



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAHRAMANMARAŞ BÖLGESİ İÇİN SERALARDA
ÖRTÜ MALZEMESİ VE ISI TASARRUF
ÖNLEMLERİNİN ISITMA YÜKÜNE ETKİSİNİN
UZMAN SİSTEM İLE BELİRLENMESİ**

YUSUF TEMİZKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2017

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAHRAMANMARAŞ BÖLGESİ İÇİN SERALARDA
ÖRTÜ MALZEMESİ VE ISI TASARRUF
ÖNLEMLERİNİN ISITMA YÜKÜNE ETKİSİNİN
UZMAN SİSTEM İLE BELİRLENMESİ

YUSUF TEMİZKAN

Bu tez,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2017

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Yusuf TEMİZKAN tarafından hazırlanan “KAHRAMANMARAŞ BÖLGESİ İÇİN SERALARDA ÖRTÜ MALZEMESİ VE ISI TASARRUF ÖNLEMLERİNİN ISITMA YÜKÜNE ETKİSİNİN UZMAN SİSTEM İLE BELİRLENMESİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 08/05/2017 tarihinde oy birliği ile Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Ali ÇAYLI (DANIŞMAN)
Biyosistem Müh. A.B.D.
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sait ÜSTÜN (ÜYE)
Biyosistem Müh. A.B.D.
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sedat BOYACI (ÜYE)
Biyosistem Müh. A.B.D.
Ahi Evran Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Yusuf TEMİZKAN



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

KAHRAMANMARAŞ BÖLGESİ İÇİN SERALARDA ÖRTÜ MALZEMESİ VE ISI TASARRUF ÖNLEMLERİNİN ISITMA YÜKÜNE ETKİSİNİN UZMAN SİSTEM İLE BELİRLENMESİ (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

YUSUF TEMİZKAN

ÖZET

Seralarda ısıtma yapılarak üretim ve kalite artışı sağlanabilmektedir. Ancak Ülkemizde seracılığın yaygın bir şekilde yapıldığı Akdeniz bölgesinde, seraların birçoğunda ısıtma sistemi kullanılmamaktadır. Isıtma sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri yüksektir. Öngörülemeyen enerji maliyetleri ve karlılık konusu ise üreticiler için bir başka engel oluşturmaktadır. Seralarda ısıtma yükünün hesaplanmasında bölgesel olarak uzun yıllık iklim verileri, sera örtü malzemesi türü ve niteliği, ısı perdesi kullanımı, ısı perdesi türü, ısıtma sistemi, sera sızdırmazlık durumu, yetiştirilecek bitki türü, güneş radyasyonu, rüzgâr, aydınlatma vs. gibi birçok farklı parametre önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda hesaplanacak ısıtma yükü, projelenecek sistemin ısıtma gücünün belirlenmesinde de temel kıstastır. Bu sebeple hesaplamaların tam ve doğru olarak yapılması yatırım maliyeti ve sistemin etkinliği açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışma ile Kahramanmaraş bölgesi için farklı sera tipleri ve ısı tasarruf önlemlerine göre ısıtma sistemi projelerine temel teşkil eden ısıtma yükü, bir uzman sistem yazılımı ile belirlenmiş ve diğer bölgelerdeki seralarla kıyaslanarak bölgenin seracılık açısından potansiyeli değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar üzerinden bölge için en uygun sera tipi önerisi ile ısı tasarruf önlemleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uzman Sistem, Seralar, Seralarda Isıtma

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Mayıs / 2017

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali ÇAYLI

Sayfa sayısı: 62

**DETERMINATION OF THE EFFECT OF HEAT SAVING PRECAUTIONS AND
CLADDING MATERIALS ON HEAT REQUIREMENT VIA EXPERT SYSTEM
IN THE KAHRAMANMARAS REGION GREENHOUSES
(M.Sc. THESIS)**

YUSUF TEMİZKAN

ABSTRACT

Yield and quality can be achieved by heating to increase in greenhouses. However, in most of the greenhouses the heating system is not used in the Mediterranean region where greenhouse is widely used in our country. The initial investment costs of heating systems are high. Unpredictable energy costs and profitability are another obstacle for producers. Many different parameters play an important role in the calculation of the heating load to the surroundings. Such as regional long-term climate data, greenhouse cover material type and quality, thermal screen usage, type of thermal screen, heating system, greenhouse tightness condition, plant species, solar radiation, wind, lighting, etc. Also the heating load to be calculated is the basic criterion for determining the heating power of the system to be projected. For this reason, accurate calculations are important in terms of investment cost and system efficiency.

In this study, different types of greenhouses for Kahramanmaras region and heating load, which is the basis of heating system projects according to heat saving, have been determined by expert system software and compared to other regions, potential of Kahramanmaras for greenhouse production has been assessed.

Key words: Expert Systems, Greenhouses, Greenhouse Heating

University of Kahramanmaras Sutcu İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering, May / 2017

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Ali ÇAYLI

Page Numbers: 62

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince engin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve çalışmamın her aşamasında sağladığı bilimsel katkılardan dolayı Prof. Dr. A. Nafî BAYTORUN'a, her fırsatta bilgi ve birikimlerinden yararlandığım Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ'ye, tüm bölüm hocalarıma, tüm çalışmalarım süresince değerli görüş ve fikirlerini benimle paylaşan Yrd. Doç. Dr. Ali ÇAYLI' ya ve bana her konuda destek olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanmasında “*Seralarda Isıtma Sistemlerinin Modellemesi ve Karar Verme Aşamasında Bilimsel Verilere Dayalı Uzman Sistemin Geliştirilmesi*” adlı 1140533 nolu proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenerek geliştirilen ISIGER-SERA yazılımı kullanılmıştır.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | viii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR | 5 |
| 2.1. Örtü Malzemeleri | 5 |
| 2.2. Sera Çevre Koşullarının Bitki Gelişimine Etkisi | 10 |
| 2.3. Isıtma Sistemleri | 12 |
| 2.4. Isı Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi | 15 |
| 2.5. Seralarda Isı Tasarruf Önlemleri | 20 |
| 3. MATERYAL VE METOT | 24 |
| 3.1. Materyal | 24 |
| 3.2. Kahramanmaraş İli İklim Özellikleri | 25 |
| 3.3. Kahramanmaraş İli Tarım Potansiyeli | 25 |
| 3.4. ISIGER-SERA Uzman Sistemi | 26 |
| 3.5. Metot | 27 |
| 3.5.1. Serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık (θ_i, oH) değerlerinin hesaplanması | 28 |
| 3.5.2. Seranın özelliğine bağlı sıcaklık yükselmesinin ($\Delta\theta Sp$) belirlenmesi | 29 |

| | |
|--|----|
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 31 |
| 4.1. Haftalık Isı Gereksinimi..... | 32 |
| 4.2. Isı Gücü Tekerrürleri ve Maksimum Isı Gücü..... | 35 |
| 4.3. Aylık Isı Enerjisi Gereksinimi | 38 |
| 4.4. Saatlik Isı Gücü Gereksinimi | 42 |
| 4.5. Isı Enerjisi Karşılanma Oranı..... | 43 |
| 4.6. En Uygun Yakıt Türü Ve Karbondioksit Emisyonlarının Belirlenmesi | 45 |
| 4.7. Kahramanmaraş ve Akdeniz Kuşağındaki Diğer İllerin Karşılaştırılması..... | 48 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 50 |
| KAYNAKLAR..... | 54 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|--|------------------------|
| Şekil 2.1. Doğu Akdeniz iklim koşullarında tek kat PE plastik örtülü ısı perdeli ve ısı perdesiz serada rüzgâr hızına bağlı toplam ısı tüketim katsayısı..... | 22 |
| Şekil 2.2. Doğu Akdeniz iklim koşullarında çift kat PE plastik örtülü ısı perdeli ve ısı perdesiz serada rüzgâr hızına bağlı toplam ısı tüketim katsayısı..... | 23 |
| Şekil 4.1. Kahramanmaraş İli için sıcaklık ve güneş radyasyonu ilişkisi | 31 |
| Şekil 4.2. Tip-1 sera için haftalık ısı gereksinimi..... | 32 |
| Şekil 4.3. Tip-2 sera için haftalık ısı gereksinimi..... | 33 |
| Şekil 4.4. Tip-3 sera için haftalık ısı gereksinimi..... | 34 |
| Şekil 4.5. Yıllık ısı gücü tekerrürleri | 36 |
| Şekil 4.6. Tip-1 serada aylık ısı enerjisi gereksinimi | 39 |
| Şekil 4.7. Tip-2 serada aylık ısı enerjisi gereksinimi | 40 |
| Şekil 4.8. Tip-3 serada aylık ısı enerjisi gereksinimi | 41 |
| Şekil 4.9. Kahramanmaraş İli saatlik ısı enerjisi gereksinimi | 42 |
| Şekil 4.10. Isı enerjisi karşılanma oranı | 43 |
| Şekil 4.11. Akdeniz bölgesindeki iller için ısı gereksinimi..... | 49 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|------------------------|
| Çizelge 1.1 Niteliklerine göre örtü altı tarım alanları..... | 2 |
| Çizelge 1.2. Farklı teknolojiye sahip seraların özellikleri..... | 3 |
| Çizelge 2.1. Farklı ısı perdelerinin enerji tasarruf oranları | 23 |
| Çizelge 3.1. Sera özellikleri ve isim kısaltmaları | 24 |
| Çizelge 3.2. Aylara göre uzun yıllık ortalama değerler (1970 - 2011)..... | 25 |
| Çizelge 3.3. Akdeniz bölgesi tarım alanları | 26 |
| Çizelge 4.1. Maksimum ısıtma gücü gereksinimi | 37 |
| Çizelge 4.2. Toplam ısıtma süresi | 37 |
| Çizelge 4.3. Isı perdesiz koşullarda ısıtma sistemi kapasitesine göre ısı enerjisi karşılanma oranı..... | 44 |
| Çizelge 4.4. Isı perdeli koşullarda ısıtma sistemi kapasitesine göre ısı enerjisi karşılanma oranı..... | 44 |
| Çizelge 4.5. Kahramanmaraş iklim koşullarında farklı sera örtü malzemeleri için, gece/gündüz 16 °C sıcaklık değeri için aylık ısı enerjisi gereksinimi | 45 |
| Çizelge 4.6. Kahramanmaraş iklim koşullarında Tip-1 sera için yakıt gereksinimi ve emisyon miktarları | 46 |
| Çizelge 4.7. Kahramanmaraş iklim koşullarında Tip-2 sera için yakıt gereksinimi ve emisyon miktarları | 46 |
| Çizelge 4.8. Kahramanmaraş iklim koşullarında Tip-3 sera için yakıt gereksinimi ve emisyon miktarları | 47 |
| Çizelge 4.9. Akdeniz iklim kuşağındaki illerin Tip-1 sera için aylara göre ısı gereksinimi..... | 48 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|------------------------------|--|
| EC | : Elektriksel İletkenlik |
| CO₂ | : Karbondioksit |
| PAR | : Fotosentetik Aktif Işınım |
| FIR | : Uzak Kızılötesi Işınım |
| UV | : Ultra Viyole |
| PE | : Poli Etilen |
| PC | : Poli Karbonat |
| LDPE | : Düşük Yoğunluklu Poli Etilen |
| kW | : Kilo Watt |
| kWh | : Kilo Watt Saat |
| MWh | : Mega Watt Saat |
| MJ/m² | : Mega Jul / Metrekare |
| kWh/m² gün | : Kilo Watt Saat Metrekare gün |
| kWh/a | : Kilo Watt Saat / Isıtma periyodu |
| kWh/m²a | : Kilo Watt Saat / Metrekare Isıtma periyodu |
| µm | : Mikro metre (Mikron) |
| nm | : Nano metre |
| da | : Dekar |
| ha | : Hektar |

1. GİRİŞ

Seralar bitkisel üretimin tüm yıl boyunca yapılabildiği, iç ortam iklimi kontrol edilebilen bitkisel üretim yapılarıdır. Sera yapılarında yüksek sıcaklıklar ve kışın düşük sıcaklıklarının etkisiyle bitkilerin zarar görmemesi için bazı önlemlerin alınması gerekir. Yazın yüksek sıcaklıkların olumsuz etkisi gölgeleme, havalandırma ve evaporatif serinletme gibi önlemler sayesinde minimum düzeye indirilebilir. Kış döneminde ise sera iç ortam sıcaklığının bitkilerin arzu ettiği düzeyin altına düşmesine izin verilmemelidir. Bu amaçla seralarda ısıtma yapılmalıdır. Ayrıca ısıtma ile seralarda üretim ve kalitede artış sağlanabilmektedir. Ancak ısıtma yapılması için gerekli enerji miktarının tam olarak belirlenmesi yatırım maliyetinin azaltılması açısından önemlidir. Zira ihtiyaç duyulan ısı miktarının hatalı hesaplanması, pahalı bir yatırım olan ısıtma sistemlerinin kullanılmasının önünde bir engel teşkil etmektedir.

Seralarda her zaman kaliteli ve yüksek verim elde edilmesi istenir. Sera iç ortam çevre koşulları düşük ve kalitesiz verim alınmasındaki en önemli faktördür. Seralarda ısıtma yapılarak düşük sıcaklık ve oransal nemden kaynaklanan sorunların giderilmesi mümkündür. Yetersiz sera iklim koşulları bir yandan fungal patojen etkisiyle verim ve kalitede sorun oluştururken, diğer yandan kimyasal ilaç kullanma ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Seralarda kaliteli ve yüksek verim için günlük ortalama dış sıcaklık 12 °C'nin altına düştüğünde ısıtma yapılmalıdır (von Zabeltiz, 1992).

Seracılık son yıllarda hızla gelişim göstermektedir. Özellikle ılıman iklim kuşağında bulunan ülkeler seracılık açısından büyük bir avantaja sahiptir. Ancak gelişen teknoloji ve gıda ihtiyacının artması, gıda güvenliği gibi nedenlerle bu kuşak dışındaki Kuzey Avrupa ülkeleri ile tropik iklim bölgesi ülkelerinde de seracılık yaygınlaşmaktadır.

En yaygın seracılık yapılan ülkeler Çin (2 760 000 ha), Kore (57 444 ha) İspanya (52 170 ha), Japonya (49 049 ha) ve Türkiye (33 515 ha)'dır. Avrupa'da ise İspanya (52 170 ha), Türkiye (33 515 ha), İtalya (26 500 ha), Hollanda (10 370 ha) ve Fransa (9 620 ha)'dır (Kacira, 2011).

Türkiye'de seracılık 1940 yıllarında ilk defa Akdeniz bölgesinde özellikle Antalya'da başlamış ve ekolojik koşullara bağlı olarak sonraki yıllarda Ege ve Marmara bölgelerine yayılmıştır. Günümüzde en fazla seracılık Akdeniz bölgesinde yapılmaktadır. Toplam örtü altı varlığımızın % 84'ü Akdeniz, % 9.4'ü Ege, % 4.8'i Karadeniz, % 1.4'ü ise Marmara bölgesindedir (Baytorun, 2016).

Türkiye'deki örtü alanları varlığımız 1995 yılından 2016 yılına kadar geçen sürede hemen hemen iki katı oranında artış göstermiştir. Çizelge 1.1'de Örtü altı varlığımız yıllara göre verilmiştir (TUIK, 2016a). Çizelgeye göre en fazla plastik sera, en az ise cam sera varlığımız bulunmaktadır.

Çizelge 1.1 Niteliklerine göre örtü altı tarım alanları

| Yıl | Toplam alan (ha) | Cam sera (ha) | Plastik sera (ha) | Yüksek tünel (ha) | Alçak tünel (ha) |
|------|------------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 1995 | 363 042 | 34 420 | 108 677 | 21 421 | 198 524 |
| 1996 | 404 709 | 66 668 | 98 067 | 29 867 | 210 107 |
| 1997 | 442 907 | 39 399 | 108 549 | 27 155 | 267 804 |
| 1998 | 425 775 | 46 825 | 119 255 | 41 667 | 218 028 |
| 1999 | 423 143 | 52 641 | 137 298 | 43 089 | 190 115 |
| 2000 | 422 130 | 56 558 | 148 242 | 44 885 | 172 445 |
| 2001 | 431 387 | 60 151 | 149 780 | 50 221 | 171 235 |
| 2002 | 536 030 | 64 199 | 180 385 | 60 954 | 230 492 |
| 2003 | 483 244 | 70 111 | 166 605 | 61 088 | 185 440 |
| 2004 | 477 739 | 71 695 | 169 257 | 66 242 | 170 545 |
| 2005 | 467 540 | 65 427 | 171 043 | 66 916 | 164 154 |
| 2006 | 469 081 | 68 353 | 182 354 | 69 834 | 148 540 |
| 2007 | 494 239 | 75 793 | 195 180 | 65 307 | 157 959 |
| 2008 | 542 158 | 82 253 | 211 680 | 66 960 | 181 265 |
| 2009 | 567 180 | 82 932 | 220 186 | 77 046 | 187 016 |
| 2010 | 563 805 | 80 772 | 230 543 | 81 521 | 170 969 |
| 2011 | 611 451 | 78 878 | 247 962 | 108 910 | 175 701 |
| 2012 | 617 760 | 80 728 | 278 730 | 95 095 | 163 207 |
| 2013 | 615 124 | 80 739 | 278 661 | 97 986 | 157 737 |
| 2014 | 643 442 | 80 976 | 298 651 | 107 095 | 156 720 |
| 2015 | 660 265 | 79 977 | 306 074 | 112 674 | 161 541 |
| 2016 | 691 707 | 80 120 | 328 745 | 112 974 | 169 867 |

Türkiye’de seraları tiplerine, donanımlarına ve kullandıkları teknolojiye göre üçe ayırmak mümkündür (Çizelge 1.2). Bunlar; düşük teknolojiye sahip seralar, orta teknolojiye sahip seralar ve yüksek teknolojiye sahip modern seralardır (Baytorun, 2016).

Çizelge 1.2. Farklı teknolojiye sahip seraların özellikleri

| Teknoloji | Yapı ve örtü malzemesi | Çevre | | Yetiştirme metodu |
|-----------|--------------------------------------|---|--|--|
| | | Bitki | Kök | |
| Düşük | Çelik veya ahşap yapı elemanları | Pasif iklimlendirme, yan duvardan havalandırma | Toprakta doğrudan üretim | Orta yükseklikte askıya alınmış kültür |
| | Tek kat PE örtü | | Manuel kontrollü damla sulama | |
| Orta | Çelik yapı elemanları | Pasif/aktif serinletme (Havalandırma + Fan-Pad) | Toprakta üretim | Yükseğe alınmış kültür |
| | Çift kat PE veya sert plastik örtü | Isıtmasız veya hava üflemeli ısıtma sistemi | Damla sulama | Uzun üretim periyodu |
| | | Basit düzeyde kontrol | Bazı etmenlerin bilgisayarla kontrolü | Genelde bilgisayar kontrollü gübreleme |
| Yüksek | Çelik veya alüminyum yapı elemanları | Zorunlu havalandırma +Evaporatif soğutma +Borulu ısıtma +CO ₂ gübrelemesi +Gölgeleme | Topraksız kültür, Taş yünü, Kokopit ve diğerleri | Yükseğe alınmış kültür |
| | | | Tam kontrollü Damla sulama | Bilgisayar kontrollü gübreleme |
| | Cam, PE veya polikarbonat | +Isı perdeleri +Aydınlatma | Işık intensitesine bağlı EC denetimi | Dönüşümlü hidroponik sistem |

Türkiye’de yaygın olarak düşük teknolojiye sahip küçük işletmelerde sera üretim sistemi kullanılmaktadır. Düşük teknolojiye sahip bu tür seralarda ısıtma sistemleri kullanılmamakta ve sadece dondan koruma amaçlı ısıtma yapılmaktadır. Yeni kurulan ve bazı resmi kurum ve kuruluşlar tarafından desteklenen işletmelerde ise orta ve yüksek teknolojiye sahip üretim yapılmaktadır. Yıllar itibarıyla sürekli artan bir seracılık yatırımı olduğu Çizelge 1.1’den anlaşılmaktadır. Bu sebeple yeni yapılan sera yatırımlarında verim ve kalitede artış sağlayacak olan ısıtma sistemlerinin projelenmesinde, sera iklimini etkileyen birçok parametrenin dikkate alınması ve hassas bir şekilde hesaplamaların yapılması gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada seracılık açısından bir gelişim süreci içerisinde bulunan Kahramanmaraş ilinde farklı örtü malzemeleri ve ısı tasarruf önlemleri alınması durumunda ısı ve ısı gücü gereksinimi hesaplanmış ve diğer iller ile karşılaştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Örtü Malzemeleri

Sera örtülerinde, 400–700 nm dalga boyundaki fotosentetik aktif radyasyon (PAR) için yüksek geçirgenlik, 3.000–20.000 nm dalga boyundaki uzun dalga termal radyasyon (FIR) için düşük geçirgenlik ve kullanım süresince global radyasyon için yüksek geçirgenlik olması istenir. Bunun yanında ultraviyole radyasyona (UV) karşı dayanıklı, iç yüzeyde yoğuşma nedeniyle damla oluşumuna izin vermeyen (no-drop) özellikli, kir ve toz tutmayan, rüzgâr kuvvetine mukavim olmalıdır (Von Zabeltitz, 2011) .

(Nijskens ve ark., 1984), örtü malzemesi özelliklerinin ısı kaybına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada ince örtü malzemelerinde geçirgenliği azaltmanın ve her iki yüzde de termal radyasyonu yansıtma özelliğini arttırmanın ısı kaybında etkili olduğu bildirmişlerdir.

Isıtılmayan ve havalandırılmayan seralarda gündüz saatlerinde dış sıcaklığın üzerinde bulunan iç sıcaklık; radyasyon, dış sıcaklık, rüzgâr hızı, örtü malzemesi ve seranın konumuna bağlıdır (Baytorun, 2000)

Günümüzde ısı korunumunu arttırmak amacıyla farklı malzemelerin üst üste getirilmesiyle oluşturulmuş çok katmanlı tek kat sera örtü malzemeleri de geliştirilmiştir. Bu malzemelerin dış katmanı UV ışınlarını engelleyen, en alt katmanı damla tutunmasını engelleyen ve ara katmanları ise uzun dalga boylu ışınları dışarıya doğru geçirmeyen malzemelerden oluşturulmaktadır (Yağcıoğlu, 2009).

Seralarda kaplama malzemesi olarak plastik film yapıya sabitlenmeli ve sıkıca gerilmelidir. Film, rüzgâr kuvvetleri nedeniyle dalgalanmamalıdır. Eğer dalgalanma başlarsa hızlı bir şekilde yırtılma suretiyle sera hasar görebilir. Plastik film, kaliteye bağlı olarak her 2-4 yılda bir değiştirilmelidir. Bu iş pahalıdır ve çabucak yapılmalıdır. Plastik filmler sökülebilir şekilde sabitlenmelidir. Sabit olarak çivileme yöntemiyle hala birçok ülkede, özellikle ahşap yapılarla kullanılmaktadır (Von Zabeltitz, 2011).

Seralarda meydana gelen ısı kayıplarının önemli bir bölümü, isteğimiz dışında meydana gelen hava değişimlerinden kaynaklanmaktadır. Bu değişimler sırasında sera içindeki sıcak hava, kapı, havalandırma pencereleri, fan yuvaları vb. yapı unsurlarındaki aralıklardan sızarak dışarı çıkarken, içeriye de dışarıdaki soğuk hava girer. Cam örtülü seralarda bu tür hava sızmalarının önüne geçmek mümkün değildir. Cam seralarda, söz konusu yapı aralıklarından hava sızmaları nedeniyle meydana gelen ısı kayıpları, en iyi yapılmış olanlarında dahi saatlik ısı gereksiniminin % 10'undan daha az değildir. Havalandırma düzenleri olmayan ve çok iyi örtülmüş plastik film örtülü seralarda ise bu yolla meydana gelen ısı kaybı göz ardı edilebilir (Yağcıoğlu, 2009).

