

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eisa Fathelrahman Hamdi ELGALİ

**KURAK İKLİM KOŞULLARINDA SERALARIN
İKLİMLENDİRİLMESİ: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA BÖLÜMÜ

ADANA, 2020

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURAK İKLİM KOŞULLARINDA SERALARIN İKLİMLENDİRİLMESİ: ŞANLIURFA ÖRNEĞİ

Eisa Fathelrahman Hamdi ELGALI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Nafi BAYTORUN
Yıl:2020,Sayfa: 115
Jüri : Prof. Dr. Nafi BAYTORUN
: Prof. Dr. Derya ÖNDER
: Prof. Dr. Adil AKYÜZ

Sıcak dönemlerde seraların iklimlendirilmesi bitkilerin ihtiyaç duyduğu konfor ortamının sağlanması açısından önemlidir. Seralar oldukça pahalı bitkisel üretim yapıları olduklarından yatırımın karlılığı açısından en yüksek verimin elde edilmesi ana hedeftir. Seralarda kaliteli yüksek verimin elde edilmesi bitkilerin arzuladıkları optimum yetiştirme koşullarının sağlanması ile mümkündür.

Seraların kurulduğu alanlarda günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin veya saatlik sıcaklık değerlerinin 27°C'nin üzerine yükselmesi durumunda seralarda serinletme önlemlerinin alınması gereklidir. Seraların sıcak dönemlerde serinletilmesinde en ucuz iklimlendirme önlemi havalandırmadır. Ancak sıcaklığın 27°C'nin üzerine yükselmesi durumunda havalandırma ve gölgelemenin birlikte yapılması serada üretimin devamı için yeterli olmamaktadır. Bu koşullarda seralarda evaporatif soğutmanın yapılması gerekli olmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'nin en yüksek Soğutma-Derece-Gün değerlerine sahip Şanlıurfa ilinin uzun yıllık saatlik iklim değerleri (sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve güneş ışınımı) esas alınarak bu ilimizde yapılacak seracılıkta havalandırma, havalandırma + gölgeleme ve evaporatif soğutma ile ulaşılabilecek sıcaklık değerlerinin psikrometrik eşitliklerden yararlanılarak hesaplanması ve fizibiliter için gerekli çalışma sürelerini belirlenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelime: Sera, Havalandırma oranı, Hava değişim sayısı, Soğutma

ABSTRACT

MASTER THESIS

CLIMATISATION OF GREENHOUSES IN HOT CLIMATE CONDITIONS: SANLIURFA CASE STUDY

Eisa Fathelrahman Hamdi ELGALİ

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION

Supervisor : Prof. Dr. Nafi BAYTORUN
Year: 2020, Pages: 115
Jury : Prof. Dr. Nafi BAYTORUN
: Prof. Dr. Derya ÖNDER
: Prof. Dr. Adil AKYÜZ

Air conditioning of greenhouses in hot periods is important in order to provide a comfortable environment that plants need. Since greenhouses are very expensive plant production structures, the main goal is to achieve the highest efficiency in terms of the profitability of the investment. Achieving high efficiency in greenhouses is possible by providing optimum growing conditions that plants require.

In the areas where greenhouses are established, if the average daily temperature rises above 22°C or hourly temperature rises above 27°C, it is necessary to take cooling measures in greenhouses. ventilation is the cheapest air conditioning measure for cooling greenhouses during hot periods. However, if the temperature rises above 27°C, ventilation and shading together are not sufficient for the continuation of production in the greenhouse. In these conditions, it is necessary to apply evaporative cooling in greenhouses.

In this study, based on the long annual hourly climate values (temperature, humidity, wind speed, and solar radiation) of Şanlıurfa province, which has the highest cooling-degree-day values in Turkey, it is aimed to calculate the temperature values that can be reached by ventilation, ventilation + shading and evaporative cooling by using psychrometric equations and to determine the required working time for feasibility studies.

Keyword:Greenhouse, Ventilation rate, Air Exchange number, Cooling

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Seralarda kaliteli bir üretim için bitki gelişim etmenlerinin (sıcaklık, nem, ışık, CO₂) uygun olması gereklidir. Seraların iklimlendirilmesi ile ürün veriminde kalite ve kantite açısından büyük artışlar sağlanır. Seraların iklimlendirmesi için alınması gereken teknik önemler ortaya çıkan sıcaklıklara göre değişmektedir. Günlük ortalama sıcaklık 12-22°C arasında olduğunda seraların iklimlendirilmesi için doğal havalandırma yeterli olmaktadır. Günlük ortalama sıcaklığın 22 °C'nin veya saatlik sıcaklığın 27 °C'nin üstüne çıkması durumunda, bu süreler için seralarda evaporatif soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan bu çalışmada Türkiye'de en yüksek soğutma-derece-gün (CDD=Cooling-Degree-Day) değerine sahip Şanlıurfa ilindeki ileri teknoloji seralarında sıcak dönemlerde yapılacak iklimlendirme önlemlerinin etkinliği araştırılmıştır.

Sıcak dönemlerde seralarda en uygun ve ekonomik iklimlendirme önlemi doğal havalandırmadır. Seralarda havalandırmanın etkinliği ulaşılan sıcaklık farkına göre belirlenir. Serada sıcaklık değişimlerine neden olan güneş ışıınının, transpirasyonun ve rüzgar hızının etkilerine bağlı olarak hava değişim sayısı ve buna bağlı serada ulaşılan sıcaklık farkları hesaplanmıştır.

Seraya ulaşan güneş ışıınının önemli bir kısmı duyulur ısıya dönüşerek sera sıcaklığının yükselmesine neden olabilmektedir. Yapılan bu çalışmada havalandırmaya ek olarak yapılan gölgeleme ile serada ulaşılan sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Gölgeleştirilen serada hava sıcaklığının gölgeleştirilmeyen seraya göre anlamlı derecede düşürülebileceği belirlenmiştir.

Serada ortaya çıkan sıcaklık bitki transpirasyonuna bağlıdır. Yapılan çalışmada bitkisel üretimin yapıldığı serada ulaşılan sıcaklık değerleri ile boş serada ortaya çıkan sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Bitkisel üretimin yapıldığı seralarda terlemenin etkisiyle iç ortam sıcaklığının daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Saatlik iklim değerlerinden gidilerek yapılan hesaplamalarda şanlıurfa koşullarda seralarda hava sıcaklığının Ekim-Kasım ve Nisan-Mayıs dönemlerinde havalandırma ile düzenlenebileceği, Mayıs ayının 13'ünden sonra sıcaklığın 27°C'ye üzerine yükselmesi nedeniyle havalandırmanın yeterli olmadığı, bu koşullarda seralarda soğutma yapmanın gerekli olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada havalandırma etkinliğin belirlenmesi için birim alana tekabül eden hava değişim sayısı ve hava değişim katsayısı belirlenmiştir. Hava değişim sayısı enerji dengesi yöntemine göre hesaplanmıştır. Seralarda ortaya çıkan hava değişim sayısı havalandırma kapaklarının büyüklüğü ve konumu yanında sıcaklık farkı ve rüzgarın yarattığı basınç farkına bağlıdır. Yapılan çalışmada farklı havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranına bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık değerleri enerji dengesi ve Bernoulli denklemi esas alınarak hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamalardan gidilerek seralarda yeterli havalandırma amacıyla havalandırma açıklığını büyüklüğü belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlara göre, havalandırma açıklıklarında böcek tülü kullanılmayan seralarda, havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranı %20-25 olması yeterli olabileceğini belirlenmiştir. Havalandırma açıklıklarında böcek tüllerinin kullanılması durumunda havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranının %40 olması önerilmiştir.

şanlıurfa iklim koşullarında yılın ilerleyen dönemlerinde hava sıcaklığının yükselmesine bağlı havalandırılan ve gölgelendirilen serada ulaşılan sıcaklık farkları hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Mayıs ayının ortalarından sonra gölgelenen ve havalandırılan serada sıcaklık 27°C'nin üzerine çıktığı belirlenmiştir. Belirtilen nedenle şanlıurfa iklim koşullarda Mayıs ayının ortalarından sonra seralarda bitkisel üretimin devamı için soğutma yapmak gereklidir.

şanlıurfa iklim koşullarda Evaporatif soğutma hesaplamalarında saatlik sıcaklık, oransal nem ve güneş ışınlmı değerlerinden yararlanılarak psikrometrik

eşitlikler yardımıyla farklı ped randımanlarında evaporatif soğutma ile ulaşılabilecek teorik sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.

Şanlıurfa iklim koşullarında en sıcak ay olan Temmuz ayında yapılan evaporatif soğutmada hava değişim sayısı $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olarak kabul edildiğinde, serada ulaşılan sıcaklık 27°C olurken, sadece birkaç gün öğle saatlerinde 27°C 'nin üzerinde seyretmiştir.

Şanlıurfa iklim koşullarında serada hava değişim sayısının $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olması durumunda soğutma için gerekli olan su miktarı $1.083 \text{ kg}/\text{m}^2$ olarak belirlenmiştir. Temmuz ve Ağustos aylarında serada sıcaklığın 27°C 'de tutulabilmesi için aylık su ihtiyacı sırasıyla $251.5 \text{ kg}/\text{m}^2\text{ay}$, $275.3 \text{ kg}/\text{m}^2\text{ay}$ olarak saptanmıştır..



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. A. Nafi BAYTORUN'a ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan sayın Prof.Dr. Derya ÖNDER'e ve Dr. Öğr. Üyesi Özkan Güğercine'e teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGE DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
1.1. Türkiye İklim Bölgeleri	5
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
2.1. Sıcak Dönemlerde Seraların İklimlendirilmesi.....	11
2.1.1. Seralarda Havalandırma.....	12
2.1.2. Hava Değişimi	17
2.1.3. Havalandırma Açıklıkları	19
2.1.4. Rüzgâr Hızı ve Yönünün Etkisi	20
2.1.5. Böcek Tüllerinin Etkisi	21
2.2. Gölgeleme	22
2.3. Soğutma	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
3.1. Materyal	41
3.2.Yöntem.....	41
3.2.1. Havalandırma.....	42
3.2.2. Gölgeleme	50
3.2.3. Soğutma	51
4.BULGULAR.....	55
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	95
KAYNAKLAR	103

ÖZGEÇMİŞ.....	115
---------------	-----



ÇİZELGE DİZİNİ**SAYFA**

Çizelge 1.1.	Türkiye’de Örtü Altı Alanlarının Yıllara Göre Gelişimi (ha) (1995-2016).....	2
Çizelge 1.2.	Düşük, Orta ve Yüksek Teknolojiye Sahip Seraların Özellikleri.....	3
Çizelge 1.3.	Meteorolojik Merkezlere Göre Soğutma-Derece-gün (CDD=Cooling Degree Day)Değerleri.....	6
Çizelge 1.4.	Farklı İllerin Aylara Bağlı Günlük Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C).	7
Çizelge 3.1.	Araştırmanın yapılacağı seranın boyut ve teknik özellikleri.....	41
Çizelge 3.2.	Deşarj Katsayısı Cd.	48
Çizelge 3.3.	Rüzgâr Etki Katsayısı Cw	48
Çizelge 3.4.	Havalandırma kapaklarının konumuna bağlı olarak deşarj (Cd) ve Rüzgâr etki katsayısı (Cw).....	49
Çizelge 4.1.	Şanlıurfa ilinin uzun yıllık aylara bağlı saatlik sıcaklık ortalamaları.....	56
Çizelge 4.2.	Şanlıurfa iklim koşullarında Mayıs ayının günlerine ait saatlik sıcaklık değerleri	57
Çizelge 4.3.	Şanlıurfa İli Aylara Bağlı Sıcaklık Tekerrürleri	58
Çizelge 4.4.	Böcek Tüpleri İçin Hesaplanmış Basınç Kaybı ve Büyültme Oranları	69
Çizelge 4.5.	Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen, Havalandırma alanı/Sera alanı oranının %40 olduğu koşullarda Mayıs ayında ulaşılan sıcaklık değerleri.....	71
Çizelge 4.6.	Şanlıurfa iklim koşullarında % 50 oranında gölgelendirilen boş serada yılın aylarına bağlı olarak 22°C’den yüksek sıcaklık saatleri	72

Çizelge 4.7. Şanlıurfa iklim koşullarında % 50 oranında gölgelendirilen ve içinde üretim yapılan serada yılın aylarına bağlı olarak 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri.....	73
Çizelge 4.8. Şanlıurfa iklim koşullarında % 50 oranında gölgelendirilen ve üretim yapılan serada yılın aylarına bağlı 27°C'den yüksek sıcaklık saatleri.....	75
Çizelge 4.9. Şanlıurfa ilinin Haziran ayı uzun yıllık saatlik oransal nem ortalamaları.....	79
Çizelge 4.10. Şanlıurfa ilinin Haziran ayı uzun yıllık saatlik sıcaklık ortalamaları.....	79
Çizelge 4.11. Şanlıurfa Mayıs-Eylül dönemi saatlik ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri	81
Çizelge 4.12. Şanlıurfa Mayıs-Eylül dönemi saatlik ortalama, maksimum ve minimum nem değerleri.....	82
Çizelge 4.13. Şanlıurfa koşullarında Temmuz ayında %50 oranında gölgelendirilen serada ped randımanının %80 olması durumunda ulaşılan sıcaklık değerleri.....	87
Çizelge 4.14. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen serada farklı ped randımanları ve farklı hava değişim sayılarında sıcaklığın 27°C'den yüksek olduğu saat sayısı ..	89
Çizelge 4.15. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 gölgelendirilen serada farklı ped randımanları ve farklı hava değişim sayılarında serada sıcaklığın 27°C'den yüksek olduğu saat sayısı.	90

Şekil 3.1. Havalandırma kapakları boyutları.....	47
Şekil 4.1. Şanlıurfa iklim koşullarında günlük ortalama sıcaklık ve toplam radyasyona bağlı serada alınması gerekli iklimlendirme önlemleri....	55
Şekil 4.2. Şanlıurfa iklim koşullarında farklı dış sıcaklık değerlerinin yılın saatlerine göre değişimi	59
Şekil 4.3. Gölgeleştirilmemiş boş bir serada güneş ışıınımı ve hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı	61
Şekil 4.4. Gölgeleştirilmeyen bitkili bir serada güneş ışıınımı ve hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı	62
Şekil 4.5. Gölgeleştirilen ve bitkisel üretimin yapıldığı bir serada güneş ışıınımı ve hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı .	63
Şekil 4.6. Gölgeleştirilmeyen boş ve bitkili serada, gölgeleştirilmiş bitkili serada hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı	64
Şekil 4.7. Bitkisel üretimin yapıldığı gölgeleştirilen ve boş bir serada havalandırma alanı/sera alanı oranına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı.....	65
Şekil 4.8. Bitkisel üretimin yapıldığı gölgeleştirilen serada farklı rüzgar hızı ve havalandırma açıklık oranlarında ulaşılan sıcaklık farkı.....	66
Şekil 4.9. Bitkisel üretimin yapıldığı gölgeleştirilen serada çatıda basma ve emme yüzeyindeki havalandırma açıklıklarına ve havalandırma alanı/sera alanı oranına bağlı ulaşılan sıcaklık farkı	67
Şekil 4.10. Şanlıurfa koşullarında Nisan ve Mayıs aylarında saatlik rüzgar hızı değerleri	68
Şekil 4.11. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgeleştirilen ve farklı A_v/A_G oranlarında mayıs ayının son haftasında serada hesaplanan iç sıcaklık değerleri.....	69

Şekil 4.12. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve farklı A_v/A_G oranlarında 31 Mayıs tarihinde serada iç sıcaklık değerleri. ...	70
Şekil 4.13. Şanlıurfa iklim koşullarında Havalandırma alanı/Sera alanı oranına bağlı olarak 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri	74
Şekil 4.14. Şanlıurfa iklim koşullarında Havalandırma alanı/Sera alanı oranına bağlı olarak 27°C'den yüksek sıcaklık saatleri	76
Şekil 4.15. Şanlıurfa (37°08' N) ili günlük maksimum sıcaklık ve minimum oransal nem değerleri.....	77
Şekil 4.16. Şanlıurfa (37°08' N) ilinde uzun yıllık iklim değerlerinden elde edilen Temmuz ayına ait saatlik sıcaklık, oransal nem ve güneş ışıınımlı değerleri.	78
Şekil 4.17. Şanlıurfa koşullarında Mayıs ayında gölgelendirilmeyen ve ped randımanı %80 olan serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli hava değişim sayısı	83
Şekil 4.18. Şanlıurfa iklim koşullarında 31 Mayıs tarihinde gölgelendirilmeyen ve ped randımanı %80 olan serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli hava değişim sayısı ve serada ortaya çıkan sıcaklık ve nem değerleri	84
Şekil 4.19. Şanlıurfa koşullarında Temmuz ayında gölgelendirilmeyen ve ped randımanı %80 olan serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli hava değişim sayısı	85
Şekil 4.20. Şanlıurfa'da Temmuz ayında %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanı %80 olan serada hava değişim sayısının $180 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ olması durumunda serada ulaşılan sıcaklık değerleri	86
Şekil 4.21. Şanlıurfa iklim koşullarında 18 Temmuzda %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanı %80 olan serada hava değişim sayısının $180 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ olması durumunda serada ulaşılan sıcaklık....	86

- Şekil 4.22. Şanlıurfa iklim koşullarında 18 Temmuz’da %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanı %80 olan serada hava sıcaklığının 27°C’de tutulabilmesi için gerekli hava değişim sayıları.88
- Şekil 4.23. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanının %80 olduğu serada hava değişim sayısına bağlı gereksinilen soğutma suyu miktarı. 91
- Şekil 4.24. Şanlıurfa iklim koşullarında evaporatif olarak soğutulan, ped randımanının %80, örtü geçirgenliğinin %30 olduğu serada sıcaklığın 27°C’de tutulması durumunda yılın günlerine bağlı günlük soğutma suyu gereksinimi. 92
- Şekil 4.25. Şanlıurfa iklim koşullarında evaporatif olarak soğutulan serada ped randımanının %80, örtü geçirgenliğinin %30 olduğu serada sıcaklığın 27°C’de tutulması durumunda yılın aylarına bağlı soğutma suyu gereksinimi..... 93
- Şekil 4.26. Şanlıurfa iklim koşullarında evaporatif olarak soğutulan serada farklı ped randımanlarında ped çıkışında arzulanan sıcaklığa bağlı soğutma suyu gereksinimi 94



1. GİRİŞ

Sera işletmeciliğini kısıtlayıcı en büyük etmen, serada bitki gelişimi için uygun iklim koşullarının sağlanmasında gerekli olan iklimlendirme giderleridir. Soğuk dönemlerde ısıtma giderleri toplam üretim giderleri arasında bölge iklimine bağlı olarak %20-%40 arasında değişirken, sıcak dönemlerde soğutma giderlerinin yüksek olması ve daha önemlisi serada üretilen ürünlerin dış ortam koşullarında üretilmesi nedeniyle seralar boş bırakılmaktadır (Baytorun ve ark., 2017). Ancak ekonomik değeri yüksek süs bitkilerinin yetiştirilmesi durumunda üretimin devamı için seraların soğutulması gereklidir.

