

Seralarda Isıtma Sistemlerinin Projelenmesinde Gerekli Olan Isı Gücünün Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar

Adil AKYÜZ¹ A. Nafi BAYTORUN² Ali ÇAYLI³ Sait ÜSTÜN¹ Derya ÖNDER²

¹ K.S.Ü. Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü; KAHRAMANMARAŞ

² Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ADANA

³ K.S.Ü. Türkoğlu Meslek Yüksekokulu, KAHRAMANMARAŞ

✉: adilakyuz@ksu.edu.tr

Geliş (Received): 15.11.2016

Kabul (Accepted): 22.12.2016

ÖZET: Seralarda ısıtma sistemlerinin projelenmesinde gerekli olan ısı gücünün belirlenmesi sera tipine, donanımına, serada üretilen bitkinin sıcaklık isteklerine, dış iklim koşullarına ve seranın yönetimine bağlı olarak değişim göstermektedir. Seralarda ısı gücünün belirlenmesinde gerekli olan projelene sıcaklığı, serada arzulanan sıcaklıkla, sera kurulacak yerde son on yıl içinde en az iki kez arka arkaya ortaya çıkan en düşük sıcaklık ortalaması arasındaki fark olarak kabul edilmektedir. Bu değerlere göre belirlenen ısı gücü, gereksinilen maksimum ısı gücü değeri olup, serada tüm yıl sıcaklığın arzulanan değerde tutulmasına olanak sağlamaktadır. Ancak belirlenen maksimum ısı gücüne yılın çok az bir zamanında ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, yeni bir yaklaşım olarak, saatlik iklim değerlerinden gidilerek ısı gücü değerinin hesaplanması, ısıtma sisteminin daha gerçekçi olarak projelenmesi sağlayabilecektir.

Yapılan bu çalışmada, saatlik iklim değerlerini kullanarak hesaplama yapan ISIGER uzman sistem yazılımı yardımıyla, gece/gündüz 16/21 °C iç sıcaklık değeri için Antalya ili yerel iklim değerlerine göre (sıcaklık, radyasyon ve rüzgâr hızı) gereksinilen ısı gücü değerleri belirlenmiştir. Bu değerler en düşük sıcaklık ortalamasına göre hesaplanan ısı gücü değerleri ile karşılaştırılmıştır. Hesaplama meteoroloji işleri genel müdürlüğüne ait uzun yıllık veriler kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre; ISIGER uzman yazılımı ile belirlenen ısı gücü, en düşük sıcaklık değerine göre yapılan hesaplama değerinden %11 daha az bulunmuştur. Bu sonuçlar, özellikle ısıtma sistemi yatırımlarının projelenmesinde ilk yatırım giderlerinden ve enerji tüketiminden tasarruf etme imkânı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelime: Sera, seralarda ısıtma, sera ısı gereksinimi

New Approaches to Required Heat Power for Designing the Greenhouse Heating Systems

ABSTRACT: The determination of heat power required to design the heating systems in the greenhouses varies depending on the type, the equipment and the temperature requirements, the external climatic conditions and the management of the greenhouse. The projecting temperature required to determine the heat power in some places is considered to be the difference between the desired temperature in the greenhouse and the lowest average temperature that occurs consecutively at least twice in the last decade. This determined heat power is the required maximum heat power value which allows the whole year temperature to be kept at the desired value in the greenhouse. However, this determined maximum heat power is needed in a very short time of the year. For this reason, as a new approach, calculation of the heat power value by taking the hourly climate values may enable the heating system to be designed more realistically.

In this study, the required heat power values according to the local climatic values (temperature, radiation and wind speed) of Antalya province for 16/21°C day/night indoor temperature were determined with ISIGER expert system software that calculates using the hourly climate values. These values are compared with the heat power values, which calculated by the lowest temperature average. Long-term official data are used for the calculation.

Results indicated that the heat power determined by ISIGER expert software was found to be 11% less than the calculation based on the lowest temperature value. These results show that it is possible to save on initial investment costs and energy consumption, especially in designing heating system investments.

Keywords: Greenhouse, greenhouse heating, greenhouse heat requirements

GİRİŞ

Türkiye'de seracılık 1940 yıllarında ilk defa Akdeniz bölgesinde özellikle Antalya'da başlamış, buradan ekolojik koşullara bağımlı bir gelişme göstererek Ege ve Marmara bölgelerine yayılmıştır. Günümüzde örtü altı yetiştiriciliği en yoğun olarak Akdeniz bölgesinde yapılmaktadır. Akdeniz Bölgesi içerisinde yer alan Antalya ilimiz toplam 22 000 hektar ile ülkemiz toplam örtü altı varlığının %37'sini oluşturmaktadır. Büyük yatırımcı gruplarının da sektöre girmesiyle hızlı bir

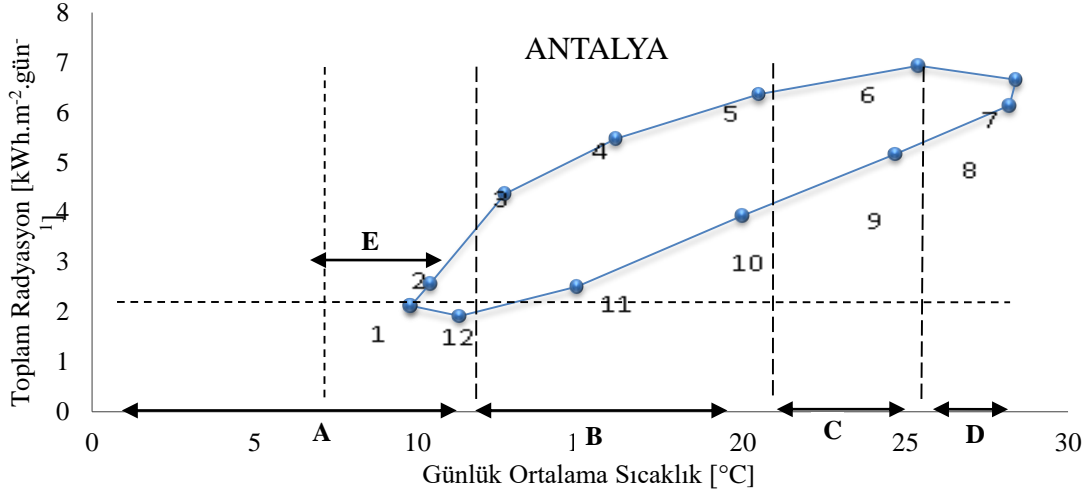
gelişim gösteren modern seracılık, son on yıllık süreci göz önüne aldığımızda büyük bir gelişme göstererek günümüzde 1 000 ha seviyelerine ulaşmıştır. Bu rakama her yıl yaklaşık 150-200 ha alan eklenmektedir. 66 000 ha örtü altı alanımızın 31 000 ha yüksek örtü altı sistemleri olarak tanımlanan seralardan oluşmaktadır (TUİK, 2015). Mevcut örtü altı varlığımızın, %82'si Akdeniz sahil şeridinde, %10'u Ege bölgesinde, %8'i diğ er bölgelerdedir. Akdeniz sahil şeridindeki seraların %40'ı Antalya'da, %24'ü Mersin'de, %15'i Adana'da,

%5'i Muğla'da,%5'i İzmir ve Aydın'da ve %11'i diğer illerde (Büyüktaş ve ark., 2016). Günümüzde sera alanlarımızın %3'ünde modern seracılık yapılmaktadır. Önümüzdeki on yıllık süreçte bu payın %15 seviyelerine ulaşması hedeflenmektedir.

