

Farklı Örtü Malzemesi ve Isıtma Derece Değerlerine Bağlı Olarak Seralarda Ortaya Çıkan Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi

Sedat BOYACI^{1*}, İlker KILIÇ²

¹Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, TÜRKİYE Orcid: 0000-0001-9356-1736

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE
Orcid: 0000-0003-0087-6718

Alınış tarihi: 30 Mayıs 2020

Düzeltilme tarihi: 14 Haziran 2020

Kabul tarihi: 16 Haziran 2020

Özet: Sera yetiştiriciliğinde kaliteli yüksek verimin alınabilmesi bitkilerin gereksinim duyduğu optimum sıcaklıkların sağlanması ile mümkün olabilmektedir. Ancak bu sıcaklıkların sağlanması için gerekli olan enerji maliyetlerinin yüksek olması üreticinin ısıtma konusunda karar vermesini olumsuz yönde etkilemektedir. Çalışmada, polietilen (PE) ve polikarbon (PC) sera örtüsü ve seraların beş farklı sıcaklık derecesinde (16°C, 17°C, 18°C, 19°C ve 20°C) tutulması durumunda gereksinim duyulan ısı gücü, yakıt miktarı ve atmosfere salınan karbondioksit miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, PE serada iç ortam sıcaklık değerinin 16°C de tutulması durumunda gereksinim duyulan ısı gücü gereksinimi, yakıt miktarı ve karbondioksit miktarı sırasıyla 834.93 W m⁻², 157,80 kg m⁻² 575.46 kg m⁻² iken 20°C de 1208.68 W m⁻², 228.44 kg m⁻², 833.06 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. PC serada 16°C de gereksinim duyulan ısı gücü gereksinimi, yakıt miktarı ve karbondioksit miktarı sırasıyla 197.66 W m⁻², 37.36 kg m⁻², 136.23 kg m⁻² iken 20°C için 321.92 W m⁻², 60.84 kg m⁻², 221.88 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. Çalışma sonucunda, üreticilerin farklı örtü malzemesi ve iç sıcaklık değerlerine bağlı olarak birim alan için gerekli olan yakıt miktarlarının önceden belirleyerek üretim ve enerji maliyetleri arasında bir denge oluşturması gerekliliği ortaya konulmuştur. Bunun yanında ekonomik bir yetiştiricilik için ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payını azaltıcı önlemler konusunda planlama aşamasında alınması gerekli tedbirler belirtilmiştir..

Anahtar Kelimeler: Sera, ısıtma, ısı enerjisi gereksinimi, enerji tasarrufu

Determination of the Heat Energy Requirement Depending on Different Cover Materials and Heating Degree Values in Greenhouses

Received: 30 May 2020

Received in revised: 14 June 2020

Accepted: 16 June 2020

Abstract: In greenhouse cultivation, obtaining high quality yields is possible by providing optimum temperatures required by plants. However, the high energy costs required to provide these temperatures negatively affect the manufacturer's decision about heating. In the study, it was aimed to determine the required heat energy, fuel amount and carbon dioxide emitted into the atmosphere in the case of keeping two different greenhouse covers of polyethylene (PE) and Polycarbonate (PC) and greenhouses at five different temperatures (16°C, 17°C, 18°C, 19°C ve 20 °C). In the study, if the indoor temperature value is kept at 16°C in the PE greenhouse, the required heat energy requirement, the amount of fuel and the amount of carbon dioxide are respectively 834.93 W m⁻², 157.80 kg m⁻², 575.46 kg m⁻² and at 20°C are respectively 1208.68 W m⁻², 228.44 kg m⁻², 833.06 kg m⁻². The heat energy requirement, fuel amount and carbon dioxide required at 16°C in PC greenhouse are respectively 197.66 W m⁻², 37.36 kg m⁻², 136.23 kg m⁻² while at 20°C was calculated 321.92 W m⁻², 60.84 kg m⁻², 221.88 kg m⁻². As a result of the study, the necessity of establishing a balance between production and energy costs was determined by determining the amount of fuel required for the unit area depending on the different cover material and internal temperature values of the manufacturers. In addition, the measures to be taken at the planning stage regarding to decrease the share of heating in the production costs for an economic production are specified.

Key words: Greenhouse, heating, heat energy requirement, energy saving

To Cite: Boyacı S Kılıç İ, 2020. Farklı Örtü Malzemesi Ve Isıtma Derece Değerlerine Bağlı Olarak Seralarda Ortaya Çıkan Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. Biosystems Müh Derg 1(1): 1-15.