Türkiye'de seracılık 1940 yıllarında Akdeniz bölgesinde özellikle Antalya'da başlamış, buradan ekolojik koşullara bağlı bir gelişme göstererek, Ege ve Marmara bölgelerine yayılmıştır. Türkiye'de örtü altı yetiştiriciliği en yoğun olarak Akdeniz bölgesinde yapılmaktadır. Bu bölge toplam örtü altı varlığımızın %84'üne sahiptir. Akdeniz bölgesinden sonra %9.4'lük payla Ege bölgesi, %4.8 ile Karadeniz ve %1.7 ile Marmara bölgeleri gelmektedir. En kuzeyde Yalova çevresindeki mikro klimada görülen seracılık, batıda İzmir ve Muğla çevresinde, güneyde Antalya ve Mersin'de yoğunlaşmakta ve Hatay'ın Samandağ ilçesine kadar uzanmaktadır.

Türkiye'de sera alanlarının son yıllardaki dağılımına rakamsal olarak bakacak olursak, yüksek tüneller dahil sera alanlarının yaklaşık %52'si Antalya'da, %29'u Mersin'de, %7'si Muğla'da, %3'ü İzmir'de ve %3'ü Aydın'da bulunmaktadır. Bu durum Türkiye'de seracılığın iklimin uygun olduğu Akdeniz bölgesinde yoğunlaştığını göstermektedir. **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**de Türkiye'de örtü altı yetiştiriciliği, seralar ve plastik tünellerdeki üretim alanlarının büyüklüğü verilmiştir. 2016 yılı itibarıyla toplam örtü altı alanlarımızın 69,171ha'a ulaştığı görülmektedir. Türkiye'de 2011 yılında 51 ilde örtüaltı tarımı yapılırken 2016 yılı itibarıyla bu sayı 71'e ulaşmıştır (Anonim, 2017).

Çizelge 1.1. Türkiye’de Örtü Altı Alanlarının Yıllara Göre Gelişimi (ha) (1995-2016) (Anonim, 2017).

Yıllar	Cam Sera	Plastik Sera	Yüksek Tünel	Alçak Tünel	Toplam
1995	3,442	10,868	2,142	19,852	36,304
2000	5,656	14,824	4,489	17,245	42,213
2005	6,543	17,104	6,692	16,415	46,754
2010	8,077	23,054	8,152	17,097	56,381
2014	8,098	29,865	10,710	15,672	64,344
2015	7,998	30,943	11,267	16,154	66,362
2016	8,012	32,875	11,297	16,987	69,171

Türkiye’de 1970’lerde artan bir sera tarımı başlamış ve seraların çoğu, 1980’li yıllarda çıkarılan KKDF (Kaynak Kullanımın Destekleme Fonu) çerçevesinde kurulmuştur. Bu seralar esas olarak düzenli olarak ısıtılmayan basit yapılardır. Son yıllarda az sayıda olsa da ileri teknoloji seraları kurulmuştur. Bu tür seralar bilgisayarlı kontrol sistemleriyle donatılmış olup, iklim kontrolünü mümkün kılan gölgeleme, soğutma veya sisleme, ısıtma, nem alma ve yapay aydınlatma gibi çok çeşitli iklimlendirme sistemleri ile donatılmışlardır.

Türkiye seracılığında son yıllardaki gelişmeler incelendiğinde, yıllık ortalama artış hızının %15 civarında olduğu görülmektedir. Bu artış hızı seracılığın yapıldığı birçok ülkeden daha fazladır. Türkiye’de seraların büyük çoğunluğu aile işletmeleri şeklinde olup ortalama büyüklükleri 400-1,500 m² arasında değişen küçük işletmeler şeklindedir. Türkiye’de seraların %75’i 0.3 ha’dan küçük, %25’i 0.4 ha’dan büyüktür (Anonim, 2017).

Türkiye’de büyük yatırımcı grupların da sektöre girmesiyle hızlı bir gelişim gösteren *modern seracılık*, son on yıllık süreci göz önüne aldığımızda büyük bir gelişme göstererek, günümüzde 1,200 ha seviyelerine ulaşmıştır. Bu rakama her yıl yaklaşık 150-200 ha alan eklenmektedir. Türkiye’de 69,171 ha örtü altı alanının yaklaşık 40,000 ha’ı yüksek örtü altı sistemleri olarak tanımlanan seralardan oluşmaktadır. Türkiye’de sera alanlarının %3’ünde modern seracılık yapılmaktadır. Önümüzdeki on yıllık süreçte bu payın %15 seviyelerine ulaşması hedeflenmektedir. Son zamanlarda, seracılık alanındaki büyümenin önemli bir

kısmı, ucuz bir ısıtma kaynağı olarak kullanılabilecek jeotermal kaynakların mevcudiyeti sayesinde Ege Bölgesinde olmaktadır(Tüzel ve ark., 2017).

Türkiye’de seraları sahip oldukları donanım ve teknolojiye bağlı olarak) Düşük teknolojiye sahip seralar, b) Orta teknolojiye sahip seralar, c) Yüksek teknolojiye sahip modern seralar olarak 3 grup altında incelemek mümkündür **(Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı. 2).**

Çizelge 1.2. Düşük, Orta ve Yüksek Teknolojiye Sahip Seraların Özellikleri

Teknoloji	Konstrüksiyon & Örtü Malzemesi	Çevre		Yetiştirme Motodu	Tahmini verim kg.m ⁻²
		Bitki	Kök		
DÜŞÜK	Çelik veya ahşap yapı elemanları	Pasif iklimlendirme (Çatı ve/veya yan duvar havalandırması)	Toprakta doğrudan üretim	Orta yükseklikte askıya alınmış kültür	Domates üretimi
	Tek kat PE plastik örtü		Manuel kontrollü Damla sulama		10-15
ORTA	Çelik yapı elemanları	Pasif/aktif serinletme Havalandırma	Toprakta veya topraksız ortamda üretim	Yükseğe alınmış kültür	Domates üretimi
	Çift katlı PE plastik veya sert plastik	Isıtmasız veya Hava üfleli ısıtma sistemi	Damla sulama	Uzun üretim periyodu	20-32
		Basit düzeyde otomasyon	Bazı gelişim etmenlerin Bilgisayarla kontrolü	Genelde bilgisayar kontrollü gübreleme	
YÜKSEK	Çelik ve veya alüminyum yapı elemanları	Zorunlu havalandırma +Evaporatif soğutma + Borulu ısıtma sistemi + CO ₂ gübrelemesi + Gölgeleme + Isı Perdeleri + Aydınlatma	Topraksız kültür, Taş yünü, cocopit ve diğerleri	Yükseğe alınmış kültür	Domates üretimi
	Cam polyetilen ve/veya polycarbonat		Tam kontrollü Damla sulama	Bilgisayara kontrollü gübreleme	32-50
			Işık intensitesine bağlı EC denetimi	Dönüşümlü hidroponik sistem	

Seralar, ürünü yalnızca dış doğal tehlikelerden korumakla kalmaz, aynı zamanda bitki performansını optimize etmek, üretim süresini uzatmak, çiçeklenme önceliğini sağlamak, üretim ve ürün kalitesini artırmak için mikro çevrenin yapay manipülasyonunu sağlar (Gruda ve Tanny, 2014; 2015). Seralarda yetiştirilen bitkilerin çoğu, ortalama 17–27 °C sıcaklıklara uygun ılıman iklim türleri olup yaklaşık 10 ve 35 °C'lik minimum ve maksimum sıcaklık sınırlarına dayanırlar. Seralarda üretilen bitkilerin iklim istekleri aşağıdaki gibi özetlenebilir. (Baudoin, ve ark., 1990; Krug, 1991; Sirjacobs, 1988; Verlodt, 1990).

1. Seradaki bitkiler dondan büyük zarar görürler. Ancak günlük minimum sıcaklık değeri 7°C olduğunda 0°C ve üstündeki düşük sıcaklık değerleri ihmal edilebilir.
2. Serada yetiştirilen bitkiler ortalama 17-27°C'ye adapte olmuşlardır. Sera etkisi dikkate alındığında günlük ortalama sıcaklık değerleri 12-22°C arasında olduğunda seralarda ısıtmaya gerek yoktur.
3. Günlük ortalama sıcaklığın 12°C'nin altına düşmesi durumunda seralar ısıtılmalıdır. Günlük ortalama sıcaklığın 7-12°C arasında olması durumunda ise seralar sadece gece saatlerinde ısıtılmalıdırlar.
4. Günlük ortalama sıcaklık 22°C'nin üzerine çıktığında, seralarda ek soğutma önlemlerinin alınması zorunludur. Aksi takdirde serada bitki büyümesi duracaktır. Günlük ortalama sıcaklık 12-22°C'e arasında olduğunda seralarda iklimlendirme için doğal havalandırma yeterli olmaktadır.
5. İyi bir bitki gelişimi için gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı 5-7°C arasında olmalıdır(Nisen ve ark., 1988).
6. Sıcaklık değerlerinin 27°C'nin üstüne çıkması durumunda, seralarda oldukça pahalı olan soğutma sistemlerinin kurulması zorunludur. Akdeniz sahil şeridindeki seralarda belirtilen dönemlerde üretim yapılmayıp seralar boş bırakılmaktadır.

7. Bitkiler için mutlak maksimum sıcaklık 35-40°C'nin üstüne çıkmamalıdır.
8. Yılın üç ayında (Kasım-Aralık-Ocak) toplam gün uzunluğu 500-550 saat arasında olmalıdır. Günlük toplam küresel ışıınım ise 2300 Wh/m²d olmalıdır. Bitki büyümesi için toplam güneş ışıınımı sınırı 1000 Wh/m²d'dür(Krug, 1991).
9. Minimum toprak sıcaklığı 15°C olmalıdır.
10. Serada üretilen domates, hıyar, kavun ve fasulye için ortalama gece sıcaklığı 15-18.5°C olmalıdır(Verlode, 1990).
11. Hava neminin %70-%90 arasında olması güvenilir aralık olarak kabul edilmektedir.

Günlük ortalama sıcaklığın 12-22°C arasında bulunması durumunda seralarda havalandırmayla ortam sıcaklığının bitkilerin arzuladıkları değerlerde tutulması mümkün olabilmektedir. Günlük ortalama sıcaklığın 22-27°C arasında bulunması durumunda havalandırma ve günün belirli saatlerinde soğutma önlemlerinin, 27°C'nin üstünde olması durumunda tüm gün soğutma önlemlerinin alınması zorunlu hale gelmektedir (von Zabeltitz, 2011). Seracılığın yaygın olarak yapıldığı Akdeniz iklim koşullarında, Şubat ayının ortasından başlayarak Mayıs ayının ilk haftasına kadar düzenli havalandırma yaparak bitkilerin adapte olduğu 17-27°C sıcaklığın sağlanması mümkün olabilmektedir.

1.1. Türkiye İklim Bölgeleri

Türkiye farklı iklim bölgelerine sahiptir. Bir iklimin sertliği derece-gün cinsinden hassasiyetle karakterize edilebilir. Tüm dünyada özellikle ısıtma ve ısı yalıtımı uygulamaları için derece-gün sayıları kullanılarak coğrafik bölgelerden farklı olarak derece-gün bölgeleri tespit edilmektedir(Dağsöz, 1998; Lstiburek, 2001; TS 825, 1998).

Derece-gün değerleri temelde, seçilen denge noktası sıcaklığına bağlıdır. Denge noktası sıcaklığı (eşik sıcaklığı) bir yapıda ısıtma veya soğutmaya ihtiyaç

duyulmadığı zamandaki dış ortam sıcaklığı olarak alınabilir. Geleneksel olarak yapılarda ısıtma derece-gün sayıları 18 °C denge sıcaklığında, soğutma derece-gün sayıları ise 22 °C denge noktası sıcaklığında hesaplanır(ASHRAE, 2001; Büyükalaca ve ark., 2001; Kreider ve ark., 1994).

Türkiye’de seracılığın yapıldığı farklı iklim bölgelerindeki soğuta-derece-gün değerleri Çizelge 1.3’te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi seracılığın yoğun olarak yapıldığı Akdeniz iklim kuşağında Soğutma Derece Gün (CDD=Cooling-Degree-Day) değeri 550-650 arasında değişirken, karasal iklime sahip jeotermal bölgelerde ise CDD değeri 15-70 arasında değişmektedir. Karasal iklim bölgelerinde soğutmaya ihtiyaç duyulmazken, ılıman ve kurak iklim bölgelerinde soğutmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Çizelge 1.3. Meteorolojik Merkezlere Göre Soğutma-Derece-gün (CDD=CoolingDegreeDay)Değerleri

İstasyon	Ortalama CDD	İstasyon	Ortalama CDD	İstasyon	Ortalama CDD
Adana	659.0	Mersin	606.7	Kütahya	17.5
Antalya	569.5	İzmir	533.9	Denizli	434.8
Aydın	536.1	Kırşehir	70.6	Diyarbakır	757.7
Antakya	540.8	Afyon	29.4	Şanlıurfa	963.1

Son yıllarda Türkiye’de büyük tarımsal potansiyele sahip olan Şanlıurfa ilinde jeotermal kaynakların bulunduğu lokal alanlarda yüksek teknolojiye sahip modern seralar kurulmaktadır. Bu seralarda kışın düzenli ısıtma yapılırken Mayıs ayından sonra serada üretim yüksek sıcaklıktan dolayı zorlaşmaktadır. Çizelge 1. 3’ten de görüleceği gibi Şanlıurfa ili Türkiye’nin en yüksek CDD değerine sahiptir.

Herhangi bir yerin seracılığa uygunluğunu belirlemek için ilgili yerin iklimini incelemek gereklidir(Kittas, 1995). Bu amaçla, aylara bağlı günlük ortalama sıcaklık ve günlük ışıınım değerleri incelenerek o bölgede yapılacak seracılıkta bitki konforunun sağlanabilmesi için hangi iklimlendirme önleminin alınacağına karar verilmelidir.

Türkiye’de seracılığın yapıldığı ve jeotermal kaynaklar bakımından seracılığa elverişli illerin aylara bağlı günlük ortalama sıcaklıkları Çizelge 1. 4’te verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi I. bölgede yer alan illerin ısıtma yönünden avantajları II. ve III. Bölgedeki illere göre bariz olarak ortaya çıkarken, Haziran ayından sonra günlük ortalama sıcaklığın 22°C’nin üzerine yükselmesi bu bölgede yapılacak seracılıkta aktif soğutmayı zorunlu kılmaktadır. İklimlendirme açısından II. Bölgede bulunan Şanlıurfa’da durum I. Bölgede bulunan illerden daha kötüdür. Şanlıurfa’da seralar kışın I. Bölgeye göre daha fazla ısı gereksinimine ihtiyaç gösterirken yazın da soğutma olmadan üretimin devamı mümkün olmamaktadır. Ancak Şanlıurfa’da hava neminin düşük olması soğutma açısından I. bölgedeki illere göre avantaj sağlamaktadır.