Seracılıktaki yeni gelişmeler bu sektörde sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik gayretler ile paralel olarak ortaya çıkmaktadır. Seraların yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi, iklimlendirme ve alternatif enerji kaynaklarından faydalanma, kontrollü koşullarda üretim, topraksız tarımın yaygınlaştırılması, entegre hastalık ve zararlı yönetimi, sertifikalı güvenli ve izlenebilir gıda üretimi şeklinde özetlenebilir. Seralarda

büyümeyi etkileyen en önemli faktörlerden biri sıcaklıktır. Günlük ortalama sıcaklığın 7-12°C arasında bulunması durumunda seralarda sadece gece saatlerinde ısıtma yapmak yeterli olmaktadır (Nisen ve ark., 1988). Bitkiler örtüaltı yetiştiriciliğinde özellikle 17-27°C arasındaki ortalama sıcaklıklara adapte olmuşlardır. Optimal sıcaklıklar geceleri 15-20°C, gündüzleri ise 22-28°C arasında değişmektedir (Castilla ve Hernandez, 2007).

Şekil 1'de seracılığın yoğun olarak yapıldığı Antalya ili uzun yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında 12°C'nin altında olduğu görülmektedir.



Şekil 1: Antalya ili uzun yıllık ortalama sıcaklık ve günlük radyasyon değerleri, (A) Isıtma gerekli, (B) Havalandırma gerekli, (C) Sürekli havalandırma ve/veya soğutma gerekli, (D) Serada üretim yapılamaz, (E) Sadece gece saatlerinde ısıtma gerekli.

Ancak bu aylarda ortalama sıcaklık değerleri 7°C'nin altına düşmediğinden, üretici bu bölgemizde soğuk seracılığı tercih etmekte, ekstrem günlerde ise basit önlemlerle üretimin devamlılığını sağlamaya çalışmaktadır (Baytorun ve ark., 2000; Baytorun ve ark., 1994).

Isıtılmayan seralarda en büyük sorun düşük sıcaklığa bağlı ortaya çıkan yüksek nemdir. Seralarda yüksek nem nedeniyle ortaya çıkan hastalıklara karşı aşırı kimyasallar kullanılmaktadır. Engindeniz ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, Türkiye'de seralarda 2850 g.da-1 ilaç kullanıldığını ifade etmektedir. Bu miktar seralarda kullanılan ortalama değerlerin çok üstündedir. Isıtılmayan seralarda aşırı ilaç kullanımı, tüketici sağlığını ve çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Seralarda düşük sıcaklık ve yüksek nem sorununun çözmek için alınabilecek önlemlerden biri de ısıtmadır. Düşük sıcaklık ve yüksek nem bir yandan fiziksel, kimyasal ve aromatik kalite noksanlığı oluştururken, diğer yandan yoğun tarımsal savaş ilacı ve hormon kullanımını zorunlu kılmaktadır. Seralarda nitelikli ve nicelikli verimin elde edilebilmesi için günlük ortalama dış sıcaklığın 12°C'nin altına düşmesi durumunda ısıtma zorunluluğu vardır (von Zabeltitz, 1994).

Seralarda ısıtmaya karar vermeden önce, seçilen ısıtma sisteminin doğru olarak projelenmesi, enerji tasarrufu ve ilk yatırım giderlerinin azaltılması açısından büyük bir öneme sahiptir. Seralarda ısıtma sisteminin seçimi ve projelenmesinde, her şeyden önce sera kurulacak yerin

iklim koşullarına, seçilen seranın tipine ve sera donanımına (ısı perdesi, çift katlı örtü, ısıtma sistemi ve otomasyon) bağlı olarak maksimum ısı gücü gereksiniminin belirlenmesi zorunludur. Seralarda ısı gücü gereksinimi, Watt (W), Kilowatt (kW) veya Megawatt (MW) olarak ifade edilmektedir.

Seralarda ısı gücü gereksinimi, belirli bir dış sıcaklık değerinde, serada istenen sıcaklık değerinin sağlanması için, ısıtma sistemi tarafından üretilmesi gerekli olan ısı yükü olarak tanımlanmaktadır. Isıtma sisteminin projelenmesi için gerekli olan parametreler, projelenecek değerler olarak ifade edilmektedirler. Seralarda gerekli olan ısı gücü, sera tipine, örtü malzemesine, sera donanımına, serada yetiştirilecek ürün çeşidine, dış iklim koşullarına bağlı olarak belirlenir. Hesaplamalarda gerekli olan dış sıcaklık değeri, en az on yıllık iklim değerleri içerisinde, arka arkaya iki kez ortaya çıkan en düşük sıcaklık ortalaması alınarak belirlenir (Baytorun, 2000; von Zabeltitz, 1986). Belirlenen bu değer yıl içinde ortaya çıkan maksimum ısı gücü değeridir. Bu ısı gücü ile serada tüm yıl belli bir sıcaklık değeri için gereksinilen ısı enerjisinin karşılanması mümkün olabilmektedir. Ancak yıl içinde maksimum ısı gücü değerine yılın çok az bir zamanında gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle seralarda ısı gücü gereksinimi yanında, yılın saatlerine bağlı olarak ortaya çıkan ısı gücü tekrürlerinin bilinmesi, serada ısıtma

sistemlerinin daha gerçekçi değerlere göre projelenmesine olanak sağlayacaktır.

Serada saatlik değerlerden gidilerek ısı gücü değerlerinin hesaplanması, ISIGER (Baytorun ve ark., 2016) uzman sistemi yardımı ile yapılmıştır. Geliştirilen bu programa göre saatlik ısı gücü gereksinimlerinin hesaplanmasında minimum sıcaklık değerleri yerine, ısıtmasız serada güneş enerjisine bağlı ortaya çıkan sıcaklık ve seranın enerji depolama özelliğine bağlı olarak gece saatlerinde ortaya çıkan sıcaklık yükselmeleri dikkate alınmaktadır.