Gul ve ark. (2015) Bergama'da jeotermal enerji ile ısıtılan, domates yetiştirilen ticari bir serada yaptıkları çalışmada, PE ve cam örtü malzemeli seralarda verim açısından bir farklılık olmadığını, PE örtü malzemesinin maliyet açısından daha avantajlı olduğunu bildirmişlerdir.

Seralardaki hava nemi, bitkilerin transpirasyonu ve topraktan buharlaşma ile artar. Sera kaplama malzemesinin iç yüzeyindeki yoğunlaşma neminin giderilmesi için bir lavabo görevi görür ve bu nedenle iklim kontrolü için önemli ve gerekli bir faktördür. Örtü malzemelerinde damla yoğunlaştırmadan film yoğunlaşmasına kadar çok farklıdır yoğunlaşma davranışı vardır. Damlamanın yoğunlaşmasının yanı sıra çatıdan damlama da bir problemdir. İç çatı yüzeyindeki damlalar, gelen ışığın yansınmasıyla ışık geçirgenliğini önemli ölçüde azaltır. Bitki üzerine düşen damlalar, hastalığa yakalanma tehlikesini artırır ve su lekeleri yoluyla ürün kalitesini düşürür (Von Zabeltitz, 2011).

Hemming ve ark. (2014) seraya giren ışınımı yaygın ışınımına dönüştüren örtü malzemeleri sayesinde Hollanda koşullarında domates bitkisinde % 10 verim artışı sağlanabildiğini belirtmiştir.

Al-Mahdouri ve ark. (2013) yaptığı çalışmada dört farklı örtü malzemesini optik özellikler yönünden değerlendirmişlerdir. Sera iç ortam sıcaklığı ve toprak sıcaklığı en yüksekten düşüğe doğru, cam, polivinilklorit (PVC) ve poliolefinin (PO), en düşük polietilen serada (LDPE) olduğunu rapor etmişlerdir.

Tantau ve ark. (2012) örtü malzemesinin fotosentetik aktif radyasyon (PAR) geçirgenliğini araştırmak üzere yirmi farklı örtü malzemesi kullanarak yürüttükleri projede, iç yüzeyde oluşan su damlacıklarının PAR geçirgenliğini azalttığını, örtü malzemesi üzerinde biriken tozun ise geçirgenliğinin değişken olduğunu, yağmur ile yıkandığı dönemlerde yükseldiğini bildirmişlerdir.

Swinkels (2012) cam seraların ışık geçirgenliğinin belirlenmesi için kullanılan Hollanda NEN 2675 standardının, diğer örtü malzemeleri için uygun olmadığını, bu amaçla yaygın ışınım ve katman etkisini de dikkate alan, direkt ve yarı küresel ışığı geçirgenliğini ölçen, Transvision isminde bir cihaz geliştirdiklerini bildirmiştir.

Bir sera örtüsünün her metrekaresinde yılda 100 litre su yoğunlaşmaktadır. (Stanghellini ve ark., 2012).

Stanghellini ve ark. (2012) model serada yaptıkları çalışmada damla yoğunlaşmasını önleyen (anti-drop) katkılı örtü malzemelerinin, ışık geçirgenliğini, tek kat örtüde % 16, çift kat örtüde % 12 oranında artırdığını bildirmişlerdir.

Kitta ve ark. (2012) kızılötesi (IR), yakın kızılötesi (NIR) ve standart plastik örtü malzemesi olmak üzere aynı yapısal özelliğe sahip üç farklı serada yaptıkları araştırmada, IR-PE, NIR-PE ve C-PE seralarda sırasıyla 12.12 kg, 12.00 kg ve 10.25 kg verim elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Bartzanas ve ark. (2012) domates yetiştirilen 3 farklı serada IR ve NIR katkılı örtü malzemelerini, sera enerji tüketimi açısından değerlendirmişlerdir. Bulgularına göre; kış döneminde IR katkılı örtü malzemesine sahip serada, standart örtü malzemeli seraya göre, % 10 daha düşük enerji tüketimi olduğunu, yaz döneminde ise NIR katkılı serada iç sıcaklık, standart örtü malzemeli seraya göre 2 °C daha düşük olmuştur.

Sera örtü malzemelerinde yakın kızılötesi radyasyonun filtrelenmesi ısıtma yükünü önemli ölçüde düşürür. Yaz aylarında, dış ortam sıcaklığının 45 °C'nin altında olduğu yerlerde, sera iç ortam sıcaklığının aşırı yükselmesini önler (Abdel-Ghany ve ark., 2012).

Stefani ve ark. (2008) sera plastik örtü malzemelerinin çevresel etkisini değerlendirdikleri çalışmada, sera örtü malzemesi olarak etilen-tetrafluoroetilen kopolimer malzemenin kullanılması durumunda, geleneksel malzemelere göre atık miktarının 5-10 kat daha az olacağını bildirmiştir.

Gelen radyasyonu dağıtma özelliğine sahip sera örtüleri daha iyi bir ışık dağılımı, düşük bitki sıcaklığı, terleme azalması, artan fotosentez ve daha iyi bir büyüme sağlar (Hemming ve ark., 2008).

Cemek ve ark. (2006) patlıcan serasında farklı örtü malzemesi katkılarının verim ve enerji gereksinimi üzerine yaptıkları çalışmada, UV ve IR katkılı örtü malzemelerinin PE'ye göre daha az ısı gereksinimi ile daha yüksek verim alındığını bildirmişlerdir.

Arcidiacono ve ark. (2006) Böcek netleri ve fotoselektif materyalin yaz aylarında sera iklimine etkisini araştırmışlardır. Bulgularına göre böcek neti ile kaplanan seradaki sıcaklıkların dış ortam ile aynı olduğunu, fotoselektif materyalin ise yaz aylarında serada oluşan sıcaklık artışını kontrol etmede bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Gbiorczyk ve ark. (2004) antifog katkılı LDPE örtü malzemesinin farklı çatı eğimlerindeki nem yoğunlaşma davranışlarını laboratuvar ortamında incelemişlerdir. Standart LDPE örtü malzemelerinde su damlaması için kritik bir açı değeri olduğu ancak antifog katkılı malzemelerde böyle bir durumun söz konusu olmadığı rapor etmişlerdir.

Sera ışık iletiminin artırılması sadece kuzey enlemindeki ülkelerde değil, Akdeniz ülkeleri içinde olumlu etki yapmaktadır (Montero ve ark., 2003).

Wang ve ark. (1998) PVC, cam ve PE örtü malzemelerini ısı transferi ve PAR geçirgenliği için karşılaştırmıştır. PVC malzemede ısı tüketim katsayısından % 13'daha küçük ve ısıtma yükünün yıllık % 21 daha az olduğunu ve PAR geçirgenliğinin diğer malzemelere göre % 5 daha iyi olduğunu bildirmiştir.

Sera yapısal tasarımıyla ilgili gerekliliklerin belirlenmesinde, sera örtü malzemelerinin mekanik ve fiziksel özellikleri kritik derecede önemlidir (Briassoulis ve ark., 1997).

Sera yapılarındaki kapılarda, havalandırma açıklıkları, plastik film tutturucuları vb. gibi nedenlerle nerede olursa olsun, aşağıdaki nedenlerden dolayı sızıntılardan kaçınılmalıdır: (Von Zabeltitz, 2011)

- (a) Güneş enerjisi gündüzleri serada depolanacak ve ısıtılmayan seralarda geceleri hava sıcaklığını dış hava sıcaklığının biraz üstünde tutacaktır. Eğer sızdırmazlık sağlanamazsa, sera içindeki sıcak hava dış ortama kaçır ve akşam saatlerinde sıcaklık çok hızlı düşer.

- (b) Bağlantı klipslerinin yerleştirilmesinden kaynaklanan plastik filmde delikler varsa, bu delikler aynı zamanda plastik filmin rüzgâr kuvvetleri tarafından hasar görmesinin neden olur.
- (c) Yapıda, havalandırma kanallarında ve böcek tüllerindeki sızıntılar, entegre üretim ve koruma yapılan seralarda, sera içindeki yararlı böceklerle ve dışarıda tutulması gereken zararlı böceklerin kontrol edilmesini zorlaştırır.
- (d) Kanallarda ve kaplama malzemelerinde sızan yağmur suyunun nüfuz etmesine, bitkilerin hastalığa yakalanmasına neden olur.

Sera örtüsündeki ısı akışı oranı, örtü malzemesinin termal iletkenlik ve uzun dalga yayma özellikleri, dış hava, iç hava ile sera içindeki ve dışındaki hava hareketi gibi farklı parametrelere bağlıdır (Sethi ve ark., 2013).

Pertermann ve ark. (2014) ısıtılan seralarda kar yükünün etkisi altında örtü malzemeleri ve bunlara ait standartları ve sınırlamaları rapor etmişlerdir.

En yaygın kullanılan örtü malzemeleri, genel ısı kaybı katsayısı olarak adlandırılan yayınlanmış bir ısı transfer faktörüne sahiptir. Bu faktör, termal iletkenlik katsayısı, sera içindeki ve dışındaki konveksiyon katsayılarını ve örtü malzemesinden uzun dalga radyasyon ile ısı transferinden oluşur (Sethi ve ark., 2013).

Birçok araştırmacı yaptıkları deneysel çalışmalarda, hesaplamalarda ve simülasyonlarda, yoğunlaşma filmlerinin ve düz damlaların geçirgenliği çok az düşürmesine hatta küçük artışlara neden olduğu sonucuna varmalarına rağmen, yüksek temas açılarındaki damlaların, malzeme özelliklerine, simülasyona veya deneysel koşullara bağlı olarak % 40'a varan oranda ışık geçirgenliğini azaltmaktadır (Sethi ve ark., 2007).

Sera örtüsü malzemesindeki toz ve kir, ışık geçirgenliğini önemli ölçüde azaltır. Işık kaybı, kaplama malzemesine ve bölgeye (endüstriyel veya kırsal) bağlıdır. Işık kaybını toz ile tam olarak ölçmek zordur. % 5-40 arasında değişebilir (Von Zabeltitz, 2011).

Kir nedeniyle % 29 oranında olan ışık kayıpları, kışın bitki büyümesini önemli ölçüde azaltır. Plastik filmdeki olası toz birikimi camdan daha yüksektir, çünkü plastik filmin elektrik yüklemesi daha yüksektir. Yağmur, camdan daha kolay toz yıkar. Ancak, cam paneller için çok sayıda profil kullanıldığından dolayı cam seraların yapı bileşenlerinden kaynaklanan gölgeleme etkisi daha yüksektir (Von Zabeltitz, 2011).

2.2. Sera Çevre Koşullarının Bitki Gelişimine Etkisi

Lopez ve ark. (2003) İspanyada parral tip serada gece 14 °C sabit, gece yarısına kadar 14 °C sonrasında 12 °C ve 12 °C sabit sıcaklık olmak üzere üç farklı ısıtma stratejisini fasülye bitkisi için test etmişlerdir. Bulgularına göre; gece en fazla enerji tüketimi 14 °C'de (250 MJ/m²), en az enerji tüketimi ise 12 °C'de (120 MJ/m²), 14/12 °C'deki tüketim ise 14 °C sabit sıcaklığa göre % 30 daha düşük olmuştur.

Serada çok düşük sıcaklıklar ile aşırı oransal nem koşulları bitkilerde verim ve kalitede düşüğe neden olur hem de tarımsal ilaç ve hormon kullanım ihtiyacını artırır. Yüksek kalitede verim almak için ortalama günlük dış ortam sıcaklığı 12 °C'den daha düşük olduğu koşullarda seraların ısıtılması gerekir (von Zabeltiz, 1992).

Serada sıcaklık 0 °C'nin üzerinde olması bitkilerin don olayından etkilenmemesi için önemlidir. Eğer günlük ortalama dış sıcaklık 7 °C'nin üzerinde ise, sıcaklığın 0 °C'den daha düşük olduğu durumdaki riskler göz ardı edilir (Baytorun ve ark., 2000).

Domates için tohum çimlenme sıcaklığı 10 °C'nin üzeridir. Optimum büyüme ve gelişme için en uygun sıcaklık ise 20–27 °C arasındadır. Çok yüksek sıcaklıklarda (30 °C üstünde) ve çok düşük sıcaklıklarda (10 °C altında) meyve bağlama olumsuz etkilenmektedir. Salatalıkta çimlenme 16-35 °C arasında gerçekleşme olup optimum gelişme sıcaklığı 20-30 °C arasındadır (Tülücü, 2003).

Örtü altı bitki yetiştiriciliğinde bitkiler ortalama 17-27 °C arasında en iyi gelişimi gösterirler. Günlük ortalama dış sıcaklığın 22 °C'nin üstüne çıkması durumunda seralarda bitkisel üretim yapılabilmesi için seraların soğutulması gereklidir. Bölgesel olarak ortalama sıcaklık 12-22 °C arasında ise havalandırma sistemleri ile sera iç ortam sıcaklığı optimum düzeyde kontrol edilebilmektedir (Baytorun ve ark., 2000).

Sıcaklıklar 12 °C altına düştüğünde veya 30 °C'nin üzerine çıktığında, seradaki meyve ve sebzelerin kalitesi, verimi ve büyümesi etkilenir (Castilla ve ark., 2007).

Bitkiler örtü altı 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 ark., 2006).

Eğer sera ısıtılmalı değilse, güneş ışınlarıyla seranın ısındığı dikkate alınırsa 12 ila 22 °C arasında ortalama günlük sıcaklık değerleri uygun sayılabilir (Von Zabeltitz, 2011).

Bitki gelişimi için mutlak minimum sıcaklığın 0 °C'den büyük olması gerekmektedir. Bitkilerin optimum gelişme için arzuladıkları sıcaklıklar ise 20 °C ile 30 °C arasındadır (Baytorun, 2016).

Havada bulunan nem serada bazı sorunlara neden olur. Bunlar; (a) buharlaşmanın bağlı olduğu doyum açığının çok düşük veya çok yüksek olması bitki fizyolojisine olumsuz yönde etki eder (b) bitki sıra aralarında oluşan yüksek hava nemi bitki hastalıklarının ortaya çıkmasına neden olur (c) bitki sıcaklığının yoğunlaşma sıcaklığının altına düşmesi, bitki yaprakları üzerinde suyun yoğunlaşmasına neden olur. Bitki hastalıklarının oluşması, bitki yaprakları üzerinde yoğunlaşan suyun kalma süresine bağlıdır (Baytorun, 2016).

Kravchenko ve ark. (1994) yüksek sıcaklıkların domateste çiçek tozu canlılığını ve çimlenme düzeyini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Baytorun ve ark. (1993), yaptıkları çalışmada sera içi sıcaklık değerlerinin minimum 13 °C ve 5 °C'ye ayarlandığı iki ayrı plastik serada yetiştirilen domates bitkilerinde zamana bağlı olarak çiçek tozu canlılık testi, çiçek tozlarının çimlenme güçleri, bitki büyümesi, meyve verim ve kalitesi araştırmışlardır. Çalışmada, sera sıcaklığının 5 °C'den 13 °C'ye çıkarılması durumunda çiçek tozu canlılığının % 17, çiçek tozu çimlenme kapasitesinin ise % 63 oranında arttığını rapor etmişlerdir.

Serada, günlük minimum dış sıcaklık 7 °C'yi aştığı durumda sıfırın altındaki sıcaklık riski ihmal edilebilir (Von Zabeltitz, 2011).

Isıtılmayan seralarda düşük sıcaklık yanında, ortaya çıkan en önemli sorunlardan bir diğeri yüksek nemdir. Serada nem yarattığı farklı sonuçlar nedeniyle kontrol edilmelidir. Yüksek nem, fungal hastalıkların ortaya çıkmasına neden olurken, aynı zamanda bitki terlemesine olumsuz yönde etki etmektedir. Serada iyi bir bitki gelişimi için, oransal nemin % 60-% 80 arasında olması arzu edilmektedir. Yüksek nem, serada bitki yaprakları üzerinde yoğunlaşarak, Botrytis ve diğer fungal hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Düşük nem değerlerinde bitkide terleme artmakta ve bitki strese girebilmektedir (Baytorun, 2016).

Seralarda ortaya çıkan nem, bitki gelişiminde hava sıcaklığından daha önemlidir. Seralarda en fazla üretilen domates ve hıyar bitkilerinin gelişimlerinde 30 °C'de herhangi bir etkilenme görülmezken, aynı sıcaklıkta oransal nemin % 80'nin üstüne çıkması durumunda, özellikle partenokarpi nedeniyle domates veriminde ciddi azalmalar meydana gelmektedir (Baytorun, 2016).

Seralarda yüksek nem nedeniyle ortaya çıkan hastalıklara karşı kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Hollanda'da seralarda hastalıklara karşı mücadelede 31 kg/ha ilaç kullanılırken, İtalya'da 47 kg/ha kullanılmaktadır (Stanghellini ve ark., 2003).

Fotosentetik olarak aktif radyasyon (PAR), bitkiler tarafından fotosentez için kullanılan, 400 ila 700 nm arasındaki, gelen global radyasyonun parçasıdır (Sethi ve ark., 2007).

2.3. Isıtma Sistemleri

Serada kullanılan ısıtma sistemi türü sera ısı enerjisi tüketimine etki etmektedir (Tantau, 1983; Von Zabeltitz, 1986).

Serada en yüksek ısı enerjisi tüketimi, yükseğe yerleştirilen borular ile projelene seralarda, en düşük ısı enerjisi tüketimi ise borularının bitki sıra arasına veya taban seviyesinde olacak şekilde projelene seralarda ortaya çıkmaktadır (Tantau, 1983).

Boruların bitki sıra aralarına yerleştirildiği ısıtma sistemleri en iyi performans alınan sistemlerdir. Genel olarak ısıtma için harcanan yakıt giderleri, tüm üretim giderleri içinde yaklaşık % 80'lik bir paya sahiptir. Bu sebeple son zamanlarda çok yüksek sayılabilecek ısıtma giderleri maliyetlerinin düşürülmesi için ucuz ve fosil kaynaklar gibi çevresel etkisi olmayan yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır (Tekinel ve ark., 1990).

Popovski (1986), ısıtma sistemlerinde boruların konumu üzerine yaptığı çalışmada tabana yakın olarak yerleştirilen borular sayesinde, ısı kaybının en aza indirilebileceğini aynı zamanda ısıtma borularından kaynaklanan gölgeleme etkisinin en aza indirilebileceğini bildirmiştir.

Seranın ısı enerjisi tüketimini önemli düzeyde etki ısıtma sisteminin az ısı enerjisi tüketebilmesi için;

(a) Bitki sıra aralarında sıcaklığın mümkün olduğu kadar homojen dağıtılabilmesi için, ısıtma sistemi mümkün olduğu kadar tabana yakın yerleştirilmelidir,

(b) Sera çatı örtüsünde meydana gelen ışımaya, mümkün olduğu kadar engellenmeli ve radyasyon mümkün olduğu kadar bitkilere yönlendirilmelidir,

(c) Soğuk havanın bitkilere ulaşmaması için, yan duvarlar izole edilmelidir (Von Zabeltitz, 1986).

Isıtma sisteminin yerleşiminin doğru olarak seçilmesiyle ışık geçirimsizliğinde azalma olmadan ısıtma için harcanan enerjisinden önemli miktarda tasarruf sağlamaktadır. Zemin ve bitkilerden cama doğru yüksek su buharı transferi ısıtma sisteminin ısı tüketimini artırır ve bu nedenle kaçınılmalıdır (Meyer, 1976).

Pascuzzi ve ark. (2016) fotovoltaik panel sistemi ile suyu elektroliz ederek hidrojen gazı üretmişler ve bununla bir yakıt hücresi yardımıyla bataryaları şarj ederek ısı pompasını çalıştıran bir sistemle sera ısıtma sistemi tasarımı geliştirmişlerdir.

Noorollahi ve ark. (2016) toprak ısı pompası sisteminin seralarda kullanımını üzerine yaptıkları araştırmada, elektrik ve ısı pompası maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle doğal gaz ile ısıtmanın daha avantajlı olduğunu bildirmişlerdir.

Ghosal ve ark. (2016) sera ısıtması için toprak altı ısı pompası ve fotovoltaik panel sisteminin beraber kullanılması durumunda sistemin geri ödeme süresinin 2.2 yıl olduğunu bildirmektedir.

D'Arpa ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada geleneksel sistemlerle yer ısı pompası sistemini karşılaştırmışlardır. Bu teknolojilerin kış ısıtma gereksinimlerini etkin bir şekilde karşılayabileceğini ve sektör rekabet gücünü artırmaya yönelik önlemlerin planlanmasını destekleyebileceğini bildirmişlerdir.

Kavga ve ark. (2015) gazla çalışan kızılötesi radyatörlerle ısıtılan sebze fideleri serasında 62 günlük süresi boyunca toplanan sıcaklık dağılımı verilerinin, fidelerin optimum termik koşullarda muhafaza edilebileceğini bildirmiştir.

Sera ısıtma borularının zemine yakın yerleştirilmesi sera yüzeyinden kaynaklanan ısı kaybı en aza indirilebilir. Ayrıca ısıtma sisteminin gölgeleme etkisinin en az indirilerek, bitkilerin güneş ışığından en üst düzeyde yararlanması sağlanabilir (Popovski, 1986).

Meyer (1976) ısıtma sisteminin yerleşimi üzerine yaptığı araştırmada boruların yerinin doğru olarak seçilmesiyle yüksek yatırım maliyeti olmadan ve gölgeleme etkisi olmadan ısıtmada harcanan enerjiden önemli miktarda tasarruf edilebileceğini bildirmiştir.

Borulu ısıtma sistemlerinin üfleli ısıtma sistemlerine göre avantajı, bünyelerinde buldukları sıcak sudan dolayı sistemin bozularak devreden çıkması durumunda bile uzun bir süre ortam sıcaklığını koruyabilmesidir. Ancak üfleli sistemlere kıyasla aynı su miktarının ısıtılması için daha uzun bir zamana ihtiyaç vardır (Baytorun, 2016).

Isı tekniği açısından tabana yakın olarak yerleştirilen ısıtma boruları en uygun ısıtma sistemlerini oluştururlar. Bu sistemler aracılığıyla bitki sıra aralarında iyi bir sıcaklık dağılımı, iyi havalandırma ve nemin uzaklaştırılması mümkündür. Tabana yakın yerleştirilen ısıtma sistemi ışık geçirgenliğini etkilemezler (Baytorun, 2016).

Sera tabanına yakın ısıtma sisteminde ısıtma boruları, bitki sıra aralarına, servis yollarına veya ekim masuralarının kenarına yerleştirilirler. Vejetasyon ısıtmasında ısıtma boruları bitki sıra aralarına veya saksıların hemen yanına yerleştirilirler. Konveksiyon yoluyla iyi bir ısı iletiminin sağlanabilmesi için ısıtma boruları toprak yüzeyinden biraz yükseğe yerleştirilmelidir (Baytorun, 2016).

Grigoriu ve ark. (2015) sera ısıtmasında kullanılmak üzere geliştirilmiş bir parabolik oluk kolektörü sistemi önermişlerdir. Önerdikleri sistemin mikroilemci ile kontrol edilmesi durumunda seralarda kullanılmasının uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Hussain ve ark. (2015) Güney Kore'de sera ısıtmasında kullanılan doğrusal ve spot Fresnel mercek güneş enerjisi toplayıcılarının performans ve ekonomik analizi üzerine yaptıkları çalışmada, benzer depolama kapasitesine sahip LFL ve SFL kolektörlerini aynı hava ve çalışma koşullarında test etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre SFL kolektörü performansının LFL kolektrnnkinden % 7-12 daha yüksek olduğunu aynı zamanda sera ısı eşanjörünün giriş akış oranının değiştirilmesinin, farklı mahsuller için gerekli tohum çimlenme sıcaklıklarının elde edilmesi için iyi bir çözüm olabileceği bildirmişlerdir.