1. Giriş

Bitkisel üretimde çevre kontrollü üretimin en yaygın ve etkin uygulaması seralarda gerçekleştirilmektedir (Baytorun ve ark., 2016). Seralar bitkisel üretim için gerekli olan gelişim etmenlerini tüm yıl boyunca sağlayabilen yapılardır. Bu yapılarda tüm yıl boyunca üretim ve verim artışı için bitkilerin gereksinim duyduğu iklimsel parametrelerin doğal ya da yapay yolla sağlanması gerekmektedir. Ancak bu iklim parametrelerinin yapay yolla sağlandığı seralarda enerji maliyetleri artmakta, buda enerji maliyetlerinin üretim maliyetleri içerisindeki payını arttırarak üreticiye ek maliyetler getirmekte ve yapılan üretimin karlılığını azaltmaktadır. Tarım sektöründe en fazla enerjiye ihtiyaç duyulan alanların başında gelen sera tarımında dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan enerji maliyetleri nedeniyle bu yapılarda enerji gereksiniminin azaltılması, enerji verimliliğinin arttırılması, fosil yakıt kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması oldukça önemlidir (Boyacı, 2018). Bu nedenle seraların ısıtması kadar ısıtma yapılan seralarda enerjinin korunması, yükselen enerji fiyatları ve fosil enerji kaynaklarının atmosfere saldıkları karbondioksit emisyonu nedeniyle önem arz etmektedir. Seralarda ısı enerjisi tasarrufu sağlayabilmek için değişik yöntemler uygulanabilmektedir (Baytorun ve ark., 2017). İklim verileri dikkate alındığında, seralarda ısıtma yapıldığında yüksek ısıtma maliyeti gözlenir. Ancak, kış mevsiminde ürünlerin alım fiyatlarının yeterli olması ve ürünlerin dış pazarlarda yer alabilmesi sayesinde ekonomik üretim sağlanabilmektedir. Ayrıca, ısıtma gereksinimlerini azaltmak ve maliyetleri düşürmek için seralarda ısı tasarrufu da dahil olmak üzere farklı önlemler alınabilir. Isı perdeleri, çift kat veya farklı tipte örtü malzemeleri ve pasif güneş ısıtma sistemleri kullanmak seralardaki ısıtma gereksinimlerini azaltacaktır. Ayrıca, işletmenin yapısal ve ekonomik koşulları değerlendirilmeli ve en uygun ısıtma yöntemi belirlenmelidir. (Canakci ve ark., 2013).

Sera iklimlendirilmesi yapay olarak sağlandığından enerji harcamaları oldukça fazladır. Seralarda en önemli enerji ihtiyacı kış aylarında ısıtma uygulamalarında gerçekleşmektedir. Soğuk mevsimlerde sera iç sıcaklığının bitki isteklerine uygun değerlere çıkarılması amacıyla yapılan ısıtma için gerekli harcamalar tüm üretim harcamalarının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Bu nedenle yetiştiriciler genellikle seraların ısıtılmasını mümkün olan en düşük seviyede yapmaya, diğer bir deyişle sadece dondan korunmak amacıyla yapmaya çalışmaktadırlar. Bu durum ise seracılıktan beklenen faydanın tam olarak elde edilememesine yol açmaktadır. Ancak seralarda ısı korunumu önlemleri ile bu harcamalar en aza indirilebilmekte ve fayda maksimize edilebilmektedir (Yağcıoğlu, 1999). Sera yetiştiriciliğinden kaliteli yüksek verimin alınabilmesi için seraların ısıtılması gerekmektedir. Ancak ısıtma giderleri üretim maliyetini büyük oranda (%20-60)

etkilemektedir (Baytorun ve ark., 2016). Isıtma yapılan seralarda artan enerji maliyetleri, üreticilerin ısıtmanın kârlılığını tartışmasına neden olmaktadır. Belirtilen nedenle seralarda ısıtma kadar, ısıtılan seralarda enerji korunumu da kârlılık ve enerji verimliliği açısından son derece önem arz etmektedir (Baytorun ve Gügercin, 2015). Bu nedenle üreticilerin seraları planlama aşamasında birim alan için gereksinim duyulan ısı gücü, yakıt miktarı gibi değerleri planlama aşamasında belirlemesi ekonomik yetiştiricilik açısından son derece önemlidir. Bu bilgiler işletmenin kar ve zarar durumunun ortaya konulmasında üreticiye bilgiler verecek ve seralardan beklenen optimum fayda sağlanacaktır.

Çalışmada, iki farklı örtü malzemesine sahip serada (PE ve PC), beş farklı iç ortam sıcaklığı (16°C, 17°C, 18°C, 19°C, 20°C) için gereksinim duyulan ısı gücü miktarları, yakıt miktarları ve atmosfere salınan karbondioksit miktarlarının belirlenerek üreticilerin üretim ve enerji maliyetleri arasında bir denge oluşturabilmesinde karar verebilmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada, seralarda ısı gücü gereksinimi, DIN 4701 standardına göre Eşitlik 1 yardımı ile hesaplanmıştır (von Zabeltitz, 2011).

$$q_h = \left(\frac{A_c}{A_g} \right) \cdot u \cdot (t_i - t_o) - q_o \cdot \tau \cdot \gamma \quad (1)$$