Bu çalışmada ISIGER uzman sistemi yazılımıyla, seralarda saatlik iklim değerlerine (sıcaklık, radyasyon ve rüzgâr hızı) bağlı olarak, gereksinilen ısı gücü değerleri, minimum sıcaklık ortalamalarına göre hesaplanan ısı gücü değerleri ile karşılaştırılarak, yöntemlerin uygunluğu belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Seralarda ısı gücü gereksinimi, DIN 4701 standardına göre Eşitlik 1 yardımı ile hesaplanır (Tantau, 1983).

$$Q = A_H * u * (\vartheta_i - \vartheta_a) \quad A_H = A_G * F \quad (1)$$

Eşitlikte:

Q :Toplam ısı gücü gereksinimi [W]

AH : Sera dış yüzey örtü alanı [m²]

AG : Sera taban alanı [m²]

F :Örtü yüzeyi faktörü

u' :Toplam ısı gereksinim katsayısı [W. m⁻². K⁻¹]

ϑ_i : Serada arzulan iç sıcaklık değeri [°C]

ϑ_a : Sera kurulan yerin en düşük ortalama dış sıcaklık değeri [°C]

Eşitlik 1'de kullanılan toplam ısı gereksinim katsayısı, seranın tipine, kullanılan örtü malzemesine, dış iklim koşullarına, serada kullanılan ısıtma ve sulama sisteminin tipine bağlı olarak değişim göstermektedir. Çizelge 1'de farklı örtü malzemesi ile kaplanmış ve ısı korunumu amacıyla farklı önlemlerin alındığı seralar için, 4 m.s⁻¹ rüzgâr hızında toplam ısı gereksinim katsayıları verilmiştir (von Zabeltitz, 2011).

Çizelge 1. Farklı örtü malzemelerinin toplam ısı gereksinim katsayıları.

Örtü malzemesi ve ısı koruma amaçlı malzeme	u' değeri (W.m-2.K-1)
Tek katlı cam	6,0-8,8
Tek katlı PE plastik	6,0-8,0
Çift katlı cam	4,2-5,2
Çift katlı sert plastik PMMA 16 mm	4,2-5,0
Çift katlı PE plastik	4,0-6,0
Isı perdeli tek kat cam veya plastik sera	3,2-4,8

Serada çatı ve yan duvarlarda farklı örtü malzemesinin kullanılması durumunda, her örtü malzemesinin alanı ve ısı gereksinim katsayıları dikkate alınarak, Eşitlik 2 yardımı ile ağırlıklı ortalamaya göre, seranın toplam ısı gereksinim katsayısı hesaplanmıştır. Serada çatı ve yan duvarlarda farklı örtü malzemesinin kullanılması durumunda, çatı ve yan duvar alanlarının, sera taban alanına oranı dikkate alınmalıdır.

$$u' = \frac{A_1 * u'_1 + A_2 * u'_2 + \dots + A_n * u'_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2)$$

Çizelge 2'de yay çatılı plastik seralarda yan duvar yüksekliğine ve taban alanına bağlı olarak örtü yüzey faktörü verilmiştir.

Isı gücü gereksiniminin hesaplanmasında kullanılan toplam ısı gereksinim katsayısı (u') rüzgâr hızına bağlı olarak değişim göstermektedir. Toplam ısı gereksinim katsayısının rüzgâr hızına bağlı değişimi Eşitlik 3 ile belirlenmiştir (Rath, 1992).

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

Eşitlikte;

$$x_1 = 7,56$$

$$x_2 = 0,35 \text{ m.s}^{-1}$$

$$x_3 = -1,4$$

u = 4 m.s⁻¹ rüzgâr hızında toplam ısı gereksinim katsayısı [W.m⁻².K⁻¹]

Çizelge 2. Sera alanı ve yan duvar yüksekliklerine bağlı olarak örtü yüzey alanı faktörü.

Bölme Sayısı	Sera Taban alanı	Örtü Yüzey Faktörü F(-)								
		Yan Duvar 3 m			Yan Duvar 4 m			Yan Duvar 5 m		
Adet	m ²	Ön+Yan cephe	Çatı	Toplam	Ön+Yan cephe	Çatı	Toplam	Ön+Yan cephe	Çatı	Toplam
3	1035	0,48	1,37	1,85	0,62	1,37	1,99	0,76	1,37	2,13
6	2070	0,34	1,37	1,71	0,43	1,37	1,80	0,51	1,37	1,89
9	3105	0,29	1,37	1,66	0,36	1,37	1,73	0,43	1,37	1,81
12	4140	0,27	1,37	1,64	0,33	1,37	1,70	0,39	1,37	1,77
15	5175	0,25	1,37	1,62	0,31	1,37	1,68	0,37	1,37	1,74
20	6900	0,24	1,37	1,61	0,29	1,37	1,66	0,35	1,37	1,72
30	10350	0,22	1,37	1,59	0,27	1,37	1,64	0,32	1,37	1,69
30	20700*	0,13	1,37	1,50	0,16	1,37	1,53	0,18	1,37	1,56

Yay çatılı plastik sera, bölme genişliği 6,9 m, yay yüksekliği 2,75 m, sera uzunluğu 50 m. (*) Sera uzunluğu 100 m

Eşitlik 1'de θ_i serada arzulan sıcaklık değeri olarak alınırken, θ_a değeri uzun yıllar ortaya çıkan en düşük sıcaklık ortalaması olarak alınmıştır. Çizelge 3'te Türkiye'de iklim ve enerji kaynakları açısından seracılığa

uygun bazı illerin, uzun yıllık ortalama en düşük sıcaklık değerleri verilmiştir.

Çizelge 3. Bazı illerin uzun yıllık ortalama minimum sıcaklık değerleri (Anonim, 2015).