Van't Ooster ve ark. (2008) seraların ısıtılması için kullanılan geleneksel ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir ısı kaynakları kombinasyonlarında, ısı tamponlarının (buffer) en uygun şekilde kullanılmasını desteklemek amacıyla yaptıkları çalışmada; tank tampon, zemine yerleştirilen tampon ve akiferlerde kısa ve uzun süreli tamponlar olmak üzere 3 farklı durum için 10 ha tatlı biber ve 30 ha domates serası için simülasyon yapmışlardır. Merkezi kazan ve kojenerasyona dayalı standart ısıtma sistemlerini referans olarak kullanmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre gaz tüketimini % 60 ila % 95 oranında düşürülebileceğini ayrıca çalışma süresi 1000 saat/yıl'ı geçtiğinde jeotermal ısıtmasının merkezi kazan ve hatta kojenerasyon ısıtmadan daha ucuz olduğu bildirmişlerdir.

Furuno ve ark. (2016) Japonya'nın soğuk ve karlı bölgelerinde yer altı suyu kaynaklı bir ısı pompası sistemi ile bir hava kaynağı ısı pompası sistemi arasındaki performans katsayısının (COP) karşılaştırılması üzerine araştırma yapmışlardır. Özellikle dış ortam sıcaklığının çok düşük olduğu yörelerde yeraltı ısı pompası kullanılmasını önermişlerdir.

Hussain ve ark. (2016) sera ısıtması için çok modüllü fotovoltaik termal sistem (CPVT) fizibilite çalışması yapmışlardır. Bulgulara göre sera ısıtması için elektrik, gazyağı ve dizel yakıt yerine bir CPVT sistemi kurmak suretiyle yaşam döngüsü tasarruflarının sırasıyla 7344, 8658 ve 11405 Amerikan Doları olduğunu ve yatırım maliyeti geri dönüş sürelerinin sırasıyla 21 yıl, 16 Yıl ve 11 yıl olduğunu bildirmişlerdir.

Urbancl ve ark. (2016) Güneydoğu Avrupa'da jeotermal potansiyeli olan Slovenya ve Sırbistan'da aynı özellikteki seraların ısıtılması için ekonomik olarak bir değerlendirme yapmışlardır ve jeotermal enerji kullanımının her iki yerde de ekonomik açıdan mümkün olduğunu aynı zamanda geri ödeme süreleri farklı senaryolar için, iki yıldan sekiz yıla kadar olduğunu bildirmişlerdir.

Zhang ve ark. (2016) Kuzey Çin'de yanan mağara (burning-cave) ismini verdikleri bir ısıtma sistemi denemesi yapmışlardır. Bu sistemde bir yanma odası içerisinden sıcak su boruları geçirilmiş ve toprak altına yerleştirilen sıcak su tüplerinden vasıtasıyla ısı toprağa iletilmiştir. Ayrıca toprak yüzeyi ise plastik film ile yalıtılmıştır. Bu şekilde tasarlanan sistemin toprak sıcaklığının 5-6 °C kadar daha yüksek bir sıcaklığa çıkarılabileceğini ve çok soğuk olan iklim koşullarında geleneksel ısıtma yöntemlerine göre daha düşük bir maliyetle seranın ısıtılabilceğini bildirmişlerdir.

Zhou ve ark. (2016) kış aylarında yetersiz havalandırmadan kaynaklanan ve ısıtılamayan seralarda oluşan yüksek nemin giderilmesi için bir sera nem alma sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemi Pekin'de (Çin) iki farklı serada karşılaştırmalı olarak yapmışlardır. Su-Hava ısı eşanjörünün vasıtasıyla dış ortamdaki kuru hava gece saatlerinde sera içerisinden geçirilerek su buharının yoğunlaşması sağlanmıştır. Bu sayede ısıtıcının yetersiz kaldığı koşullarda serada bir miktar ısı kazanımının yanında gece boyunca oransal nemin % 85'in altında tutulabileceğini bildirmişlerdir.

2.4. Isı Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi

Seralarda, ısı gücünün hesaplanması, ortalama en düşük sıcaklık değerlerinden gidilerek kabaca belirlenmektedir. Bu durum ısıtma giderlerinin hesaplanmasında ciddi anlamda hatalara neden olmaktadır (Baytorun ve ark., 2012). Seralarda ısıtma sistemlerinin doğru olarak projelendirilmesi ve gerçek maliyetlerin belirlenmesi için ısı gücü ihtiyacının saatlik sıcaklık değerleri ile hesaplanması zorunludur (Damrath, 1980; Tantau, 1983; Rath, 1992).

Birçok araştırıcı seralarda ısı gereksinimini, iklim değerlerinin ortalamalarından giderek hesaplamıştır. Ancak sıcaklık değerlerinin ortalamalarından gidilerek yapılan hesaplamalarda, özellikle dūřuk sera sıcaklığında bŸyŸk hatalar ortaya çıkmaktadır. Őrneęin ortalama dış sıcaklığın 15 °C olduğu bir yerde, serada 15 °C'lik sıcaklık istendiğinde o gŸn için ısıtma gereği olmadığı kabul edilir. Ancak gŸnlŸk ortalama sıcaklığın 15 °C olduğu koşullarda, gŸn içinde sıcaklık 10 ve 20 °C arasında değişebilmektedir. Bu sebeple ortalama değerlerden gidilerek yapılan hesaplamalar yanıltıcı olabilmektedir (Baytorun, 2016).

Garcia ve ark. (1998) İki farklı seracılık yapılan alan için yıllık ısı enerjisi ihtiyacını, ortalama ve saatlik değerleri kullanarak hesaplamışlardır. Hesaplama saatlik değerler ile bulunan ısı enerjisi ihtiyacının, ortalama değerleri kullanarak yaptıkları hesaplamalarda daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Zhang ve ark. (1996) yaptıkları çalışmada farklı ŐrtŸ malzemelerinin enerji ve mikro klima değerlendirmesi yaptıkları çalışmada, ortalama U değerini tek kat PE ŐrtŸ malzemesi için 3.4 W/m²K, antifog malzemede ise 2.9 W/m²K olarak bildirmişlerdir.

Blanchard ve ark. (2011) Isıtma için enerji tŸketimini tahmin eden bir yazılımla iek serası için yaptıkları çalışmada, gece gŸndŸz sıcaklık farklılığının enerji maliyetindeki etkisini araştırmışlardır. Bulgularına gŸre; gece/gŸndŸz sıcaklık farkının 6 °C yerine 0 °C olması durumunda % 3-% 42, -6 °C yerine 0 °C olmasında durumunda ise % 2-% 90 daha fazla enerji tŸketimi gerçekleşmiştir.

Lee ve ark. (2014) toplam ısı iletim katsayısı U-değerlerini araştırmak amacıyla, sera Ÿretimi ile benzer koşullarda bir ŐlŸm prosedŸrŸ geliştirmek için yaptıkları çalışmada çift kat ŐrtŸ malzemesinin tek kat malzemeye gŸre % 36 oranında tasarruf sağladığını bildirmişlerdir.

Isı tŸketimi, Őnceden belirlenmiş i ve hâkim evre sıcaklığına bağlı olarak birim zamanda verilmesi gerekli ısı miktarıdır. Diğer bir ifadeyle dış iklim koşullarına bağlı olarak değişen sera şartlarında, istenilen sıcaklığın sağlaması için verilen ısıdır. Isıtma sistemleri ekstrem durumlarda da serada sıcaklığı uygun değerlerde tutabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Isıtma sistemlerinin boyutlandırılması ve projelenmesi ısı gŸcŸne gŸre yapılmaktadır (Baytorun, 2016).

Seralarda ısı enerjisi tŸketiminin gerçek değerlere yakın olarak hesaplanabilmesi için saatlik iklim değerleri kullanılmalıdır (Von Zabeltitz, 2011).

Baytorun ve ark. (2016b) tarafından geliştirilen ISIGER-SERA uzman sistemi ile Türkiye’de farklı iller ve farklı sera donanımları için seraların ısı enerjisi gereksinimi uzun yıllık iklim verilerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır.

Çaylı ve ark. (2014) Kahramanmaraş bölgesi seraları için bölge iklim verileri üzerinden ısıtma ihtiyacını hesaplamışlardır. Buna göre sera iç ortam sıcaklığının en az 10 °C olması durumunda; Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında seralarda ısıtma yapılması gerektiği, en fazla ısıtma ihtiyacının Ocak ayında en az ısıtma ihtiyacının ise Kasım ayında olduğu belirlemişlerdir. Ayrıca çift kat örtü malzemesi kullanılması durumunda 10 °C ve 12 °C iç sıcaklık değerleri için sırasıyla % 38.3 ve % 31.6 tasarruf edilebileceği bildirmişlerdir.

Seraların ısı ihtiyacı hesaplanmasında evaporasyon önemli bir faktördür. Bu sebeple örtü malzemesinin iç yüzeyinde su buharının yoğunlaşmasıyla, gizli ısı duyulur ısıya dönüşür ve örtü malzemesi yoluyla dış ortama doğru taşınır. Bu durum ısı transferini % 50’den daha fazla artırabilir ve bu sebeple ısı akısı önemlidir ve hesaplamalarda dikkate alınması gerekir. Literatürde verilen ısı transfer katsayıları, yoğunlaşma olmadan kuru koşullar için geçerlidir (Tantau, 2013)

Akdeniz sahil şeridinde gereksinilen ısı enerjisinin büyük bir bölümü gece saatlerinde ortaya çıkmaktadır. Ortalama maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinden gidilerek yapılan hesaplamalarda Akdeniz sahil şeridindeki seralarda ısı enerjisi ihtiyacının 5/6’sına gece saatlerinde ihtiyaç duyulmaktadır (Baytorun, 2016).

Canakci ve ark. (2013) ısıtma yapılacak ayların gece saatlerini ve gece sıcaklık ortalamaları dikkate alarak yaptıkları çalışmada toplam ısı gereksinimini Antalya için 118.3 kWh/m², Muğla için 224.3 kWh/m², Mersin için 91.5 kWh/m², Adana için 106.2 kWh/m², Hatay için 125.8 kWh/m² olarak hesaplamışlardır.

Serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi, birinci derecede seranın özelliğine, ikinci derecede gündüz ve gece sıcaklık ortalamaları arasındaki farka ve düşük sıcaklık değerlerinde tamamen ısı gereksinim katsayısına bağlı olarak değişmektedir (Rath, 1992).

Yapılarda ısı enerjisi gereksinimi hesaplamasında kullanılan bir diğer yöntemde ısıtma derece gün değerleridir. Bu yöntemle yapılardaki ısı ihtiyacının belirlenmesi kolay bir şekilde yapılabilir (Baytorun, 2016).

Tezcan ve ark. (2013) farklı yapısal özelliklerdeki modern seralar için ısıtma maliyetlerinin belirlenmesi için bir yazılım geliştirmişlerdir. Bu yazılımla yaptıkları hesaplamalarda aynı alana sahip modern seralar toplam maliyetlere göre karşılaştırıldığında, beşik çatılı seralar, ark-çatılı seralara göre, gotikten 1.27 kat ve 2.64 kat daha pahalı olduğu ayrıca, gotik çatı katı seraların ark-çatı seralarından 2.09 kat daha pahalı ısıtma maliyeti olduğunu bildirmişlerdir. Ek olarak, seralar örtü malzemeleri ve yakıt türleri ile değerlendirildiğinde, fueloilin katı yakıttan 1.90 kat ve doğalgazdan 2.48 kat daha pahalı olduğunu, katı yakıtın ise doğal gazdan 1.31 kat daha pahalı olduğunu rapor etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2015) toprak ısı depolama teknolojisi ile kışın aşırı soğuk ve bulutlu hava koşullarında enerji talebini azaltmak için güneş enerjisinin sera toprağı altında depolanarak kullanılabilceğini, geleneksel yeraltı ısıtma sistemlerinin aksine, bu sistemde ısı pompalarına ihtiyaç duyulmayacağını ve bu nedenle maliyet büyük ölçüde azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Geleneksel güneş enerjili ısıtma sisteminin enerji tüketimi aynı koşullar altında karşılaştırılmışlar ve sera iç hava sıcaklığı yıl boyunca 12 °C'nin üzerinde tutulduğunda, Şanghai'daki (Çin) koşullarında enerji tasarrufunun 27.8 kWh/m² olduğunu rapor etmişlerdir.

Başak ve ark. (2016) seraların ısıtılmasında atık-enerji kullanımına yönelik çalışma yapmışlardır. Seralarda örtü malzemesinin ısı kayıplarına etkisinin çok az olduğunu ancak gece ısıtma ayar noktasının daha büyük bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Mariani ve ark. (2016) Avrupa-Akdeniz bölgesinin ısıtma gereksinimlerini uzun yıllık dönemler halinde değerlendirmek için sera enerji dengesi matematiksel modeli geliştirilmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, domates yetiştirme için enerji gereksinimlerinin mekânsal değişkenlik gösterdiğini, enlemin ısı gereksinimlerine güçlü etkisini olduğunu ayrıca seçilen iki alt dönem arasındaki karşılaştırmada, küresel ısınma etkisi ile enerji talebinin azalmasının, yüksek enlemlerde daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Stanciu ve ark. (2016) Romanya'da yürüttükleri bir simülasyon çalışmasında, sebze serası için Doğu-Batı eksenine göre iki farklı oryantasyon arasında bir karşılaştırma yapmışlardır. Sayısal simülasyona göre, hem yaz hem de kış dönemlerinde Doğu-Batı yönünde Kuzey-Güney yönüne göre enerji tasarrufunu sağlanabileceğini ayrıca simülasyon çalışmalarının serada optimum mikro iklimin sağlanmasını sağlayan soğutma ve ısıtma ekipmanının tasarımı için kullanılabilceğini bildirmişlerdir.

Strobel ve ark. (2016) sera yapılarında, sistemdeki enerji kayıp ve kazanımlarına göre cam sistemleri tarafından oynanan önemli rol göz önüne alındığında, cam malzeme ve örtü ile zemin arasındaki radyasyonla ısı transferinin doğru bir şekilde tahmin edilmesinin büyük önem taşıdığını belirterek, bu yönde bir simülasyon çalışması yapmışlar ve cam kalitesinin iletilen enerjiyi önemli ölçüde etkilemediğini, ancak çevrenin yansıtma özelliği sistemin enerji kazanımlarının tahminini önemli ölçüde etkileyebileceğini rapor etmişlerdir.

Sharma ve ark. (1999) seranın farklı bölgelerindeki sera bitkisini ve hava sıcaklığını öngörmek için dinamik bir model sunmuştur.

Trigui ve ark. (2001) serada domates üretimi için net kazançları optimize eden sera çevresini tahmin etmek için iklim kontrol modelini geliştirmiştir.

Abdel-Ghany (2011) bir sera termal analizini gerçekleştirerek kurak iklim için taşınım ve evapotranspirasyon yoluyla hissedilir ve latent ısıya dönüştürülen kullanılmış güneş radyasyonunu hesaplamıştır.

Abdel-Ghany ve ark. (2011) sera bileşenleri tarafından emilen ve sera dışına doğru kaybolan güneş enerjisi miktarlarını tahmin etmek için genel ilişkileri anlatan gelişmiş bir güneş enerjisi kullanım modeli sunmuştur.

Sethi (2009) en sık kullanılan beş sera üzerinde saatlik toplam güneş radyasyonunun (kiriş, dağınık ve zeminde yansıtılan) bir fonksiyonu olarak sera iç ortam hava sıcaklığını simüle etmek için güneş radyasyonu alt modeli ile birlikte tek boyutlu geçici termal model geliştirmiştir.

Singh ve ark. (2006) sera iklimi için cebirsel denklemlerden oluşan bir matematiksel model geliştirmişlerdir.

Statik sera termal modelleri basit olmalarına karşın, güneş enerjisi hesaba katılmadığı için hassasiyetleri çok kısıtlıdır ($\pm\%$ 25 hata) ve yıllık veya aylık meteorolojik veriler gerektirir. Dinamik modellerin ise daha iyi bir hassasiyet gösterirler ($\pm\%$ 10 hata) ancak bunlar karmaşıktır ve uzun sürelerle simülasyon için kullanımı kolay değildir: çok fazla hesaplama zamanı gerektirir ve önemli miktarda meteorolojik girdi gerektirir. Ayrıca bu modeller saatlik meteorolojik veriler gerektirir (Sethi ve ark., 2013).

Kondüktif veya zemin için ısı transfer katsayısı, toprak iletkenliği ve derinliği, beton zemin iletkenliği, yüzeyde veya altındaki yalıtımın bir fonksiyonudur. Bu ilişkiler kullanarak hesaplanabilir (Tiwari ve ark., 1998).

Toplam ısı transfer katsayısı örtü malzemesinin ısı direnci ihmal edilerek hesaplanabilir (Sethi ve ark., 2007).

Sera ısı modeli üzerindeki çeşitli işlemleri modellemede kullanılan kütle ve enerji dengesi temel kavramsal denklemlerdir. Isıl modeller için, güneş radyasyonu girişi önemlidir, ürün modellerinde ışık yoğunluğu daha önemlidir. Enerji dengesine yönelik temel kural, depolanan enerjinin, iç enerji kaynakları tarafından kazanılan enerjinin toplamına eşit olacağını ve güneş ışınlama kazançlarının eksi çevresine ve yere olan toplam kayıp eklenmesine eşit olduğunu belirtir. Bu kayıplar örtü malzemesi içinden geçen iletim, uzun ve kısa dalga radyasyon, havalandırma ile ilgili buharlaşmadan, ısı eşanjörü ve infiltrasyondan kaynaklanmaktadır (Sethi ve ark., 2007).

Jolliet ve ark. (1991) bir seranın enerji tüketimini tahmin etmek için termal enerji dengesinin statik çalışmasına dayanan ve çeşitli sera bileşenlerini ve tesisatlarını optimize eden, HORTICERN adlı çok ayrıntılı bir dinamik modeli sunmuştur.

Jolliet (1994) seralarda nem ve terlemeyi öngörmek ve optimize etmek için HORTITRANS isimli bir model sunmuştur.

Zhang ve ark. (1997) enerji dengesi yöntemine dayanan tek boyutlu bir sayısal model geliştirerek seradaki dört dikey tabakaya (toprak, hava, bitki örtüsü ve örtü malzemesi) uygulamıştır. Bu model yaprak nemlilik süresini kabul edilebilir bir doğruluk aralığında tahmin edebilmiştir.

2.5. Seralarda Isı Tasarruf Önlemleri

Deneysel sonuçlar ve analitik bulgular, kış aylarında gece boyunca sera örtüsünün içinde veya dışında çekilen bir gece perdesi veya ısı perdesi, sera içindeki enerjinin korunmasını sağlar dolayısıyla ısı kaybını azaltır. Sera dışında kullanılan ısı perdesi dış ortam koşullarından daha çabuk yıpranacağından iç ortamda kullanılan ısı perdeleri tercih edilmelidir (Sethi ve ark., 2008).

Suyun içindeki enerji birikimi, gün boyunca güneş enerjisini emen ve geceleri sera ortamına ısı aktaran sera tabanına yerleştirilen pasif formlu su boruları yaygın olarak kullanılır. Bu tür çalışmalar, çeşitli iklim koşulları altında rapor edilmiş ve etkili bir şekilde test edilmiştir (Sethi ve ark., 2013).

Su kütlesinin ısı biriktirme ve sera temini için bir diğer tekniği, büyük bir yüzey alanı olan esasen bir güneş enerjisi toplayıcısı olan sığ bir güneş havuzunun kullanılmasıdır. Altta ve yanlardan izole edilmiş ve şeffaf/ berrak bir plastik kapakla kaplanmış bir muhafaza içine yerleştirilmiş, su dolu plastik bir kaptan oluşur (Al-Hussaini ve ark., 1998).

Badran ve ark. (1997), Ürdün iklim koşullarında bir tuz-gradyanlı güneş-havuz sera ısıtma sisteminin tek boyutlu bir sayısal modelini sunmuşlardır. Sonuçlar, güneş havuzunun sera için ısıtma yükünün % 30'unu sağlayabildiğini göstermiştir.

Serada domates üretiminde ısıtma eşik değerinin düşürülmesi, enerji tüketimini ve dolayısıyla karbondioksit emisyonunu azaltmada önemli bir yöntem olmasına rağmen, kalite ve verim düşüşü endişesi ile yüksek ürün değerleri Orta Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerindeki seralarda nadiren kullanılmaktadır. (Klaring ve ark., 2015).

Ramadan ve ark. (2004), ısı ekstraksiyonunun toplu ve açık çevrim modları altında bir sığ güneş havuzunun (SSP) termal performansı üzerine araştırmalar yapmıştır.

Üretim periyodunda serada sıcaklığın 1 °C düşürülmesi, ilk ürün hasadını 3.5 gün geciktirmesine rağmen sonraki hasatlarda alınan yüksek verimle bu gecikme dengelenebilmektedir (Klaring ve ark., 2015).

Başak ve ark. (2016) atık ısı ile sera ısıtması için geliştirdikleri modele göre ısıtma giderlerinden % 30.6 oranında tasarruf sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

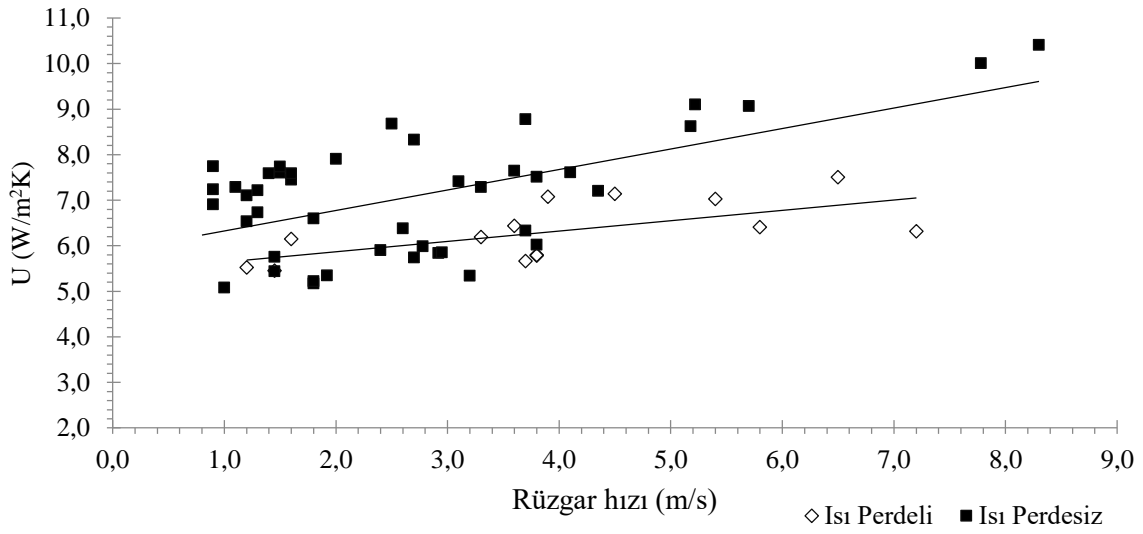
Schuch ve ark. (2014) Fosil yakıtların tüketimini azaltmak ve dolayısıyla sera üretiminde CO₂ emisyonlarını % 90'a kadar azaltmak amacıyla, zemini ısı depolayan güneş enerjili ısı kolektörü olan bir sera sistemi tasarımı üzerine yaptıkları çalışmada, fosil yakıtlarının tüketiminin % 81'e kadar azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Lee ve ark. (2014) laboratuvar ortamında yaptıkları çalışmada çift kat örtü malzemesinin % 36 enerji tasarrufu sağladığını bildirmişlerdir.

Şişirilmiş çift kat PE örtü malzemesi akrilik malzemelere göre ısıtma enerjisinden % 30 tasarruf sağlamaktadır (Papadopoulos ve ark., 1997).

Schmidt ve ark. (2011) düşük enerjili sera yapıları konusunda yaptıkları çalışmada, ısı perdelerinin açık olduğu koşullarda ısı gereksinim katsayısını $4.5 \text{ W/m}^2\text{K}$, ısı perdelerinin kapalı olduğu koşullarda ısı gereksinim katsayısını $2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak belirlemişlerdir. Aynı çalışmada çift katlı ısı perdesinin kullanılması durumunda, ısı gereksinim katsayısını $2.1 \text{ W/m}^2\text{K}$, aynı koşullarda yan duvarların stor tarzındaki ısı perdeleri ile kapatılması durumunda, ısı gereksinim katsayısını $1.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ kadar düşürülebileceğini belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışmada seranın sızdırmazlığı çok iyi sağlandığından ısı iletim katsayısı ile rüzgâr hızı arasında bir ilişki elde edilememiştir.