Eşitlikte:

q_h : Isı gücü gereksinimi (W), A_c : Sera dış yüzey örtü alanı (m^2), A_g : Sera taban alanı (m^2), u : Toplam ısı iletim katsayısı ($W m^{-2} \text{ } ^\circ C^{-1}$), t_i : Serada tutulması istenen iç sıcaklık değeri ($^\circ C$), t_o : Sera kurulan yerin en düşük ortalama dış sıcaklık değeri ($^\circ C$), q_o : güneş radyasyonu ($W m^{-2}$), τ : örtü malzemesinin güneş ışınım geçirgenliği (0.6-0.7), γ : toplam ışınımın sera iç ortam sıcaklığının artmasında etkili olan ısı ışınımına dönüşme oranı (0.3-0.7)

Tek katlı PE plastik ısı iletim katsayısı $7.0 (W m^{-2} \text{ } ^\circ C^{-1})$, 6 mm PC için $3.33 (W m^{-2} \text{ } ^\circ C^{-1})$, τ (0.6) ve η (0.5) olarak alınmıştır. Serada dış sıcaklık değerleri olarak Kırşehir ilinin uzun yıllık ortalama en düşük sıcaklık değerleri ve radyasyon değerleri, iç sıcaklık değeri olarak beş farklı (16 $^\circ C$, 17 $^\circ C$, 18 $^\circ C$, 19 $^\circ C$ ve 20 $^\circ C$) iç sıcaklık değerine göre hesaplamalar yapılmıştır.

Çalışmada, PE ve PC serada ısı gücü gereksiniminin belirlenmesinde esas alınan sera boyutları ve ısı iletim katsayıları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Hesaplamalarda esas alınan sera boyutları ve ısı iletim katsayıları

Bölme sayısı	2 adet	Yan duvar alanı	378 .00 m ²
Bölme genişliği	8.00 m	Ön cephe alanı	140.50 m ²
Sera uzunluğu	63.00 m	Çatı alanı	1165.53 m ²
Çatı eğim açısı	26.60°	Sera hacmi	4368.00 m ³
Yan duvar yüksekliği	3.00 m	Örtü alanı	1684.03 m ²
Kafes kiriş aralığı	3.00 m	Taban alanı	1008.00 m ²
Çatı yüksekliği	2.00 m	Çatı uzunluğu	9.25 m
Çevre uzunluğu	158.00 m	Mahya yüksekliği	5.00 m

Seralarda yıllık ısı enerjisi esas alınarak gereksinim duyulan yakıt miktarı Eşitlik 2, Seraların ısıtılmasında kullanılan yakıtların atmosfere olan CO₂ salınımları Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır (Baytorun ve ark., 2016).

$$B_y = \frac{q_h}{H_u \cdot \eta_{ges}} \quad (2)$$

$$SEGM_y = B_y \cdot H_u \cdot FSEG \quad (3)$$

Eşitliklerde; B_y = Birim alana karşılık gelen yakıt miktarı (kg m⁻²), H_u = Yakıt alt ısı değeri (kWh kg⁻¹), q_h = Seranın ısı enerjisi gereksinimi (W m⁻²), η_{ges} = Toplam randıman, $SEGM_y$ = Yıllık CO₂ emisyon miktarı (kg eşd. CO₂), $FSEG$ = Yakıt cinsine göre CO₂ emisyonu dönüşüm katsayısı (kg eşd.CO₂ kWh⁻¹).

Çalışmada, seraların ısıtılmasında yaygın olarak kullanılan ithal kömüre göre hesaplamalar yapılmıştır. İthal kömürün alt ısı değeri H_u : 8.14 kWh, η_{ges} : %65 ve $FSEG$ (CO₂ kWh⁻¹) ise 0.448 olarak alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada PE ve PC serada farklı sıcaklıklarda aylara göre ısı gücü gereksinimi Çizelge 2’de verilmiştir. PE serada 16°C de gereksinim duyulan ısı gücü gereksinimi 834.93 W m⁻² iken sıcaklıktaki her 1°C lik artış için gereksinim duyulan ısı gücü miktarları 916.79-1004.78-1103.43 W m⁻² ve 1208.68 W m⁻² olarak hesap edilmiştir. Buna göre 16°C ve 20°C için gereksinim duyulan ısı

gücü arasındaki fark 373.75 W m^{-2} olarak hesap edilmiştir. Bu değer oransal olarak %44.76 daha fazla ısı gücü gereksinimine ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Çizelge 2'ye bakıldığında 16°C ve 17°C de 7 aylık dönemde ısıtma gereksinimi ortaya çıkar iken 18°C de 8 aylık dönemde 19°C ve 20°C de 9 aylık dönemde ısıtma gereksinimi ortaya çıkmıştır.