İller	Ortalama θ_{a-min} (°C)	İller	Ortalama θ_{a-min} (°C)
Adana	5,5	Kahramanmaraş	1,2
Antalya	5,9	Kütahya	-3,2
Aydın	4,3	Mersin	6,3
Balıkesir	1,2	Muğla	1,6
Bursa	1,6	Ordu	3,8
Çanakkale	3,2	Samsun	4,1
Denizli	2,2	Sinop	4,6
Diyarbakır	-2,3	Şanlıurfa	2,2
İzmir	5,8	Yalova	3,2
Hatay	4,7		

ISIGER uzman sistem yazılımı

Seralarda ısı gücü gereksiniminin ISIGER uzman sistemle saatlik değerlere göre hesaplanmasında Eşitlik 4 kullanılmıştır (Rath, 1992). Eşitlikte görüleceği gibi hesaplamada bölgede ortaya çıkan en düşük sıcaklık ortalaması yerine, ısıtılmayan serada güneş radyasyonuna ve seranın enerji depolama potansiyeline bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi dikkate alınarak ısı gücü gereksinimi saatlik olarak belirlenmiştir. Isıtılmayan serada güneş radyasyonuna bağlı olarak ortaya çıkan gerçek iç sıcaklık değeri ($\theta_{i,oH}$) ile seranın enerji depolama özelliğine bağlı olarak serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi değerleri ($\Delta\theta_{sp}$) Rath (1992)'nin belirlediği ilişkilere göre hesaplanmıştır.

$$Q = \sum_{n=1}^{8760} ((\theta_{i_n} - \theta_{i,oH_n} - \Delta\theta_{sp_n}) * u' * A_H * (1 - EE_{ES_n}) * t_{si}) \quad (4)$$

Eşitlikte;

Q :Yıllık ısı enerjisi gereksinimi [Wh]

θ_i :Serada arzulan sıcaklık [°C]

$\theta_{i,oH}$:Isıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık [°C]

$\Delta\theta_{sp}$:Güneş radyasyonuna bağlı serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi [°C]

u' :Toplam ısı gereksinim katsayısı [$W.m^{-2}.K^{-1}$]

A_H :Örtü yüzey alanı [m²]

EE_{ES_n} :Enerji tasarrufu amacıyla kullanılan teknik önlemin tasarruf oranı

N : Yılın saatleri

t_{si} : Simulasyonda zaman dilimi (1 h)

ISIGER uzman yazılımı İnternet üzerinden erişilebilen, PHP ve Javascript programlama dilinde yazılmış bir web uygulamasıdır. Hesaplamalar için kayıt giriş ekranından sonra sera türü ve özelliklerinin seçilmesi ile hesaplamalar yapılabilmektedir. Hesap sonuçları grafiksel olarak ve rapor şeklinde alınabilmektedir. Yazılım ekran görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada Antalya ilinde kurulan seralarda ısı gücünün belirlenmesi için gerekli olan iklim parametreleri, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 1980-2007 yılları için sağlanmıştır. Hesaplamalar Çizelge 5'te verilen iller için yapılmıştır. Hesaplamalarda sera iç ortam sıcaklık değerlerinin (16/21°C) belirlenmesinde (gece 16°C, gündüz 21°C), domates bitkisinin optimum sıcaklık değerleri göz önünde bulundurulmuştur.

Proje Adı	Kahramanmaraş Türkoğlu (Yay Çatı)
Örtü Malzemesi	Çatıda : Tek Katlı Plastik, Yan Duvarda : Tek Katlı Plastik
Sıcaklık Değerleri	Gündüz : 18 °C, Gece : 13 °C, Havalandırma : 25 °C
Isı Perdese	Isı Perdese Yok
Isıtma Sistemi	Tabana ve Bitki Masuralarına Yakın Yerleştirilmiş, Çelik Borulu Isıtma Sistemleri
Su Giriş Sıcaklığı	90 °C
Su Çıkış Sıcaklığı	70 °C
Boru Çapı	30.0 mm
Aydınlatma	Aydınlatma Yok
Sera Kurulacak Yer	Kahramanmaraş

ISI GEREKSİNİMİ HESAPLA

Tablolar

- Yakıt Miktarı ve Emisyon
- Aylara Göre Saatlik Isı Enerjisi
- Aylık Isı Enerjisi Gereksinimi
- Günlük Isı Enerjisi Gereksinimi
- Saatlik Isı Enerjisi Gereksinimi
- Akışkan Miktarı ve Boru Uzunluğu
- Çift Kazan ve Buffer Boyutları
- CO2 Gübrelemesi

Grafikler

- Haftalık Isı Enerji Gereksinimi
- Yıllık Isı Gücü Tekerrür
- Aylık Isı Enerjisi Gereksinimi
- Günlük Isı Enerjisi Gereksinimi
- Günlük Isı Enerjisi Gereksinimi (Bar)
- Saatlik Isı Gücü
- Isı Enerjisi Karşılama Yüzdesi

Seçim Hesap Sil Proje Hesap Sil

Şekil 2. ISIGER uzman yazılım ekran görüntüsü

BULGULAR ve TARTIŞMA

Seralarda ısı gücü gereksiniminin belirlenmesinde kullanılan minimum sıcaklık ortalaması ve saatlik sıcaklık değerlerine bağlı olarak ISIGER uzman sistemle hesaplanan ısı gücü değerleri karşılaştırılmalı olarak Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'ten de görüleceği gibi, ortalama minimum sıcaklık değerlerine göre hesaplanan ısı gücü değerleri, saatlik iklim verilerine (sıcaklık, radyasyon, rüzgâr hızı) göre ISIGER uzman sisteme göre hesaplanan değerlerden ortalama %11 oranında büyüktür. Ortaya çıkan bu farklılık ısı gücünün ortalama minimum sıcaklık değerine göre hesaplanmasında, toplam ısı gereksinim katsayısına etki eden rüzgâr hızının dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır. Çizelge 4'te de görüleceği gibi ortalama minimum sıcaklık değerine göre ısı gücünün hesaplanmasında, rüzgâr hızının dikkate alınması durumunda, elde edilen değerler, saatlik değerlere göre elde edilen değerlerden sadece %2 farklılık göstermektedir. Her iki yöntemle yapılan hesaplamalarda ortaya çıkan farklar, illere göre değişim göstermektedir.

Bu sonuçlar her iki yöntemle yapılacak ısı gücü gereksinim hesaplarının kabul edilebileceğini göstermektedir. Seralar için belirlenen bu değerler maksimum ısı gücü değerleridir. Bu değerlere göre yapılan projelermelerde yıl içinde serada arzulanan sıcaklık değerleri hiç bir riske sokulmadan karşılanmaktadır. Ancak seralarda maksimum ısı gücüne yılın çok az bir zamanında ihtiyaç duyulmaktadır. Belirtilen nedenle seralarda ısı gücünün hesaplanması

kadar, ortaya çıkan ısı gücü gereksinimlerinin yıl içindeki tekerrürlerinin bilinmesi, sistemin boyutlandırılması ve ilk yatırım giderlerinin düşürülmesi açısından büyük bir önem arz etmektedir.