Çizelge 1.4. Farklı İllerin Aylara Bağlı Günlük Ortalama Sıcaklık Değerleri (°C).

Bölge	İl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Ağu.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
I.	Adana	9.6	10.6	13.6	17.6	21.7	25.6	28.2	28.6	26.1	21.8	15.7	11.1
	Antakya	8.1	9.8	13.2	17.1	21.1	24.8	27.2	27.8	25.7	20.8	14.2	9.5
	Antalya	9.9	10.4	12.8	16.1	20.3	25.1	28.2	28.0	24.9	20.3	15.1	11.4
	Mersin	10.3	11.1	13.9	17.4	21.1	24.8	27.7	28.2	25.7	21.5	16.1	11.9
	İzmir	8.8	9.4	11.8	15.8	20.7	25.4	27.8	27.5	23.6	18.9	14.1	10.5
	Aydın	8.0	9.1	11.8	15.7	20.7	25.5	27.9	27.2	23.3	18.4	13.2	9.4
II.	Balıkesir	4.6	5.7	8.0	12.9	17.5	22.1	24.1	23.9	20.4	15.6	10.4	6.7
	Bursa	5.2	6.1	8.4	12.8	17.5	21.9	24.2	24.0	20.1	15.4	10.7	7.3
	Denizli	5.7	6.8	10.0	14.4	19.5	24.2	27.1	26.7	22.3	16.8	11.4	7.4
	Yalova	6.4	6.7	8.3	12.3	16.7	21.1	23.3	23.3	20.0	15.9	11.9	8.6
	Muğla	5.3	5.9	8.6	12.5	17.7	22.9	26.3	26.1	21.8	16.1	10.5	6.8
	Samsun	7.1	7.1	8.1	11.3	15.5	20.1	23.0	23.3	20.1	16.3	12.5	9.3
	Şanlıurfa	5.7	6.9	11.0	16.2	22.2	28.1	31.8	31.3	27.0	20.4	12.8	7.5

Seralarda verim ve kalite dış iklim koşullarına bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık, nem, ışık ve CO₂ yoğunluğuna bağlıdır. Günlük ortalama sıcaklığın 12°C-22°C arasında olduğu koşullarda havalandırma sistemleri ile serada bitkiler için uygun koşulların sağlanması mümkün olabilmektedir(Nisen ve ark., 1988). Seralarda ulaşılan sıcaklık farkı (ΔT) havalandırma açıklıklarının büyüklüğüne ve konumuna bağlı olarak değişmektedir(Baytorun, 1986; Baytorun ve ark.,

1987).Ancak iyi bir havalandırma ile bitkisel üretimin yapıldığı seralarda ulaşılan sıcaklık dış sıcaklığın 1°C-2°C üzerindedir(von Zabeltitz, 1986).

Yazın güneş radyasyonunun yüksek olduğu günlerde iyi bir havalandırma sistemine sahip seralarda bile bitki yaprak sıcaklıkları sera sıcaklığının 5°C-15°C üstüne ykselebilmektedir. Bu durum iyi bir havalandırmanın bile bitki sıcaklığını düşürmede yeterli soğutmayı sağlamadığını göstermektedir (von Zabeltitz, 1986;Baytorun, 2000). Bu durumda serada sıcaklığın ve su bütçesinin optimum veya optimuma yakın bir değerde tutulabilmesi için seranın soğutulması gereklidir.

Günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin üstüne çıkması durumunda farklı iklimlendirme önlemleri ile bitkilerin arzuladıkları sıcaklıkları sağlamak zorunludur (von Zabeltitz, 2011).Günlük ortalama sıcaklığın 22°C'denyüksek olduğu dönemlerde havalandırma ile serada sıcaklığın düzenlenmesi mümkün değildir. Bu koşullarda serada havalandırma ile birlikte gölgelendirme gibi ek önlemin alınması veya soğutma yapma gereği ortaya çıkmaktadır.

Sera kurulacak yerde günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin veya maksimum sıcaklığın 27°C'nin üstüne çıkması durumunda, aktif soğutma yapma gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Kittas ve ark., 2013; Baytorun, 2016).

Türkiye'de seracılığın yapıldığı kurak iklim bölgelerinde kurulan seralarda Haziran ayından sonra üretim yapılmamaktadır. Bunun da nedeni soğutma için gerekli olan elektrik enerjisi ve temiz su miktarı nedeniyle üretim maliyetinin yüksek olması ve serada üretilen ürünlerin dış iklim koşullarında üretilen ürünlerle rekabet edememesinden kaynaklanmaktadır. Ancak büyük maliyetlerle kurulan yüksek teknolojiye sahip seraların boş bırakılması ve iklimin üretim için uygun olduğu soğuk bölgelerde üretilen sera ürünlerinin yüksek fiyatlara pazarlanması nedeniyle kurak iklim bölgelerindeki evaporatif soğutmanın teknik ve ekonomik yönden irdelenmesini gerektirmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'nin en yüksek Soğutma-Derece-Gün(CDD=Cooling-Degree-Day) değerlerine sahip Şanlıurfa ilinin uzun yıllık saatlik iklim değerleri (sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve güneş ışınlımı) esas alınarak bu ilimizde yapılacak

seracılıkta havalandırma, havalandırma + gölgeleme ve evaporatif soğutma ile ulaşılabilecek sıcaklık değerlerinin enerji dengesi yöntemi ve psikrometrik eşitliklerden yararlanılarak hesaplanması ve fizibiliteler için gerekli çalışma sürelerini belirlenmesi amaçlanmıştır.





2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Sıcak Dönemlerde Seraların İklimlendirilmesi

Yazın güneş ışıınının yüksek olduğu günlerde iyi bir havalandırma sistemine sahip bitkisel üretimin yapıldığı seralarda hava sıcaklığı dış sıcaklığın 1°C-2°C üzerinde seyrederken, bitki yaprak sıcaklıkları hava sıcaklığının 5°C - 15°C üstüne yükselebilmektedir. Bu durum iyi bir havalandırmanın bile bitki sıcaklığını düşürmede yeterli soğutmayı sağlamadığını göstermektedir (von Zabeltitz, 1986; Baytorun, 2016). Bu durumda serada havalandırma ile birlikte gölgeleme yaparak bitki yaprak sıcaklığının hava sıcaklığına yaklaştırılması mümkün olabilmektedir. Ancak günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin üzerine yükselmesi durumunda serada sıcaklığın ve su bütçesinin optimum veya optimuma yakın bir değerde tutulabilmesi için seranın soğutulması gereklidir.

Sıcak dönemlerde seralarda iklimlendirme amacıyla alınan önlemler aşağıda verildiği gibi sıralanır (von Zabeltitz, 1986, Baytorun, 2016). Bunlar;

a)-*Havalandırma*: Havalandırma temelde sera sıcaklığını etkiler. İyi bir havalandırma ile sera sıcaklığını dış sıcaklığın 2°C-3°C üstüne kadar düşürebilmek mümkündür (von Zabeltitz, 1986). Ancak güneş ışıınının yüksek olduğu günlerde bitki sıcaklığı çok yüksek değerlere ulaşabilmektedir.

b)-*Gölgeleme*: Gölgeleme seraya ulaşan güneş ışıınınını engelleyerek bitki sıcaklığını düşürür. Gölgeleme sistemleri hava değişimini olumsuz etkilediğinde sera sıcaklığı gölgeleme sistemi olmayan, ancak havalandırılan seradan daha yüksek olabilmektedir. Havalandırma ve gölgeleme sistemleriyle sera havası ve bitki yaprak sıcaklığının dış sıcaklığın altına düşürülmesi mümkün değildir. Bu durumda başka önlemlere başvurmak gereklidir. Gölgeleme Akdeniz bölgesinde bulunan seralarda Mayıs ayından sonra yapılmak zorundadır (Baytorun, 2016).

a) c)-*Evaporatif soğutma*: Günlük ortalama sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde (>22°C) havalandırma ve gölgeleme ile serada sıcaklığın düzenlenmesi yeterli olmamaktadır. Bu koşullarda serada soğutma yapma gereği ortaya

çıkılmaktadır (Kittas ve ark., 2013; Baytorun, 2016). Seralarda soğutmada en çok kullanılan yöntemlerden birisi havaya su eklenerek yapılan evaporatif soğutmadır (Baytorun, 2016). Bu sistem seralarda ışık miktarını azaltmadan, hava ve bitki yaprak sıcaklığını düşürmek amacıyla değişik şekillerde kullanılmaktadır (Baytorun, 2000; Baytorun, 2016). Bunlar;havalandırma girişinde havanın nemlendirilmesi ile soğutma,serada suyun doğrudan püskürtülmesi yardımıyla soğutma,bitkilerin doğrudan ıslatılması yardımıyla soğutmadır.

2.1.1.Seralarda Havalandırma

Doğal havalandırma iklimlendirme önlemleri içerisinde en ucuz olanıdır. Günlük ortalama sıcaklığın 12°C-22°C arasında olduğu koşullarda havalandırma ile serada bitkiler için uygun koşulların sağlanması mümkün olabilmektedir (Nisen ve ark., 1988). Seralarda ulaşılan sıcaklık farkı havalandırma açıklıklarının büyüklüğüne ve konumuna bağlı olarak değişir(Baytorun, 1986; Baytorun ve von Zabeltitz, 1987). Ancak iyi bir havalandırma ile üretimin yapılmadığı boş seralarda ulaşılan sıcaklık dış sıcaklığın 2°C-3°C üzerinde olurken, üretimin yapıldığı seralarda 1°C-2°C'ye kadar çekilebilmektedir (Baytorun, 2000;Baytorun, 2016).

Havalandırma iç ve dış atmosfer arasında hava değişimi olarak tanımlanır. Hava değişimi seradaki havalandırma açıklıkları ile gerçekleşir. Seradan havalandırma ile atılan havanın nemi düşük olduğunda, kuru havanın düşük özgül ısısı nedeniyle tahliye edilen enerji çok sınırlıdır. Seradan atılan hava nemli olduğunda, sıcaklık düşüşü çok daha yüksek olmaktadır, çünkü nemli sera havası ile atılan enerji çok daha büyüktür (Nicolás, 2011). Belirtilen nedenle, iç ve dış ortam arasındaki nem farkı, sera serinletmede sıcaklık farkından daha önemlidir.

Sera havalandırmasının amacı iç ve dış ortam arasındaki karbondioksit ve oksijen değişimi, sıcaklık ve nem kontrolüdür. Havalandırma serada yüksek ve kaliteli verim için gerekli olan iklim kontrolünde önemli bir faktördür. Havalandırma sistemlerinin önemli kriterleri, iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık

farkı, sera içindeki sıcaklık dağılımının homojenliği ve bitki sıra aralarındaki hava hızıdır.

Havalandırma ile sağlanan hava hareketi, sera iklim faktörlerinin tekdüzeliğini ve sonuç olarak bitki büyümesini ve kalitesini etkiler (Sase, 2006).Seralarda havalandırma, aşırı ısı enerjisinin neden olduğu iç sıcaklığı, aşırı nemi, istenmeyen gazları ve tozu gidermek için kullanılan en etkili yöntemdir (Baptista ve ark., 1999; Khaoua ve ark., 2006). Yaz aylarında, havalandırmanın ana görevi havanın serinletilmesi ve iç ortamdaki koşullara bağlı olarak hava neminin düzenlenmesidir. Havalandırma ile sıcaklık, nem ve CO₂ konsantrasyonunu bitkilerin istediği koşullarda tutmak mümkündür (Baytorun, 2016).

Optimal bir bitki gelişimi için dış sıcaklık, güneş radyasyonu ve seranın neminin yüksek olduğu koşullarda yeterli bir havalandırma ile optimum koşullar sağlanmalıdır (Baudoin ve ark., 2013). Seralarda iklim kontrolünün iyi anlaşılmasını sağlamak için hava değişiminin hesaplaması gereklidir. Serada ortaya çıkan hava değişimi, bitki gelişimini ve üretimini etkileyen sıcaklık, nem ve karbondioksit konsantrasyonu gibi çevresel koşulları etkilemektedir (Baptista ve ark., 1999).

Seralarda havalandırmanın önemi nedeniyle son 15 yılda doğal havalandırma ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğunda, havalandırma sistemlerinin etkinliğini belirlemede kullanılan hava değişim sayısının belirlenmesinde indikatör gaz yöntemi (Baptista ve ark., 1999; Baytorun, 1986; Katsoulas ve ark., 2006; Parra ve ark., 2004) ve enerji dengesi modelleri kullanılmıştır (Demrati ve ark., 2001; Wang ve Deltour, 1996).

Havalandırma açıklıklarından ortaya çıkan hava akış debisinin doğrudan hesaplanması, seradaki basınç farkının ölçülmesi ile gerçekleştirilir(Boulard ve ark., 1998; Kittas ve ark., 1996).

İyi bir bitki gelişimi için serada iç sıcaklığın 18-20°C'ye ulaşması durumunda havalandırma gerekli olmaktadır (von Zabeltitz, 2011). Sıcak ve nemli iklimlerinde serada maksimum sıcaklık 27°C'yi geçtiğinde, çatı havalandırması

gereklidir(von Zabeltitz, 2011).Serada 35°C'nin üzerindeki hava sıcaklığı genellikle bitkiler için uygun değildir. Seralarda yeterli havalandırma sağlanarak ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde sera hava sıcaklığının bu üst sınırın altına düşürülmesi mümkündür.

Seralarda havalandırma doğal ve zorunlu (mekanik) havalandırma olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma rüzgâr hızı, sıcaklık ve neme bağlı ortaya çıkan basınç farkından meydana gelmektedir (Baytorun, 1986; Ghosh ve Ganguly, 2011). Doğal havalandırma sera iç ortam ikliminin düzenlenmesinde kullanılan en ucuz, en basit ve en kolay yöntemlerden biridir (Khaoua ve ark., 2006). Doğal havalandırma sera ve dış ortam arasındaki basınç farkına bağlı hava değişimine dayanmaktadır. Güneş radyasyonu şiddetinin yüksek olduğu dönemlerde, seralarda hava sıcaklıkları bitkilerin optimum sınırlarının üzerine yükselir (Kittas ve ark., 2001). Seralara ulaşan güneş ışınımına bağlı olarak sıcak aylarda bitkilere uygun bir üretim ortamının sağlanması için seraların iklimlendirilmesi zorunludur.

Akdeniz bölgesinde uzun yıllık ortalama sıcaklık ve günlük toplam radyasyon değerleri incelendiğinde seraların Ekim-Kasım, Mart-Mayıs aylarında düzenli havalandırılması Kasım-Şubat aylarında havalandırılması ve ısıtılması, Haziran ve Eylül dönemlerinde ise havalandırılması ve soğutulması gereklidir.

Güneş radyasyonunun yüksek olduğu dönemlerde iyi bir havalandırma sistemiyle bitkisel üretimin yapıldığı serada hava sıcaklığı dış sıcaklığın 1°C-2°C üzerinde tutulurken, bitki yaprak sıcaklıkları sera sıcaklığının 5°C-15°C üstüne yükselebilmektedir. Bu koşullarda seralarda havalandırma ile birlikte gölgeleme yapılarak yaprak sıcaklığının hava sıcaklığına yaklaştırılması mümkündür (Baytorun, 2016).

Doğal havalandırma sera içi ve dışı arasındaki basınç farkından meydana gelmektedir. Sera içi ve dışı arasında basınç farkının ortaya çıkması sıcaklık ve

nem farkı yanında rüzgarın sera yüzeyinde yarattığı basınçtan da kaynaklanmaktadır (von Zabeltitz, 2011).

Havalandırma etkinliği, rüzgâr hızı ve yönüne, seranın içi ile dışı arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Ayrıca havalandırma etkinliği havalandırma açıklıklarının büyüklüğüne ve konumuna bağlıdır. Dış sıcaklık ve güneş radyasyonunun yüksek olduğu koşullarda doğal havalandırma yetersiz olabilmektedir. Doğal havalandırma dış iklim koşullarından rüzgar hızına ve yönüne bağlı olduğundan tahmin edilemez (Sabeh ve ark., 2007).

İyi tarım uygulamaları (GAP) çerçevesinde yapılan önerilerde, seralarda havalandırma açıklıklarının %15-%30 arasında olması önerilmektedir. Havalandırma açıklıklarının %30'dan büyük olmasının sıcaklık farkı üzerinde çok az etkisi vardır. Seralarda yazın ortam sıcaklığının dış hava sıcaklığına yakın bir seviyede tutulması için gölgeleme ile birlikte havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranı %20-%40 arasında olmalıdır (Kittas ve ark., 2017). White ve Aldrich (1975) tarafından havalandırma açıklıklarının %15-%30 olması yeterli bir havalandırma için önerilmektedir.