Çaylı (2014) Doğu Akdeniz iklim kuşağında plastik serada ısı tüketimi üzerine yaptığı çalışmada, Tek kat PE örtü malzemesi için toplam ısı tüketim katsayısının 4 m/s rüzgâr hızında $7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ olduğunu aynı serada ısı perdesi kullanılması durumunda ise ısı tüketim katsayısının $6.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ve ısı perdesi kullanımı ile % 18 oranında tasarruf sağlanabileceğini bildirmiştir (Şekil 2.1).

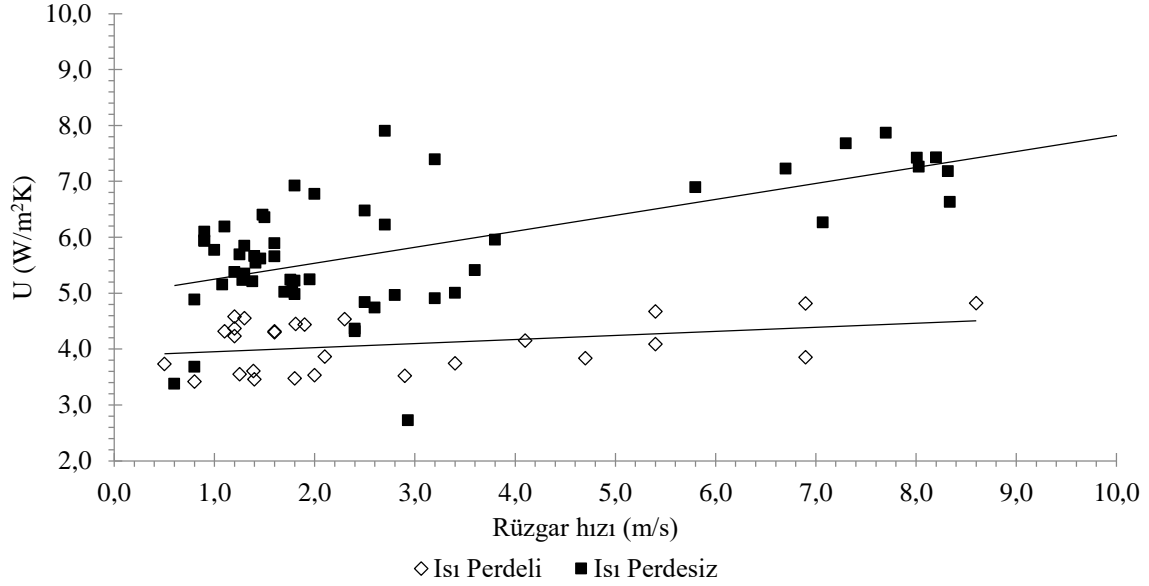


Şekil 2.1. Doğu Akdeniz iklim koşullarında tek kat PE plastik örtülü ısı perdeli ve ısı perdesiz serada rüzgâr hızına bağlı toplam ısı tüketim katsayısı

Çift kat PE sera, diğer örtü malzemelerine göre yaklaşık % 40 daha az yakıt tüketmektedir (Nelson, 2003).

Plastik seralarda karşılaşılan sorunlardan biriside örtü malzemesi olarak, normal PE veya dayanıklılığı artıran UV ve IR katkı maddesi içeren örtü malzemelerinden hangisinin kullanılacağıdır (Baytorun ve ark., 1994).

Doğu Akdeniz iklim kuşağında çift kat PE örtü malzemesi için ısı perdeli ve ısı perdesiz koşullar için toplam ısı tüketim katsayısı Şekil 2.2’de verilmiştir (Çaylı, 2014).



Şekil 2.2. Doğu Akdeniz iklim koşullarında çift kat PE plastik örtülü ısı perdeli ve ısı perdesiz serada rüzgâr hızına bağlı toplam ısı tüketim katsayısı

Şekil incelendiğinde 4 m/s rüzgâr hızında ısı perdesi kullanılması durumunda toplam ısı tüketim katsayısı 4.2 W/m²K olarak bildirilmiştir. Ayrıca grafik incelendiğinde ısı perdesi kullanılması durumunda serada rüzgârın ısı kaybına olan etkisinin ısı perdesiz durumdan daha az olduğu görülmektedir.

Rath (1992) tarafından ısı perdesi kullanılması durumunda serada enerji tasarruf oranları Çizelge 2.1’deki gibi verilmiştir.

Çizelge 2.1. Farklı ısı perdelerinin enerji tasarruf oranları

| Isı perdesinin özelliği | Enerji tasarruf oranı (%) |
|----------------------------------|---------------------------|
| Tek katlı, Alüminyum doku fazla | 50 |
| Tek katlı, Alüminyum doku az | 40 |
| Çift katlı, Alüminyum doku fazla | 60 |
| Çift katlı, Alüminyum doku az | 50 |

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada hesaplamalar Kahramanmaraş iklim koşulları ve 3 farklı örtü malzemesi için yapılmıştır. Seraların bölme sayısı 4, bölme genişliği 9.6 m, uzunluk 50 m, yan duvar yüksekliği 4.0 m, mahya yüksekliği 6.5 m, çatı eğim açısı 27.5° ve kafes kiriş aralığı 5 m'dir.

Gece/gündüz sıcaklığı 16 °C, havalandırma sıcaklığı 25 °C olacak şekilde ve domates bitkisi için 01 Ekim -31 Mart dönemi için hesaplamalar yapılmıştır. Tabana yakın olarak yerleştirilen çelik borulu ısıtma sistemi için su giriş sıcaklığı 90°, çıkış sıcaklığı 70° olarak belirlenmiştir. Sera iç ortam sıcaklık değeri minimum 16 °C olarak alınmıştır.

Hesaplama, üç farklı sera örtü malzeme tipine ve her bir sera tipi için de ısı perdesi kullanılma durumuna göre yapılmıştır. Sera tipleri ve özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sera özellikleri ve isim kısaltmaları

| İsim Kısaltması | Yan Duvar Örtü Malzemesi | Çatı Örtü Malzemesi |
|-----------------|--------------------------|---------------------|
| Tip-1 | 200 µm tek kat PE | 200 µm tek kat PE |
| Tip-2 | 200 µm çift kat PE | 200 µm tek kat PE |
| Tip-3 | 16 mm boşluklu PC | 200 µm tek kat PE |

3.2. Kahramanmaraş İli İklim Özellikleri

Akdeniz iklim kuşağında bulunan Kahramanmaraş, Orta Ceyhan havzasında yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 16.5 °C'dir. En yüksek yıllık sıcaklık ortalaması 32.4 °C ve en düşük 0.6 °C'dir. Aylara göre en yüksek sıcaklıklar Ağustos ayında (44.3 °C) görülmektedir. En düşük sıcaklıklar ise Ocak ve Şubat aylarında (-9 °C) görülmüştür. Oransal nem yıllık ortalama % 58 ve en yüksek % 71 ile Ağustos ayında, en düşük % 20 ile Eylül ayında ölçülmüştür. Ortalama güneşlenme süresi yıllık 7.24 saat, en yüksek 11.39 saat ile Temmuz ayında, en düşük 3.33 saat ile Aralık ayında gerçekleşmiştir. Bulutluluk oranı yıllık ortalama % 38'dir. Şubat ayında % 63, Temmuz ayında ise % 6'dır. Rüzgâr hızı yıllık ortalama 2.6 m/s olup en hızlı rüzgâr yönü kuzey doğu yönünden esmektedir. Bölgedeki en hızlı yıllık ortalama rüzgâr hızı ilse 36 m/s olarak ölçülmüştür. Ortalama yağış miktarı yıllık 709.8 mm olup en fazla yağış 134.6 mm ile Ocak ayındadır. Kar yağışlı gün sayısı ortalama 3.1 ve karla kaplı gün ise 5.8'dir.

Kahramanmaraş iline ait uzun yıllar sıcaklık ve güneşlenme değerleri aylara göre Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Aylara göre uzun yıllık ortalama değerler (1970 - 2011)

| | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|-----------------------------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| Ortalama Sıcaklık (°C) | 4.9 | 6.4 | 10.6 | 15.4 | 20.4 | 25.1 | 28.3 | 28.4 | 25.1 | 19.0 | 11.5 | 6.6 |
| Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C) | 9.2 | 10.9 | 15.8 | 21.1 | 26.7 | 31.8 | 35.5 | 35.9 | 32.4 | 25.9 | 17.2 | 10.9 |
| Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C) | 1.2 | 2.2 | 5.6 | 9.9 | 14.1 | 18.8 | 22.1 | 22.1 | 18.4 | 12.9 | 6.8 | 3.0 |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat) | 3.3 | 4.1 | 5.3 | 6.4 | 8.3 | 10.2 | 11.6 | 10.2 | 9.0 | 6.5 | 4.4 | 3.2 |

3.3. Kahramanmaraş İli Tarım Potansiyeli

Akdeniz bölgesinde illere göre toplam tarım alanları Çizelge 3.3'de verilmiştir (TUIK, 2016b).

Çizelge 3.3. Akdeniz bölgesi tarım alanları

| İller | Toplam alan (da) | Ekilen alan (da) | Nadas (da) |
|---------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Antalya | 3 652 475 | 1 848 665 | 543 762 |
| Isparta | 2 059 235 | 1 327 502 | 263 214 |
| Burdur | 1 502 541 | 1 202 843 | 89 763 |
| Adana | 4 917 925 | 3 834 813 | 89 352 |
| Mersin | 3 823 003 | 1 951 936 | 264 686 |
| Hatay | 2 435 124 | 1 275 108 | 10 760 |
| Kahramanmaraş | 3 451 827 | 2 363 818 | 429 712 |
| Osmaniye | 1 195 122 | 985 669 | 5 098 |
| Toplam | 23 037 252 | 14 790 354 | 1 696 347 |

Çizelgeden görüleceği üzere Akdeniz bölgesi toplam tarım alanı 23 milyon dekarıdır. Ekilen alan bakımından Adana 3.83 milyon dekarla birinci sırada, Kahramanmaraş ise 2.36 milyon dekarla ikinci sırada yer almaktadır.

3.4. ISIGER-SERA Uzman Sistemi

ISIGER-SERA uzman sistem; (1) Hesaplamaların yapılacağı sera tipinin ve donanımının sisteme tanımlama, (2) Sera kurulacak yerin iklim verilerinin analizi ve değerlendirilmesi, (3) Sera tipi ve donanımına bağlı ısı enerjisi gereksinimi, yakıt tüketimi, yakıt maliyeti ve CO₂ emisyonunun belirlenmesi, (4) Isıtma sisteminin projelenmesi için gerekli parametrelerin belirlenmesi olmak üzere dört modülden oluşmaktadır.

Birinci modülde seranın tipi, serada üretilecek bitki çeşidine bağlı sera sıcaklığı, havalandırma sıcaklığı, serada kullanılacak ısı perdesi tipi ve sızdırmazlık durumu, serada kurulacak ısıtma sisteminin tipi, varsa aydınlatma sistemi ve seranın kurulacağı yer ekrana taşınan ara yüzler yardımı ile programa tanımlanarak bir proje adı verilerek kaydedilmektedir. İkinci modülde ISIGER-SERA uzman sistemin ikinci modülüyle herhangi bir istasyona ait iklim değerlerinden, sıcaklık, rüzgâr hızı veya güneş radyasyonuna ait saatlik, günlük ve aylık ortalama değerler yanında, iklimlendirme hesaplamaları için gerekli olan tekerrür değerleri uzman sistemin veri bankasında bulunan uzun yıllık iklim değerlerinden hesaplanmaktadır. Üçüncü modülde, birinci modülde tanımlanan herhangi bir proje dosyasının seçilmesiyle uzman sistemin veri bankasında bulunan uzun yıllık iklim değerlerinden yararlanılarak gerekli hesaplamalar yapılmaktadır. Dördüncü modülde ise

serada projelenecek ısıtma sistemi için gerekli olan parametreler belirlenmektedir (Baytorun ve ark., 2016a).

3.5. Metot

Çalışmada ısı enerjisi gereksinimi Baytorun ve ark. (2016b) tarafından geliştirilen ISIGER uzman sistemle hesaplanmıştır. ISIGER uzman sistem DIN 4701 standartlarında belirlenen esaslardan farklı olarak, dış sıcaklık yerine belirli bir sıcaklık değerine kadar havalandırılmayan ve ısıtılmayan serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve seranın özelliğine bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmelerini dikkate alarak ısı gereksinimini saatlik değerlerden giderek hesaplamaktadır (Baytorun ve ark., 2016a). ISIGER uzman sisteme göre ısı enerjisi gereksinimi Denklem 3.1 ile hesaplanmıştır.

$$Q = \sum_{n=1}^{8760} \left(\left((\vartheta_{i_n} - \vartheta_{i,oH_n} - \Delta\vartheta_{Sp_n}) * k'_a * A_H * (1 - EE_{ES}) \right) * t_{Si} \right) \quad (3.1)$$

Denklemden;

Q : Isı enerjisi [Wh]

ϑ_i : Serada istenen sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]

$\vartheta_{i,oH}$: Isıtılmayan serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık [$^{\circ}\text{C}$]

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

k'_a : Örtü malzemesinin toplam ısı gereksinim katsayısı [$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$]

A_H : Sera örtü yüzey alanı [m^2]

EE_{ES} : Isı perdesi ile sağlanan ısı tasarrufu [-]

n : Yılın saatleri

t_{Si} : Simülasyonda zaman dilimi (1 h)

ISIGER uzman sistemde toplam ısı gereksinim katsayısı (k'_a) serada kullanılan farklı örtü malzemeleri için saatlik rüzgâr hızı dikkate alınarak Denklem 3.2 ile yılın her saati için hesaplanarak Denklem 3.1'de kullanılmıştır.

$$k'_a = k' + \frac{k'}{x_1} * (x_2 * v_w + x_3) \quad (3.2)$$

Denklemden;

k' : Örtü malzemesinin 4 m s^{-1} rüzgâr hızında toplam ısı gereksinim katsayısı [$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$]

k'_a : Örtü malzemesinin saatlik rüzgâr hızına göre düzeltilmiş toplam ısı gereksinim katsayısı [$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$]

v_w : Rüzgâr hızı [m/s]

$x_1=7.56$ [-], $x_2=0.35$ [s m^{-1}], $x_3=-1,4$ [-]

3.5.1. Serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ($\vartheta_{i,oH}$) değerlerinin hesaplanması

Serada gerçek sıcaklık değerinin belirlenmesi için öncelikle teorik olarak ortaya çıkan sıcaklık Denklem 3.3'e göre hesaplanması gereklidir. Hesaplamalarda seraya ulaşan güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüşüm faktörü (η) 0.70 olarak alınmıştır (Tantau, 1983; von Zabeltitz, 1986).

$$\vartheta_{i,th} = \frac{q_{GS} * D_G * \eta * A_G}{k'_a * (1 - EE_{ES}) * A_H} + \vartheta_a \quad (3.3)$$

Denklemden;

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

q_{GS} :Güneş radyasyonu (W/m²)

D_G :Örtü malzemesinin geçirgenliği (%)

η :Güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüşüm faktörü (standart=0.7)

A_G :Sera taban alanı (m²)

ϑ_a :Dış sıcaklık (°C)

Isıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık değeri ($\vartheta_{i,oH}$), hesaplanan teorik sıcaklık ($\vartheta_{i,th}$), havalandırma sıcaklığı ve dış sıcaklık değeri dikkate alınarak Denklem 3.4'te verilen mantıksal ilişkilerle belirlenmiştir.

$$\left. \begin{array}{l} \vartheta_{i,th} \geq \vartheta_L \text{ ve } \vartheta_L \geq \vartheta_a \\ \vartheta_{i,th} < \vartheta_L \text{ ve } \vartheta_{i,th} > \vartheta_a \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} \text{ ise } \vartheta_{i,oH} = \begin{cases} \vartheta_L \\ \vartheta_{i,th} \\ \vartheta_a \end{cases} \quad (3.4)$$

Denklemden;

ϑ_L :Havalandırma sıcaklığı (°C)

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

Serada ısı gereksinimi hesaplamalarında kullanılan iç sıcaklık değeri (ϑ_i) serada set edilen sıcaklık ($\vartheta_{i,S}$) değerine bağlı olarak Denklem 3.5'te verilen mantıksal ilişkiler ile belirlenmiştir.

$$\left. \begin{array}{l} \vartheta_{i,oH} \leq \vartheta_{i,S} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} \text{ ise } \vartheta_i = \begin{cases} \vartheta_{i,S} \\ \vartheta_{i,oH} \end{cases} \quad (3.5)$$

3.5.2. Seranın özelliğine bağlı sıcaklık yükselmesinin ($\Delta\vartheta_{Sp}$) belirlenmesi

Serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi; birinci derecede gündüz ve gece serada ortaya çıkan sıcaklık farkına, ikinci derecede seranın enerji depolama özelliğine ve üçüncü derecede yüksek ısı gereksiniminin ortaya çıktığı koşullarda ($\Delta\vartheta_{(i-a)} \geq 20$) tamamen toplam ısı gereksinim katsayısına (k'_a) bağlı olarak değişmektedir (Rath, 1992).

Yapılan hesaplamalarda seraya özgü maksimum sıcaklık yükselmesi ($\Delta\vartheta_{Sp,max}$), Baytorun ve ark. (1995) tarafından Akdeniz bölgesinde ısıtılmayan PE plastik serada yapılan ölçümler dikkate alınarak 1°C alınmıştır. Bu değer ISIGER-SERA uzman sistem hesaplamalarında kullanılan 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 3.5 ve 3.7 no'lu denklemler yardımıyla yılın tüm saatleri için hesaplanmıştır.

$$\Delta\vartheta_{Sp,pot} = \frac{Z_d}{\max(Z_2, \dots, 365)} * \Delta\vartheta_{Sp,max} \quad (3.6)$$

$$Z_d = \overline{\vartheta_{i,OH,Gündüz_{d-1}}} - \overline{\vartheta_{i,OH,Gece_d}} \quad (3.7)$$

Denklemlerde;

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

$\Delta\vartheta_{Sp,max}$: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 ($^\circ\text{C}$).

ISIGER-SERA uzman sisteme göre ısı depolama potansiyeline bağlı olarak serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi ($\Delta\vartheta_{Sp}$) Denklem 3.8'de verilen mantıksal ilişkiler yardımı ile belirlenmiştir.

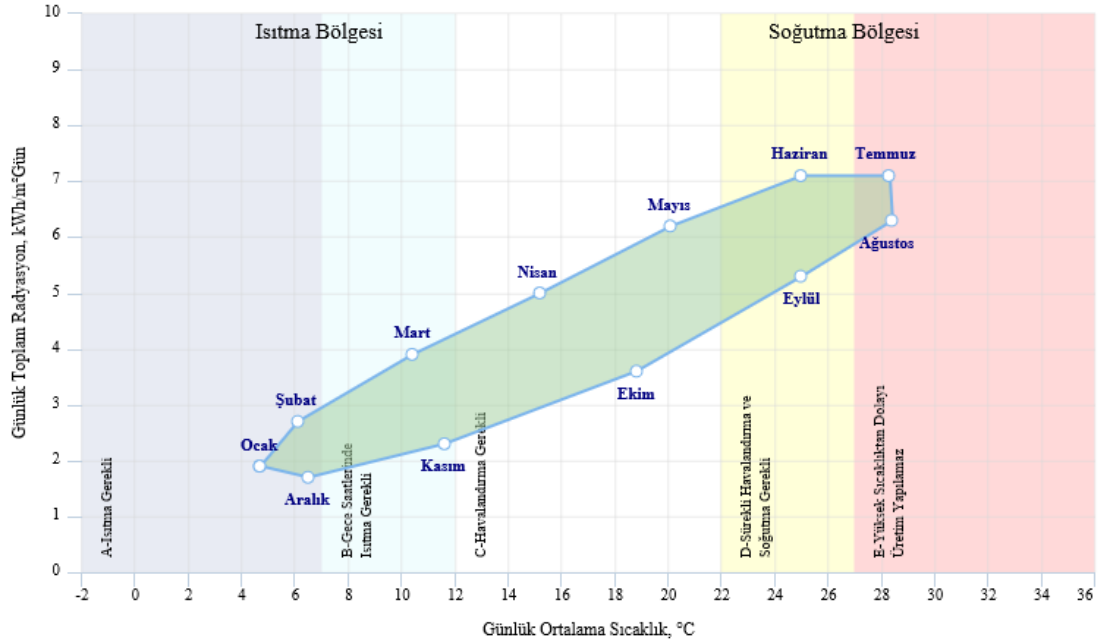
$$\left. \begin{array}{l} \Delta\vartheta_{Sp,pot} \geq 20 \\ \vartheta_i - \vartheta_{i,OH} \leq \Delta\vartheta_{Sp,pot} < 20 \\ 0 < \Delta\vartheta_{Sp,pot} < \vartheta_i - \vartheta_{i,OH} < 20 \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ise} \\ \text{ise} \\ \text{ise} \\ \end{array} \Delta\vartheta_{Sp} = \begin{cases} \Delta\vartheta_{Sp,pot} \\ \Delta\vartheta_{Sp,pot} \\ \frac{\Delta\vartheta_{Sp,pot} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{i,OH} - 20)}{\Delta\vartheta_{Sp,pot} - 20} \\ 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

ISIGER-SERA uzman sistemle ısı enerjisi gereksiniminin hesaplanmasında kullanılan eşitlik ve mantıksal ilişkiler Baytorun ve ark. (2016b) tarafından yapılan çalışmada detaylı olarak verilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kahramanmaraş ili için uzun yıllık iklim verileri kullanılarak, serada uygulanacak iklimlendirme önlemleri Şekil 4.1’de verilmiştir.

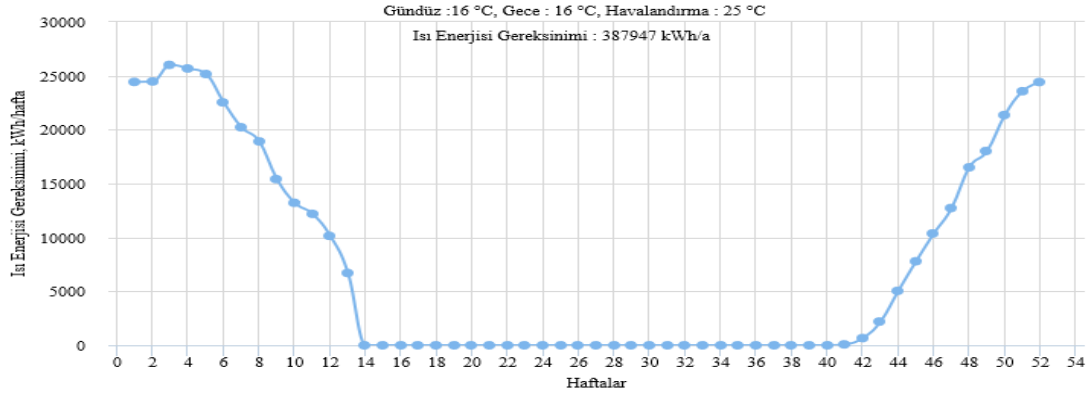


Şekil 4.1. Kahramanmaraş İli için sıcaklık ve güneş radyasyonu ilişkisi

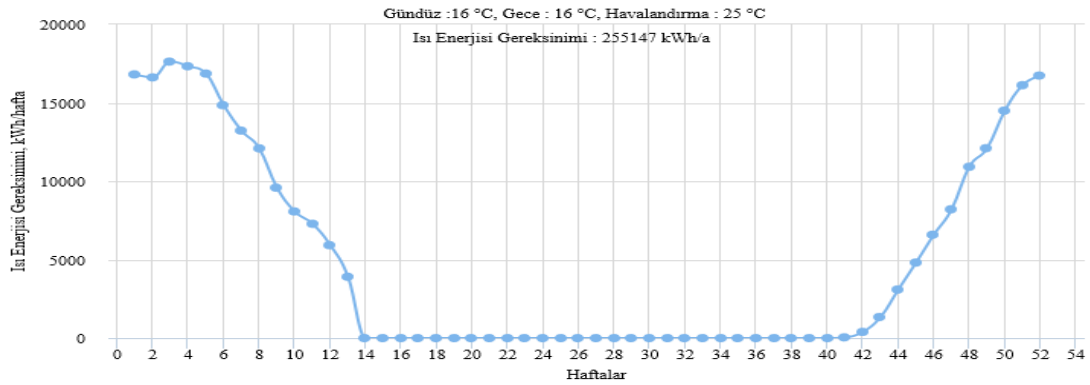
Şekil 4.1 incelendiğinde Ocak, Şubat ve Aralık aylarında ısıtmanın gerekli olduğu, Kasım ve Mart aylarında ise sadece gece saatlerinde ısıtma ihtiyacı olduğu görülmektedir. Ekim, Nisan ve Mayıs aylarında ise gündüz saatlerinde havalandırma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Haziran ve Eylül aylarında ise yüksek sıcaklıkların etkisi ile serada üretim yapmak için havalandırma kapaklarının sürekli açık tutulması gerektiği, Temmuz ve Ağustos aylarında ise bitki optimum koşullarının üstüne çıkan sıcaklıkların etkisiyle üretimin mümkün olamayacağı anlaşılmaktadır.