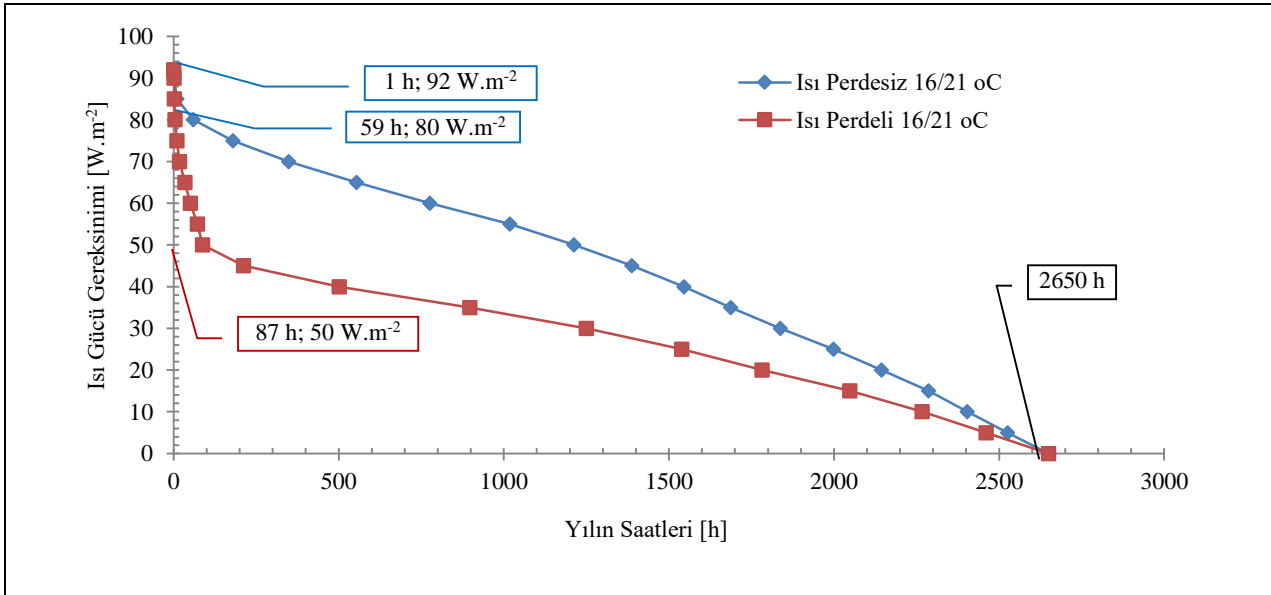
Şekil 3'de Antalya iklim koşullarında ısı perdeli ve ısı perdesez PE plastik serada, gece/gündüz sıcaklık değerlerinin 16/21°C'de tutulması durumunda, gerekli olan ısı gücü gereksinimleri, yılın saatlerine bağlı olarak verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi serada yılın 2650 saatinde ısıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu koşullarda serada ortaya çıkan maksimum ısı gücü gereksinimi 92 W.m⁻² olmaktadır. Ancak bu değere yılın çok az bir zamanında (1 h) ihtiyaç duyulmaktadır. Serada ısıtma sisteminin planlanmasında gerekli olan ısı gücü 80 W.m⁻² alındığında yılın ısıtmaya ihtiyaç duyulan (2650-59) 2591 saatte iç sıcaklık 16/21°C'de tutulabilecektir. Bu koşullarda yılın 59 saatte iç sıcaklık 16/21°C'nin altında seyredecektir.

Bu durum ısı perdeli seralarda daha anlamlı bir değişim göstermektedir. Şekil 3'de ısı perdeli PE plastik serada iç sıcaklığın 16/21°C'de tutulmak istenmesi durumunda, saatlik değerlerden gidilerek yapılan hesaplamalara göre, gereksinilen maksimum ısı gücü gereksinimi 90 W.m⁻² olmaktadır. Ancak bu değere yılın sadece bir saatte ihtiyaç duyulmaktadır. Isı perdeli bu serada yılın 87 saatte 50 W.m⁻²'den büyük ısı gücüne ihtiyaç duyulurken, geri kalan ısıtma zamanının tümünde (2650-87=2563 h) ihtiyaç duyulan ısı gücü 50 W.m⁻² ile karşılanabilecektir.

Çizelge 4. Farklı illerde serada 16°C sıcaklık değerleri için ortalama en düşük sıcaklık ve saatlik sıcaklık değerlerine göre hesaplanan ısı gücü değerleri ($W.m^{-2}$).

İl	Isı Gücü Gereksinimi ($W.m^{-2}$)			Oransal farklılık %		Ort. Minimum sıcaklık ($^{\circ}C$)	Rüzgâr hızı ($m.s^{-1}$)
	1	2	3	4	5		
Adana	109,0	96,2	93,5	17	3	5,5	1,47
Antalya	104,8	102,0	100,4	4	2	5,9	3,43
A.Karahisar	201,4	185,7	183,7	10	1	-3,4	2,33
Aydın	121,4	108,9	111,6	9	-2	4,3	1,77
Balıkesir	153,6	144,3	141,8	8	2	1,2	2,70
Bursa	149,5	138,3	133,8	12	3	1,6	2,39
Çanakkale	132,9	134,8	127,2	4	6	3,2	4,33
Denizli	143,2	125,1	123,4	16	1	2,2	1,27
Diyarbakır	189,9	172,0	171,5	11	0	-2,3	1,97
Hatay	117,3	95,5	105,8	11	3	4,7	2,44
İzmir	105,9	102,8	101,8	4	1	5,8	3,39
K.Maraş	153,6	133,1	133,3	15	0	1,2	1,12
Kırşehir	209,7	189,1	191,8	9	-1	-4,2	1,89
Kütahya	199,3	176,4	175,4	14	1	-3,2	1,53
Manisa	134,9	121,9	118,8	14	3	3,0	1,92
Mersin	100,7	90,8	86,8	16	5	6,3	1,89
Muğla	149,5	136,5	136,6	9	0	1,6	2,13
Nevşehir	206,6	191,9	188,5	10	2	-3,9	2,48
Ordu	126,6	113,2	111,4	14	2	3,8	1,71
Samsun	123,5	111,9	111,9	10	0	4,1	1,97
Sinop	118,3	117,5	115,2	3	2	4,6	3,85
Şanlıurfa	143,2	125,6	124,0	15	1	2,2	1,35
Tekirdağ	145,3	138,9	132,9	9	5	2,0	3,06
Yalova	132,9	121,0	112,6	18	7	3,2	2,08
ORTALAMA				11	2		