Baytorun (1986) yaptığı çalışmada alman standartlarına göre yapılmış geniş açıklıklı tekserada hava değişim katsayısını indikatör gaz yöntemine göre belirlemiştir. Araştırmacı farklı rüzgar hızlarında çatı ve yan duvarlarda bulunan havalandırma açıklıklarının farklı kombinasyonlarına bağlı olarak ulaşılan hava değişim katsayıları belirlenmiş ve en yüksek hava değişim katsayısına çatı ve yan duvar havalandırma açıklıklarının birlikte açık olduğu koşullarda ulaşılmıştır. Almanya iklim koşullarında norm seralarında yapılan bir çalışmada çatı bölgesinde %18-%20 havalandırma açıklığının yeterli olduğu belirlenmiştir (Baytorun, 1986).

Akdeniz iklim koşullarında Mayıs ayı sıcaklık ve radyasyon değerlerine bağlı olarak çatı bölgesindeki havalandırma açıklıklarının %20 olması yeterli olmaktadır. Akdeniz iklim koşullarında Haziran ayında gelen güneş radyasyonunun gölgeleme ile %50 oranında azaltılması durumunda, çatı bölgesindeki %20 havalandırma açıklığı ile iç-dış ortam arasında 1°C'lik sıcaklık farkı

sağlanabilmektedir. Ancak Haziran ayında öğle saatlerinde dış sıcaklık değeri 30°C'nin üstünde seyrettiğinden serada ek soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Baytorun ve ark., 2017).

Zorunlu (Mekanik) Havalandırma

Seralarda fanlar yardımıyla gerçekleştirilen zorunlu havalandırma etkili bir havalandırma yöntemidir. Bu yöntemde seraya hava basmak veya seradan havayı emmek için fanlar kullanılmaktadır. Ancak zorunlu havalandırma elektrik enerjisine ihtiyaç duyar ve doğal havalandırmadan daha pahalıdır. Seralarda havalandırma amacıyla kullanılan fanlar düşük dönüş hızlarında çalışmak üzere üretilmiştir. Bunun da nedeni yüksek hız, gürültünün artmasına neden olduğu gibi, daha fazla elektrik gücü kullanmaktadır. Zorunlu havalandırmanın en büyük avantajı çok sıcak dönemlerde sisteme eklenen ıslak pedler yardımı ile evaporatif soğutmanın yapılabilmesidir. Zorunlu havalandırma da fanlar bir taraftan hava emerken sera örtü yapısında bulunan istenmeyen açıklıklardan hava içeri girer.

Serada yeterli bir havalandırma için hava değişim katsayısı $N = 60$ 1/h olmalıdır. Serada hava değişim katsayısı 60 1/h olduğunda içsıcaklık dış sıcaklıktan 5°C daha yüksek olmaktadır (Boyacı ve ark., 2017).

Seralarda yapılan zorunlu havalandırmada bitki sıra aralarındaki hava hızı 1 m/s'den büyük olmamalıdır, bunun için büyük çaplı fanlar kullanılmalıdır (Nicolás, 2011). Seralarda yapılan zorunlu havalandırmada fanlar arasındaki mesafe 8-10 m'den az olmalıdır. Aynı zamanda fanlar ile hava giriş açıklıkları arasındaki mesafe 30-40 m'den az olmalıdır. Sonbahar ve ilkbaharda, fanların toplam havalandırma kapasitesi hesaplamalarında 20-30 1/h hava değişim katsayısı esas alınmalıdır. Sıcak dönemlerde ise bu değer 40–80 1/h olmalıdır (Nicolás, 2011).

Havalandırma açıklıklarına böcek tülü gerilmiş seralarda sıcak dönemlerde ek bir zorunlu havalandırma ihtiyacı ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda havalandırma, seranın içindeki hava basıncını dışarıya göre arttırmak için tercihen dışarıdan hava basılarak yapılmalıdır.

Mekanik bir havalandırma sisteminin verimliliği %80 düzeyindedir. Zorunlu havalandırmanın yapıldığı seralarda deniz seviyesinden yükseklik dikkate alınmalıdır. Bunun da nedeni hava yoğunluğunun yüksekliğe bağlı azalması sonucu havalandırma verimliliğinin düşmesidir. Bu gibi yerlerde havalandırma için deniz seviyesine bağlı düzeltme faktörü dikkate alınmalıdır (Nicolás, 2011).

Zorunlu olarak havalandırılan seralarda kurulacak havalandırma sistemlerinde aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır (von Zabeltitz, 2011). Bunlar;

1. İki fan arasındaki mesafe 8-10 m'yi geçmemelidir.
2. Fanlar havayı seradan emecek şekilde planlanmalıdır.
3. Giriş açıklığı fan açıklıklarının toplam alanının en az 1.25 katı olmalıdır.
4. Bitki sıra aralarında hava hızı 0.5 m/s'yi geçmemelidir.
5. Fanlar çalışmadığında havalandırma açıklıkları kapanmalıdır.

Zorunlu havalandırılan seralarda, hava girişi ve çıkışı arasında sıcaklık ve nem farklılıkları görülür. Belirtilen nedenle hava giriş ve çıkışı arasındaki mesafe 30-40 m ile sınırlandırılmalıdır (von Zabeltitz, 2011).

2.1.2. Hava Değişimi

Serada hava değişimi, rüzgâr ve dış ortam arasındaki sıcaklık ve nem farkına bağlı ortaya çıkan basınçtan kaynaklanmaktadır (Flourentzou ve ark., 1998). Serada havalandırma sistemlerinin etkinliğinin belirlenmesinde kullanılan ölçütlerden biri hava değişim katsayısıdır (Baytorun, 1986). Seralarda hava değişim katsayısının belirlenmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Hava değişim katsayısının doğrudan belirlenmesi indikatör gaz yöntemiyle olmaktadır. Ancak ölçümlerde kullanılan gaz maliyetinin yüksek olması kullanımı

sınırlamaktadır. İndikatör gaz yönteminde bitkilere zarar vermeyen gazların kullanılmasına dikkat edilmelidir (Baytorun, 1986).

Hava değişim katsayısının belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem kütle, enerji ve momentum dengesinden gidilerek yapılan hesaplamalardır (Muñoz ve ark., 1999). Tropik bölgelerde serada yan duvarların ve cephelerin tamamen açık tutulması nedeniyle, hava değişim katsayısının enerji dengesi yöntemine göre belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Enerji dengesi yöntemiyle belirlenen hava değişim katsayısının, indikatör gaz yöntemiyle elde edilen sonuçlarla çok iyi bir uyum gösterdiği belirlenmiştir (von Zabeltitz, 1986, 2011). Enerji dengesi yöntemi hızlı, ucuz, esnek, basit ve doğru bir yöntem kabul edilebilir. Aynı zamanda indikatör gaz yöntemine göre ölçümler için daha kısa zaman aralıkları kullanılabilir (Baytorun ve ark., 2017).

İyi bir havalandırma sistemi ile hava değişim katsayısının 50 1/h olması arzu edilir (Baytorun, 1986). Hava değişim katsayısı sıcaklık farkına, rüzgar hızına, yönüne, havalandırma kapaklarının konumuna, büyüklüğüne (Baytorun, 1986), havalandırma kapaklarının yerleştirilen böcek tüllerine ve seralarda yetiştirilen bitkilere bağlı olarak değişmektedir (Tantau ve Salokhe, 2006). Rüzgâr hızının 1.5 m/s'den yüksek olduğu koşullarda hava değişiminin meydana gelmesinde rüzgar hızı sıcaklık farkının yarattığı kuvvetlere göre dominanttır (Boulard ve Bailie, 1995; Kittas ve ark., 1996). Çatı ve yan duvar havalandırmasına sahip seralarda rüzgar hızı 1.5 m/s'ten yüksek olduğunda, sıcaklık farkının hava değişimi üzerindeki etkisi ihmal edilebilir (Baytorun ve ark., 2017). Bu durumlarda sadece havalandırma açıklıkları ile rüzgar kuvvetlerinin edilmesi yeterli olmaktadır. Hava değişim katsayısı ve rüzgar hızı arasındaki ilişki doğrusal bir artış göstermektedir (Kacira ve ark., 2004).

Seralarda havalandırma etkinliği farklı şekillerde belirlenmektedir (von Zabeltitz, 2011). Bunlar;

- Hava değişim katsayısı (N):

$$N = \frac{V_V}{V_G} = \frac{m^3/h}{m^3} = \frac{1}{h}$$

- Birim alana tekabül eden hava değişim sayısı (V_A)

$$V_A = \frac{V_V}{A_G} = \frac{m^3}{m^2 * h}$$

Hava değişim katsayısı ile birim alana tekabül eden hava değişim sayısı arasındaki ilişki aşağıda verildiği gibidir.

$$V_A = N * H_m$$

-Havalandırma etkinliği (V_{eff}):

$$V_{eff} = \frac{V_V}{A_V} (m^3/m^2h) \text{ veya } V_{eff} = \frac{N}{A_V} (1/m^2h)$$

Eşitliklerde; V_V : Havalandırma açıklıklarındaki hava debisi (m^3/h), A_G : Sera taban alanı (m^2), V_G : Sera hacmi (m^3), A_V : Havalandırma açıklık alanı (m^2), H_m : Ortalama sera yüksekliğidir (m).

2.1.3. Havalandırma Açıklıkları

Seralarda havalandırma açıklıkları uzun eksen boyunca, çoğunlukla çatı ve veya yan duvarlarda bulunan açıklıklardan oluşturmaktadır (Feuermann ve ark., 1998). Doğal havalandırmanın çeşitleri, yan duvar, çatı ve yan duvar + çatı havalandırmasıdır. Çatı havalandırması maksimum dış sıcaklığın 27°C 'den yüksek ve sera genişliğinin 18 m'den daha büyük olması durumunda tasarıma dahil edilmelidir (von Zabeltitz, 2011).

Havalandırma açıklık alanının büyüklüğü ve konumu serada iklimlendirme açısından çok önemlidir. Havalandırma etkinliği, açıklık alanı ve konumları ile karakterize edilebilir. Serada havalandırma açıklıkları büyüklüğü ve konumu ulaşılan sıcaklık farkını etkiler (Baytorun, 1986). Hava değişim katsayısı havalandırma açıklıklarının büyüklüğü ile artar. Havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranının optimum bir değeri vardır, bu değerden sonra havalandırma açıklık oranı etkisi azaltmaktadır.

Akdeniz iklim koşullarında böcek tülünün kullanılmadığı seralarda, çatı havalandırma açıklığı alanının sera taban alanına oranının %20-%25 olması yeterlidir. Havalandırma açıklıkları oranının (A_V/A_G) daha da büyütülmesi ulaşılan sıcaklık farkına çok etki etmemektedir (Baytorun ve ark., 2017). Havalandırma açıklığında böcek tülleri olmayan seralarda havalandırma açıklık oranı optimum değeri tüneller için %15-20 arasında ve çok açıklıklı seralar için %25-33 arasında değişmektedir (Nicolás, 2011).

Baytorun (1986) indikatör gaz metoduna göre yaptığı çalışmada Almanya iklim koşullarında çatı bölgesindeki havalandırma açıklığının sera taban alanına oranı %18-22 arasında olması iyi bir havalandırma için yeterli olacağını önermiştir (Baytorun, 1986). Bu değer böcek tüllerinin kullanılmadığı seralar için geçerlidir.

2.1.4. Rüzgâr Hızı ve Yönünün Etkisi

Rüzgar hızının çok düşük olduğu yerlerde, hava değişimi sadece iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır (Nicolás, 2011). Sera çatısında bulunan havalandırma açıklığı baca etkisi nedeniyle havalandırmayı destekler. Çatı havalandırmasının verimliliği sera yüksekliğine bağlıdır. Baca etkisi nedeniyle yüksek seralar daha iyi havalandırılır, belirtilen nedenle seraların en az 3 m yüksekliğinde yapılması tavsiye edilir (Nicolás, 2011).

Havalandırmanın seradaki sıcaklık dağılımına etkisi, zayıf rüzgarlar, yüksek radyasyon ve sınırlı havalandırma açıklıklarında önem kazanır. Seraların yoğun yerleşimlere yakın yerlerde bulunması durumunda rüzgâr etkisi çok kısıtlı

olmaktadır. Düşük rüzgâr hızlarında (< 2 m/s) havalandırma, esas olarak sera ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklılıklarına bağlıdır. 2 m/s'den büyük rüzgâr hızlarında, hava değişim sayısı, havalandırma açıklıklarının sayısına, açıklık boyutlarına ve rüzgar yönüne bağlıdır (Nicolás, 2011).

Rüzgâr hızının yüksek olduğu koşullarda havalandırma kapaklarının zarar görmemesi için tüm havalandırma açıklıkları kapatılmalıdır. Seralarda sadece çatı havalandırması olduğunda rüzgar etkisi çok küçüktür (Montero veAnton, 2000). Rüzgar hızı 2-7 m/s arasında değiştiğinde, hava değişim oranını %35'ten %60'a yükseltmektedir (Nicolás, 2011).

Seralarda kullanılan havalandırma sistemlerine bağlı olarak düşey yöndeki sıcaklık ve nem değişimi de önemlidir. Seralarda dikey yönde sıcaklık ve nem dağılımını sisteme bağlı önem arz etmektedir. Doğal olarak havalandırılan seralarda uzun eksen boyunca havalandırma açıklıkları bulunan serada dikey yönde 0.15-3 m arasında sıcaklık farkı 5°C belirlemiştir (Teitel ve ark., 2008).

2.1.5. Böcek Tüllerinin Etkisi

Seralarda zararlılar için kullanılan pestisitlere karşı direncin zamanla gelişmesi, pestisit kullanımıyla ilişkili çevresel sorunların azaltılması gerekliliği ve tüketicilerin kalıntısız ürünlere talepleri sonucunda havalandırma açıklıklarına böcek tüllerinin gerilmesini zorunlu hale getirmiştir (Teitel ve ark., 2005).

Bitkilerin böceklerden korunması, birçok yetiştirici tarafından yüksek sıcaklıktan korumaktan daha önemli olarak kabul edilmektedir. Ancak havalandırma açıklıklarına gerilen böcek tülleri havalandırma etkinliğini azaltmakta ve ortaya çıkan yetersiz havalandırma nedeniyle yüksek sıcaklıklar bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir(Soni veark., 2005).

Böcek tüllerinin kullanıldığı seralarda havalandırma açıklıkları yaklaşık %50 oranında arttırılmalıdır (Kittas ve ark., 2017). Çatı havalandırma açıklıklarına yerleştirilen böcek önleyici tüller havalandırma oranını %20 ve%33 azaltır, bu oran düşük teknoloji seralarında %39'dur. Büyük böceklerle karşı kullanılan tüller,

havalandırma oranını yaklaşık %40 oranında azaltırken küçük böceklerle karşı kullanılan tüller (thrips için) %70-80 azaltmaktadır (Montero ve Anton, 2000).

Böcek tüllerinin yarattığı direncin havalandırma etkinliği üzerine etkisi, Bernoulli'nin eşitliğinden gidilerek deneysel olarak elde edilen deşarj katsayıları kullanılarak araştırılmıştır (Boulard ve ark., 2002; Radhwan ve Fath, 2005).

2.2. Gölgeleme

Seraya ulaşan güneş radyasyonu, seralardaki ana ısı kazanımını oluşturur. Gölgelendirmenin amacı, güneş ışınlarının seraya girmesini kısmen önleyerek serada hava sıcaklığını azaltmaktır. Gölgeleme sistemleri hava değişimini olumsuz etkilediğinde, seralarda ortaya çıkan sıcaklık, havalandırılmayan seralarda olduğu gibi yüksektir. Güneş ışınımının örtüden geçerek seraya ulaşmasıyla elde edilen ısı kazancı maksimum değerdedir. Yüksek radyasyonun etkisi gölgelendirme veya yansıtma yöntemi ile kontrol edilebilir. Havalandırma ve gölgeleme yöntemleriyle sera ve bitki yaprak sıcaklığının dış sıcaklığın altına düşürülmesi mümkün değildir. Kurak ve ılıman iklim bölgelerinde Mayıs ayından sonra seralarda gölgeleme yapmak gereklidir (Baytorun, 2016). Serada havalandırma ile birlikte yapılan gölgeleme ile hava sirkülasyonu engellenmedikçe serada ulaşılan sıcaklık farkının azaltılması mümkün olabilmektedir. Akdeniz iklim kuşağında Haziran ayında güneş ışınımının gölgeleme ile %50 oranında azaltılması durumunda, %20 çatı havalandırma açıklığı ile 1°C'lik sıcaklık farkı sağlanmak mümkündür (Baytorun ve ark., 2017).

Doğal veya zorunlu havalandırma genellikle sıcak yaz aylarında seradaki fazla enerjinin azaltılması için yeterli olmayıp, diğer soğutma önlemleri ile birleştirilerek uygulanmalıdır (Castilla ve Baeza, 2013).

Seralarda gölgelendirme farklı şekillerde yapılabilir. Bunlar; boyalar, perdeler, dış gölge bezleri, kısmen yansıtıcı gölge tülleri, çatının üstünde su filmi, çift katlı örtüler arasında sıvı köpük şeklinde olabilmektedir. Beyaz boya veya örtü malzemesinin beyazlatılması ucuz maliyeti nedeniyle üreticiler tarafından yaygın

olarak kullanılmaktadır (Castilla ve Baeza, 2013). Boyalar yazdan sonra yıkanabilir veya yağışlarla uzaklaştırılabilir olmalıdır.

