruları tabana yakın	$q=0,9933 \vartheta_1^2-12,138 \vartheta_1+28,100$	0,99
E	Çatı tek, yan duvar çift kat PE plastik + Isı perdeli (iyi yalıtım) + ısıtma boruları tabana yakın	$q=0,8674 \vartheta_1^2-10,989 \vartheta_1+28,271$	1,00

Seralarda ısı tasarrufu amacıyla alınabilecek önlemlerden bir diğeri ısı perdeleridir. Isı perdelerinin sızdırmazlığı, enerji tasarrufuna önemli derecede etki eder. Yapılan çalışmada serada sıcaklığın gece/gündüz 17/18°C’da tutulması durumunda, ısı perdesinin sızdırmazlığına bağlı olarak yıllık ısı enerjisi gereksinimi Çizelge 9’da verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi, ısı perdeleri yalıtımının iyi olduğu seralarda önemli miktarda

enerji tasarruf edilirken (%31), ısı perdelerinin yan duvar ve cephelerle olan sızdırmazlıklarına dikkat edilmediğinde enerji tasarrufu ciddi anlamda azalmaktadır (%7).

Seralarda havalandırma sıcaklığının bitkilerin biyolojik optimum değerinin üst sınırında tutulmasında yarar vardır. Seralarda havalandırma sıcaklığının yüksek tutulması, serada az da olsa enerji tasarrufuna neden



olmaktadır. Gündüz saatlerinde havalandırma sıcaklığının bitkinin dayanabileceği biyolojik optimumda tutulması ısı enerjisi gereksinimde ortalama %1,07 oranında tasarruf sağlamaktadır (Çizelge 10). Ancak bu koşullarda ortamdaki nem değerlerine dikkat edilmelidir.

Akdeniz bölgesinde bulunan ve seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya ilindeki farklı donanımlara sahip PE plastik seralarda farklı sıcaklıklar için gereksinilen ısı enerjisi değerlerine bağlı yapılan istatistiksel analizler sonucu elde edilen eğriler Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi serada arzulan sıcaklığa bağlı olarak gereksinilen ısı enerjisi doğrusal olmayan bir artış göstermektedir. Diğer bir ifade ile serada arzulan sıcaklığın yüksek tutulması durumunda ısı enerjisi gereksinimi oransal olarak artmaktadır.

Seranın farklı donanımları ve farklı sıcaklık değerleri için hesaplanan istatistiksel ilişkiler Çizelge 11'de verilmiştir. Çizelge de verilen istatistiksel ilişkiler yardımı ile farklı donanımlara sahip seralarda arzulan sıcaklık değerlerine bağlı gereksinilen ısı enerjisi belirlenebilmektedir.

## Sonuç ve Değerlendirme

Isıtma seralardan kaliteli yüksek verimin elde edilmesi için gereklidir. Sera işletmeleri kurulmadan önce yapılacak olan yatırımlar açısından işletme giderlerinin sağlıklı şekilde belirlenmesi önem arz etmektedir. Serada ısıtma giderleri, seranın kurulduğu yerin iklimine, seranın büyüklüğüne, tipine, donanımına ve serada yetiştirilecek ürüne bağlı olarak, işletme giderleri içerisinde birinci veya ikinci giderlerinden sonra ikinci sırayı almaktadır.

Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin saatlik değerler yerine aylık ortalamalara göre yaklaşık olarak belirlenmesi, konu hakkında danışmanlık yapan uzmanları yapılmaktadır. Seralarda ısı enerjisinin gerçeklere yakın hesaplanabilmesi için, saatlik iklim değerlerinin kullanılması yanında, hesaplamalarda seranın özelliğine bağlı olarak gün boyu serada depolanan ısı enerjisinin serada neden olduğu sıcaklık yükselmelerinin de göz önüne alınması gereklidir.

## Kaynaklar

- Baytorun AN, Abak K, Tokgöz H, Güler Y, Üstün S. 1995. Seraların kışın iklimlendirilmesi ve denetimi üzerinde araştırmalar. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. Proje no TOAG-993.
- Baytorun AN, Topçu S, Abak K, Daşgan Y. 1999. Growth and production of tomatoes in greenhouses at different temperature levels. *Gartenbauwissenschaft*, 64 (1). s 33-39. Verlag Eugen Ulmer GmbH&Co., Stuttgart.

- Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S. 2016. Seralarda Isıtma Sistemlerinin Modellemesi ve Karar Verme Aşamasında Bilimsel Verilere Dayalı Uzman Sistemin Geliştirilmesi. Proje No: 114O533
- Bot GPA. 2008. Greening the greenhouse general consideration. Wageningen UR Greenhouse Horticulture.
- Campiotti CA, Dondi F. 2007. ENEA Casaccia, dpt. BASE mail: campiotti@casaccia.enea.it
- De Pascale S, Maggio A. 2005. Sustainable protected cultivation at Mediterranean climate, perspectives and challenges. *Acta Horticulturae*, 691: 29-42
- Karaman S, Yılmaz İ. 2006. Cam serada domates yetiştiriciliğinde Bombus arısı kullanımının üretim girdileri ve karlılık üzerine etkisi. *Anadolu, J. of Aari* 16(2) s 90-109. MARA
- Krug H. 1991. Gemüseproduktion [Vegetable production]. Parey, Berlin, Hamburg, Germany
- Meyer J. 2012. 90 Prozent Energieeinsparung erreichbar bei maximaler Isolierung. *Taspo extra. Gewächshaustechnik*.
- Müller G. 1987. Energieschirme unter Praxisbedingungen- Bewertung und Optimierung im Hinblick auf Energieverbrauch und Klimaführung. *Gartenbautechnische Informationen*, Heft 28, Institut für Technik im Gartenbau der Universität Hannover.
- Nisen A, Grafiadellis M, Jimenez R, LaMalfa G, Martiez-Garcia PF, Monteiro A, Verloot H, Villele O, Zabeltitz CV, Denis JC, Boudoin W, Garnaud JC. 1988. Cultures protégées en climat méditerranéen, FAO, Rome.
- Rath TH. 1992. Einsatz wissenbasierter Systeme zur Modellierung und Darstellung von Gartenbautechnischen Fachwissen am Beispiel des hybriden Expertensystems HORTEx. *Gartenbautechnische Informationen*, Heft 34, Institut für Technik im Gartenbau der Universität Hannover.
- Stanghellini C, Kempkes K, Knies P. 2003. Enhancing environmental quality in agricultural systems. *Acta Hort.* 609: 277-289.
- Tantau HJ. 1983. Heizungsanlagen im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Tantau HJ. 2008. Warmeverbrauchsmessung-Einflussfaktoren. Bericht zum Bestimmung und Bewertung des Energiebedarfs von Gewächshäusern. S.23-30 KTBL-Workshop in WORMS.
- Tantau HJ. 2012. Erfahrungen aus dem ZINEG-Projekt mit dem Einsatz unterschiedlicher Energieschirme. BGT Kolloquium Berlin.
- von Zabeltitz Chr. 1986. *Gewächshäuser. Handbuch der Erwerbsgärtner*. Verlag Eugen-Ulmer. Stuttgart
- von Zabeltitz Chr. 1992. Energy-efficient greenhouse designs for Mediterranean countries. *Plasticulture*, 96: 6-16
- von Zabeltitz Chr. 2011. *Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates*. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.