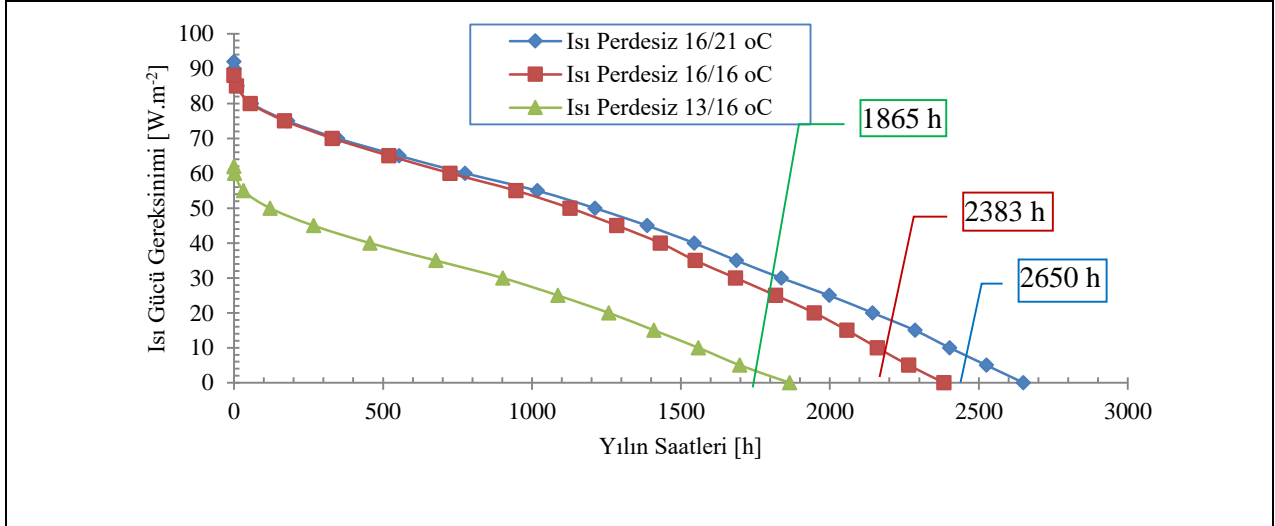
(1) Ortalama minimum sıcaklık değerlerine göre hesaplanmıştır ($v_w = 4 m.s^{-1}$), (2) Ortalama minimum sıcaklık ve rüzgâr hızına göre hesaplanmıştır, (3) Saatlik değerlere göre hesaplanmıştır, (4) Birinci ve üçüncü sütunlar arasındaki oransal fark, (5) İkinci ve üçüncü sütunlar arasındaki oransal fark



Şekil 3. Antalya ili iklim koşullarında normal ve ısı korumalı plastik serada gece/gündüz 16/21°C sıcaklık değerleri için ortaya çıkan ısı gücü tekrürleri (Havalandırma sıcaklığı 26°C).

Akdeniz sahil şeridinde uzun yıllık ortalama sıcaklık değerleri 7°C 'nin altına düşmediğinden, serada gündüz saatlerinde ısıtma gereksinimi ortaya çıkmamaktadır. Bu sebeple serada gerekli olan ısı gücüne, gece sıcaklık değerleri etki etmektedir. Şekil 4'ten de görüleceği gibi serada sıcaklığın gece/gündüz $16/16^{\circ}\text{C}$ 'den, $16/22^{\circ}\text{C}$ 'ye

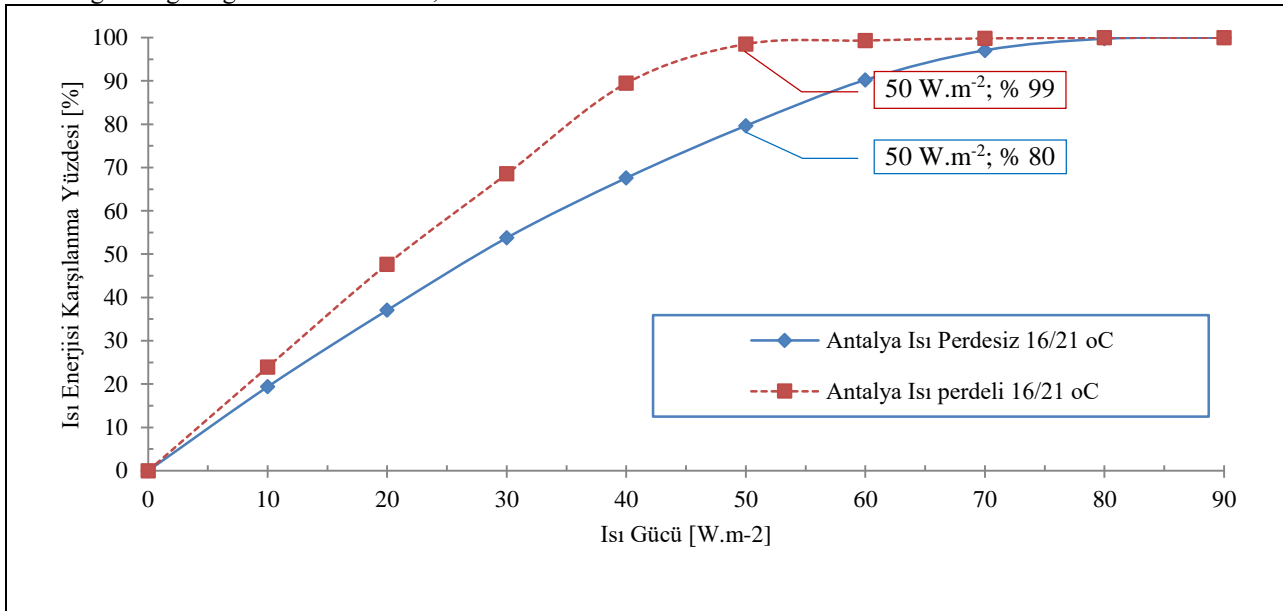
yükseltilmesi durumunda, yılın ısıtma ihtiyacı duyulan büyük çoğunluğunda ısı gücü değeri değişmezken, ısıtma süresi artmaktadır. Ancak gece sıcaklık değerlerinin 13°C 'ye düşürülmesi durumunda, hem ısıtma zamanında, hem de gereksinilen ısı gücü değerlerinde büyük bir azalma meydana gelmektedir.



Şekil 4. Antalya ili iklim koşullarında ısı perdesiz PE plastik serada farklı iç sıcaklık değerlerinde ortaya çıkan ısı gücü tekrerrüleri (Havalandırma sıcaklığı 26°C).