Gölgeleme bileşiklerinin sera örtüsüne uygulanması, seradaki ısı enerjisinin yükselmesine neden olan güneş spektrumunun kızılötesi bölümünü azaltabilir (Sethi ve Sharma, 2007).Baille ve ark., (2001), sera çatısının beyazlaştırılmasının, yaz aylarında doğu Yunanistan'ın kıyı bölgesinde bulunan bir serada mikro iklim ve gölgelik davranışları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Beyazlatma ile yapılan gölgelemede camın güneş ışımasını geçirgenliğini 0.62'den 0.31'e düşürdüğü görülmüştür. Bunun bir sonucu olarak, hava sıcaklığı, doymuş buhar basıncı açığı, gölgede hava sıcaklığı farkı ve terleme hızı önemli ölçüde etkilenmemiştir. Yapılan çalışma sonucunda beyazlatma işleminden sonra bitkilerin su isteklerinin azaldığı, beyazlatmanın mikro iklime ve bitki davranışına olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Sonuçta beyazlatmanın sıcak ülkelerde özellikle yaz aylarında yüksek ısı yükünü hafifletmek için etkili bir araç olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, sıvı gölgeleme bileşikleriyle ilgili temel sorun, bir kez uygulandığında, gölgeleme yoğunluğunun kolay kolay değişmemesi ve sonbaharda temizlenerek, güneş ışığını iletir duruma getirilmesidir.

Yaz koşullarında güneş ışınlarının seraya ulaşımını azaltmak için yansıtıcı malzemenin kullanılması da seraların serinletilmesinde etkili bir yöntemdir. Cohen ve Fuchs (1999)sera için kullanılan değişik yansıtıcı gölge malzemelerin radyometrik özelliklerini ölçmüşlerdir. Yansıtıcı gölge malzemeleri aşırı güneşli yaz günlerinde, radyasyonun şiddetine bağlı olarak sera çatısına gelen güneş ışımasını yansıtmak için başarıyla kullanılabilirler.

Kittas ve ark., (1999) dış gölgelendirme ve alüminyum katkılı iç gölgelendirme perdesinin fotosentetik aktif radyasyon (PAR), yakın kızılötesi radyasyon (NIR) ve toplam radyasyon geçirgenliği incelemiştir. Yapılan ölçümler sonucunda PAR, toplam ve NIR'da küçük değişiklikler gözlemlenmiştir.

Sethi ve Sidhu (2004), yaz sonunda Hindistan'ın PAU Ludhiana bölgesinde yer alan 100 m²'lik PE kaplı bir serada alüminyum katkılı gölgeleme perdesi (24 µ) kullanarak Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarındaki etkinliğini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada gölgeleme örtüsü, serada meydana gelen aşırı güneş ışınımını geri yansıtmak amacıyla yalnızca yüksek sıcaklık saatlerinde (11.00-16.00) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre günlük güneş ışınımı %43 azalırken, hava sıcaklığı kontrol serasına kıyasla 3-4 °C azalmıştır.

Sethi ve Sidhu (2004), tarafından yapılan deneysel çalışmada, yansıtıcı örtü olarak alüminyum katkılı bir polyester perdenin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla yaz aylarında, PAU Ludhiana, Hindistan'da bulunan 100 m²'lik PE örtülü serada yapılan denemede, oluşan mikro klima bitki gelişimi için son derece uygun olduğu ve krizantem gelişimini %27 oranında artırdığını saptamışlardır.

Sera çatısı üzerinde su filminin gölgeleme olarak kullanılması ilk kez Morris, (1958) tarafından yapılmıştır. Böylece güneş ışınımının bir kısmı akan su tarafından emilmiştir. Su filminin kalınlığı %20 eğimli çatıda 0.5 mm'de tutulmuştur. Hava sıcaklığında düşüş (4-5°C) arasında değiştiği gözlenmiştir.

Başka bir çalışmada (Sethi ve Sharma, 2007), PAU Ludhiana, Hindistan'da bir cam sera çatısında ince bir su tabakası kullanmış, bu yöntemle güneş ışınımını doğu ve batı tarafından bloke etmiştir. Yapılan çalışma sonucunda iç hava sıcaklığı, referans seraya kıyasla 10°C daha düşük bulunmuştur.

Garzoli, (1986) sera örtü yüzeyi üzerinde bir miktar boya çözeltisi içeren bir su veya su filmi akıtılmasını önermiştir. Sera çatısından akıtılan renkli su fotosentetik aktif radyasyonun (PAR) çoğunu seraya geçirirken, geri kalan güneş ışınımının yaklaşık %50'si su tabakası tarafından ısı olarak emilerek uzaklaştırılmıştır. Ancak bu yöntemle su ile sıcaklık düşüşü sağlanırken, boya çözeltisinin seraya sızması bitkiler için toksik olmuştur.

Bir başka çalışmada, (Sethi ve Sharma, 2007) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar sıcak bir iklimde seranın çift kat olan duvarları arasında yalıtkan bir malzeme olarak sıvı köpüğü kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, köpüğün

ısı iletimini azaltmada etkili olduğunu göstermiştir. 25 mm'lik bir katmanın, güneş ışınlarının sadece%50'sini seraya ilettiği ve bunun sonucunda serada sıcaklığın köpüksüz seraya kıyasla düşmesine neden olduğu belirlenmiştir.

Ali ve ark., (1990)Basra Körfezi'nin kuzeybatısındaki Kuveyt sıcak iklimi için bir sera geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu serada güneş ışınımının seraya girişine sadece domateslerin yetiştirildiği 250 m²'lik zemin üzerindeki sera çatısından izin verilmiştir. Seranın yan duvarları, 10 cm kalınlığında çimento bloklarla inşa edilmiş ve radyasyonun çoğunun bitkiler ve toprak tarafından absorbe edilmesi için bitki kanopisi alüminyum folyo ile örtülmüştür. Sera çatısı aynı zamanda bir perde ile %55 oranında gölgelendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada ayrıca fan-ped sistemi iç sıcaklığı kontrol etmek için çok sıcak olan saatlerde çalıştırılmıştır. Yapılan bu çalışma ile serada sıcaklık gündüz 30 °C, gece 22 °C'de tutulabilmiştir.

2.3. Soğutma

Sıcak iklim bölgelerinde, sera yetiştiriciliği yüksek güneş enerjisinin ısı yükü ile karakterizedir. Bu durum sera ortamında büyük sorunlar yaratır ve bitki büyümesini kısıtlar (Misra ve Ghosh, 2018). Seralarda bitkilerin büyümesi ve verim kalitesi, hava sıcaklığı 12°C'nin altında ve 30°C'nin üzerinde olduğunda yaygın olarak etkilenir. Seralarda verimlilik ve kalite, dış iklim koşullarına bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık, nem, ışık ve CO₂ yoğunluğuna bağlıdır. Seralarda üretilen bitkiler 17°C-27°C'ye adapte olmuşlardır. Seralarda bitki yaprak sıcaklığı, iyi bir havalandırma sistemiyle bile sıcak ve kurak bölgelerde yüksek güneş radyasyonu koşullarında hava sıcaklığını 5°C-10°C aşabilmektedir (Baytorun, 2016). Bu koşullarda havalandırma ile birlikte gölgeleme yapılarak bitki yaprak sıcaklığının hava sıcaklığına yaklaştırılması sağlanmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde dış ortam neminin çok düşük olduğu koşullarda uygun bitki gelişimi için sera nemini arttırmak gereklidir. Ilıman ve kurakiklim bölgelerinde, sera iklimini düzenlemede doğal havalandırma en yaygın yöntemdir. Ancak doğal

havalandırma, güneş radyasyonun yüksek olduğu dönemlerde yeterli olmamaktadır.

Seranın içine veya dışına yerleştirilen gölgeleme perdeleri güneş radyasyonunu azaltılmada etkilidirler. Ancak, gölgeleme perdesi hava sıcaklığını düşürmesine karşın, neden olduğu düşük ışık yoğunluğu bitki büyüme oranını azaltabilmektedir. Çatının herhangi bir malzeme ile beyazlatılmasında, güneş ısınımının bir kısmı atmosfere geri yansıdığından sera ısı yükünü de azaltmaktadır.

Seraların serinletilmesi teknikleri arasında, evaporatif soğutma sistemleri sıcak ve kurak dönemlerde yüksek güneş ısınımı nedeniyle serada ortaya çıkan fazla ısı yükünün azaltılmasında en etkili soğutma yöntemidir. Sera soğutmasında en çok kullanılan sistemlerden birisi evaporatif soğutmadır (Baytorun, 2016).

Kurak iklim bölgelerindeki seralarda üretim, evaporatif soğutma ile iyileştirilebilir ve genişletilebilir, ancak evaporatif soğutma sistemlerinin nispeten fazla miktarda suya ihtiyacı vardır. Günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin üzerine çıktığı dönemlerde sera sıcaklığının ve su bütçesinin optimum veya optimuma yakın bir değerde tutulabilmesi için seranın soğutulması gereklidir. Bitkisel üretimin yapıldığı seralarda evaporatif soğutma ile ışık miktarını azaltmadan, hava ve bitki yaprak sıcaklığını düşürmek mümkündür (Baytorun, 2016).

Evaporatif soğutma işleminde, hava ve su arasında ısı ve kütle değişimi meydana gelmektedir. Bu yöntemde havanın duyulur ısısı suya aktarılır ve bu ısı gizli ısıya eşdeğer hale geldiğinde, su buharlaşmaya başlar. Su havadan ısı alarak buharlaştıkça, havanın sıcaklığı düşer. 1m³'lük havaya 1 gram su buharlaştırılarak eklendiğinde hava sıcaklığı yaklaşık 2.5°C azalmaktadır (Sethi ve Sharma, 2007).Evaporatif soğutma, hava ve su arasındaki ısı ve kütle değişimine dayandığından, kuru havanın ıslak havaya göre daha fazla soğutma etkisi olmaktadır. Belirtilen nedenle evaporatif soğutma, sıcak ve kuru iklim bölgelerinde daha etkindir. Evaporatif soğutma diğer soğutma yöntemlerinden daha uygundur; düşük enerji, kolay bakım gerektirir, kurulum ve operasyonu da kolaydır.

Günümüzde seracılıkta kullanılan evaporatif soğutma yöntemleri sisleme, fan-ped yöntemi ve sprej soğutma yöntemlerdir (von Zabeltitz, 2011).

Günlük ortalama sıcaklığın 22 °C'nin veya saatlik sıcaklığın 27 °C'nin üstüne çıktığı dönemlerde havalandırma ve gölgeleme ile serada sıcaklığın düzenlenmesi yeterli değildir. Bu durumlarda seralarda soğutmaya ihtiyaç vardır(Kittas ve ark., 2013, Baytorun, 2016). Serada aktif soğutmanın etkinliğini dış hava nemine, hava değişim sayısına, soğutmada kullanılan sistemin etkinliğine ve seraya ulaşan güneş radyasyonuna bağlıdır (Tekinel ve ark., 1989; Baytorun, 2016).

Evaporatif soğutmanın etkinliği, dış hava neminin düşük olmasına bağlıdır (von Zabeltitz, 1986; Tekinel ve ark., 1989). Su yastıkları (Fan-Ped) ile soğutmada vantilatörler oldukça fazla bir yüzeye sahip olan su yastıklarının (Ped) arasından havayı emerek veya havayı yastıklara basarak havanın soğumasını sağlarlar. Su yastıkları, su sirkülasyonuna tabi tutularak ıslaklıklarının sürekliliği sağlanır. Sıcaklığı yüksek dış ortam havası su yastığından geçerken bünyesinde taşıdığı ısı enerjisinin bir kısmını suyu buharlaştırmada kullanarak soğumuş bir şekilde seraya ulaşır. Bu nedenle su yastıklarından geçen hava, düşük nem oranına sahipse su yastıklarında daha fazla suyu buharlaştırarak daha fazla soğuyabilmektedir (Tekinel ve ark., 1989).

Kurak ve yarı kurak iklimlerde seralarda evaporatif soğutma, havalandırma eksikliğinin giderilmesi için gereklidir. Subtropik iklimlerde evaporatif soğutmanın gerekliliği sistem kurulumundan önce incelenerek belirlenmelidir. Bunun da nedeni bu iklim kuşağında seralarda yapılan üretimin, dış iklim koşullarında da yapılabilmesi ve evaporatif soğutmada kullanılan su ve elektrik maliyetleri nedeniyle üretimin dış iklim koşullarında yapılan üretimle rekabet edememesidir (Baytorun,2016).

Seracılığın yaygın olarak yapıldığı Akdeniz ülkelerinde evaporatif soğutma konusunda oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Güney İspanya'da (36° 41'N) biber üretiminin yapıldığı seralarda sıcak dönemlerde iklimlendirme için farklı iklimlendirme konularında karşılaştırmalı çalışmalar yapılarak değerlendirilmiştir

(Gazquez ve ark., 2006). Yapılan çalışmalar, %30 çatı havalandırmasına sahip serada ek mekanik havalandırma, doğal havalandırılan serada yüksek basınçlı sisleme ile soğutma ve doğal havalandırılan serada sabit gölgelemenin sera iklimine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda verildiği gibi özetlenmiştir.

1. Doğal havalandırmaya ek olarak yapılan zorunlu havalandırma ile sağlanan iklimlendirme en az etkili bulunmuştur. Bu yöntemle Eylül ayından önceki haftalarda serada sıcaklığın yeterince düşürülmesi mümkün olamamıştır.
2. Gölgeleme ile güneş ışıınının %30 azaltılması, toplam ve pazarlanabilir verimi etkilememiştir.
3. Suyun yüksek basınçla püskürtülerek soğutmanın sağlandığı seralarda ortaya çıkan yüksek nem, çiçek, meyve ve bitkide hastalıklara neden olmuştur.
4. Kireçle yapılan sabit gölgeleme, güney İspanya'nın subtropik ikliminde verim ve su kullanım etkinliği açısından en etkili sistem olarak belirlenmiştir.

Akdeniz iklim kuşağında yapılan bir başka çalışmada, havalandırma ve gölgelemenin birlikte yapıldığı sera, doğal olarak havalandırılan sera, suyun püskürtülmesi ile soğutulan ve daha az gölgelendirilen seralarla verim açısından karşılaştırılmıştır (Gazques ve ark., 2008). Yapılan bu çalışmada sabit olarak gölgelendirilen seralarda güneş ışıını %12.5 daha düşük ölçülmüştür. Ancak her iki serada da hava sıcaklıkları, üretim periyodu boyunca benzer seyretmiştir. Ancak sabit olarak gölgelendirilen serada bitki taç sıcaklığı daha düşük ölçülmüştür. Toplam ve pazarlanabilir verim, sabit olarak gölgelendirilmiş serada daha yüksek elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar ışığında evaporatif soğutma, kurak ve yarı kurak iklim

koşullarında seralarda yapılacak bitkisel üretim için iklimlendirme önlemi olarak daha çok düşünülmelidir.

Evaporatif soğutma yardımıyla seralar dış sıcaklığın altındaki herhangi bir sıcaklık değerine kadar soğutulabilirler. Ancak bu sistemde temiz su ve elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Soğutmada kullanılan su ve elektrik enerjisi dış iklim değerlerine bağlı olarak değişir. Evaporatif soğutmada kullanılan vantilatörler seradan havayı emerek veya seraya havayı basarak sıcak havanın ıslak yüzeyle temasını sağlarlar. Seradan havayı emme esasına göre çalışan sistemlerde, vantilatörlerin serada yarattığı negatif basınç, örtü malzemesinde bulunan istenmeyen açıklıklardan dış havanın seraya girmesiyle soğutmanın etkenliğini azaltmaktadır (von Zabeltitz, 1986).

Seralarda evaporatif soğutmada kullanılan su ve elektrik enerjisi tüketimi, üretim maliyetini etkilemektedir. Evaporatif soğutmada kullanılan su miktarı pedin randımanına ve hava değişim katsayısının büyüklüğüne bağlıdır (Baytorun, 2016). Artan ped randımanı, ulaşılabilir sıcaklık farkını artırır (Baytorun, 2016). Kittas ve ark., (2003)fan-ped sistemini kullanarak yaptıkları çalışmalarda sistem randımanı %80 olduğunda, iç sıcaklığı dış sıcaklıktan 10°C daha düşük bulmuşlardır.

Serada evaporatif soğutmanın verimliliğini arttırmak amacıyla seraya ulaşan güneş radyasyonunun azaltılması gereklidir. Gölgeleme ile güneş radyasyonunu %50 azaltılması soğutmanın etkinliğini %23 oranında artırılabilir (Baytorun ve Makauy, 2019). Davies (2005)fan-ped sisteminin sera sıcaklığını, dış sıcaklığa göre 15°C serinlettiğini ve bu sistemin diğer serinletme sistemlerine göre 5°C sıcaklık farkına kadar daha iyi bir serinletme sağladığını belirtmiştir.