4.1. Haftalık Isı Gereksinimi

Kahramanmaraş İli koşullarında Tip-1 sera için haftalık ısı gereksinimi Şekil 4.2'de verilmiştir.



(a)

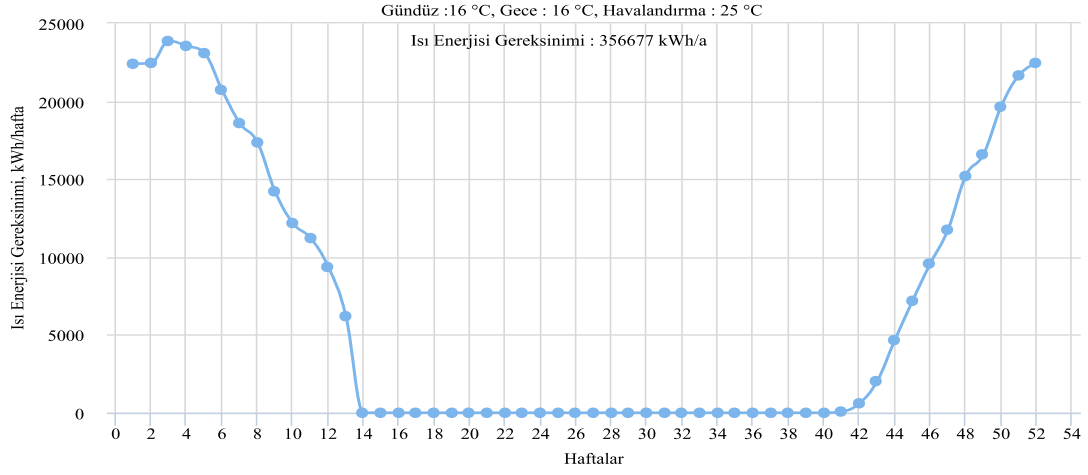


(b)

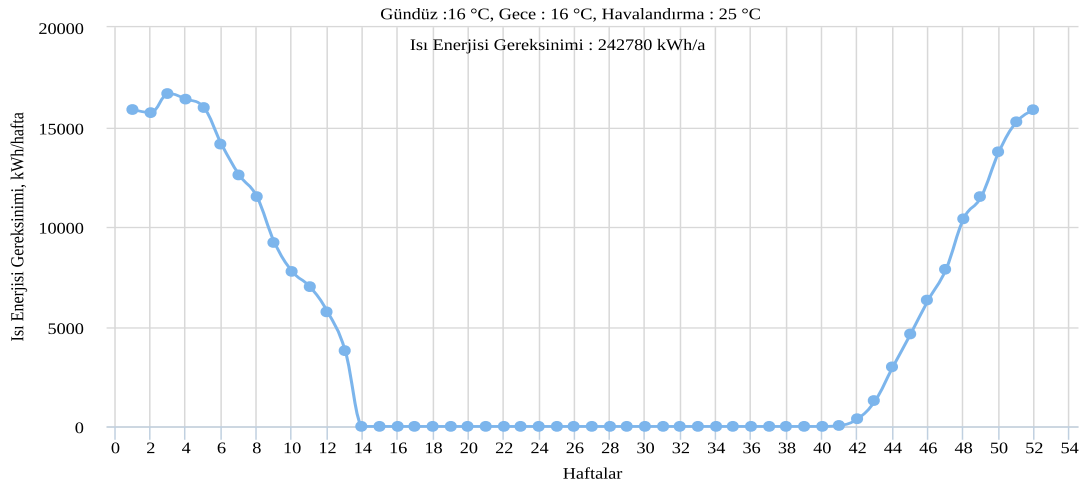
Şekil 4.2. Tip-1 sera için haftalık ısı gereksinimi (a) ısı perdesiz (b) ısı perdeli

Şekil incelendiğinde en yüksek ısı gereksinimi yılın 3,4 ve 5 haftalarında ortaya çıktığı görülmektedir. Bu haftalar için ısı gereksinimi 25 000 kWh/Hafta'nın üzerine çıkmaktadır. Yılın 14'ncü haftasında ise serada ısıtma ihtiyaç kalmamaktadır. Isıtma periyodu ise yılın 42'nci haftasında başlamakta ve bir sonraki yılın 14'ncü haftasına kadar sürmektedir. Toplamda yılın 26 haftasında ısıtma ihtiyacı olduğu görülmektedir. Bu periyotta 7 hafta için ısıtma gereksinimi 10 000 kWh'nın altındadır. Bir yetiştirme sezonu için 16 °C sabit iç ortam sıcaklığı için gerekli olan ve ısı perdesi kullanılmayan serada enerji gereksinimi 387 947 kWh olarak bulunmuştur. Şekil 2b'de ise serada ısı perdesi kullanılması durumunda ihtiyaç duyulan ısı gereksinimi verilmiştir. Buna göre toplam ısı gereksiniminin ısı perdeli durumda 255 147 kWh/a olduğu, ısı perdesiz kullanıma göre % 34 daha az enerji ihtiyacı olduğu görülmektedir.

Kahramanmaraş İli koşullarında Tip-2 sera için haftalık ısı gereksinimi Şekil 4.3'da verilmiştir.



(a)



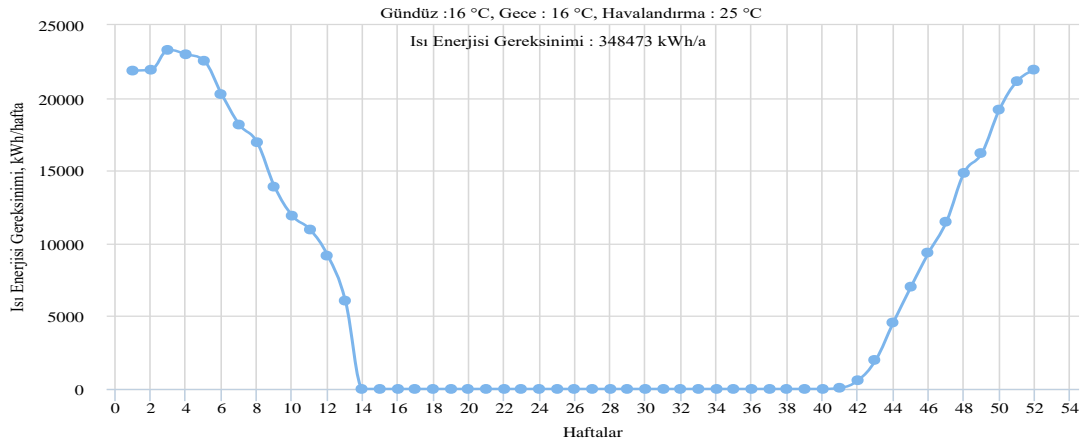
(b)

Şekil 4.3. Tip-2 sera için haftalık ısı gereksinimi (a) ısı perdesiz (b) ısı perdeli

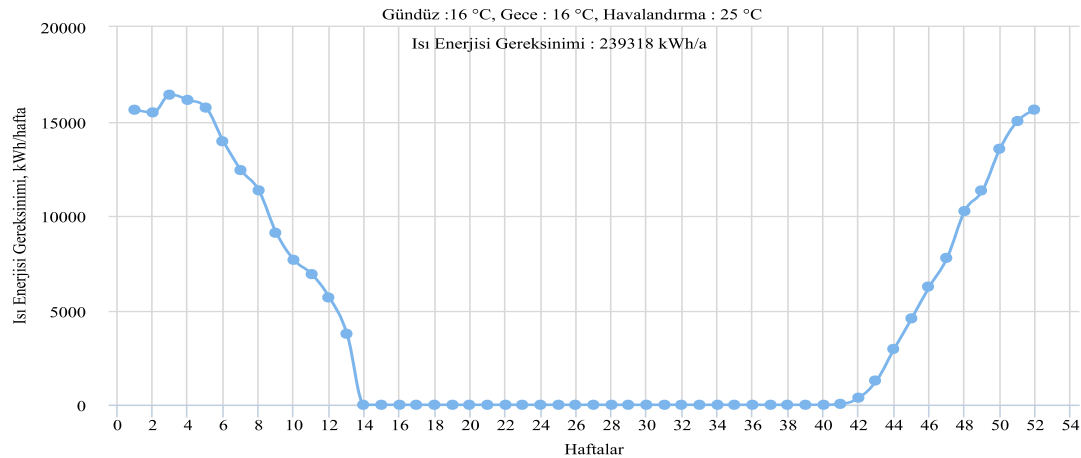
Şekil 4.3a incelendiğinde en yüksek ısı gereksinimi yılın 3'ncü haftasında ortaya çıktığı görülmektedir. Bu hafta için ısı gereksinimi 23 863 kWh olmaktadır. Bir yetiştirme sezonu için ısıtma ihtiyacı yılın 40'ncü haftasında (Ekim) başlamakta ve yılın 14'ncü haftasında (Nisan) sona ermektedir.

Toplamda yılın 25 haftasında ısıtma ihtiyacı olduğu görülmektedir. Bu periyotta yılın 7 haftası için ısıtma gereksinimi 10 000 kWh'nın altında, 18 haftası için 20 000 kWh'nın üzerindedir. Bir yetiştirme sezonu için 16 °C sabit iç ortam sıcaklığı için gerekli olan ve ısı perdesi kullanılmayan serada enerji gereksinimi 356 677 kWh olarak bulunmuştur. Şekil 4.3b'de ise Tip-1 serada ısı perdesi kullanılması durumunda ihtiyaç duyulan ısı gereksinimi verilmiştir. Buna göre ısı perdesi kullanılması durumunda toplam ısı gereksiniminin 242 780 kWh olduğu görülmektedir. Isı perdesiz kullanıma göre % 32 daha az enerji ihtiyacı olduğu görülmektedir.

Kahramanmaraş İli koşullarında Tip-3 sera için haftalık ısı gereksinimi Şekil 4.4'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4.4. Tip-3 sera için haftalık ısı gereksinimi (a) ısı perdesiz (b) ısı perdeli

Şekil 4.4a incelendiğinde en yüksek ısı gereksinimi yılın 3'ncü haftasında ortaya çıktığı görülmektedir. Bu hafta için ısı gereksinimi 23 298 kWh olmaktadır. Bir yetiştirme sezonu için ısıtma ihtiyacı yılın 40'ncü haftasında (Ekim) başlamakta ve yılın 14'ncü haftasında (Nisan) sona ermektedir.

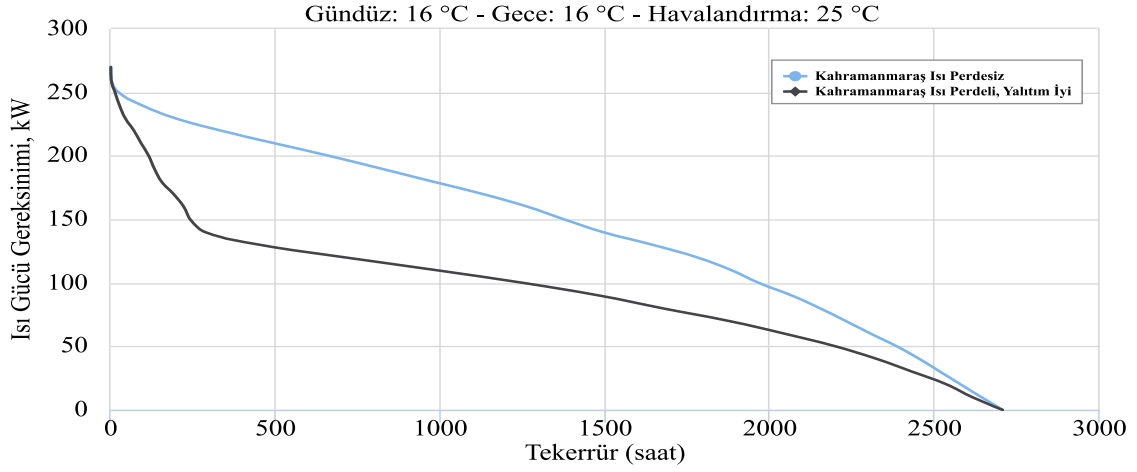
Toplamda yılın 25 haftasında ısıtma ihtiyacı olduğu görülmektedir. Bu periyotta yılın 8 haftası için ısıtma gereksinimi 10 000 kWh'nin altında, 17 haftası için 20 000 kWh'nin üzerindedir. Bir yetiştirme sezonu için 16 °C sabit iç ortam sıcaklığı için gerekli olan ve ısı perdesi kullanılmayan serada enerji gereksinimi 348 473 kWh olarak bulunmuştur. Şekil 4.4b'de ise Tip-3 serada ısı perdesi kullanılması durumunda ihtiyaç duyulan ısı gereksinimi verilmiştir. Buna göre ısı perdesi kullanılması durumunda toplam ısı gereksiniminin 239 318 kWh olduğu ve ısı perdesiz kullanıma göre % 31 daha az enerji ihtiyacı olduğu görülmektedir.

Çaylı (2014) tek kat PE serada ısı perdesinin sızdırmazlık durumuna göre değişmekle birlikte % 17 oranında tasarruf sağlayacağını bildirmiştir. Diğer araştırmacılar ise ısı perdesi kullanarak % 20–70 arasında ısı tasarrufu sağlanabileceğini bildirmişlerdir (Chandra ve ark., 1980; Meyer, 1984; Nijskens ve ark., 1984; Arinze ve ark., 1986; Critten ve ark., 2002; Le Quillec ve ark., 2005). Isı perdesi kullanılması durumunda Tip-1, Tip-2 ve Tip-3 serada sırasıyla % 34, % 32 ve % 31 ısı tasarruf edilebileceği bulunmuştur. Bu değer Literatürdeki değerler ile benzerlik göstermektedir.

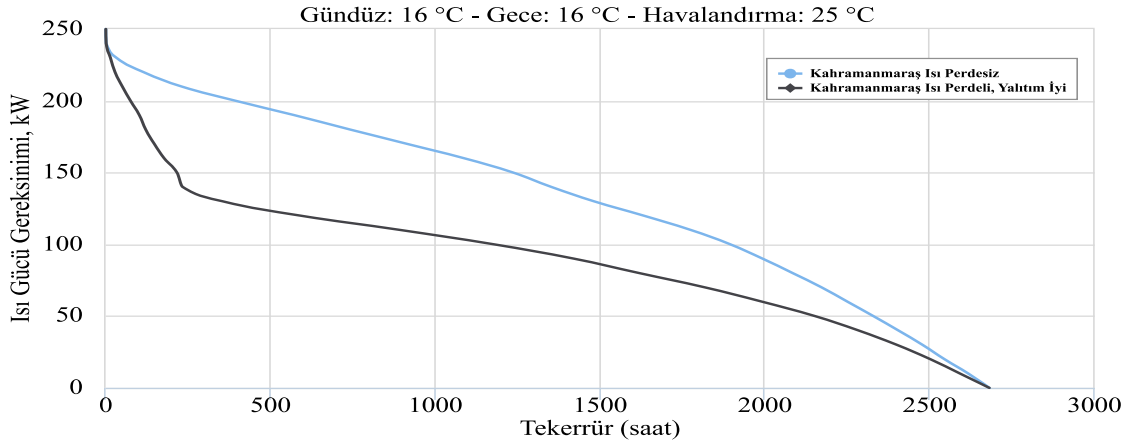
4.2. Isı Gücü Tekerrürleri ve Maksimum Isı Gücü

Şekil 4.5'de ihtiyaç duyulan yıllık ısı gücünün saatlik tekerrürleri verilmiştir. Buna göre;

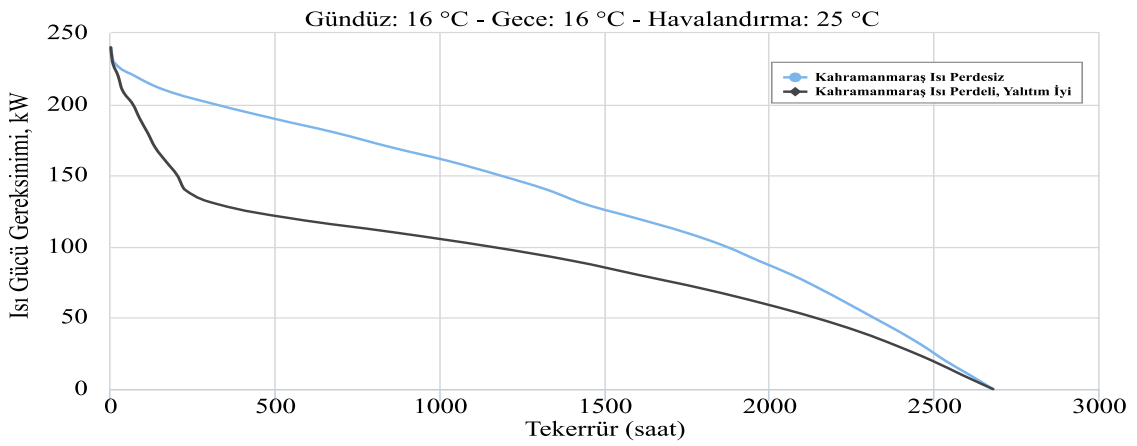
Tip-1 sera için bir yetiştirme sezonunda toplam 2706 saat ısıtma ihtiyacına ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan maksimum ısı gücü ise 270 kW olarak bulunmuştur. Toplam ısıtma süresince yılın 663 saatinde 200 kW'ın üzerinde ısıtma gücü ihtiyacı bulunmaktadır. Yalıtım özelliği iyi olan alüminyum şeritli ısı perdesi kullanılması durumunda ise 200 kW üzerindeki ısı gücü ihtiyacı 115 saate düşmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.5. Yıllık ısı gücü tekerrürleri (a) Tip-1 (b) Tip-2 (c) Tip-3

Tip-2 sera için bir yetiştirme sezonunda toplam 2681 saat ısıtma yapılması gerektiği görülmektedir. İhtiyaç duyulan maksimum ısı gücü ise 240 kW olarak bulunmuştur. Toplam ısıtma süresince yılın 394 saatinde 200 kW'ın üzerinde ısıtma gücü ihtiyacı bulunmaktadır. Yalıtım özelliği iyi olan alüminyum şeritli ısı perdesi kullanılması durumunda ise ısı 200 kW üzerindeki ısı gücü ihtiyacı 75 saate düşmektedir.

Tip-3 sera için bir yetiştirme sezonunda toplam 2677 saat ısıtma yapılması gerektiği görülmektedir. İhtiyaç duyulan maksimum ısı gücü ise 230 kW olarak bulunmuştur. Toplam ısıtma süresince yılın 317 saatinde 200 kW'ın üzerinde ısıtma gücü ihtiyacı bulunmaktadır. Yalıtım özelliği iyi olan alüminyum şeritli ısı perdesi kullanılması durumunda ise ısı 200 kW üzerindeki ısı gücü ihtiyacı 67 saate düşmektedir.

Çizelge 4.1'de Kahramanmaraş ili için farklı örtü malzemesi ve tasarruf önlemlerine göre maksimum ısıtma gücü gereksinimi verilmiştir.

Çizelge 4.1. Maksimum ısıtma gücü gereksinimi

| Sera Tipi | Maksimum ısı gücü (kW) |
|-----------|------------------------|
| Tip-1 | 270 |
| Tip-2 | 240 |
| Tip-3 | 230 |

Çizelge incelendiğinde ısıtma sistemlerinin projelenmesinde esas alınan maksimum ısı gücünün, ısı yalıtımı iyi olan örtü malzemesi ve ısı perdesi kullanımı ile küçüldüğü görülmektedir. Tip-1 yerine Tip-2 malzeme kullanılması durumunda % 12,5, Tip-1 yerine Tip-3 malzeme kullanılması durumunda % 17 oranında daha küçük boyutlu bir ısıtma sisteminin projelenmesi mümkün olmaktadır.

Çizelge 4.2. Toplam ısıtma süresi

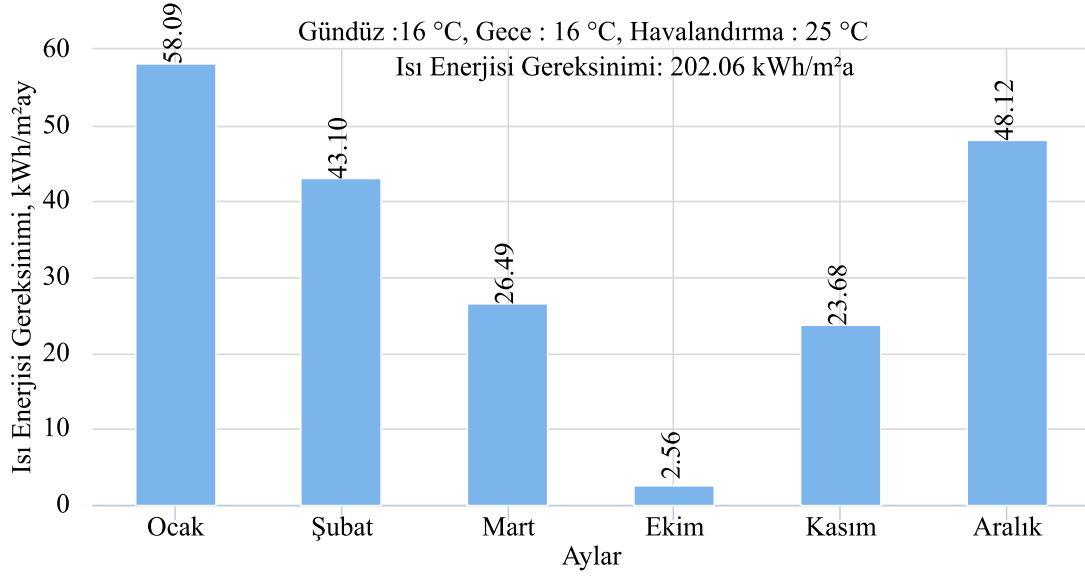
| Sera Tipi | Toplam ısıtma süresi (saat/yıl) | 200 kW üzeri ısı gücü gereksinimi (saat/yıl) | |
|-----------|---------------------------------|--|-------------|
| | | Isı perdesiz | Isı perdeli |
| Tip-1 | 2706 | 663 | 115 |
| Tip-2 | 2681 | 394 | 75 |
| Tip-3 | 2677 | 317 | 67 |

Çizelge 4.2’de farklı sera tipleri için 200 kW’nin üzerindeki ısıtma gücü gereksinimi verilmiştir. Buna göre ısı perdesiz Tip-1, Tip-2 ve Tip-3 serada sırasıyla yılın 663, 394 ve 317 saatinde yüksek ısıtma gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Isı perdesi kullanılması durumunda ise aynı ısı gücüne sırasıyla yılın 115, 75 ve 67 saatinde ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda ısıtma sistemi gücünün 200 kW seçilmesi ve ısı perdesi kullanılması durumunda toplam ısıtma süresinin % 2.5-% 5 arasındaki bir süre için ürün riske edilmiş olacaktır. Ancak seçilecek ısıtma sistemi boyutu hiçbir zaman sıra iç ortam sıcaklığının 0 °C’nin altına düşmesine izin vermeyecek boyutlarda seçilmelidir.