Gerekli olan ısı gücünün belirlenmesinde, serada kullanılan teknik donanımın dikkate alınması önem arz etmektedir. Şekil 5'te Antalya iklim koşullarında, sıcaklığın gece/gündüz $16/21^{\circ}\text{C}$, havalandırma

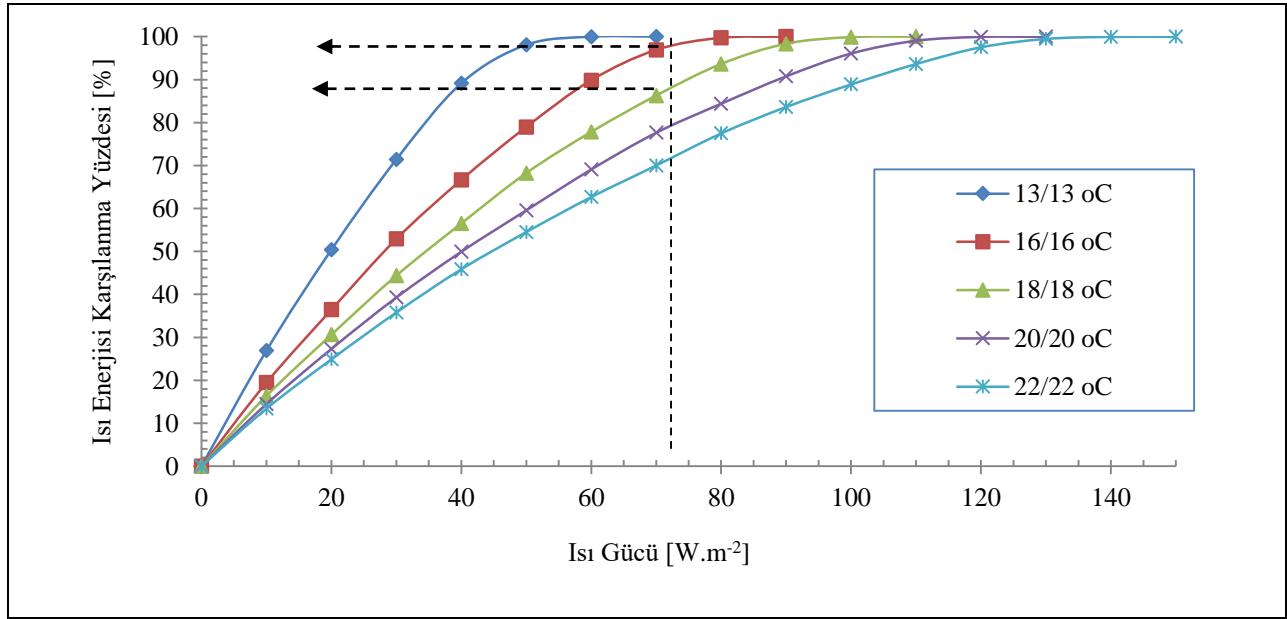
sıcaklığının 26°C olarak belirlendiği ısı perdeli ve perdesiz PE plastik seralarda, farklı ısı gücüyle karşılanan yıllık ısı enerjisi yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 5. Antalya ili iklim koşullarında tabana yakın ısıtma sistemine sahip normal ve ısı perdeli PE plastik serada gece/gündüz $16/21^{\circ}\text{C}$ iç sıcaklık değerlerinde farklı ısı gücü ile gerekli ısı enerjisinin karşılanma yüzdesi (Havalandırma sıcaklığı 26°C).

Şekilden de görüleceği gibi, Antalya iklim koşullarında ısı perdeli ve perdesiz PE plastik serada, üretim periyodu boyunca gerekli olan ısı enerjisinin karşılanabilmesi için, seçilecek sistem kapasitesi 90 W.m⁻² olmalıdır. Serada kurulacak 50 W.m⁻²'lik ısı gücüne sahip bir ısıtma sistemiyle, ısı perdeli PE plastik serada sıcaklığın gece/gündüz 16/21°C'de tutulduğu koşullarda, gerekli olan ısı enerjisinin % 99'u karşılanırken, ısı perdesiz PE plastik serada, yıllık ısı enerjisi gereksiniminin % 80'i karşılanabilmektedir. Diğer bir ifade ile ısı perdesiz PE plastik serada, üretim periyodu boyunca ısıtma ihtiyacı duyulan saatlerinin %

80'inde iç sıcaklık 16/21°C'de tutulabilirken, geri kalan % 20'sinde iç sıcaklık bu değerlerin altında seyredecektir. Isı perdeli serada durum biraz daha farklı olmaktadır. Sıcaklığın 16/21°C'de tutulmak istendiği PE plastik serada 90 W.m⁻²'lik ısı gücüne sahip ısıtma sisteminin seçilmesi durumunda, yıllık ısı enerjisi gereksiniminin % 100'ü karşılanabilmektedir. Isı gücünün % 50 oranında düşürülmesi durumunda, yıllık ısı enerjisinin % 95'i karşılanabilmektedir. Diğer bir ifade ile ısı korumalı seralarda, azalan ısı gücü ile gereksinilen enerji arasındaki oran, ısı korumasız seradaki orandan oldukça büyüktür.

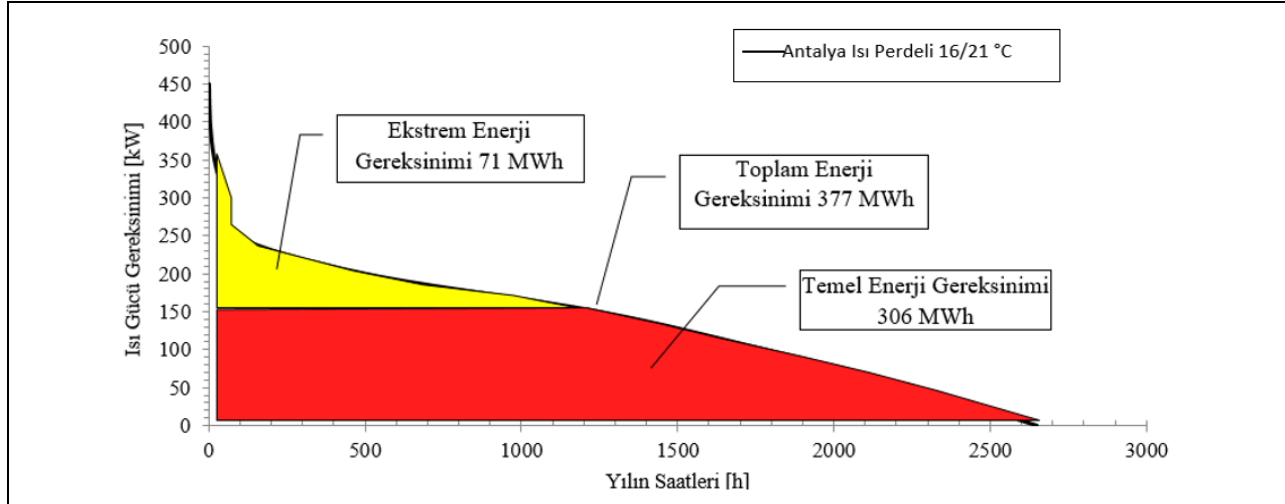


Şekil 6. Antalya ili iklim koşullarında ısı korumasız PE plastik serada farklı iç sıcaklık değerlerinde gereksinilen ısıtma gücü ile yıllık ısı enerjisinin karşılanma yüzdesi.