Willits (2003, 2006) yaptığı çalışmalarda, farklı seralarda fan-ped ile soğutmalı, soğutmasız ve zorunlu havalandırılan seralarda güneş radyasyonunun 955 W/m² Sıcaklığın 36.8 °C ve bağıl nemin %74.9 olduğu koşullarda aşağıdaki sonuçları elde etmiştir.

- a. Zorunlu havalandırmanın yapıldığı seraların havalandırma çıkışındaki sıcaklıklar, kurak bölgelerdeki düşük nem nedeniyle dış sıcaklığın (36.8°C) altında ölçülmüş, ancak artan hava değişimi ile soğutma etkisinin azaldığı belirlenmiştir.
- b. Serada havalandırma çıkış noktasına yakın bitkilerin taç bölgesinde hava sıcaklığı artan hava değişim sayısına bağlı olarak yükselmiştir. Bu sıcaklık artışı, hava neminin %37 olduğu koşullara kadar olmuştur. Bunun da nedeni, kurak koşullarda seraya verilen fazla miktardaki kuru havanın bitki terlemesini azaltması ve buna bağlı olarak bitkinin soğutulamamasıdır.
- c. Havalandırma çıkış noktasına yakın bitkilerin taç bölgesindeki sıcaklık, fan-ped sistemine sahip seralarda artan havalandırma kapasitesine bağlı olarak azalmıştır. Ancak sıcaklıkta meydana gelen düşüşler $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$ 'lik hava değişim sayısından sonra azalmaktadır. Dış hava neminin düşük olduğu kurak bölgelerde, zorunlu havalandırma bir miktar soğutma etkisine sahip olsa da, fan-ped soğutma bu iklim kuşağında en etkili olanıdır.

Sabeh ve ark., (2007) 39°C dış sıcaklık, %15 bağıl nem ve 845 W/m^2 güneş radyasyonu ile yarı kurak bir iklimde fan-ped soğutmalı iki tek açıklıklı seralarda araştırmalar yürütmüşlerdir. Domates üretiminin yapıldığı çatısı çift kat PE ile kaplı ve %40 oranında gölgelendirilen serada, artan hava değişimi ile soğutma etkinliğinin %85'ten %73.5'e azaldığı belirlenmiştir. Bu koşullarda hava değişim sayısının $61.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'ten $284.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'e çıkarılması bir m^2 ped alanı başına su tüketimini $0.504 \text{ kg/m}^2\text{h}$ 'ten $1.404 \text{ kg/m}^2\text{h}$ 'e yükseltmiştir. Seradaki hava sıcaklığı artan hava değişim sayısına bağlı olarak hafifçe düşerken, $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'den sonra sabit olarak seyretmiştir. Ortalama bağıl nem, tam kapalı serada artan hava değişimiyle azalmıştır. Domates bitkisi için kabul edilebilir minimum bağıl nem %50 ise, hava değişim katsayısı $180 - 200 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'ten düşük olmalıdır. Bitki için

bağıl nemin %70'e yakın olması gerekiyorsa, yaklaşık $60 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'lik en düşük hava değişim katsayısı en uygundur.

Evaporatif soğutmanın yapıldığı seralarda sıcaklıklar pedten fana doğru yükselir. Ancak iyi yalıtılmış serada bu artış daha düşüktür. Pedten fana doğru ortaya çıkan sıcaklık farkı hava değişim katsayısının artmasıyla azalır. Yapılan bir çalışmada hava değişim sayısının $61 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'ten $284 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'e yükselmesi durumunda, ped ve fan arasındaki sıcaklık farkı 6.8°C 'den 2°C 'ye düşmüştür. $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'ten büyük hava değişiminde hava sıcaklığı, oransal nem ve pedten fana sıcaklık farkları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Yapılan bu araştırma sonucunda, hava değişim sayısını $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 'in üzerine çıkarmak domates için daha iyi bir yetiştirme ortamı sağlamadığı belirlenmiştir (Kubota ve ark., 2006). Genel olarak hava değişim sayısının $120\text{-}150 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olması tatmin edici bir soğutma sağlamaktadır (von Zabeltitz, 2011).

Landsberg ve ark., (1979) evaporatif soğutmalı bir serada teorik olarak soğutmanın ne kadar mümkün olabileceğini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, güneş radyasyonun çok yüksek olduğunu dönemlerde evaporatif soğutma yöntemi ile sera sıcaklığının dış hava sıcaklığının 8°C - 12°C altına kadar soğutulabileceğini belirlenmişlerdir.

Abdel-wahab (1994) tarafından yapılan bir araştırmada evaporatif soğutmada buharlaşan su ve hava değişim sayısı farklı seralar için hesaplanmıştır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada sera yapılarının enerji (ısı ve kütle) denge denklemlerini kullanarak bir ısıl model geliştirmişlerdir. Model, Suudi Arabistan gibi sıcak ve kuru iklim koşullarında bulunan çok açıklıklı fan-ped soğutmalı bir sera kullanılarak onaylanmıştır. Soğutma verimliliği arttığında hem suyun buharlaşma hızı hem de hava debisinin azaldığı gözlenmiştir. Gölgeleme ve soğutma verimliliğinin iyileştirilmesi ile enerji ve su tasarrufu için daha iyi bir sonuç sağladığı ifade edilmiştir.

Jain ve Tiwari (2002) selüloz ped ve fan ile donatılmış eşit aralıklı bir sera için bir model geliştirerek modelin sonuçlarını deneysel verilerle

karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar modellerinden, Hindistan iklim bölgeleri için serada ısı yükü seviyesini hesaplayarak, seranın iç ortam sıcaklığının dışarıdaki sıcaklıktan 4°C-5°C daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Evaporatif olarak soğutulan seralarda fan ve ped arasındaki sıcaklık ve nem farklılıklarını önlemek için fan ve pedler arasındaki mesafe 30-60 m arasında olmalıdır. 30 m'den düşük mesafelerde türbülans hava akışları meydana gelirken, 60 m'den büyük mesafelerde ortaya çıkan negatif basınç havanın dışarı atılması için yeterli olmamaktadır. Fanların seraların uzun eksenine dik olarak yerleştirilmesi durumunda aradaki mesafe 30 m olmalıdır. Ped fan arasındaki mesafenin 60 m olması durumunda arada bir yolların ıslatılması gibi ek soğutmanın yapılması önerilmektedir. 60 m'den daha uzun seralarda fanlar çatının ortasına pedlerde seranın ön ve arka cephesine yerleştirilebilirler. Seradan emilen hava, ikinci bir seranın hava giriş açıklıklarına yönlendirilmemelidir. Bu durumda iki sera arasında en az 15 m'lik bir açıklık bırakılmalıdır (Renard ve Stein,1962).

Nicolás (2011) yaptığı çalışmada fan ve pedler arasındaki mesafenin maksimum 40 m olmasını tavsiye etmektedir. Bartzanas ve Kittas (2004)uzunluğu 60 m olan ve fan-ped soğutma sistemine sahip çok açıklıklı kısmen gölgeli bir serada sıcaklık değişimini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada, araştırmanın yapıldığı bölgenin havası sıcak ve kuru olduğundan ped çıkışındaki sıcaklığının dış hava sıcaklığından 10°C daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Hava sera boyunca hareket ettikçe fan çıkışındaki sıcaklık, ped çıkışındaki sıcaklıktan 8°C daha yüksek ölçülmüştür. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada fan ped arasında seranın uzunluğu boyunca eşit olmayan iklimsel değişiklikler olduğunu bildirmişlerdir.

Radhwan ve Fath (2005) Suudi Arabistan iklim koşullarında güneş ısınımı ile su damıtan ve evaporatif soğutmaya sahip entegre bir sera sisteminde yaptıkları araştırmada sıcak bir yaz gününde sera iç sıcaklığının ped girişinde 8°C - 10°C ve fan çıkışında 3°C - 6°C dış sıcaklıktan daha düşük olabileceğini belirlemişlerdir.

Seralarda yapılan evaporatif soğutmada havanın oransal nemi serada ulaşılan sıcaklık üzerinde önemli rol oynamaktadır. Hava neminin düşük olması,

ulaşılabilen sıcaklık farkının yükselmesine neden olur. Belirtilen nedenle evaporatif soğutmanın yapılacağı yerlerde hava neminin düşük olması sistemin başarısını yükseltmektedir. Çok düşük nem oranı ($< \%20$) ile sıcaklık 10°C 'ye kadar düşürülebilmektedir (Hanan, 1998). Dış sıcaklığın 35°C 'den yüksek olduğu koşullarda, serada sıcaklığı 27°C 'de tutulabilmesi için hava nemi $\%20$ olmalıdır (Baytorun ve Makaay, 2019).

Fuchs ve ark., (2006) fan-ped sistemi ile evaporatif olarak soğutulan bir serada bitki terlemesi ve suyun buharlaşmasını kullanarak gizli ısı soğutmasını belirlemek için bir model ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar geliştirdikleri model ile bitki terlemesini, yaprak sıcaklığını ve iç iklimi tahmin edebilmişlerdir. Dış ortam bağıl neminin $\%50$ ve hava sıcaklığının 35°C 'nin altına olduğu koşullarda soğutmanın gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Sera sıcaklığının, ıslak ped ile bitki terlemesine bağlı olduğunu ve dış etkenlere bağlı olmadığı sonucuna varmışlardır. Fuchs ve ark., (2006) fan-ped ile yaptıkları çalışmalarda bitki sıcaklığında 2°C azalma kaydederken, serada dış ortam sıcaklığına göre 15°C 'lik düşüş belirlenmiştir.

Shukla ve ark., (2006) sera hava sıcaklığını düşürmek amacıyla gelen güneş radyasyonunu kısıtlayan termal perde yerleştirilmiş fan-ped soğutma sistemine sahip bir serada çalışma gerçekleştirmişlerdir. Sıcak yaz günlerinde, gölgeleme ile birlikte soğutma sistemleri kullanılarak sera sıcaklığının dış hava sıcaklığından 5°C - 8°C düşürülebildiğini göstermişlerdir.

Baytorun ve ark., (1994), Akdeniz iklim koşullarında serada doğal havalandırma ile 2°C sıcaklık farkı sağlarken, gölgeleme + havalandırma önlemlerinin birlikte alınması durumunda iç sıcaklığın dış sıcaklığa yakın bir değere kadar düşürülebildiğini belirlemişlerdir. Bunun yanında, fan-ped soğutmanın yapıldığı serada, dış ortam oransal nemine ve fanların debisine bağlı olarak serada sıcaklığın dış sıcaklık değerinin 8°C altına düşürülebileceğini belirlemişlerdir.

Ganguly ve Ghosh (2007), fan-ped ile soğutulan sera sistemi için basitleştirilmiş bir model geliştirmişlerdir. Model, toplam sera yapısını tek bir

element olarak dikkate alarak inşa edilmiş ve element üzerinde enerji değişimi gerçekleşmiştir. Geliştirilen modelin sonuçları referans bir literatür çalışması ile karşılaştırılmıştır. Kalküta'da sıcak bir yaz gününde serada %75 gölgeleme sağlayan perde ile 6°C'lik bir sıcaklık düşüşüne ulaşıldığını bildirmişlerdir.

Max ve ark., (2009) kurak mevsimde domates ekili dört ayrı plastik seranın ikisinde fanlarla zorunlu havalandırma, diğer ikisin de ise fan-ped evaporatif soğutma sistemleri üzerinde araştırmalar yürütmüşlerdir. Araştırmacılar seraların bu iki grubu arasında sıcaklık farkı, buhar basıncı açığı, bitki su tüketimi ve bitki verimi açısından karşılaştırmalı bir çalışma yapmışlardır. Gündüz ve gece saatlerinde iki sera gurubu arasında ortalama sıcaklık değişimlerinin sırasıyla 2.6°C ve 1.2°C olduğunu bulmuşlardır.

López, ve ark (2012) çalışmalarında gölgelendirilen seralarda fan-ped sisteminin, sisleme soğutma sisteminden daha uygun koşulları sağlayabildiğini belirlemişlerdir. Bitkisel üretimin yapılmadığı boş bir serada fan-ped sistemi, sera sıcaklığını 11.6°C düşürürken, sis sistemi sıcaklığı 10.4°C düşürmüştür.

Dayıoğlu ve Silleli, (2015) Ankara koşullarında serada yaptıkları soğutma çalışmalarında, fan ve pedler arasında kalan mesafede sıcaklık ve nem değişimlerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada hava sıcaklığı pedin hemen arkasında en düşük değere ulaşırken, fana yakın noktada yükselmiştir. Pede sıcaklık dış ortam sıcaklığına göre 12.8°C düşerken, pedin hemen çıkışındaki sıcaklık farkı 6.6°C'ye, havanın serayı terk ettiği fana yakın noktadaki sıcaklık farkı 3.8°C'ye düşmüştür.

Xu ve ark. (2015)nemli subtropik iklimde gölgelendirilen ve hava sirkülasyon fanlarına sahip serada yapılan evaporatif soğutmada yüksek bağıl nem koşullarında, iç hava sıcaklığının 27°C-29°C arasında tutulabileceği sonucuna varmışlardır. Gölgeleştirilen serada fan ped sistemiyle serada %80 bağıl nemle dış hava sıcaklığının 2°C-3°C altında tutulabilmiştir.

Evaporatif soğutma sistemlerinde sistemin etkinliği, dış ortam nemine ve vantilatörler tarafından değiştirilen hava hacmine bağlı olarak değişmektedir.

Adana (37°01'N) iklim koşullarında yapılan bir araştırmada, nem ve hava değişim hacmine bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı ve sistemin etkinliğinin, artan dış neme bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Ulaşılan sıcaklık farkı aynı zamanda artan hava değişimine bağlı olarak büyümektedir. Akdeniz iklim koşullarında (Adana) yapılan bu çalışmada fan-ped sistemi ile cam seralarda 8°C'lik sıcaklık farkı sağlanabilmiştir (Tekinel ve ark., 1989).

Seralarda evaporatif soğutmayla ulaşılan sıcaklık değerlerine ped randımanı etki etmektedir. Baytorun ve Makauy (2019) yaptıkları teorik çalışmada Adana iklim koşullarında yüksek teknolojiye sahip seralarda hava değişim sayısının 200 m³/m²h'ye ped randımanının %90 olması koşulunda Ağustos ayında sıcaklığın 27.5°C'ye düşülebileceğini, ped randımanının %70'e düşmesi durumunda serada ulaşılan sıcaklığı 29.7°C olarak belirlemişlerdir. Aynı bölgede bulunan ancak deniz kenarında yer alan Mersin ilinde aynı özelliklere sahip seralarda ped randımanının %80 olması durumunda Ağustos ayında ulaşılabilecek sıcaklık değerlerini 27.1°C olarak hesaplamışlardır.

Evaporatif soğutmada kullanılan su miktarının belirlenmesi kurulacak sistemin projelenmesinde ve eldeki kaynakların yeterliliğinin belirlenmesinde önemlidir. Dış sıcaklığın 38°C ve oransal nemin %40 olduğu iklim koşullarında, serada sıcaklığın 30°C'de tutulabilmesi için gerekli olan su miktarı 2.0 kg/m²holurken, aynı sıcaklıkta hava neminin %30 olması durumunda gerekli olan su miktarı 1.3 kg/m²holmaktadır (Baytorun, 2016).

Evaporatif soğutma sisteminde oldukça fazla su ve elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Soğutmada kullanılan su ve elektrik enerjisi dış iklim değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Evaporatif soğutmada hava değişiminde kullanılan vantilatörler seradan havayı emerek veya seraya havayı basarak sıcak havanın ıslak yüzeyle temasını sağlarlar. Emme sistemine göre çalışan sistemlerde vantilatörlerin emme gücünden dolayı serada ortaya çıkan alçak basınç, örtü malzemesinde bulunan istenmeyen açıklıklardan havanın girmesiyle soğutmanın etkinliğini azaltmaktadır (von Zabeltitz, 1986).

Basma sisteminde vantilatörler su yastıklarıyla aynı sera yüzeyine yerleştirilmekte ve havayı su yastıklarının arasından basarak seraya göndermekte, böylece tozun sera içine girmesi önlenmektedir. Bu sistemde su yastıkları ve vantilatörler seranın bir cephesine, havanın çıkış açıklığı karşı cepheye yerleştirilmektedir (Baytorun, 2000).

Seralarda bitki sıra aralarının ek olarak nemlendirilmesi ile soğutmanın etkinliği artırılabilir. Fan-ped sistemi ile soğutulmuş seralarda dış radyasyona bağlı olarak bitki yaprak sıcaklığı ortam sıcaklığından daha yüksektir (Mackroth, 1972). Bitki yaprak sıcaklığı bitkilerin doğrudan ısıtılması ile düşürülebilmektedir. Gölgelemenin de bitki yaprak sıcaklığını düşürmeye etkisi bulunmaktadır.

Fan-ped sistemi ile soğutmada hava değişim katsayısının (N) 50 1/h olması yeterli olarak kabul edilmektedir. Ancak fan-ped sistemi ile soğutulan seralarda gölgeleme yapıldığında hava değişim katsayısı 35 1/h değerine kadar düşürülebilir (vonZabeltitz, 1986). Fan-ped sisteminin soğutma derecesi, havanın nem oranına bağlı olmakla beraber, aynı zamanda su yastıklarındaki hava hızına, su yastığının ıslanma durumuna ve su yastığındaki basınç kaybına bağlıdır.