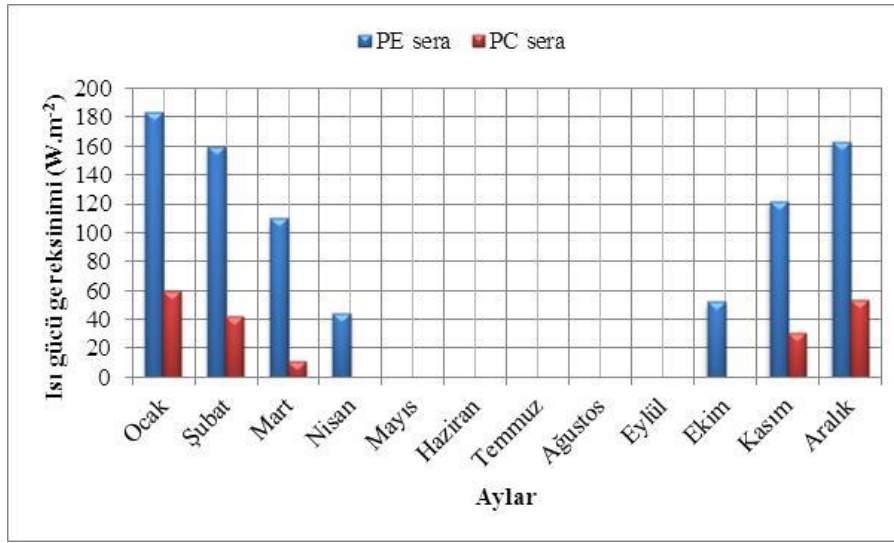
PC serada 16°C de gereksinim duyulan ısı gücü gereksinimi 197.66 W m^{-2} iken sıcaklıktaki her 1°C 'lik artış için gereksinim duyulan ısı gücü miktarları 225.48-255.16-288.54 ve 321.92 W m^{-2} olarak hesap edilmiştir. Buna göre 16°C ve 20°C için gereksinim duyulan ısı gücü arasındaki fark 124.26 W m^{-2} olarak hesap edilmiştir. Bu değer oransal olarak %62.87 daha fazla ısı gücü gereksinimine ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Çizelge 2'ye bakıldığında 16°C ve 17°C de 5 aylık dönemde ısıtma gereksinimi ortaya çıkar iken 18°C - 19°C ve 20°C de 6 aylık dönemde ısıtma gereksinimi ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2. Farklı sıcaklıklarda aylara göre ısı gücü gereksinimi

Aylar	PE serada ısı gücü gereksinimi (W m^{-2})					PC serada ısı gücü gereksinimi (W m^{-2})				
	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C
Ocak	183.95	195.65	207.34	219.04	230.73	60.10	65.66	71.23	76.79	82.35
Şubat	159.44	171.14	182.83	194.53	206.22	42.33	47.90	53.46	59.02	64.59
Mart	110.01	121.71	133.40	145.10	156.79	11.30	16.86	22.43	27.99	33.55
Nisan	44.43	56.13	67.82	79.52	91.21	-	-	-	-	-
Mayıs	-	-	6.12	17.82	29.51	-	-	-	-	-
Haziran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temmuz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ağustos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eylül	-	-	-	5.09	16.79	-	-	-	-	-
Ekim	52.05	63.75	75.44	87.14	98.83	-	-	1.87	7.43	12.99
Kasım	121.68	133.37	145.06	156.76	168.45	30.32	35.88	41.44	47.01	52.57
Aralık	163.36	175.05	186.75	198.44	210.14	53.61	59.17	64.73	70.30	75.86
Toplam	834.93	916.79	1004.78	1103.43	1208.68	197.66	225.48	255.16	288.54	321.92
Fark	-	81.86	169.85	268.50	373.75	-	27.82	57.50	90.88	124.26
Oransal fark (%)	-	9.80	20.34	32.16	44.76	-	14.07	29.09	45.98	62.87

PE ve PC serada iç sıcaklık değerlerinin 16°C de tutulması durumunda PE serada 4.22 kat fazla ısı gücü gereksinimi ortaya çıkmıştır (Şekil 1). Aynı zamanda PE serada 7 ay ısı enerjisine gereksinim gösterirken, PC serada 5 ay ısı enerjisi gereksinimi ortaya çıkmıştır. PC serada ısı iletim katsayısı düşük örtü malzemesinin kullanılması enerji verimliliğinin artırılması ve ısıtmanın üretim içerisindeki payının düşürülmesi açısından önemlidir. Ayrıca, PC serada ilk kuruluş maliyetlerinin

yüksek olmasına rağmen enerji maliyetlerini düşürmesi yapılan yatırımın geri dönüşümünün daha hızlı olmasına neden olacağı açıktır.