Şekil 6'te Antalya iklim koşullarında tek katlı PE plastik ile örtülmüş serada farklı iç sıcaklık değerleri için, farklı ısı gücü ile karşılanan yıllık ısı enerjisi yüzdesi verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, Antalya koşullarında iç sıcaklığın gece/gündüz 16°C'de tutulmak istenmesi durumunda gereksinilen ısı gücü 90 W.m⁻² olmaktadır. Isıtma sisteminin bu değere göre projelenmesi durumunda, yıl içinde ortaya çıkan en düşük sıcaklık değerlerinde, serada sıcaklık 16°C'de tutulabilecek ve bunun için gereksinilen ısı enerjisinin %100'ü karşılanabilecektir. Seçilen ısı gücünün düşürülmesi, ilk yatırım maliyetlerini azaltacağı gibi, enerji tasarrufu da sağlayacaktır. Antalya iklim koşullarında 70 W.m⁻²'lik ısı gücüne sahip ısıtma sisteminin bulunduğu ısı perdesiz PE plastik serada, iç sıcaklığın 18°C'de tutulmak istenmesi durumunda, yılın ısıtma ihtiyacı duyulan süresinin %86'sında serada

sıcaklık 18°C'de tutulabilirken geri kalan %10'unda 16°C ve %4'ünde 13°C olarak seyredecektir.

Antalya iklim koşullarında 5000 m² büyüklüğündeki ısı perdeli PE plastik serada, sıcaklığın gece/gündüz 16/21°C'de tutulması durumunda, gerekli olan ısı gücü (kW) ve yıllık ısı enerjisi gereksinimi (MWh) Şekil 7'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, serada iç sıcaklığın 16/21°C'de tutulmak istenmesi durumunda, gerekli olan güç 450 kW olurken, seranın toplam ısı enerjisi gereksinimi 377 MWh olmaktadır. Bu işletmede, ihtiyaç duyulan temel ısı enerjisi 150 kW'lık ısıtma sistemiyle karşılandığında, yıllık ısı enerjisinin 306 MWh'ı karşılanabilecektir. Sera işletmesinde kurulacak 450 kW'lık ikinci bir kazan, ekstrem durumlarda devreye girerek seranın maksimum ısı enerjisi gereksinimini karşılayabilecektir.



Şekil 7. Antalya ili iklim koşullarında 5000 m² büyüklüğünde ısı perdeli serada gece/gündüz sıcaklık değerlerinin 16/21°C'de tutulması durumunda gerekli olan ısı yükü ve toplam ısı enerjisi gereksinimi.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada serada ısıtma sisteminin projelenmesinde gerekli olan ısı gücünün belirlenmesi, bölgede ortaya çıkan en düşük sıcaklık ortalamasına ve saatlik değerlere göre hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre rüzgâr hızının dikkate alınması koşulu ile her iki yöntemle belirlenen ısı gücü hesaplamaları arasında büyük bir fark bulunmamaktadır. Ancak hesaplanan bu değerler, serada ortaya çıkan maksimum ısı gücüdür ve yılın çok az bir zamanında bu güce ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple, serada ısıtma sistemlerinin projelenmesinde ilk yatırım masraflarının düşürülebilmesi amacıyla birbirinden ayrı kontrol edilebilir, iki ayrı ısıtma sistemi kurulmalıdır. Kurulan sistemlerden biri, seranın temel ısı enerjisi gereksinimini karşılarken, diğeri çok soğuk günlerde devreye girerek maksimum ısı ihtiyacını karşılayacaktır. Bu nedenle seralarda birbirinden ayrı yönetilebilir iki ayrı sistemin kurulması, ekstrem durumlarda ürünün riske edilmemesi için tavsiye edilebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim 2015. Uzun yıllık iklim verileri, devlet meteoroloji İşleri genel müdürlüğü.
Baytorun AN (2000). Seralar (çeviri). Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset atölyesi.
Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S 2016. Seralarda ısıtma sistemlerinin modellenmesi ve karar verme aşamasında bilimsel verilere dayalı uzman sistemin "isiger-sera" geliştirilmesi. TÜBİTAK 114O533 nolu proje.
Baytorun AN, Akyüz A, Zaimoğlu Z 2000. Seralarda iklimlendirme. Paper presented at the 2. Uluslararası Turfanda Şurası, Anamur.
Baytorun AN, Tokgöz H, Üstün S, Akyüz A. 1994. Seralarda iklimlendirme olanakları. Paper presented at the 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

- Büyüktaş K, Atılğan A, Tezcan A 2016. Tarımsal Üretim Yapıları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No:101. Isparta.
Castilla N, Hernandez J 2007. Greenhouse technological packages for high quality production. Acta Horticulturae: International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven, Belgium.
Engindeniz S, Yılmaz İ, Durmuşoğlu E, Yağmur B, Eltez RZ, Demirtaş B, Tatarhan AH 2010. Sera sebzelerinin karşılaştırmalı girdi analizi. Ekoloji, 19(74), 122-130.
Nisen A, Grafiadellis M, Jiménez R, La Malfa G, Martínez-García P, Monteiro A, Denis J 1988. Cultures protégées en climat méditerranéen. Rome: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
Rath T 1992. Einsatz wissenschaftlicher systeme zur modellierung und darstellung von gartenbautechnischem fachwissen am beispiel des hybriden expertensystems hortex. Gartenbautechnische Informationen (Germany). no. 34.
Tantau HJ 1983. Heizungsanlagen im gartenbau. Handbuch des erwerbsgärtners., 258.
TUIK 2015. Niteliklerine göre örtü altı tarım alanları Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara.
von Zabeltitz C 1986. Gewachshaus- handbuch des erwerbsgärtners Handbuch des Erwerbsgärtners. Stuttgart: Ulmer -Verlag.,
von Zabeltitz C 1994. Effective use of renewable energies for greenhouse heating. Renewable Energy, 5(1-4), 479-485. doi: Doi 10.1016/0960-1481(94)90419-7
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