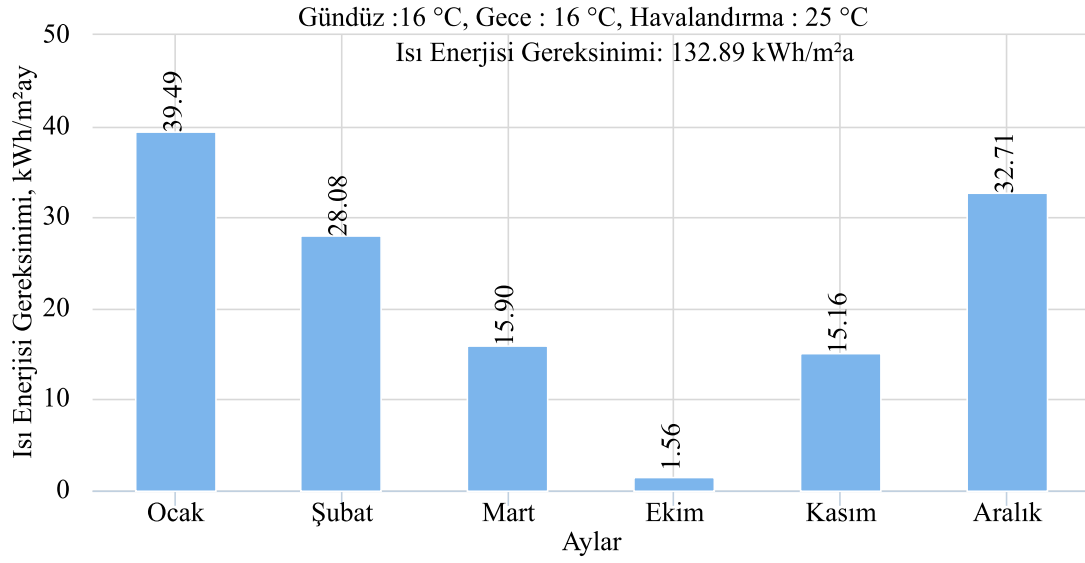
4.3. Aylık Isı Enerjisi Gereksinimi

Kahramanmaraş İli için Tip-1 serada aylık ısı enerjisi gereksinimleri Şekil 4.6(a)’da verilmiştir. Tip-1 ısı perdesiz serada en yüksek ısı enerjisi gereksinimi 58.09 kWh/m² ile Ocak ayında, en düşük ise 2.56 kWh/m² ile Ekim ayında olduğu görülmektedir. Bir yetiştirme sezonu boyunca ısı gereksinimi ise 202.06 kWh/m² olarak bulunmuştur.

Isı perdeli durumda ise aylık ısı enerjisi gereksinimi Şekil 4.6(b)’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde En yüksek ısı enerjisi gereksinimi 39.49 kWh/m² ile Ocak ayında, en düşük ise 1.56 kWh/m² ile Ekim ayında olduğu görülmektedir. Bir yetiştirme sezonu boyunca ısı gereksinimi ise 132.89 kWh/m² olarak bulunmuştur.



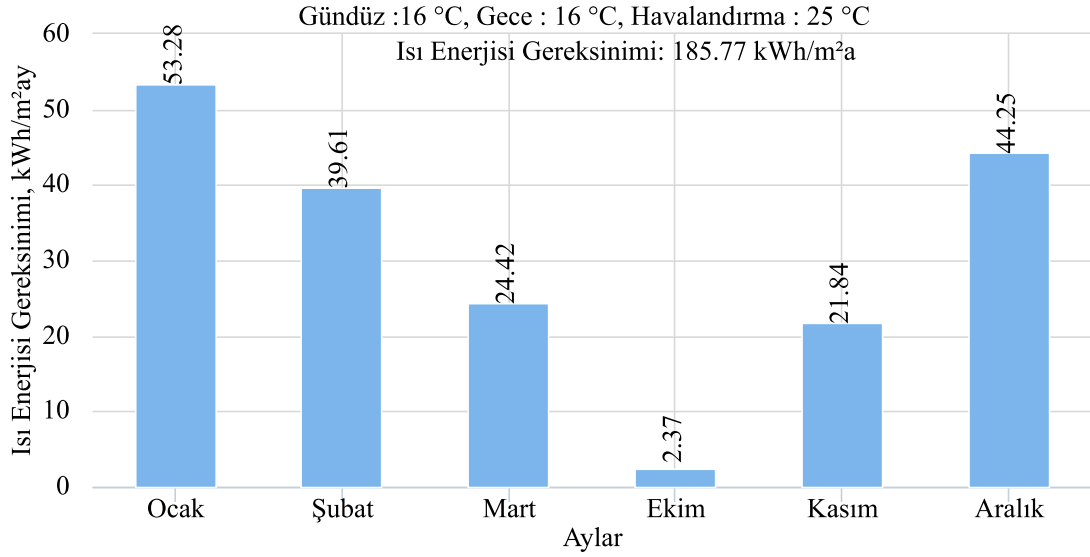
(a)



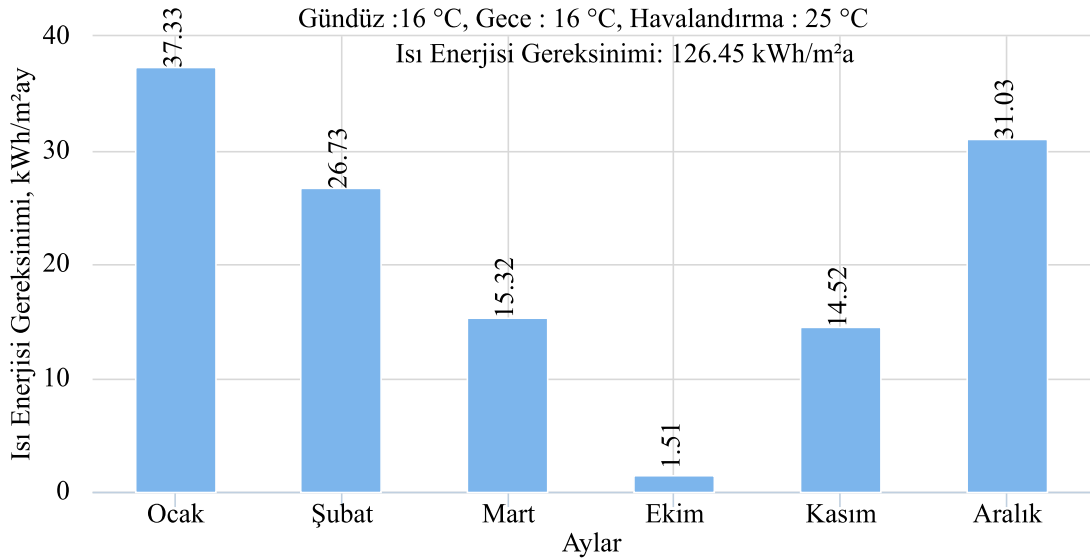
(b)

Şekil 4.6. Tip-1 serada aylık ısı enerjisi gereksinimi (a) ısı perdesiz (b) ısı perdeli

Tip-2 serada aylık ısı enerjisi gereksinimleri Şekil 4.7’de verilmiştir. Tip-2 ısı perdesiz serada en yüksek ısı enerjisi gereksinimi 53.28 kWh/m² ile Ocak ayında, en düşük ise 2.37 kWh/m² ile Ekim ayında olduğu görülmektedir. Bir yetiştirme sezonu boyunca ısı gereksinimi ise 185.77 kWh/m² olarak bulunmuştur.



(a)

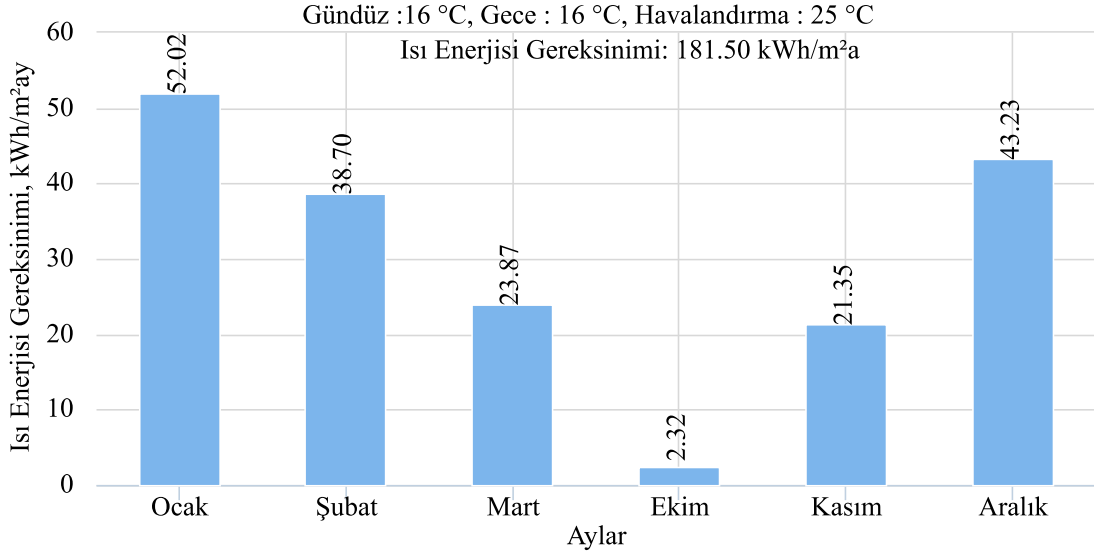


(b)

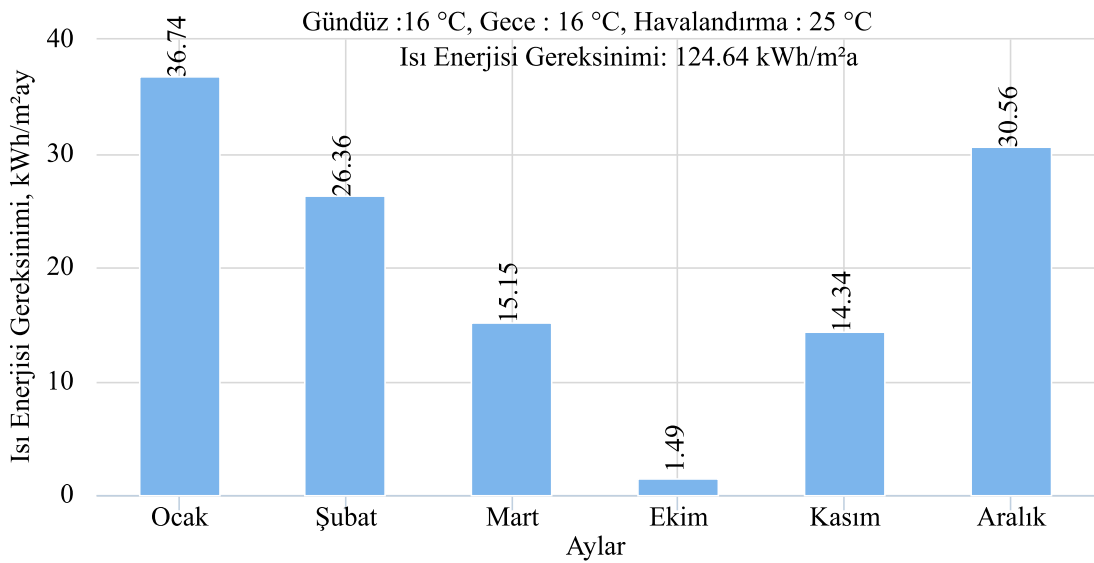
Şekil 4.7. Tip-2 serada aylık ısı enerjisi gereksinimi (a) ısı perdesiz (b) ısı perdeli

Isı perdeli durumda ise aylık ısı enerjisi gereksinimi en yüksek 37.33 kWh/m² ile Ocak ayında, en düşük ise 1.51 kWh/m² ile Ekim ayında olduğu görülmektedir. Bir yetiştirme sezonu boyunca ısı gereksinimi ise 126.45 kWh/m² olarak bulunmuştur.

Şekil 4.8'de Tip-3 serada aylık ısı enerjisi gereksinimleri verilmiştir. Isı perdesiz serada en yüksek ısı enerjisi gereksinimi 52.02 kWh/m² ile Ocak ayında, en düşük ise 2.32 kWh/m² ile Ekim ayında olduğu görülmektedir.



(a)



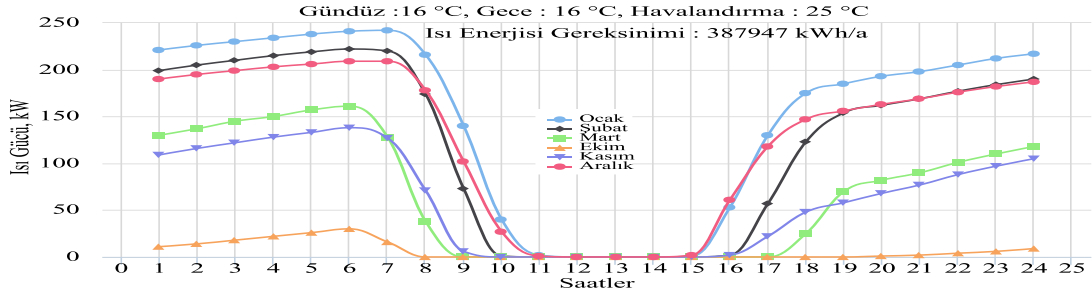
(b)

Şekil 4.8. Tip-3 serada aylık ısı enerjisi gereksinimi (a) ısı perdesiz (b) ısı perdeli

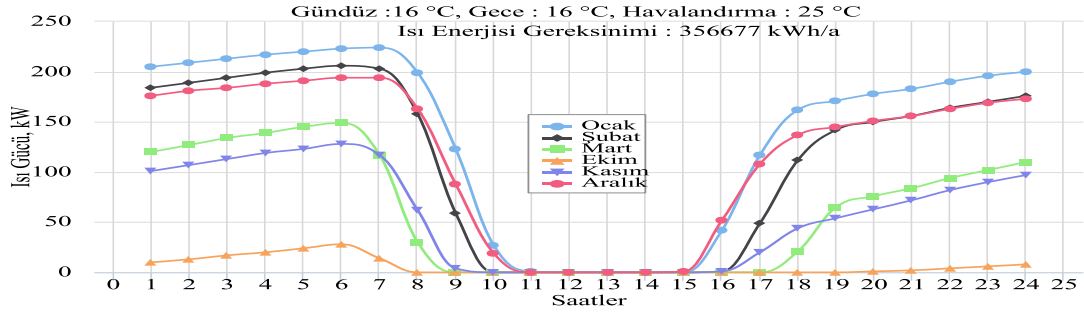
Bir yetiştirme sezonu boyunca ısı gereksinimi ise 181.50 kWh/m² olarak bulunmuştur. Isı perdeli durumda ise aylık ısı enerjisi gereksinimi en yüksek 36.74 kWh/m² ile Ocak ayında, en düşük ise 1.49 kWh/m² ile Ekim ayında olduğu görülmektedir. Bir yetiştirme sezonu boyunca ısı gereksinimi ise 124.64 kWh/m² olarak bulunmuştur.

4.4. Saatlik Isı Gücü Gereksinimi

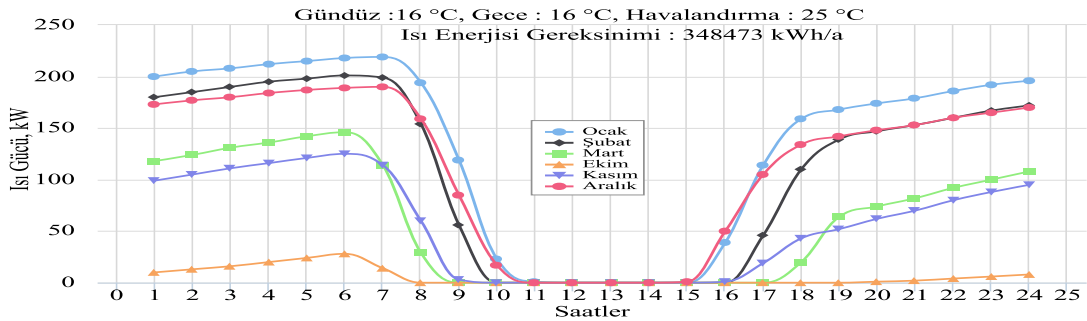
Şekil 4.9’da ısı gücü gereksinimi günün saatlerine göre verilmiştir. Grafik incelendiğinde en yüksek ısı gereksinimi, sabah saatlerinde güneşin doğumundan önce saat 06.00-08.00 arasında ortaya çıkmaktadır. Güneşin doğuşundan itibaren ısı gereksinimi hızla azalmakta ve aylara göre değişmekle birlikte en geç saat 11.00’da ısı gereksinimi sıfırlanmaktadır. Ayrıca tüm üretim sezonu boyunca saat 11.00-15.00 arasında ısı gereksinimi olmadığı görülmektedir. Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ısı gücü gereksinimi gece saatlerinde 200 kW’nin üzerinde çıkmaktadır. Maksimum ısı gücü Ocak ayında sabah 07.00-08.00 arasında ortaya çıkmaktadır.



(a)



(b)

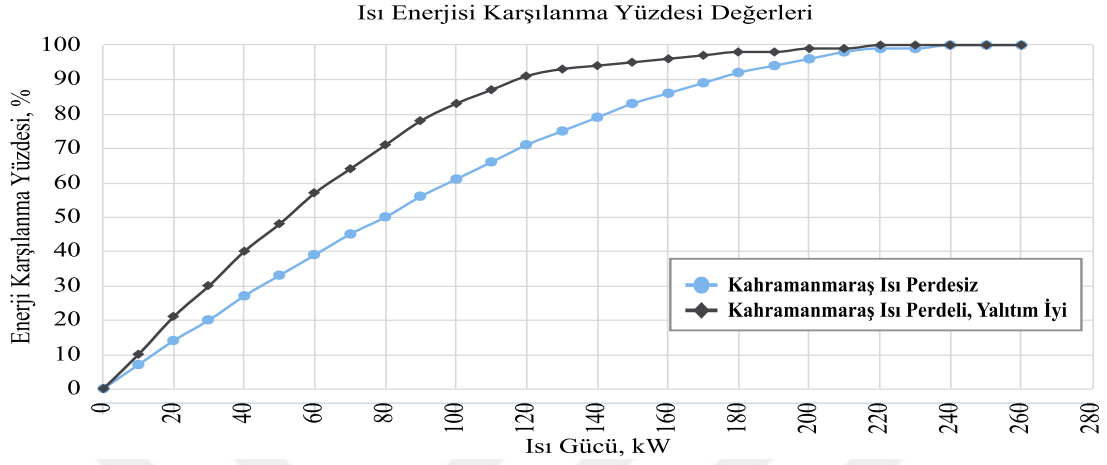


(c)

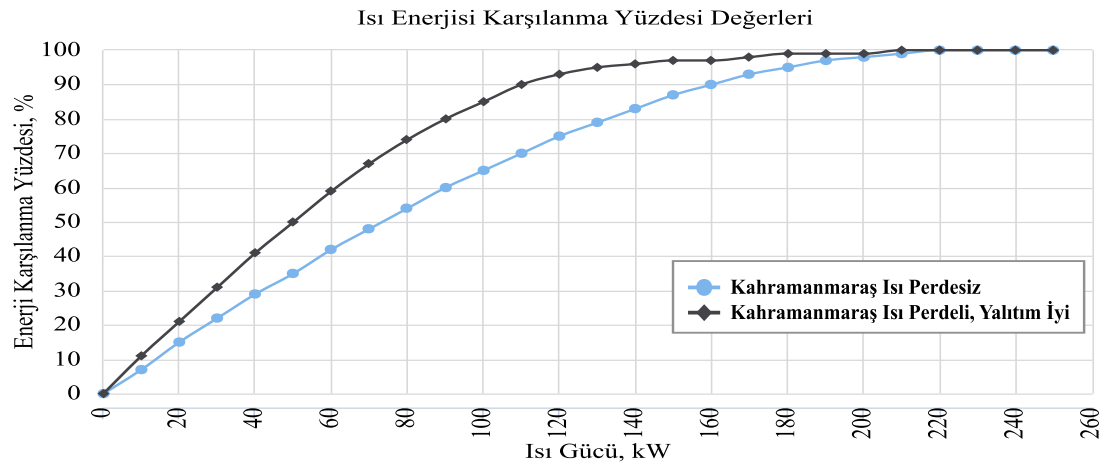
Şekil 4.9. Kahramanmaraş İli saatlik ısı enerjisi gereksinimi (Isı perdesiz) (a) Tip-1 (b) Tip-2 (c) Tip-3

4.5. Isı Enerjisi Karşılanma Oranı

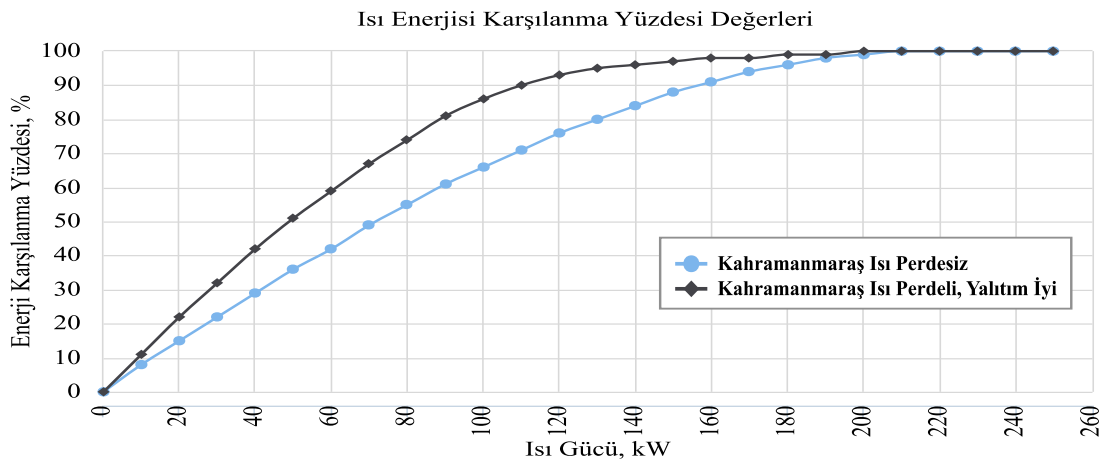
Şekil 4.10'da serada sıcaklığın gece/gündüz 16/16 °C'de tutulduğu koşullarda ısıtıcı kapasitesine göre enerji karşılanma oranları verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.10. Isı enerjisi karşılanma oranı (a) Tip-1 (b) Tip-2 (c) Tip-3

Şekil 4.10 incelendiğinde tüm sera tipleri için 200 kW ısıtma gücünün, ısı gereksiniminin % 90'ını karşıladığı görülmektedir. Farklı ısıtma gücü kapasitelerine göre enerji ihtiyacı karşılanma oranları ısı perdesiz koşullar için Çizelge 4.3'te, ısı perdeli koşullar için Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Isı perdesiz koşullarda ısıtma sistemi kapasitesine göre ısı enerjisi karşılanma oranı

| Sera Tipi | 100 kW | 170 kW | 180 kW | 190 kW | 200 kW |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tip-1 | % 61 | % 89 | % 92 | % 94 | % 96 |
| Tip-2 | % 65 | % 93 | % 95 | % 97 | % 98 |
| Tip-3 | % 66 | % 94 | % 96 | % 98 | % 99 |

Çizelge 4.4'de Isı perdesiz koşullarda ısıtma boruları tabana yakın olarak yerleştirilen çelik borulu 100 kW gücündeki ısıtma sisteminin, gece/gündüz 16 °C iç ortam sıcaklığının istendiği koşullarda, Tip-1, Tip-2 ve Tip-3 sera için sırasıyla % 61, % 65 ve % 66 oranında ihtiyacı karşıladığı görülmektedir. Aynı güçteki ısıtıcı, serada ısı perdesi kullanılması durumunda ise sırasıyla % 83, % 85 ve % 86 oranında ısıtma ihtiyacını karşılayabilmektedir.