Şekil 1. PE ve PC serada 16°C de gereksinim duyulan ısı gücünün aylık değişimi

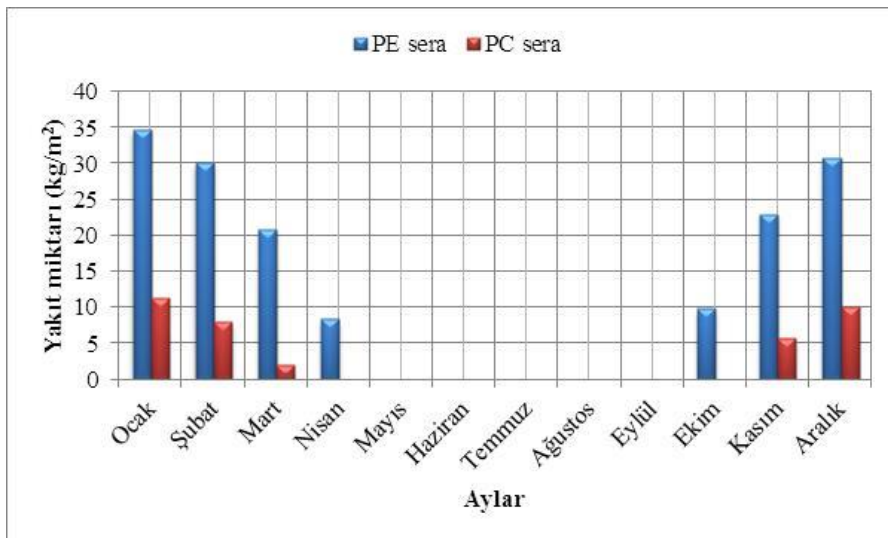
Çalışmada PE ve PC serada farklı sıcaklıklarda aylara göre yakıt miktarları Çizelge 3'te verilmiştir. PE serada 16 °C de gereksinim duyulan yakıt miktarı 157.80 W m⁻² iken sıcaklıktaki her 1°C lik artış için gereksinim duyulan yakıt miktarları 173.27-189.90 ve 208.55 W m⁻² olarak hesap edilmiştir. Buna göre 16°C ve 20°C için gereksinim duyulan yakıt miktarları arasındaki fark 70.64 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. Bu değer oransal olarak %44.76 daha fazla yakıt miktarına ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

PC serada 16°C de gereksinim duyulan ısı gücü gereksinimi 37.36 kg m⁻² iken sıcaklıktaki her 1°C lik artış için gereksinim duyulan yakıt miktarları 42.61-48.22-54.53-60.84 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. Buna göre 16°C ve 20°C için gereksinim duyulan ısı gücü arasındaki fark 23.49 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. Bu değer oransal olarak %62.87 daha fazla ısı gücü gereksinimine ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Çizelge 3. Farklı sıcaklıklarda aylara göre yakıt miktarları

Aylar	PE serada yakıt miktarı (kg m ⁻²)					PC serada yakıt miktarı (kg m ⁻²)				
	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C
Ocak	34.77	36.98	39.19	41.40	43.61	11.36	12.41	13.46	14.51	15.56
Şubat	30.13	32.34	34.56	36.77	38.98	8.00	9.05	10.10	11.16	12.21
Mart	20.79	23.00	25.21	27.42	29.63	2.14	3.19	4.24	5.29	6.34
Nisan	8.40	10.61	12.82	15.03	17.24	-	-	-	-	-
Mayıs	-	-	1.16	3.37	5.58	-	-	-	-	-
Haziran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temmuz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ağustos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eylül	-	-	-	0.96	3.17	-	-	-	-	-
Ekim	9.84	12.05	14.26	16.47	18.68	-	-	0.35	1.40	2.46
Kasım	23.00	25.21	27.42	29.63	31.84	5.73	6.78	7.83	8.88	9.94
Aralık	30.87	33.09	35.30	37.51	39.72	10.13	11.18	12.23	13.29	14.34
Toplam	157.80	173.27	189.90	208.55	228.44	37.36	42.61	48.22	54.53	60.84
Fark	-	15.47	32.10	50.75	70.64	-	5.26	10.87	17.18	23.49
Oransal fark (%)	-	9.80	20.34	32.16	44.76	-	14.07	29.09	45.98	62.87

PE ve PC serada iç sıcaklık değerlerinin 16°C de tutulması durumunda yakıt miktarları grafiksel olarak Şekil 2’de gösterilmiştir. PE ve PC serada farklı ısı iletim katsayılarına bağlı olarak sera iç ortamında sıcaklığı 16°C de tutmak için gerekli olan yakıt miktarının arttığı görülmüştür. Birim alanda gereksinim duyulan yakıt miktarının azaltılması bakımından ısı iletim katsayısı düşük direnci yüksek örtü malzemelerinin kullanılmasının gerekliliği yapılan hesaplama ile ortaya konulmuştur.



Şekil 2. PE ve PC serada 16°C de gereksinim yakıt miktarlarının aylık değişimi

Çalışmada PE ve PC serada atmosfere salınan karbondioksit miktarları Çizelge 4'te verilmiştir. PE serada 16°C de atmosfere salınan karbondioksit miktarı 575.46 kg m⁻² iken sıcaklıktaki her 1°C lik artış için atmosfere salınan karbondioksit miktarları 631.88-692.53 760.52-833.06 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. Buna göre 16°C ve 20°C için atmosfere salınan karbondioksit miktarları arasındaki fark 257.60 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. Bu değer oransal olarak %44.76 daha fazla yakıt miktarına ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