Su yastıklarında su dağıtımı, yatay olanlarda suyun püskürtülmesi, dikey olanlarda ise suyun delikli borularla dağıtımı ile sağlanmaktadır. Dikey su yastıklarında düzenli bir su dağılımı için su yastıklarının yüksekliği 2.5 m'den büyük ve 0.5 m den küçük olmamalıdır(ASAE, 1981).

Evaporatif soğutmada kullanılan pedlerin büyüklüğü, gerekli olan hava akısı ve pedlerde müsaade edilir hava hızından hesap edilmektedir. Pedlerdeki hava hızının yükselmesiyle, direnç ve vantilatörün gücü de artmaktadır. Ayrıca yüksek hava hızında ped yüzeylerinde bulunan su zerrecikleri taşınarak pedlerin hemen arkasında bulunan bitkilere ulaşabilmektedir. Bu nedenle su yastıklarındaki hava hızı (V_M) 0.75 - 1.5 m/s arasında olmalıdır(von Zabeltitz, 1986). Etkili bir soğutma için pedlerin büyüklüğü 20-30 m² sera taban alanı için, yaklaşık 1 m² olmalıdır (Renard ve Stein, 1962).

Amerikan standartlarına göre dikey olarak yerleştirilmiş 50 – 100 mm kalınlığında kavak talaşı pedlerinde hava hızının 0.75 m/s elyaf pedlerde ise 1.25 m/s olması tavsiye edilmektedir (ASAE 1981):

Pedlerdeki su dağılımı mümkün olduğu kadar düzenli olmalıdır. Pedlerde ortaya çıkan direnç, dolgu malzemesindeki su dağılımına ve su miktarına göre değişir. Düzensiz bir su dağılımında pedte ortaya çıkan farklı dirençlerden dolayı farklı soğutma dereceleri elde edilir. 15 m uzunluğundaki küçük pedlerde düzenli bir su dağılımı için pedin üst kısmına 1.5" lik, 50 mm aralıklı, 2 mm çapında deliklere sahip dağıtıcı su borusu yerleştirilmelidir. Ana boru pedin üstüne yerleştirilen borunun ortasına bağlanmalıdır. Daha uzun pedlerde ise belirli aralıklarla delinmiş su olukları kullanılmalı, damlatıcı delikler 50 mm aralıklı olmalıdır. Pedlerin altından akan fazla su tekrar su oluklarıyla toplanarak ana depoya gönderilmektedir (von Zabeltitz, 1986).

Sebze üretiminin yapıldığı seralarda fan-ped soğutma sistemleri yerine suyun yüksek basınç altında çok ince zerreciklere parçalanarak sis halinde ortama verilerek soğutma yapılmaktadır. Bu yöntemde sistem çok kısa süreli ve kısa aralıklarla yüksek basınçlı su püskürtülerek havanın soğutulması sağlanmaktadır. Türkiye’de son yıllarda kurulan yüksek teknolojiye sahip seralarda bu sistem uygulama alanı bulmuştur.

Uygulamada bu soğutma sistemine sprej soğutma adı verilmektedir. Bu yöntemde havanın içindeki damlaların buharlaşması için geniş bir yüzeye sahip olmaları gereklidir. Bunun için su damlaları çok küçük çaplarda olmalı ve damlalar bitkiye ulaşmadan hava akımında serbest düşüş sırasında buharlaşmalıdır.

Sprej soğutma sistemlerinin avantajı, serada daha homojen sıcaklık ve nem dağılımı yanında zorunlu havalandırmanın doğal havalandırmaya göre daha kolay yapılmasıdır. Sprej soğutma sistemi, su yumuşatıcısından, meme tıkanmasını önleyen iyi filtrelerden, su deposundan, pompalardan, basınç düzenleme vanalarından, meme ve borulardan oluşur. Borular ve borular üzerindeki memeler arasındaki mesafeler üretici firmanın önerilerine göre düzenlenmelidir. Su ve hava

akış oranları serada istenen iklim koşullarına, ortam sıcaklığına ve neme göre ayarlanmalıdır.

Kurak bölgelerdeki seralarda kurulan fan-ped soğutma sistemi kum ve toza karşı hassas olup, tuz ve kum karışımı ile çok kolay tıkanırlar. Sprey soğutma sistemi tıkanmaya karşı duyarsızdır. Ayrıca fan-ped ile soğutmada seranın yan duvar veya cephelerinden birine yerleştirilen pedler ışık kaybına neden olurlar. Bu amaçla yeni soğutma sistemleri geliştirilerek, havanın sera dışında veya hava giriş açıklıklarında soğutulması sağlanmıştır. Bu yöntemde sera dışında oluşturulan soğutma odacığında su basınçla püskürtülmekte ve bir vantilatör yardımı ile püskürtülen su zerreciklerine aynı yönde veya karşı yönde hava basılmaktadır. Soğutma odacığının yalıtılması ile soğutma etkisinin yaklaşık %10 oranında artırılması mümkündür (vonZabeltitz, 2011).Ancak havalandırma girişinde suyun doğrudan püskürtülmesi (Sprey soğutma) sistemi temiz suya ihtiyaç duyar ve maliyetlidir.

Lüchow ve Von Zabeltitz, (1992)farklı ülkelerdeki deneyimlerden yararlanarak, soğutma sistemlerine yönelik talepleri karşılayan basit bir sprej soğutma sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu sistem, fan-ped sistemine göre daha kolay inşa edilebildiği gibi yatırım giderleri daha düşüktür. Geliştirilen bu sistemde oluşturulan soğutma odacığı eşzamanlı ve karşı akım akışı için iki odacıktan oluşmaktadır. Soğutma odacığı suyun güneş ışınlımından etkilenmemesi için yansıtıcı bir plastik malzeme ile yalıtılmıştır. Soğutucunun yüksekliği yaklaşık 2 m olup, hava, seradan eksenel fanlar tarafından emilmekte ve soğutucuya dış üst taraftan girmektedir. Soğutulan hava ikinci odacığın alt kısmından seraya verilmektedir. İkinci odacığa monte edilmiş damla tutucular, su damlalarının seraya ulaşmasını engellerler. Sistemde kullanılan memeler sert PVC plastik malzemedir yapılmıştır.

Sprey soğutma sistemlerinde ters akım, nispeten düşük basınçla %90'ın üzerinde soğutma verimliliği sağlar. Ters akım aynı zamanda daha düşük bir su

kaynağına ve sprey memeler için daha düşük bir çalışma basıncına ihtiyaç duyarlar (von Zabeltitz, 2011).

Sprey soğutmada memeler, hava girişinden ayrı olarak soğutma odasına mümkün olduğunca yükseğe monte edilmelidirler. Kurulum ne kadar yüksek olursa, hava akımındaki damlacıkların havayla olası temas süresi o kadar fazla olacaktır. Çok küçük damlacıklar daha iyi soğutma verimliliğine neden olur, ancak büyük damlacıklar damla tutucular tarafından daha kolay tutulurlar.

Sprey soğutma ünitesinin yalıtımı çok önemlidir ve verimliliğin önemli ölçüde iyileşmesine neden olur. Gombe, (2007) tarafından yapılan bir araştırmada soğutma odacığı yansıtıcı bir plastik film ile kaplanıp 50 mm kalınlığında strafor ile yalıtılmıştır. Araştırmacı sistemde kullanılan basıncın yükseltilmesi ile soğutma etkinliğini yükseltebileceğini ve sistemin yalıtımının da soğutma etkinliğini yükselttiğini belirlemiştir.

Jamal ve ark.,(2002)Kuveyt'te yaptıkları sera soğutma çalışmalarında soğutma odacığında püskürtülen su damlacıklarına paralel ve karşı yöndeki hava akımında ulaşılan soğutma etkisi, verim ve soğutma suyu gereksinimini belirlemişlerdir. Yapılan bu araştırmalar sonucunda suya karşı hava akışının sağlandığı yöntemde soğutma etkisini %19 daha yüksek belirlemişlerdir. Araştırmada ayrıca kavun verimi karşı akışın sağlandığı serada %17 daha yüksek bulunmuştur.

Havalandırma kapaklarının açık olduğu durumlarda masa altında veya servis yollarında suyun püskürtülmesi ile dış sıcaklık değerine yakın bir iç sıcaklığa ulaşılabilir. Bu yöntemde soğutmada oldukça fazla suya gereksinim vardır. Çünkü suyun büyük bir bölümü buharlaşmadan sera tabanında birikmektedir. Sisleme memelerinin seranın çatı bölgesine yerleştirilmesi su damlacıklarının düşme mesafesini arttıracığından su zerreciklerinin buharlaşma olasılığı daha yüksektir. Belirtilen nedenle sisleme memelerinin yukarıya yerleştirilmesi daha uygundur. Serada sisleme yapıldığında havalandırma kapakları maksimum %20 oranında açılmalıdır (Kittas ve ark., 2017).

Seralarda ortam sıcaklığının bitkilerin arzuladıkları sınırlar içerisinde tutulabilmesi amacıyla havanın sisleme ile serinletilmesi yönteminde havaya eklenen su ile havanın duyulur ısısı suyun buharlaşmasında kullanılarak serada sıcaklığın düşürülmesi sağlanır. Ancak bu koşullarda ortamındaki oransal nem yükselir. Bu yöntemde sera ortamının serinletilmesinde sisleme çok kısa aralıklarla ve yüksek basınç altında yapılmalıdır. Yüksek basınçlı (40 bar) sisleme sistemleri düşük basınçlı (5 bar) sistemlerden daha etkilidirler (Kittas ve ark., 2017).

Adana iklim koşullarında üretici koşullarında yapılan bir çalışmada 15 Mayıs 2019 tarihinde dış ortam koşullarında hava sıcaklığı 42°C'nin üzerine yükselirken, 5 dakika aralıklarla 15 saniyelik su püskürtülme ile serada hava sıcaklığı 38°C'ye çekilebilmiştir. Havalandırma kapaklarının tamamen açık olduğu serada yapılan sislemeye rağmen hava nemi en fazla %50'lerde tutulabilmiştir (Baytorun, 2020).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma için gerekli olan Şanlıurfa iline ait uzun yıllık saatlik sıcaklık, bağıl nem, güneş ışınlı ve rüzgar hızı değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Yapılan hesaplamalarda son yıllarda kurulan yüksek teknolojiye sahip PE plastik sera boyutları esas alınmıştır. Serada örtü malzemesi olarak yan duvarlarda çift kat Polikarbonat (8 mm aralıklı) çatıda tek kat katkılı PE plastik (200 µm) kabul edilmiştir. Serada havalandırmasının çatı bölgesinde bulunan havalandırma kapakları yardımıyla doğal olarak yapıldığı kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda esas alınacak sera boyutları Çizelge 3. 1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmanın yapılacağı seranın boyut ve teknik özellikleri

	Birim	Değer
Sera bölme sayısı	adet	20
Bölme genişliği	m	9.6
Sera uzunluğu	m	100
Sera yan duvar yüksekliği	m	5.0
Mahya yüksekliği	m	7.0
Çatı şekli	-	Gotik
Sera alanı	m ²	19200
Sera örtü alanı	m ²	27340
A _H /A _G	-	1.36

3.2.Yöntem

Yapılan çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğünden sağlanan, Şanlıurfa ilinin uzun yıllık (10 yıl) saatlik sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve güneş radyasyonu değerlerinden gidilerek standart veri oluşturulmuştur. Oluşturulan saatlik standart iklim verilerinden gidilerek hazırlanan Excel programı yardımıyla Şanlıurfa ili için havalandırma (> 22°C) ve soğutma sınır değerleri (> 27°C) dikkate

alınarak havalandırma ve soğutma için gerekli çalışma süreleri hesaplanmıştır. Belirlenen bu değerler ile seraların sıcak dönemlerde iklimlendirme sürelerine bağlı olarak havalandırma, gölgeleme ve soğutma için kullanılan vantilatör ve pompaların güçlerine bağlı olarak gerekli olan enerji miktarı hesaplanabilmektedir.

3.2.1. Havalandırma

Yapılan çalışmada seralarda havalandırma etkinliğinin belirlenmesi amacıyla hava değişim katsayısı (N) ve birim alana tekabül eden hava değişim sayısı (V_A) hesaplanmıştır.

Hava değişim katsayısı sera tipine bağlı olduğundan, farklı boyutlardaki seraların karşılaştırılmasında kullanılamaz. Belirtilen nedenle birim alana tekabül eden hava değişim sayısının kullanılması daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Hava değişim katsayısının birim alana tekabül eden hava değişim sayısına dönüştürülmesinde Eşitlik 1'den yararlanılmıştır.

$$V_A = N * H_m (m^3 / m^2 h) \quad (1)$$

Eşitlik 1'de H_m seranın ortalama yüksekliği (m) olup Eşitlik 2'den hesaplanmıştır.

$$H_m = \frac{V_G}{A_G} (m) \quad (2)$$

Seralarda iyi bir havalandırma için hava değişim katsayısının (N) 50 1/h olması istenir. Yüksek teknolojiye sahip seralarda ortalama yükseklik yaklaşık 6 m olduğundan bu seralarda birim alana tekabül eden hava değişim sayısının (V_A) 300 m^3/m^2h olması iyi bir havalandırma için yeterli olacaktır.

Seralarda sıcaklık farkının yarattığı hava değişimi toprağa olan ısı akısı ve fotosentezde kullanılan ısı enerjisi ihmal edildiğinde, enerji dengesi yöntemine göre Eşitlik 3 ile ifade edilir (Bailey, 1998; von Zabeltitz, 1986; Willits, 2006)

$$\tau * I_o = u * \frac{A_c}{A_g} * \Delta T + V_A * c_p * \rho * \Delta T + E * f * \tau * I_o \quad (3)$$

Eşitlikte $(\tau * I_o)$ güneşten kazanılan ısı enerjisi, $(u * \frac{A_c}{A_g} * \Delta T)$ transmisyonla örtü malzemesinden kaybedilen ısı enerjisi, $(V_A * c_p * \rho * \Delta T)$ istenmeyen açıklıklardan infiltrasyonla kaybolan ısı enerjisi ve $(E * f * \tau * I_o)$ transpirasyonda kullanılan ısı enerjisidir.

Eşitlikte;

τ : Örtü malzemesinin geçirgenliği (-)

I_o : Dış ortam güneş ışıınımı (W/m²)

c_p : Havanın özgül ısısı (Wh/kgK)

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m³)

ΔT : İç-dış sıcaklık farkı (°C)

u : Örtü ısı iletim katsayısı (W/m²K)

A_c : Örtü yüzey alanı (m²)

E : Seraya ulaşan güneş ışıınının transpirasyonda (terleme) kullanılan oranı(-).

f : Bitki örtüfaktörü (-).

Eşitlik 3'e göre serada istenen hava değişim sayısına bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık farkı Eşitlik 4'ten gidilerek hesaplanmıştır.

$$\Delta T = \frac{\tau * I_o * (1 - E * f)}{V_A * c_p * \rho + u * A_c / A_g} \quad (4)$$

Aynı şekilde serada istenen sıcaklık farkına göre gerekli olan hava değişim sayısı Eşitlik 5'ten hesaplanmıştır.

$$V_A = \frac{\tau * I_o * (1 - E * f)}{c_p * \rho * \Delta T} - \frac{u * A_c}{c_p * \rho * A_G} \quad (5)$$

Eşitlik 4 ve 5'te bulunan buharlaşma katsayısının (E) hesaplanması zordur (Willits 2006). Seraya ulaşan hava, bitkide terlemeye etki etmediği sürece, E 0 ile 1 arasında değer alır. Ancak, kurak iklim bölgelerinde seraya ulaşan kuru hava çok düşük neme sahipse, buharlaşmaya ve seradaki ısı enerjisine katkı sağlayarak $E > 1$ değerine sahip olabilir. $E > 1$ ise, terleme bitkiye ulaşan net radyasyondan daha fazla enerji gerektirir. Bu durumda hava sıcaklığı hava girişinden hava çıkışına doğru düşer (Willits 2003, 2006).

Yapılan çalışmada havalandırma hesaplamaları için dış nemin çok düşük olmadığı koşullarda bitkisel üretimin yapılmadığı boş sera için $E = 0$, bitkiyle yarı örtülmüş sera için $E = 0.5$ ve bitkiyle tamamen kaplı sera için $E = 0.8-1.0$ alınmıştır (von Zabeltitz, 2011).

Alan örtü faktörü (f) Toprakta doğrudan üretim yapıldığı sera için $f = 0.8$, Kesme çiçek seraları için $f = 0.8$ ve masada saksı bitkileri üretimi yapılan seralar için $f = 0.6-0.8$ alınmıştır (von Zabeltitz, 2011).