Çizelge 4.4. Isı perdeli koşullarda ısıtma sistemi kapasitesine göre ısı enerjisi karşılanma oranı

| Sera Tipi | 100 kW | 170 kW | 180 kW | 190 kW | 200 kW |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tip-1 | % 83 | % 97 | % 98 | % 98 | % 99 |
| Tip-2 | % 85 | % 98 | % 99 | % 99 | % 99 |
| Tip-3 | % 86 | % 98 | % 99 | % 99 | % 99 |

Isıtma ihtiyacının % 100 oranında karşılanması, yani sera içerisinde gece/gündüz sıcaklığın 16 °C olacak şekilde ısıtma yapılması durumunda ise ısı gücü gereksinimi 200 kW'ın üzerinde olmaktadır.

Bulgulardan elde edilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere sera içerisinde sıcaklığın belli bir seviyede tutulması için yüksek ısıtma gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Isı tasarrufu için ısı perdesi kullanılması ile serada aynı sıcaklık değerleri için ısıtma gücü yaklaşık % 50 oranında azaltılabilmektedir.

Tip-1 sera için maksimum ısı gücü gereksinimi olan 230 kW yerine, 120 kW ısıtma gücü kullanılması durumunda, gece/gündüz 16 °C iç sıcaklık değeri için ısı enerjisi gereksiniminin % 91'i karşılanabilmektedir. Yani ısıtıcı gücü 120 kW olarak seçilmesi durumunda yılın büyük bir bölümünde sera iç sıcaklığı, istenilen düzeyde tutulabilecek, küçük bir oranda ise istenilen düzeyin altında seyredecektir. Seralarda ısı perdesi kullanımı, ısı tasarrufu sağlamanın yanında, ilk yatırım giderleri yüksek olan ısıtma sistemlerinin boyutlarının küçülmesiyle yatırım maliyetlerini de düşürebilecektir. Çizelge 4.5'de Kahramanmaraş iklim koşullarında farklı sera örtü malzemeleri için, gece/gündüz 16 °C sıcaklık değeri için aylık ısı enerjisi gereksinimi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kahramanmaraş iklim koşullarında farklı sera örtü malzemeleri için, gece/gündüz 16 °C sıcaklık değeri için aylık ısı enerjisi gereksinimi

| Aylar | Isı gereksinimi (kWh/a) | | | | | |
|---------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Tip-1 | | Tip-2 | | Tip-3 | |
| | Isı Perdesiz | Isı Perdeli | Isı Perdesiz | Isı Perdeli | Isı Perdesiz | Isı Perdeli |
| Ekim | 4 923 | 3 731 | 4 559 | 3 531 | 4 462 | 3 476 |
| Kasım | 45 472 | 35 406 | 41 930 | 33 286 | 41 000 | 32 714 |
| Aralık | 92 392 | 74 183 | 84 961 | 69 340 | 83 006 | 68 035 |
| Ocak | 111 536 | 89 552 | 102 290 | 83 455 | 99 870 | 81 823 |
| Şubat | 82 756 | 65 004 | 76 055 | 60 842 | 74 304 | 59 725 |
| Mart | 50 867 | 38 344 | 46 883 | 36 137 | 45 831 | 35 527 |
| Toplam | 387 947 | 306 220 | 356 677 | 286 591 | 348 473 | 281 299 |

Çizelge incelendiğinde, toplam ısı enerjisi gereksinimi en düşük ısı perdeli Tip-3 serasında 281 MWh/a olarak bulunmuştur. En fazla ısı gereksinimine ihtiyaç duyulan sera ise ısı perdesiz Tip-1'dir. Isı enerjisi gereksinimini aylık olarak incelendiğinde ise tüm sera tipleri için en az ısı gereksinimi Ekim ayında, en fazla ısı gereksiniminin Ocak ayında olduğu görülmektedir.

4.6. En Uygun Yakıt Türü ve Karbondioksit Emisyonlarının Belirlenmesi

Hesaplanan ısı enerjisi gereksinimi için kullanılacak yakıt türlerine göre toplam tüketim miktarları, karbondioksit emisyon miktarı ve yakıt maliyetleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kahramanmaraş iklim koşullarında Tip-1 sera için yakıt gereksinimi ve emisyon miktarları

| Yakıt Cinsi | Yakıt Miktarı | | CO ₂ Emisyonu (kg) | | Endeks |
|----------------------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------|--------|
| | Isı Perdesiz | Isı Perdeli | Isı Perdesiz | Isı Perdeli | |
| İthal kömür (kg) | 75 590 | 49 714 | 259 041 | 170 368 | 100 |
| Fueloil 4 (litre) | 44 320 | 29 149 | 156 479 | 102 914 | 60 |
| Motorin (litre) | 39 212 | 25 789 | 148 817 | 97 875 | 57 |
| LPG (litre) | 33 703 | 22 166 | 111 813 | 73 538 | 43 |
| Propan (litre) | 33 415 | 21 976 | 111 813 | 73 538 | 43 |
| Doğalgaz (m ³) | 44 843 | 29 493 | 102 782 | 67 598 | 40 |
| Odun (kg) | 229 854 | 151 171 | 7 332 | 4 822 | 3 |

Çizelge 4.6 incelendiğinde Tip-1 serada karbondioksit emisyonu açısından en düşük değer Odun için, en yüksek değer ise ithal linyit kömür için bulunmuştur. Yıllık toplam enerji gereksinimi 388 MWh/a'nın karşılanması için ihtiyaç duyulan linyit kömürü miktarı 75.590 kg'dır. Bu miktardaki kömürün yanması sonucu oluşacak emisyon miktarı ise 259.041 kg olmaktadır. Aynı enerji gereksinimi odun kullanılarak karşılanacak olursa, ihtiyaç duyulan odun gereksiniminin 229.854 kg ve emisyon miktarının ise 7.332 kg olduğu görülmektedir. Yakıt olarak odun kullanılması durumunda emisyon miktarı ciddi oranda azalmaktadır.

Çizelge 4.7'de ise Tip-2 sera için yakıt gereksinimi farklı yakıt türleri için verilmiştir.

Çizelge 4.7. Kahramanmaraş iklim koşullarında Tip-2 sera için yakıt gereksinimi ve emisyon miktarları

| Yakıt Cinsi | Yakıt Miktarı | | CO ₂ Emisyonu (kg) | | Endeks |
|----------------------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------|--------|
| | Isı Perdesiz | Isı Perdeli | Isı Perdesiz | Isı Perdeli | |
| İthal kömür (kg) | 69 497 | 47 305 | 238 162 | 162 110 | 100 |
| Fueloil 4 (litre) | 40 748 | 27 736 | 143 866 | 97 925 | 60 |
| Motorin (litre) | 36 051 | 24 539 | 136 822 | 93 131 | 57 |
| LPG (litre) | 30 986 | 21 092 | 102 800 | 69 973 | 43 |
| Propan (litre) | 30 722 | 20 911 | 102 800 | 69 973 | 43 |
| Doğalgaz (m ³) | 41 229 | 28 063 | 94 497 | 64 322 | 40 |
| Odun (kg) | 211 327 | 143 844 | 6 741 | 4 589 | 3 |

Çizelge 4.7'ye göre Tip-2 sera uygulaması ile yakıt gereksinimi ve karbondioksit emisyonu Tip-1'e göre % 8.7 azalmaktadır. Isı perdesi kullanılması durumunda ise yakıt gereksinimi ve emisyon miktarı ise % 52 oranında azalmaktadır. Çizelge 4.8'de Tip-3 sera için farklı yakıt türleri için yakıt gereksinimleri verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kahramanmaraş iklim koşullarında Tip-3 sera için yakıt gereksinimi ve emisyon miktarları

| Yakıt Cinsi | Yakıt Miktarı | | CO ₂ Emisyonu (kg) | | Endeks |
|----------------------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------|--------|
| | Isı Perdesiz | Isı Perdeli | Isı Perdesiz | Isı Perdeli | |
| İthal kömür (kg) | 67 898 | 46 630 | 232 684 | 159 798 | 100 |
| Fueloil 4 (litre) | 39 811 | 27 340 | 140 557 | 96 529 | 60 |
| Motorin (litre) | 35 222 | 24 189 | 133 675 | 91 803 | 57 |
| LPG (litre) | 30 274 | 20 791 | 100 436 | 68 975 | 43 |
| Propan (litre) | 30 015 | 20 613 | 100 436 | 68 975 | 43 |
| Doğalgaz (m ³) | 40 281 | 27 663 | 92 324 | 63 404 | 40 |
| Odun (kg) | 206 466 | 141 793 | 6 586 | 4 523 | 3 |

Çizelge 4.8 incelendiğinde Tip-3 serada en yüksek tüketim ithal linyit kömüründe olduğu görülmektedir. Emisyon miktarı açısından da ithal linyit kömürü en fazla karbondioksit salınımı oluşturan yakıttır. Isı perdesiz koşullarda 67.898 kg tüketim hesaplanırken, ısı perdesi kullanılması ile yakıt tüketimi 46.630 kg'a düşürülebilmektedir. Isı perdesi kullanılması durumunda emisyon üretiminde de % 45 oranında bir azalma sağlanabilmektedir.

Sera tipleri ve ısı perdesi kullanımı açısından Tip-2 ve Tip-3 arasında % 1,4-% 2,4 arasında bir farklılık oluşmaktadır. Bu durumda hangi sera tipinin seçilmesi gerektiğine yapı ve malzeme maliyetleri ile kullanım ömürleri açısından değerlendirme yapılarak karar verilmesi gerekmektedir. Tip-3 sera örtü malzemesi 10 yıl dayanma ömrüne sahipken Tip-2 için kullanılan örtü malzemesi 3 yıl dayanma ömrüne sahiptir. Ayrıca Tip-3 malzemede rüzgâr hızına bağlı ısı kayıplarının azaltılması için sızdırmazlığın iyi derecede sağlanabilmesi önem arz etmektedir. Bu sebeple montaj işçiliğine önem verilmelidir (Çaylı, 2014).

4.7. Kahramanmaraş ve Akdeniz Kuşağındaki Diğer İllerin Karşılaştırılması

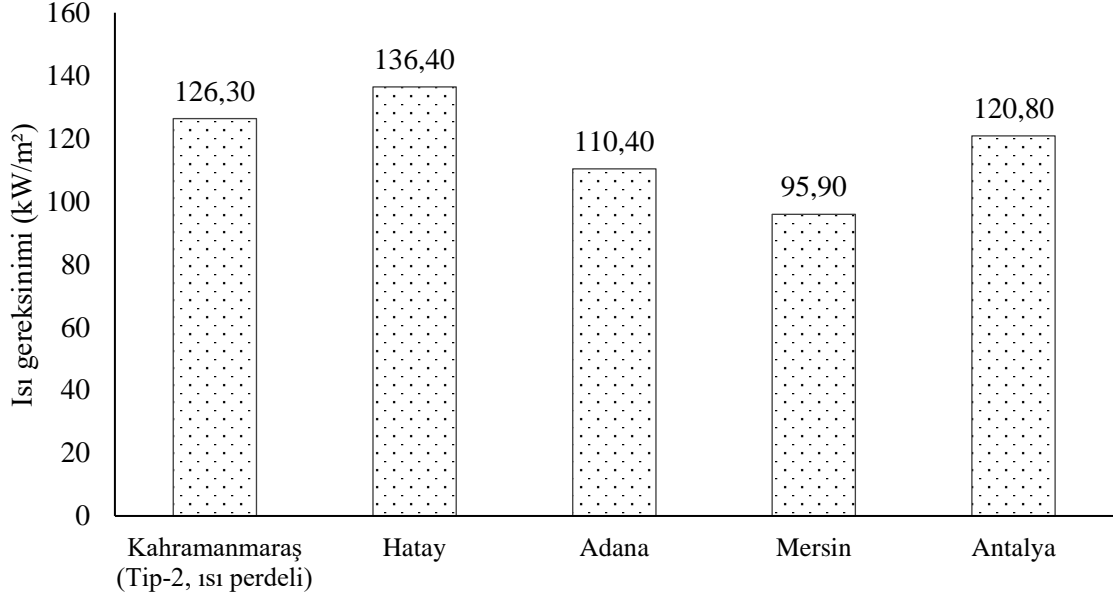
Tip-1 sera ve gece/gündüz sıcaklığı 16 °C, havalandırma sıcaklığı 25 °C olacak şekilde Kahramanmaraş ve diğer Akdeniz İklim kuşağındaki iller için ısı gereksinimleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Çizelge 4.9 incelendiğinde en az ısı gereksiniminin Mersin İlinde en fazla ısı gereksinimi Kahramanmaraş İlinde olduğu görülmektedir. Kahramanmaraş ili diğer illerle karşılaştırıldığında ısı gereksinimi bakımından 202.10 kWh/m² gibi oldukça yüksek bir değere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda ısıtma yapılan seralar için Kahramanmaraş’ın diğer illerdeki üreticiler ile rekabet imkânı zayıftır.

Çizelge 4.9. Akdeniz iklim kuşağındaki illerin Tip-1 sera için aylara göre ısı gereksinimi kWh/m²

| İl | Ocak | Şubat | Mart | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|---------------|-------|-------|-------|------|-------|--------|--------|
| Kahramanmaraş | 58.10 | 43.10 | 26.50 | 2.60 | 23.70 | 48.10 | 202.10 |
| Hatay | 42.00 | 28.60 | 15.60 | 0.50 | 14.50 | 35.20 | 136.40 |
| Adana | 33.60 | 25.20 | 15.20 | 0.10 | 9.20 | 27.10 | 110.40 |
| Mersin | 29.70 | 22.20 | 12.40 | 0.00 | 7.60 | 24.00 | 95.90 |
| Antalya | 34.70 | 27.90 | 18.80 | 0.30 | 11.50 | 27.60 | 120.80 |

Modern seralarda ısı perdesi ve çift kat örtü malzemesi kullanımı gibi ısı tasarruf önlemleri uygulanmaktadır. Ancak günümüzde örtü altı yetiştiriciliğin yaygın olarak yapıldığı Akdeniz bölgesindeki seraların % 3’ünde modern seracılık yapılmaktadır (Baytorun, 2016). Bu durum göz önüne alındığında Kahramanmaraş ilinde kurulacak modern seralarda yapılacak üretim, enerji tüketimi ve verimlilik açısından rekabet gücü yüksek olabilecektir.

Şekil 4.11’de Kahramanmaraş ili için Tip-2 sera ve ısı perdesi, diğer iller için Tip-1 sera ve ısı perdesiz durumda ısı enerjisi gereksinimleri verilmiştir.



Şekil 4.11. Akdeniz bölgesindeki iller için ısı gereksinimi

Modern seralarda kullanılan ısı tasarruf önlemlerinin Kahramanmaraş ili için uygulanması durumunda gereksinilen ısı enerjisi 126.30 kWh/m² olmaktadır. Bu durumda Akdeniz sahil kuşağındaki diğer illerin ısı gereksinimlerine yakın bir değer elde edilebilmektedir.

Diğer illerle seracılık açısından rekabet edebilmesi için, Kahramanmaraş'ta en uygun sera örtü malzemesi çift kat PE olduğu ayrıca ısı tasarruf önlemi olarak da ısı perdesi kullanılması gerektiği görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Seralar, dış iklim koşullarından bağımsız olarak bitkisel üretim yapılabilen, bu amaçla iç ortam iklimi kontrol edilebilen yapılardır. Her ne kadar dış ortam koşullarından bağımsız olarak serada iklimlendirme yapılsa da, dış ortam iklim koşulları serada iklim kontrol maliyetini belirleyen temel faktördür. Seralarda uygun iklim koşullarının sağlanması için kışın ısıtma, eğer yaz aylarında üretim yapılıyorsa bölgeye bağlı olarak gölgeleme ve/veya serinletme yapılması gerekebilir. Geçiş dönemlerinde ise genellikle doğal veya mekanik havalandırma ile bitkiler için uygun ortam sağlanabilmektedir.

Seralarda soğuk kış günlerinde ısıtma yapılarak üretim ve kalite artışı sağlanabilmektedir. Ancak yaygın olarak seracılık yapılan Akdeniz bölgesi sahil şeridindeki seraların çoğunda ısıtma yapılmamaktadır. Aşırı soğuk günlerde sadece dondan koruma amaçlı basit ısıtma sistemleri ile önlem alınmaktadır. Sera ısıtma sistemleri pahalı yatırımlardır. Sabit yatırım maliyeti yanında kullanılan yakıtta ek bir maliyet getirmektedir. Bu sebeple seralarda ısıtma sistemlerinin kurulması ve sıcak seralarda üretim yapılması düşük gelirli üreticiler tarafından tercih edilmemektedir. Hâlbuki ısıtma yapılarak elde edilecek üretim miktar ve kalitesi ile daha fazla gelir elde etmek mümkündür. Ancak buna rağmen, ürün fiyatlarındaki dalgalanmalar ve belirsizlikler üreticiler için bu tür yatırımların önünde bir engel oluşturmaktadır. Bu sebeple seraların projelenmesinde bölgenin iklimsel özelliklerinin yanında, ürünün pazarlanma olanakları, lojistik, işgücü gereksinimi, teknik personel ihtiyacının karşılanma olanakları gibi birçok parametrenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Seralarda ısıtma yükünün hesaplanmasında bölgesel olarak uzun yıllık iklim verileri, sera örtü malzemesi türü ve niteliği esas değişken olmasına rağmen ısı perdesi kullanımı, ısı perdesi türü, ısıtma sistemi, sera sızdırmazlık durumu, yetiştirilecek bitki türü, güneş radyasyonu, rüzgâr, aydınlatma vs. gibi birçok farklı parametre ısıtma yükünün hesaplanmasında önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda hesaplanacak ısıtma yükü, projelenecek sistemin ısıtma gücünün belirlenmesinde de temel kıstastır. Bu sebeple hesaplamaların tam ve doğru olarak yapılması yatırım maliyeti ve sistemin etkinliği açısından önem arz etmektedir. Tüm bu parametrelerin hesaplamalarda dikkate alınması ancak oldukça karmaşık problemlerin çözülmesi sonucunda mümkün olacaktır.

Bu amaçla geliştirilen ISIGER-SERA uzman yazılımı sayesinde bahse konu olan tüm çevresel ve yapısal parametreler dikkate alınarak hassas bir hesaplama yapılabilmektedir. Hesaplamaların hassas bir şekilde yapılması küçük sera üreticileri ile özellikle büyük yatırımcılar için, yatırımın maliyetleri açısından bir öngörülebilirlik sağlamaktadır.

Kahramanmaraş İli için uzun yıllık iklim verileri incelendiğinde Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ısıtma yapılması gerekmektedir. Ekim, Kasım, Mart ve Nisan aylarında ise sadece geceleri ısıtma yapılması yeterli olmaktadır. Eylül ve Haziran aylarında ise doğal havalandırmanın yanında serinletme de yapılması gerekmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında ise serada çok yüksek sıcaklıklar olduğu ve yetiştirilecek ürünün tarla ürünleri ile rekabet etme şansı olmadığından üretim yapılması tavsiye edilmemektedir.

Örtü malzemelerine göre ısı tüketimleri ise;

- (a) Tek kat PE sera için 387 947 kWh/a olarak bulunmuştur. Isı perdesi kullanılması durumunda ise bu değer 255 247 kWh/a'ya düşmektedir. Isı perdesi ile % 34 oranında bir ısı tasarrufu sağlanabileceği görülmektedir.
- (b) Çift kat PE sera için 356 667 kWh/a olarak bulunmuştur. Isı perdesi kullanılması durumunda ise 242 780 kWh/a'ya düşmekte ve % 32 oranında bir tasarruf sağlanabilmektedir.
- (c) Polikarbonat örtü malzemesi için 348 473 kWh/a ısı gereksinimi olmaktadır. Isı perdesi ile bu değer 239 318 kWh/a'ya düşmektedir. Tasarruf oranı ise % 31'dir.

Hesaplamalarda bulunan tasarruf oranları değerleri pratikte farklılık gösterebilir. Çünkü hesaplamalarda uzman sistem yazılımı üzerinden sızdırmazlık durumu (iyi, orta, kötü) gibi birçok parametre girilebilse de gerçek koşullarda bunların tam olarak tanımlanması mümkün değildir.

Maksimum ısı gücünün belirlenmesinde ısı tekerrürlerinin dikkate alınması önemlidir. Çünkü hesaplamada çok yüksek ısı gücü gereksinimleri bulunmakta, ancak bu ısı gücüne ihtiyaç duyulan süreye bakıldığında ısıtma sezonu içinde çok kısa sürelerde ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Tek kat PE serada ısı perdesi kullanılması durumunda yıllık toplam ısıtma süresi 2706 saat ve maksimum ısı gücü gereksinimi ise 270 kW olarak hesaplanmıştır. Yani bu serada ısıtma ihtiyacını karşılayacak sistemin gücünün 270 kW olması gerekmektedir. Hâlbuki bu sera için 200 kW ısıtma gücü gereksinimine ihtiyaç duyulan ısıtma süresi yılda sadece 115 saattir. Bu sebeple hesaplanan maksimum ısı gücü gereksinimi yerine daha düşük güçte bir ısıtma sistemi projelenebilir ve yılın 115 saati riske edilebilir. Ancak projelenecek sistemin riske edilen sürede de sera içerisinde sıcaklığın 0 °C'nin altına düşmesine izin vermeyecek güçte olması gerekmektedir.

Aylık olarak ısı gereksinimleri incelendiğinde ise, Kahramanmaraş ili için en fazla ısı gereksiniminin Ocak ayında olduğu görülmektedir. Bu aydaki ısı gereksinimi toplam gereksinimin % 28.7'sini teşkil etmektedir. Aynı oran Aralık ayında ise % 23.7, Şubat ayında ise % 21.3 olmaktadır. Toplam ısı gereksiniminin % 73.7'sine bu üç ayda ihtiyaç duyulmaktadır.

Uzun yıllık verilerden hesaplanan saatlik ısı gücü gereksinimlerine göre en yüksek ısı gücü gereksinime 06.00-07.00 saatleri arasında ihtiyaç duyulmaktadır. Saat 11.00-15.00 arasında tüm sezon boyunca ısıtma ihtiyacı olmadığı görülmektedir. Ancak uzun yıllık verileri ile yapılan bu hesaplamaların güncel meteorolojik olaylara göre farklılık gösterebileceği de göz önünde tutulmalıdır.

Kahramanmaraş ili seralarda ısıtma sistemlerindeki kullanılacak yakıt türleri karbondioksit emisyonları açısından karşılaştırıldığında ise en avantajlı yakıtın odun olduğu görülmüştür. Tek kat PE örtülü 1920 m² taban alanına sahip serada, ısı perdesi kullanılmaması durumunda ihtiyaç duyulan yakıt miktarları odun için 229 854 kg, İthal kömür için 75 590 kg ve doğalgaz için 444 83 m³ olarak bulunmuştur. Karbondioksit emisyonları ise sırasıyla 4 822, 170 368 ve 67 598 kg olduğu hesaplanmıştır. Yakıt olarak odun kullanılması ile oldukça düşük oranda bir emisyon hacmi elde edilmektedir.

Seralarda ısı tasarruf önlemleri ile hem gereksinilen yakıt miktarında hem de maksimum ısıtma gücünün azalması ile ısıtma sistemi yatırımlarından kazanç sağlanabilmektedir. Yapılan bu çalışmada da ısı perdesi kullanımı, çift kat örtü malzemesi kullanımı gibi ısı tasarruf önlemleri ile ısı tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür. Bu tasarruf oranı yaklaşık % 30 oranında olduğu hesaplanmıştır.