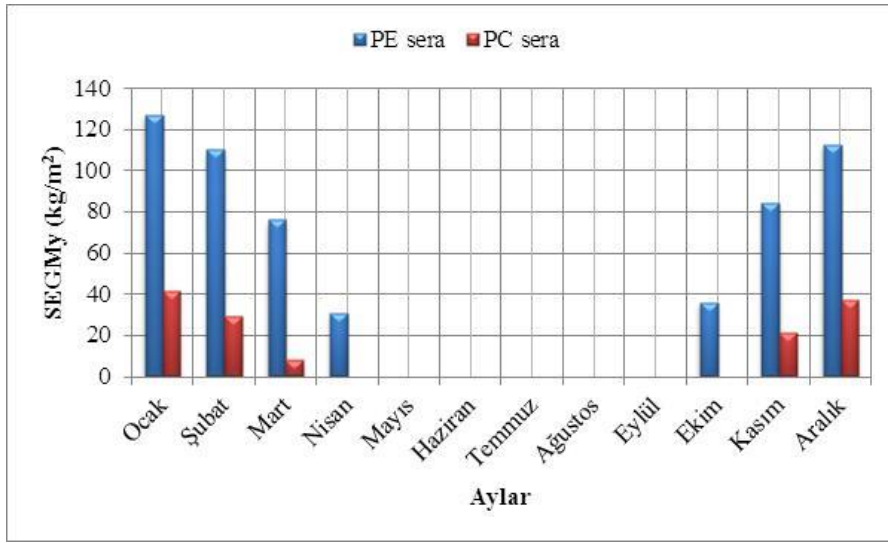
PC serada 16°C de gereksinim duyulan ısı gücü gereksinimi 136.23 kg m⁻² iken sıcaklıktaki her 1°C lik artış için gereksinim duyulan yakıt miktarları 155.40-175.86-198.87 ve 221.88 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. Buna göre 16°C ve 20°C için gereksinim duyulan ısı gücü arasındaki fark 85.64 kg m⁻² olarak hesap edilmiştir. Bu değer oransal olarak %62.87 daha fazla ısı gücü gereksinimine ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4. Farklı sıcaklıklarda aylara göre atmosfere salınan karbondioksit miktarları

Aylar	PE serada SEGM _y (kg m ⁻²)					PC serada SEGM _y (kg m ⁻²)				
	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C	16°C	17°C	18°C	19°C	20°C
Ocak	126.79	134.85	142.91	150.97	159.03	41.42	45.26	49.09	52.93	56.76
Şubat	109.89	117.95	126.01	134.07	142.13	29.18	33.01	36.85	40.68	44.52
Mart	75.82	83.89	91.95	100.01	108.07	7.79	11.62	15.46	19.29	23.13
Nisan	30.63	38.69	46.75	54.81	62.87	-	-	-	-	-
Mayıs	-	-	4.22	12.28	20.34	-	-	-	-	-
Haziran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temmuz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ağustos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eylül	-	-	-	3.51	11.57	-	-	-	-	-
Ekim	35.88	43.94	52.00	60.06	68.12	-	-	1.29	5.12	8.96
Kasım	83.86	91.92	99.98	108.04	116.10	20.90	24.73	28.57	32.40	36.23
Aralık	112.59	120.65	128.71	136.77	144.83	36.95	40.78	44.62	48.45	52.29
Toplam	575.46	631.88	692.53	760.52	833.06	136.23	155.40	175.86	198.87	221.88
Fark	-	56.42	117.07	185.06	257.60	-	19.17	39.63	62.64	85.64
Oransal fark (%)	-	9.80	20.34	32.16	44.76	-	14.07	29.09	45.98	62.87

PE ve PC serada iç sıcaklık değerlerinin 16°C de tutulması durumunda atmosfere salınan karbondioksit miktarının grafiksel olarak Şekil 3'te verilmiştir. Karbondioksit miktarı artan yakıt miktarı ile arttığından bu miktarın ısı iletim katsayısı düşük örtü malzemelerinin kullanılması ile azaltılması çevre dostu üretimin yapılması bakımından son derece önemlidir. Son yıllarda ortaya çıkan sürdürülebilir sera kavramının en temel özelliklerinden bir tanesi çevre dostu yenilenebilir

enerji kaynaklarının kullanılıp atmosfere salınan karbondioksit miktarının azaltılmasıdır. Bu miktarın azaltılması çevre dostu üretim açısından oldukça önemlidir.



Şekil 3. PE ve PC serada 16°C de atmosfere salınan karbondioksit miktarlarının aylık değişimi

PE ve PC örtü malzemesi ile kaplı serada farklı sıcaklık değerlerine göre yapılan hesaplamalarda, örtü malzemesinin ısı iletim katsayısına ve iç ortamda bitkiler için gereksinim duyulan sıcaklık değerlerine bağlı olarak ısı gücü gereksinimi, yakıt miktarı ve atmosfere salınan karbondioksit miktarlarının arttığı belirlenmiştir.