Akdeniz iklimi görülen diğer illerle karşılaştırıldığında Kahramanmaraş seracılık açısından rekabet etme olanağının düşük olduğu görülmektedir. Tek kat PE ve ısı perdesi kullanılmaması durumunda 202.10 kWh/m² olan toplam ısı gereksinimi, Hatay için 136.4 kWh/m², Antalya için 120.80 kWh/m², Adana için 110.40 kWh/m² ve Mersin için 95.90 kWh/m² olmaktadır. Bu durumda ısıtma yapılması durumunda maliyet açısından büyük bir fark ortaya çıkacaktır. Bu farkın giderilebilmesi ancak daha yüksek piyasa değeri bulunan farklı ürünlerin yetiştirilmesi, ısı perdesi kullanımı ve polikarbonat örtü malzemesi gibi ısı tasarruf önlemlerinin uygulanabildiği modern seralar için mümkün olabilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Ghany, A. M., 2011. Solar energy conversions in the greenhouses. *Sustainable Cities and Society*, 1(4), 219-226. doi: <http://doi.org/10.1016/j.scs.2011.08.002>
- Abdel-Ghany, A. M., Al-Helal, I. M., Alzahrani, S. M., Alsadon, A. A., Ali, I. M., Elleithy, R. M., 2012. Covering materials incorporating radiation-preventing techniques to meet greenhouse cooling challenges in arid regions: a review. *Sci World J*, 2012, 906360. doi: 10.1100/2012/906360
- Abdel-Ghany, A. M. M., Al-Helal, I. M. M., 2011. Solar energy utilization by a greenhouse: General relations. *Renew Energ*, 36, 189-196. doi: 10.1016/j.renene.2010.06.020
- Al-Hussaini, H., Suen, K. O., 1998. Using shallow solar ponds as a heating source for greenhouses in cold climates. *Energy Convers Manage*, 39(13), 1369-1376. doi: [http://doi.org/10.1016/S0196-8904\(98\)00007-7](http://doi.org/10.1016/S0196-8904(98)00007-7)
- Al-Mahdouri, A., Baneshi, M., Gonome, H., Okajima, J., Maruyama, S., 2013. Evaluation of optical properties and thermal performances of different greenhouse covering materials. *Sol Energy*, 96, 21-32. doi: 10.1016/j.solener.2013.06.029
- Arcidiacono, C., D'Emilio, A., Mazzarella, R., Leonardi, C., 2006. Covering materials to improve greenhouse microclimate during summer in hot climates. *Proceedings of the International Symposium on Greenhouse Cooling(719)*, 247-254.
- Arinze, E. A., Schoenau, G. J., Besant, R. W., 1986. Experimental and computer performance evaluation of a movable thermal insulation for energy conservation in greenhouses. *J Agr Eng Res*, 34, 97-113. doi: 10.1016/S0021-8634(86)80003-8
- Badran, A. A., Jubran, B. A., Qasem, E. M., Hamdan, M. A., 1997. Numerical model for the behaviour of a salt-gradient solar-pond greenhouse-heating system. *Appl Energ*, 58(1), 57-72. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0306-2619\(97\)00034-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0306-2619(97)00034-2)
- Bartzanas, T., Kitta, E., Katsoulas, N., Tsouknidas, A., 2012. Effect of Two New Cover Materials on Greenhouse Energy Consumption and Cooling Load. *Xxviii International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (Ihc2010): International Symposium on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation*, 927, 559-563.
- Başak, M. Z., Sevilgen, S. H., 2016. A Techno-economic Model for Heating of a Greenhouse Site Using Waste Heat. *Arab J Sci Eng*, 41(5), 1895-1905. doi: 10.1007/s13369-015-2009-y
- Baytorun, A. N., 2000. *Seralar (Çeviri)*. Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset atölyesi.
- Baytorun, A. N., 2016. *Seralar, Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirilmesi (1 ed.)*. İstanbul: Nobel kitabevi.
- Baytorun, A. N., Akyüz, A., Zaimoğlu, Z., 2000. *Seralarda iklimlendirme. 2. Uluslararası Turfanda Şurası*, Anamur.

- Baytorun, A. N., Tokgöz, H., Üstün, S., Akyüz, A., 1994. Seralarda iklimlendirme olanakları. 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi.
- Baytorun, N., Abak, K., Tokgöz, H., Altuntas, Ö., 1993. Effect of different greenhouse covering materials on inside climate and on the development of tomato plants. Paper presented at the II Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates 366.
- Baytorun, N., 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, N., Akyüz, A., Üstün, S., 2016a. Sera Isıtma Sistemlerinin Projelenmesinde Uzman Sistem "ISIGER-SERA". Tesisat Mühendisliği(155), 13-24.
- Baytorun, N., Akyüz, A., Üstün, S., 2016b. Seralarda ısıtma sistemlerinin modellemesi ve karar verme aşamasında bilimsel verilere dayalı uzman sistemin "ISIGER-SERA" geliştirilmesi. TÜBİTAK 114O533 nolu proje.
- Baytorun, N., Zaimoğlu, Z., Üstün, S., 2012. Akdeniz Bölgesi Seralarında Isı Enerjisi Gereksiniminin ve Enerji Artırım Önlemlerinin Etkisinin Belirlenmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, Bornova, İzmir.
- Blanchard, M. G., Runkle, E. S., 2011. The Influence of Day and Night Temperature Fluctuations on Growth and Flowering of Annual Bedding Plants and Greenhouse Heating Cost Predictions. Hortscience, 46(4), 599-603.
- Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Gratraud, J., vonEslner, B., 1997. Mechanical properties of covering materials for greenhouses .2. General overview. J Agr Eng Res, 67(2), 81-96. doi: DOI 10.1006/jaer.1997.0154
- Canakci, M., Emekli, N. Y., Bilgin, S., Caglayan, N., 2013. Heating requirement and its costs in greenhouse structures: A case study for Mediterranean region of Turkey. Renew Sust Energ Rev, 24, 483-490. doi: 10.1016/j.rser.2013.03.026
- Castilla, N., Hernandez, J., 2006. Greenhouse technological packages for high-quality crop production. Paper presented at the XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: International Symposium on Advances in Environmental Control, Automation 761.
- Castilla, N., Hernandez, J., 2007. Greenhouse technological packages for high quality production. Acta Horticulturae, 285-297. doi: 10.17660/ActaHortic.2007.761.38
- Cemek, B., Demir, Y., Uzun, S., Ceyhan, V., 2006. The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine. Energy, 31(12), 1780-1788. doi: 10.1016/j.energy.2005.08.004
- Chandra, P., Albright, L. D., 1980. Analytical Determination of the Effect on Greenhouse Heating Requirements of Using Night Curtains. T Asae, 23(4), 994-1000.
- Critten, D. L., Bailey, B. J., 2002. A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. Agr Forest Meteorol, 112, 1-22. doi: 10.1016/S0168-1923(02)00057-6

- Çaylı, A., 2014. Plastik Seralarda Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi ve Isı Artırım Önlemlerinden Isı Perdelerinin Etkinliğinin Araştırılması. (Doktora Tezi PhD), KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Çaylı, A., Boyacı, S., Üstün, S., Akyüz, A., 2014. Kahramanmaraş Bölgesi İçin Seralarda Maksimum Isıtma Yükünün Belirlenmesi. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye.
- D'Arpa, S., Colangelo, G., Starace, G., Petrosillo, I., Bruno, D. E., Uricchio, V., Zurlini, G., 2016. Heating requirements in greenhouse farming in southern Italy: evaluation of ground-source heat pump utilization compared to traditional heating systems. *Energ Effic*, 9(5), 1065-1085. doi: 10.1007/s12053-015-9410-y
- Damrath, J., 1980. Tabellen zur Heizenergieermittlung von Gewächshäusern Gartenbautechnische Informationen 8. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Hannover, 8.
- Furuno, S., Okushima, L., Sase, S., 2016. Comparison of coefficient of performance (COP) between an underground water source heat pump system and an air source heat pump system for greenhouse heating in cold and snowy areas in Japan. *J Agric Meteorol*, 72(3-4), 173-177. doi: 10.2480/agrmet.D-15-00029
- Garcia, J. L., De la Plaza, S., Navas, L. M., Benavente, R. M., Luna, L., 1998. Evaluation of the feasibility of alternative energy sources for greenhouse heating. *J Agr Eng Res*, 69(2), 107-114. doi: DOI 10.1006/jaer.1997.0228
- Gbioreczyk, K., von Elsner, B., Sonneveld, P. J., Bot, G. P. A., 2004. The effect of roof inclination on the condensation behaviour of plastic films used as greenhouse covering materials. *Protected Cultivation 2002: In Search of Structures, Systems and Plant Materials for Sustainable Greenhouse Production*(633), 127-136.
- Ghosal, M. K., Sahoo, N., 2016. Sustainable Seedlings Raising and Vegetable Cultivation in a Greenhouse Integrated with Solar Photovoltaic and Earth Air Heat Exchanger System. *Adv Sci Lett*, 22(2), 471-474. doi: 10.1166/asl.2016.6832
- Grigoriu, R. O., Voda, A., Arghira, N., Calofir, V., Iiescu, S. S., 2015. Temperature Control of a Greenhouse Heated by Renewable Energy Sources. 2015 Intl Aegean Conference on Electrical Machines & Power Electronics (Acemp), 2015 Intl Conference on Optimization of Electrical & Electronic Equipment (Optim) & 2015 Intl Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems (Electromotion), 494-499.
- Gul, A., Sen, E., Bonakdarzede, M., 2015. Does greenhouse covering material affect fruit quality of hydroponic tomatoes, *Acta Horti*, 1107, 237-243. doi: 10.17660/ActaHort.2015.1107.32
- Hemming, S., Mohammadkhani, V., van Ruijven, J., 2014. Material Technology of Diffuse Greenhouse Covering Materials - Influence on Light Transmission, Light Scattering and Light Spectrum. *International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant Factory - Greensys 2013*, 1037, 883-895.

- Hemming, S., Mohamrnadkhani, V., Dueck, T., 2008. Diffuse Greenhouse Covering Materials - Material Technology, Measurements and Evaluation of Optical Properties. Proceedings of the International Workshop on Greenhouse Environmental Control and Crop Production in Semi-Arid Regions(797), 469-475.
- Hussain, M. I., Ali, A., Lee, G. H., 2015. Performance and economic analyses of linear and spot Fresnel lens solar collectors used for greenhouse heating in South Korea. *Energy*, 90, 1522-1531. doi: 10.1016/j.energy.2015.06.115
- Hussain, M. I., Ali, A., Lee, G. H., 2016. Multi-module concentrated photovoltaic thermal system feasibility for greenhouse heating: Model validation and techno-economic analysis. *Sol Energy*, 135, 719-730. doi: 10.1016/j.solener.2016.06.053
- Jolliet, O., 1994. HORTITRANS, a Model for Predicting and Optimizing Humidity and Transpiration in Greenhouses. *J Agr Eng Res*, 57(1), 23-37. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jaer.1994.1003>
- Jolliet, O., Danloy, L., Gay, J. B., Munday, G. L., Reist, A., 1991. HORTICERN: an improved static model for predicting the energy consumption of a greenhouse. *Agr Forest Meteorol*, 55(3), 265-294. doi: 10.1016/0168-1923(91)90066-Y
- Kaçıra, M., 2011. Greenhouse production in US: status, challenges, and opportunities. Paper presented at the CIGR 2011 conference on Sustainable Bioproduction WEF.
- Kavga, A., Konstas, I., Panidis, T., 2015. Assessment of Infrared Heating Benefits in a Production Greenhouse. *Appl Eng Agric*, 31(1), 143-151. doi: 10.13031/aea.31.10747
- Kitta, E., Bartzanas, T., Katsoulas, N., 2012. Influence of Two New Greenhouse Covering Materials on Greenhouse Microclimate and Cooling Load. *International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys2011*, 952, 225-229.
- Klaring, H. P., Klopotek, Y., Krumbein, A., Schwarz, D., 2015. The effect of reducing the heating set point on the photosynthesis, growth, yield and fruit quality in greenhouse tomato production. *Agr Forest Meteorol*, 214, 178-188. doi: 10.1016/j.agrformet.2015.08.250
- Kravchenko, A., Saltanovich, T., Danailov, J., 1994. Influence of stress temperature on the masculine gametophyte of tomatoes. *Științe biologice și chimice*.
- Le Quillec, S., Brajeul, E., Lesourd, D., Loda, D., 2005. Thermal Screen Evaluation In Soilless Tomato Crop Under Glasshouse. *Acta Horticulturae*.
- Lee, H. W., Lee, J. W., Diop, S., Na, O. H., 2014. Measurement of Overall Heat Transfer Coefficient of Covering Material with Thermal Screens for Plastic Greenhouse. *International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant Factory - Greensys 2013*, 1037, 219-224.
- Lopez, J. C., Perez-Parra, J., Bonachela, S., Baille, A., 2003. Effects of heating strategies on earliness and yield of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown, under "parral"

- plastic greenhouses. Proceedings of the Sixth International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation, Vols 1 and 2(614), 439-444.
- Mariani, L., Cola, G., Bulgari, R., Ferrante, A., Martinetti, L., 2016. Space and time variability of heating requirements for greenhouse tomato production in the Euro-Mediterranean area. *Sci Total Environ*, 562, 834-844. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.057
- Meyer, J., 1976. Reducing energy consumption of greenhouses by the choice of the heating system. *Technical and Physical Aspects of Energy Saving in Greenhouses* 70, 90-94.
- Meyer, J., 1984. The influence of thermal screens on energy consumption of greenhouse. *Garten Dauwissen Schaft*, 49, 74-80.
- Montero, J. I., Anton, A., 2003. Tomato response to a high light transmission film used as a covering material for greenhouses. Proceedings of the Sixth International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation, Vols 1 and 2(614), 401-405.
- Nelson, P. V., 2003. *Greenhouse Operation and Management* (6 ed.): Prentice Hall.
- Nijskens, J., Deltour, J., Coutisse, S., Nisen, A., 1984. Heat-Transfer through Covering Materials of Greenhouses. *Agr Forest Meteorol*, 33(2-3), 193-214. doi: 10.1016/0168-1923(84)90070-4
- Noorollahi, Y., Bigdelou, P., Pourfayaz, F., Yousefi, H., 2016. Numerical modeling and economic analysis of a ground source heat pump for supplying energy for a greenhouse in Alborz province, Iran. *J Clean Prod*, 131, 145-154. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.05.059
- Papadopoulos, A. P., Hao, X. M., 1997. Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity, and energy use. *Sci Hortic-Amsterdam*, 70(2-3), 165-178. doi: 10.1016/S0304-4238(97)00054-X
- Pascuzzi, S., Anifantis, A. S., Blanco, I., Mugnozza, G. S., 2016. Electrolyzer Performance Analysis of an Integrated Hydrogen Power System for Greenhouse Heating. A Case Study. *Sustainability-Basel*, 8(7). doi: 10.3390/Su8070629
- Pertermann, I., Puthli, R., Ummenhofer, T., 2014. Temperature influence on roof snow loads of greenhouses - Melting of snow over heat-permeable claddings. *Stahlbau*, 83(12), 860-872. doi: 10.1002/stab.201410212
- Popovski, K., 1986. Location of heating installations in greenhouses for low temperature heating fluids. *CNRE Bulletin (FAO)*.
- Ramadan, M. R. I., El-Sebaei, A. A., Aboul-Enein, S., Khallaf, A. M., 2004. Experimental testing of a shallow solar pond with continuous heat extraction. *Energ Buildings*, 36(9), 955-964. doi: <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.03.002>

- Rath, T., 1992. Einsatz wissensbasierter Systeme zur Modellierung und Darstellung von gartenbautechnischem Fachwissen am Beispiel des hybriden Expertensystems HORTEX. Gartenbautechnische Informationen (Germany). no. 34.
- Schmidt, U., Huber, C., Dannehl, D., Rocks, T., Tantau, H. J., Meyer, J., 2011. Effect of Special Climate Conditions in Closed Greenhouses on Coefficient of Performance and Plant Growth - Preliminary Tests for Optimizing Closed Greenhouse Control. International Symposium on High Technology for Greenhouse Systems: Greensys2009(893), 429-436.
- Schuch, I., Dannehl, D., Miranda-Trujillo, L., Rocks, T., Schmidt, U., 2014. ZINEG Project - Energetic Evaluation of a Solar Collector Greenhouse with Above-Ground Heat Storage in Germany. International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant Factory - Greensys 2013, 1037, 195-201.
- Sethi, V., Sharma, S., 2007. Thermal modeling of a greenhouse integrated to an aquifer coupled cavity flow heat exchanger system. Sol Energy, 81(6), 723-741. doi: 10.1016/j.solener.2006.10.002
- Sethi, V. P., 2009. On the selection of shape and orientation of a greenhouse: Thermal modeling and experimental validation. Sol Energy, 83(1), 21-38. doi: http://doi.org/10.1016/j.solener.2008.05.018
- Sethi, V. P., Sharma, S. K., 2008. Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. Sol Energy, 82(9), 832-859. doi: 10.1016/j.solener.2008.02.010
- Sethi, V. P., Sumathy, K., Lee, C., Pal, D. S., 2013. Thermal modeling aspects of solar greenhouse microclimate control: A review on heating technologies. Sol Energy, 96, 56-82. doi: 10.1016/j.solener.2013.06.034
- Sharma, P. K., Tiwari, G. N., Sorayan, V. P. S., 1999. Temperature distribution in different zones of the micro-climate of a greenhouse: a dynamic model. Energ Convers Manage, 40(3), 335-348. doi: http://doi.org/10.1016/S0196-8904(98)00100-9
- Singh, G., Singh, P. P., Lubana, P. P. S., Singh, K. G., 2006. Formulation and validation of a mathematical model of the microclimate of a greenhouse. Renew Energ, 31(10), 1541-1560. doi: http://doi.org/10.1016/j.renene.2005.07.011
- Stanciu, C., Stanciu, D., Dobrovicescu, A., 2016. Effect of greenhouse orientation with respect to E-W axis on its required heating and cooling loads. Energy Proced, 85, 498-504. doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.234
- Stanghellini, C., Bruins, M., Mohammadkhani, V., Swinkels, G. J., Sonneveld, P. J., 2012. Effect of Condensation on Light Transmission and Energy Budget of Seven Greenhouse Cover Materials. International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys2011, 952, 249-254.

- Stanghellini, C., Kempkes, F., Knies, P., 2003. Enhancing environmental quality in agricultural systems. Paper presented at the International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment 609.
- Stefani, L., Zanon, M., Modesti, M., Ugel, E., Vox, G., Schettini, E., 2008. Reduction of the Environmental Impact of Plastic Films for Greenhouse Covering by Using Fluoropolymeric Materials. Proceedings of the International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management, Vols 1 and 2(801), 131-137.
- Strobel, C., Moura, L. M., Mariani, V. C., 2016. Radiative heat transfer considering the effect of multiple reflections in greenhouse structures. *J Braz Soc Mech Sci*, 38(4), 1325-1331. doi: 10.1007/s40430-015-0466-6
- Swinkels, G. L. A. M., 2012. Transvision: a Light Transmission Measurement System for Greenhouse Covering Materials. *Vii International Symposium on Light in Horticultural Systems*, 956, 563-568.
- Tantau, H. J., 1983. Heizungsanlagen Im Gartenbau. *Handbuch Des Erwerbsgärtners.*, 258.
- Tantau, H. J., 2013. Wärmebedarf von Gewachshäusern unter Berücksichtigung des latenten Wärmetransportes. *LANDTECHNIK – Agricultural Engineering*; Bd. 68, Nr. 1 (2013).
- Tantau, H. J., Hinken, J., von Elsner, B., Max, J. F. J., Ulbrich, A., Schurr, U., Hofmann, T., Reisinger, G., 2012. Solar Transmittance of Greenhouse Covering Materials. *Vii International Symposium on Light in Horticultural Systems*, 956, 441-448.
- Tekinel, O., Baytorun, A., 1990. Seracılıkta yeni teknolojiler. *Türkiye*, 5, 11-21.
- Tezcan, A., Buyuktas, K., 2013. Calculation of Structural and Heating Costs in Modern Greenhouses. *Trends in Agricultural Engineering 2013*, 607-611.
- Tiwari, G., Goyal, R., 1998. *Greenhouse technology: Fundamentals, design, modelling and applications*: Narosa Publishing House.
- Trigui, M., Barrington, S., Gauthier, L., 2001. SE—Structures and Environment. *J Agr Eng Res*, 78(4), 407-413. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/jaer.2000.0647>
- TUİK. 2016a. Niteliklerine göre örtü altı tarım alanları Türkiye İstatistik Kurumu. Ankara.
- TUİK. 2016b. Tarım alanları. Türkiye İstatistik Kurumu.
- Tülücü, K., 2003. Özel Bitkilerin Sulanması Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notları: Baskı.
- Urbancl, D., Trop, P., Goricanec, D., 2016. Geothermal Heat Potential - the Source for Heating Greenhouses in Southeastern Europe. *Therm Sci*, 20(4), 1061-1071. doi: 10.2298/Tsci151129155u
- Van't Ooster, A., de Wit, J., Janssen, E. G. O. N., Ruigrok, J., 2008. Heat Buffers Improve Capacity and Exploitation Degree of Geothermal Energy Sources. *Proceedings of*

the International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management, Vols 1 and 2(801), 733-740.

- Von Zabeltitz, C., 1986. *Gewachshäuser - Handbuch des Erwerbsgärtners*. Stuttgart: Ulmer-Verlag.
- Von Zabeltitz, C., 2011. Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control. 285-311. doi: 10.1007/978-3-642-14582-7_12
- Von Zabeltitz, C., 1992. Energy-efficient greenhouse designs for Mediterranean countries. *Plasticulture (France)*.
- Wang, S., Pieters, J. G., Deltour, J., 1998. Studies on radiometric, thermal and climatic properties of a new greenhouse covering material. *International Symposium on Greenhouse Management for Better Yield and Quality in Mild Winter Climates*(491), 49-54.
- Yağcıoğlu, A., 2009. *Sera Mekanizasyonu*. İzmir: Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Zhang, B. G., Fan, X. Y., Liu, M., Hao, W. G., 2016. Experimental study of the burning-cave hot water soil heating system in solar greenhouse. *Renew Energ*, 87, 1113-1120. doi: 10.1016/j.renene.2015.08.020
- Zhang, L., Xu, P., Mao, J. C., Tang, X., Li, Z. W., Shi, J. G., 2015. A low cost seasonal solar soil heat storage system for greenhouse heating: Design and pilot study. *Appl Energ*, 156, 213-222. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.07.036
- Zhang, Y., Gauthier, L., de Halleux, D., Dansereau, B., Gosselin, A., 1996. Effect of covering materials on energy consumption and greenhouse microclimate. *Agr Forest Meteorol*, 82, 227-244. doi: 10.1016/0168-1923(96)02332-5
- Zhang, Y., Mahrer, Y., Margolin, M., 1997. Predicting the microclimate inside a greenhouse: an application of a one-dimensional numerical model in an unheated greenhouse. *Agr Forest Meteorol*, 86(3), 291-297. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923\(96\)02422-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923(96)02422-7)
- Zhou, B., Zhang, Y., Yang, Q., Fang, H., Lu, W., Zhou, S., 2016. Dehumidification in a Chinese Solar Greenhouse Using Dry Outdoor Air Heated by an Active Heat Storage-Release System. *Appl Eng Agric*, 32(4), 447-456. doi: 10.13031/aea.32.11496

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Yusuf TEMİZKAN
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 12.06.1972, Diyarbakır
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (344) 236 00 80
E-posta : yusuf_temizkan@hotmail.com

Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi | Mezuniyet tarihi |
|--------|-----------------------|------------------|
| Lisans | Çukurova Üniversitesi | 1996 |
| Lise | Kahramanmaraş Lisesi | 1989 |

İş Deneyimi

| Yıl | Yer | Görev |
|-----------|-------------------------|--------------------------|
| 1997-1998 | Milli Eğitim Bakanlığı | Öğretmen |
| 1998-2005 | Köy Hizmetleri İl Müd. | Ziraat Mühendisi |
| 2005-2013 | İl Özel İdaresi | Ziraat Mühendisi |
| 2003-2013 | TMMOB Ziraat Müh. Odası | Kahramanmaraş Şube. Bşk. |
| 2013-.. | DSİ XX Bölge Müdürlüğü | Ziraat Mühendisi |

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Mühendislik bilimleri, Basketbol, Yüzme, Futbol, Kitap okuma