Seralarda ısıtma, ısıtma yapılan ve ısıtma yapılmayan seralar olarak ikiye ayrılmaktadır. Isıtma yapılmayan seralarda yetiştiricilik ekolojik koşullara bağlı olarak yapılmaktadır. Bu durum üretim periyodunu kısaltmakta ve seralardan beklenen verim alınamamaktadır. (von Zabeltitz, (1994) Isıtma yapılmayan seralarda fazla miktarlarda ilaç kullanımı, bir yandan tüketici sağlığını etkilerken diğer yandan da çevre üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Seralarda düşük sıcaklık ve yüksek nem problemini çözümlenebilmek amacıyla alınabilecek tedbirlerden biri de ısıtma yapılmasıdır. Düşük sıcaklık ve yüksek nemin ürünlerde fiziksel, kimyasal ve aromatik kalite noksanlığı oluşturması yanında yoğun miktarda tarımsal savaş ilacı ve hormon kullanımını zorunlu hale getirmektedir (von Zabeltitz, (1994). (Genç ve ark., 2010) tarafından üç farklı sera örtü malzemesi (Cam, tek katlı PE, Çift katlı PE) ve sera iç sıcaklığının 10°C ve 20°C de tutulması için gerekli ısı gereksinimleri ve yakıt giderleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, sera iç sıcaklığını 10°C de tutmak için örtü malzemesi olarak tek kat PE yerine çift katlı PE örtü malzemesinin kullanılması durumunda % 62'lik bir ısı tasarrufu sağlanabilirken 3.8 mm cam örtü malzemesi kullanılması durumunda ise % 34'lük bir ısı kazancı sağlanabildiğini, sera iç sıcaklığını 20°C de tutmak için örtü malzemesi olarak tek kat PE yerine çift katlı PE örtü malzemesi kullanıldığında %

26'lık bir ısı tasarrufu ve 3.8 mm cam örtü malzemesi kullanıldığında ise % 9'luk bir ısı kazancı sağlamanın mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, 10°C ve 20°C sera iç sıcaklıklarının yakıt giderleri hesaplanırken, sera iç sıcaklığı 20°C yerine 10°C ısıtılması halinde sera yakıt miktarında ve yakıt giderinde yaklaşık %95 oranında azalma meydana geleceği belirlenmiştir. (Emekli, 2012) tarafından Türkiye'nin Akdeniz bölgesindeki modern sera işletmelerinin yapısal özelliklerini belirlemek ve incelenen modern sera işletmelerinin ısı gereksinimlerini uzun yıllık iklim verilerine göre hesaplamak amacıyla yürütmüş oldukları çalışmaları sonucunda modern seralardaki ısıtma sistemlerinin Kasım ve Nisan ayları arasında çalıştırılması gerektiği belirlenmiştir. En fazla ısı gereksinimlerini sırası ile PE, PC ve Çift katlı PE+Isı perdesi örtülü seralarda belirlenmiştir. (Gezer ve ark., 2009) Yalova yöresindeki süs bitkisi seralarının özelliklerini belirledikleri çalışmalarında, araştırma yapılan seraların sadece %40'ında ısıtma yapıldığını, ısıtma yapılan seralarda ise ısıtmanın sadece hava sıcaklığının çok düştüğü ve donlu günlerde yapıldığı ve üreticiler yakıt maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle ısıtma sistemlerini mümkün olduğu kadar kullanmamaya çalıştıklarını belirlenmiştir. Bu durum ise sıcaklığın çok önemli olduğu süs bitkisi seralarında üretimi olumsuz şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda, Yalova yöresindeki sera işletmelerinde yüksek ve kaliteli verimin elde edilebilmesi için ısıtma yapılması gerektiğini, ancak ülkemiz genelinde olduğu gibi araştırma alanında da ısıtma sadece bitkileri dondan korumak amacıyla yapılması sonucunda elde edilen ürünün kalitesi ve verimi istenilen düzeyde gerçekleştirilemediği belirlenmiştir. Akdeniz iklimine sahip ülkelerde ısıtma yapılmayan seralarda yetiştirilen domatesin üretiminden 7-15 kg.m⁻² verim elde edilirken (Leonardi ve Pascale, 2010), bu değer modern yöntemler ile seracılığın yaygın olarak yapıldığı Hollanda'da, yapılan domates üretiminden 50 kg.m⁻²'ye kadar verim alınabilmektedir (von Zabeltitz, 2011). Seraların iç ortam sıcaklık değerlerinin hesaplanması üreticiler için ekonomik kayıpları önleyebilir (Saltuk ve Mikail, 2019). Seralarda ısı kayıpları örtü malzemesinin özelliğine bağlı transmisyon ve istenmeyen açıklıklardan infiltrasyon ile meydana gelen ısı kayıplarından oluşmaktadır (Baytorun ve ark., 2018). Seralarda gereksinim duyulan ısı enerjisinin azaltılması, enerji verimliliğini artırması yanında, fosil enerji kaynaklarının daha az kullanımı nedeniyle, çevre dostu bir üretimin yapılmasına da imkan sağlamaktadır (Baytorun ve Gügercin, 2015).

Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalara bakıldığında ısıtılmayan seralarda ortaya çıkan düşük sıcaklık, yüksek nem, aşırı ilaç kullanımı, meyvede kalite noksanlığı nedeniyle düşük verim alındığı belirlenmiştir. Bunun yanında ısı iletim katsayısı düşük örtü malzemelerinin kullanılması

durumunda gereksinim duyulan ısı gücü ve yakıt miktarının arttığı, bunun neticesinde ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payının artması nedeniyle üreticilerin ısıtma yapmaktan kaçındıkları belirtilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise ısıtma yapılmayan seralara göre ısıtma yapılan seralardan yaklaşık olarak 3 kattan fazla ürün alındığı belirtilmiştir. Yapılan çalışmada ısıtma yapılmayan seralarda ısıtma yapılması durumunda farklı örtü malzemesi ve farklı sıcaklık değerlerinde gereksinim duyulan ısı gücü yanında bu ısı gücüne ulaşmada ihtiyaç duyulan yakıt miktarıda hesap edilmiştir. Ülkemizde enerji maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle ısıtma yapılacak seralarda iç sıcaklık değerleri belirlenirken kullanılacak yakıt miktarının birim alana düşen miktarının belirlenmesi ve bu miktarın maddi değerinin üretici tarafından bilinmesi ekonomik yetiştiricilik açısından oldukça önemlidir. Aksi takdirde ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payının artması durumunda yapılan yatırımın ekonomikliği ortadan kalkabilmektedir. Bunun yanında PE yerine ısı iletim katsayısı düşük olan PC örtü malzemelerinin kullanılması durumunda ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payının azaltılmasına katkıda bulunması yanında azalan yakıt miktarı nedeniyle atmosfere salınacak karbondioksit miktarının azaltılarak çevre dostu üretim yapılması açısından oldukça önemlidir.

4. Sonuç

Farklı örtü malzemesi ve ısıtma derece değerlerine bağlı olarak seralarda ortaya çıkan ısı enerjisi gereksiniminin belirlendiği çalışma sonucunda, ısıtılmayan seralarda üretim sezonunun arttırılarak daha fazla ürün alınması için ısıtma yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ancak üreticilerin farklı sıcaklıklar ve örtü malzemesi kullanımlarını karşılaştırması ısıtma maliyetleri ve üretim arasında denge kurması açısından önem taşımaktadır. Üreticilerin ekonomik bir üretim için bunu seraların planlanması aşamasında karar vermesi kârlı bir üretim açısından son derece önemlidir. Planlama aşamasında alınacak önlemlerden bazıları, seraların tekil yerine, blok olarak kurulması, ısı kayıplarının meydana geldiği örtü yüzey alanının küçültülmesi, montajları doğru yapılmış ısı iletim katsayısı düşük direnci yüksek örtü malzemelerinin seçimi, ısı perdelerinin kullanılması, ısıtma sistem borularının sera tabanına yakın yerleştirilmesi ve otomasyon sistemlerinin kullanılmasıdır.

Kaynaklar

Baytorun, AN., Gügercin, Ö., 2015. Seralarda enerji verimliliğinin artırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(2): 125-135.

- Baytorun, AN., Önder D., Gügercin, Ö., 2016. Seraların ısıtılmasında kullanılan fosil ve jeotermal enerji kaynaklarının karşılaştırılması. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(10): 832-839.
- Baytorun, AN., Üstün, S., Akyüz, A., Çaylı, A., 2017. Antalya iklim koşullarında farklı donanımlara sahip seraların ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2): 144-152.
- Boyacı, S., 2018. Sürdürülebilir seracılık için alınması gerekli bazı tedbirlerin değerlendirilmesi. II. Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi. 4-5 Mayıs 2018, Adana, TÜRKİYE.
- Canakci, M., Emekli, NY., Bilgin, S., Caglayan, N., 2013. Heating requirement and its costs in greenhouse structures: A case study for Mediterranean region of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24: 483-490.
- Emekli, NY., Caglayan N., Ozmerzi, A., Canakci, M., 2012. Structural characteristics and heat requirements of modern greenhouses in southern of Turkey. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2): 93-101.
- Genç, Ö., Yüksel, AN., Şişman, CB., Gezer, E., 2010. Balıkesir koşullarında sera ısı gereksinimlerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 73-84.
- Gezer, E., Yüksel, AN., Şişman, CB., 2009. Yalova yöresindeki süs bitkisi seralarının özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(3): 199-207.
- Leonardi, C., De Pascale, S., 2010. Greenhouse production systems in Mediterranean area. 4th International Workshop "Agrospace: Controlled Environment Agriculture from Earth to Space and back" Sperlonga.
- Saltuk, B., Mikail, N., 2019. Prediction of indoor temperature in a greenhouse: Siirt sample. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4A): 3577-3585.
- von Zabeltitz, C., 2011. Integrated greenhouse systems for mild climates. Springer -Verlag Berlin Heidelberg.
- von Zabeltitz, C., 1994. Effective use of renewable energies for greenhouse heating. *Renewable Energy*, 5(1-4), 479-485.
- Yağcıoğlu, A., 1999. Sera Mekanizasyonu, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notları: 59/1 Bornova/İzmir.