Sıcaklık farkı ve rüzgar hızına bağlı olarak havalandırma açıklıklarından ortaya çıkan hava akış debisi Bernoulli denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. Boulard ve Baille, (1995) çatı havalandırma açıklıklarından sıcaklık farkı ve rüzgar hızına bağlı olarak ortaya çıkan havalandırma debisi için Eşitlik 6'daki denklemi elde etmişlerdir (Bailey, 2000; Boulard, 2006; Pérez-Parra ve ark., 2004).

$$V_V = \frac{A_V}{2} * C_d \sqrt{\frac{2 * g(h/4) \Delta T}{\theta_m}} + C_w * v_w^2 \quad (6)$$

Eşitlikte;

A_V :Havalandırma açıklık alanı (m²)

g :Yerçekimi ivmesi (m/s²)

h :Hava giriş ve çıkışı merkezleri arasındaki dikey mesafe (m)

θ_m :Ortalama dış sıcaklık (°C)

v_w :Rüzgar hızı (m/s)

C_w :Rüzgar basınç katsayısı (-)

C_d :Deşarj katsayısı (-)

Eşitlik 6'da kök içinde bulunan birinci ifade ($\frac{2 * g (h/4) \Delta T}{\theta_m}$) çatı ve yan duvar havalandırmasına sahip seralarda sıcaklık farkından ortaya çıkan şömine etkisini, ikinci ifade ise ($C_w * v_w^2$) rüzgar hızının yarattığı basınca bağlı ortaya çıkan rüzgar etkisini ifade etmektedir.

Seranın yan duvar ve çatısında havalandırma açıklıkları bulunduğunda havalandırma açıklıklarından ortaya çıkan hava debisi Eşitlik 7'den hesaplanır.

$$V_V = C_d \sqrt{\left(\frac{A_r * A_s}{\sqrt{A_r^2 + A_s^2}} \right)^2 * \left(2 * g \frac{(\theta_i - \theta_o)}{\theta_m} * h \right) + \left(\frac{A_r + A_s}{2} \right)^2 * C_w * v_w^2} \quad (7)$$

Eşitlikte;

A_r :Çatı havalandırma açıklık alanı (m²)

A_s :Yan duvarlardaki havalandırma açıklık alanı (m²)

h :Yan duvar ve çatı havalandırma açıklıkları merkezleri arasındaki dikey mesafe (m)

$A_r * A_s = A_v$ Olduğundan serada sadece çatıda havalandırma kapaklarının bulunması durumunda Eşitlik 7 eşitlik 8'de olduğu gibi yazılır.

$$V_V = \frac{A_v}{2} * C_d \sqrt{\frac{2 * g(h/4) \Delta T}{\theta_m}} + C_w * v_w^2 \quad (8)$$

Sıcaklık farkının hava değişimine etkisi yan duvar ve çatı havalandırmasına sahip seralarda ve iç-dış sıcaklık farkının büyük olduğu koşullarda önemlidir (Bailey, 2000). Sadece çatı havalandırması olan blok seralarda h küçük bir mesafe olduğundan sıcaklığın hava değişimine etkisi ihmal edilecek düzeyde düşüktür.

Sıcaklık farkının hava değişimine etkisi ihmal edildiğinde çatı havalandırma açıklığından ortaya çıkan hava debisi Eşitlik 9'dan hesaplanır.

$$V_V = \frac{A_v}{2} * C_d * v_w \sqrt{C_w} \quad (9)$$

Eşitlik 9'un her iki tarafı sera taban alanına bölündüğünde Eşitlik 10 elde edilir.

$$\frac{V_V}{A_G} = \frac{A_v}{2 * A_G} * C_d * v_w \sqrt{C_w} \quad (10)$$

$\frac{V_V}{A_G} = V_A$ Olduğundan havalandırma açıklıklarından rüzgar etkisine bağlı olarak ortaya çıkan hava değişim hızı Eşitlik 11'den yararlanılarak hesaplanır.

$$V_A = \frac{A_v}{2 * A_G} * C_d * v_w \sqrt{C_w} (m^3 / m^2 s) \quad (11)$$

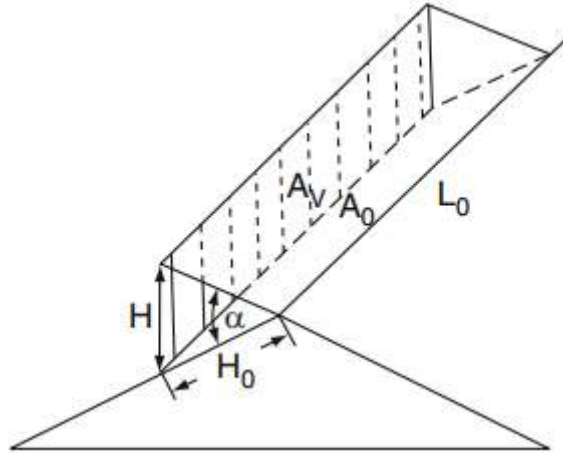
Enerji dengesi yöntemine göre ve Bernoulli eşitliğine göre hesaplanan hava değişim sayısının eşitlenmesi durumunda Eşitlik 12 elde edilir.

$$\frac{A_V}{A_G} = \frac{2}{c_p * \rho * v_w * C_d \sqrt{C_w}} * \left[\frac{\tau * I_0 (1 - E * f)}{\Delta T} - \frac{A_C}{A_G} * u \right] \quad (12)$$

Eşitlikteki deşarj katsayısı (C_d) havalandırma açıklığının boyutlarına göre Eşitlik 13'ten hesaplanabilmektedir.

$$C_d = \frac{1}{\sqrt{1.9 + 0.7 * \exp\{-L_0 / [32.5 * H_0 * \sin \alpha]\}}} \quad (13)$$

Eşitlikte; L_0 ve H_0 Havalandırma açıklığının uzunluğu ve genişliği, α ise havalandırma kapaklarının açıklık açısıdır (Şekil 3. 1).



Şekil 3.1. Havalandırma kapakları boyutları

Hesaplamalarda gerekli olan deşarj katsayısı (C_d) Eşitlik 13'ten hesaplanabileceği gibi Çizelge 3.2'den de alınabilmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından belirlenen deşarj katsayısı (C_d) Çizelge 3.3'de verilmiştir (von Zabelitz,

2011). Deşarj katsayısı (C_d) farklı havalandırmalar için hemen hemen aynı değere sahiptir.

Çizelge 3.4. Deşarj Katsayısı C_d (von Zabeltitz, 2011).

Deşarj katsayısı	Havalandırma konumu	Kaynak
0.65 - 0.7	Çatı havalandırması	Bot (1983)
0.65 - 0.75	Çatı havalandırması	De Jong (1990)
0.644	Boydan boya havalandırma	Boulard ve Baille (1995)

Eşitlik 11 ve 12’de gerekli olan rüzgâr etki katsayısı (C_w) Çizelge 3.5’te verilmiştir. Rüzgâr etki katsayısı (C_w) rüzgâr hızına bağlı olarak değişim gösterir. Bu değer rüzgâr hızına bağlı olarak artmaktadır. Büyük sera alanları için rüzgâr basıncı katsayısı $C_w = 0.1-0.11$ kabul edilir. $C_d * C_w^{0.5}$ rüzgâr hızına bağlı olarak 0.2–0.27 veya 0.185–0.207 arasında değişim göstermektedir (vonZabeltitz, 2011).

Çizelge 3.6. Rüzgâr Etki Katsayısı C_w (von Zabeltitz, 2011).

Rüzgâr etki katsayısı	Sera alanı (m ²)	Kaynak
0.10	416 (iki bölmeli)	Boulard ve Baille (1995)
0.14	179 (tek bölmeli)	Kittas ve ark. (1995)
0.071	900 (Tünel tipi)	Kittas ve ark. (1996)
0.13	416 (iki bölmeli)	Papadakis ve ark. (1996)
0.09	204 (dört bölmeli)	Baptista ve ark. (1999)
0.11	38 700 (60 Bölmeli)	Bailey (2000)

Sera çatısında bulunan havalandırma kapaklarının birbirinden ayrı olarak emme ve basma yüzeyinde bulunması ve sadece stor tipi yan duvar havalandırmasına sahip seralarda için gerekli olan C_w ve C_d katsayıları Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.7. Havalandırma kapaklarının konumuna bağlı olarak deşarj (C_d) ve Rüzgâr etki katsayısı (C_w) (von Zabeltitz, 2011).

Havalandırma konumu	C_d	C_w	$C_d * C_w^{0.5}$
Havalandırma kapakları Basma yüzeyinde	0.649	0.1	0.205
Havalandırma kapakları Emme yüzeyinde	0.649	0.037	0.125
Yan duvarda stor tipi havalandırma	0.666	0.006	0.047

A_S/A_V Oranının hesaplanması

Seralarda havalandırma açıklıklarına gerilen böcek tülleri havalandırma sistemlerinin etkinliğini azaltmaktadır. Bu koşullarda havalandırma açıklıklarının ortaya çıkan direnç oranlarında büyütülmesi gereklidir. Havalandırma açıklıklarına böcek tülü gerilmiş seralarda, havalandırma giriş açıklıkları büyütülmelidir. Kittas ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada böcek tüllerinin kullanıldığı seralarda havalandırma açıklıklarının %50 oranında artırılması gerektiğini belirlemişlerdir.

Havalandırma açıklıklarına gerilen böcek tüllerinin çeşitlerine bağlı olarak havalandırma açıklıkları büyütme oranı (A_S/A_V) Bailey ve ark., (2003) ve Teitel'e, (2006) göre böcek tüllü ve tülsüz havalandırma açıklıklarında ortaya çıkan basınç kayıp katsayılarından gidilerek Eşitlik 14 ile hesaplanmıştır.

V_V nin değişmediği koşullarda;

$$\frac{A_S}{A_V} = \sqrt{\frac{k_S + k_o}{k_o}} \quad (14)$$

Eşitlikte; A_S : Böcek tülü gerilmiş havalandırma açıklığı, A_V : Böcek tülü gerilmemiş havalandırma açıklığı, k_S : Böcek tülü gerilmiş havalandırma açıklığında ortaya çıkan basınç kayıp katsayısı, k_o : Böcek tülü gerilmemiş havalandırma açıklığında ortaya çıkan basınç kayıp katsayısı

Havalandırma açıklığına böcek tülünün gerilmemesi durumunda dikdörtgen havalandırma açıklığı için basınç kayıp katsayısı (k_o) Eşitlik 15'ten hesaplanmıştır (von Zabeltitz, 2011).

$$k_o = \sqrt{1.9 + 0.7 \exp[-(L_o/32.5 * H_o)]} \quad (15)$$

Eşitlikte; L_o : Havalandırma açıklığı uzunluğu (m), H_o : Havalandırma açıklığı genişliği (m).

Böcek tülüne sahip havalandırma sisteminde basınç kayıp katsayısı Eşitlik 16'dan hesaplanmıştır.

$$k_s = \left[\frac{1-\varepsilon^2}{\varepsilon^2} \right] \left\{ \frac{18}{Re} + \frac{0.75}{\log(Re+1.25)} + 0.055 \log Re \right\} \quad (16)$$

Eşitlikte ε porozite katsayısıdır.

Eşitlikteki Reynold katsayısı (Re) böcek tülünde kullanılan elyaf çapına (d) göre Eşitlik 17'den hesaplanmıştır.

$$Re = \frac{d * v_w}{\nu} \quad (17)$$

3.2.2. Gölgeleme

Seralarda gölgeleme seraya ulaşan güneş radyasyonunun azalmasına dolayısı ile seradaki duyulur hava sıcaklığının ve bitki yaprak sıcaklığının düşmesine olanak sağlamaktadır. Yapılan çalışmada serada yapılan farklı oranlardaki gölgelemelere ve farklı havalandırma açıklıklarında serada ulaşılan sıcaklık değerleri Eşitlik 12 yardımı ile hesaplanacaktır.

Evaporatif olarak soğutulan seralarda gölgelendirmenin serada ulaşılan sıcaklığa etkisi yanında gerekli olan hava değişim sayısı Eşitlik 26 ve soğutma suyu miktarı Eşitlik 28 ile hesaplanmıştır.

3.2.3. Soğutma

Yapılan çalışmada evaporatif soğutma hesaplamalarında dış ortam sıcaklık ve nem değerlerinden yararlanılarak psikrometrik eşitlikler yardımıyla serada ulaşılabilecek teorik sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda ASHARE'nin temel eşitliklerinden yararlanılmıştır.

Havanın buhar basıncı hesaplamasının yapıldığı yerin rakımına (Deniz seviyesinden yüksekliğe) göre değişmektedir. Yüksekliğe bağlı basınç değeri Eşitlik 18 yardımı ile hesaplanmıştır (ASHREA, 2009).

$$P = 101.325 * (1 - 2.25577 * 10^{-5} * h)^{5.2559} \quad (18)$$

Eşitliklerde, h :Deniz seviyesinden olan yüksekliktir (m)

Hesaplamalarda Şanlıurfa'nın rakımı dikkate alınarak basınç düzenlemesi yapıldıktan sonra havanın doymuş buhar basıncı (p_{ws}) dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak Eşitlik 19 ile hesaplanmıştır.

$$p_{ws} = 1.4097 \cdot 10^7 * e^{\left[\frac{-3928.5}{(\theta_L + 231.67)} \right]} \quad (kPa) \quad (19)$$

Eşitlikte θ_L : Havanın kuru termometre sıcaklığıdır (°C)

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Şanlıurfa için sağlanan saatlik iklim değerlerinden oluşturulan standart datalardan gidilerek havanın nem içeriği, oransal nem ve doymuş buhar basıncından gidilerek Eşitlik 20 ile hesaplanmıştır.

$$x = 0.62198 * \frac{p_{ws} * \varphi}{P - (p_{ws} * \varphi)} \quad (20)$$

Eşitlikte; p_{ws} : Doygun buhar basıncı (kPa), φ : Oransal nem (%), P : Atmosfer basıncıdır (kPa).

Yapılan hesaplamalarda evaporatif soğutmada kullanılan pedlerin randımanları (η) %70- %80- %90 olarak alınmıştır. Serada kullanılan pedlerin randımanlarına bağlı olarak pedin hemen çıkışında ulaşılabilen sıcaklık değerleri Eşitlik21'den yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\theta_i^* = \theta_o - \eta * (\theta_o - \theta_{FK}) \quad (21)$$

Eşitlikte; θ_i^* : Ped çıkışındaki hava sıcaklığı (°C), θ_o : Dış sıcaklık (°C), η : Ped randımanı (-) ve θ_{FK} : Havanın yaş termometre sıcaklığıdır (°C).

Dış ortam havasının entalpi değeri Eşitlik22'den gidilerek hesaplanmıştır.

$$h = \theta_L * c_{pL} + x * (r_0 + c_{pD} * \theta_L) \quad (22)$$

Eşitlikte; h : Havanın entalpi değeri (kJ/kg), x : Havanın nem içeriği (kg/kg KH), r_0 : Suyun buharlaşma ısısı (kJ/kg), c_{pD} : Su buharının özgül ısısı (kJ/kgK), θ_L : Havanın kuru termometre sıcaklığıdır (°C).

Evaporatif soğutmada havanın entalpi değerinin değişmediği kabul edildiğinden; ped girişindeki ve çıkışındaki entalpi değerleri $h_1 = h_2$ dir. Bu koşullarda sera içine ulaşan havanın yeni nem içeriği Eşitlik23'ten yararlanarak hesaplanmıştır.

$$x_i^* = \frac{h - c_{pL} * \theta_i^*}{r_0 + c_{pD} * \theta_i^*} \quad (23)$$

Dış ortam havasının nem içeriği ile serada pedin randımanına bağlı ulaşılan en düşük sıcaklığın nem içeriği arasındaki farktan gidilerek havaya eklenen su miktarı (Δx) Eşitlik 24'ten belirlenmiştir.

$$\Delta x = x_i^* - x \quad (24)$$

Serada soğutulan havanın oransal nemi serada ulaşılan nem içeriğine bağlı olarak Eşitlik25'ten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\varphi = \frac{x_i^* P}{(0.622 + x_i^*) p_{ws}} \quad (25)$$

Evaporatif soğutmada etkili bir soğutma amacıyla hava değişim sayısı 50 1/h olarak alınacaktır. Serada evaporatif soğutmayla birlikte gölgelemenin yapılması durumunda bu değer 301/h olarak kabul edilecektir (von Zabeltitz, 1986).

Seradan uzaklaştırılacak ısı enerjisi miktarı seraya ulaşan güneş radyasyonunun duyulur ısıya dönüşüm faktörüne (η) bağlı olarak belirlenecektir. Seradan uzaklaştırılacak olan güneş ışınlamına bağlı olarak gerekli olan hava değişim sayısı Eşitlik26'dan gidilerek hesaplanmıştır.

$$V_A = \frac{q_L}{\rho (h_i - h_o)} \quad (26)$$

Eşitlikte; V_A :Birim alana tekabül eden hava değişim sayısı (m^3/m^2h), q_L :Havalandırma ile uzaklaştırılacak güneş ışınlamı (W/m^2), h_i :Sera havasının entalpi değeri (kJ/kg), h_o :Dış havanın entalpi değeridir (kJ/kg).

Sera içindeki havanın entalpi değeri (h_i) serada arzulanan iç sıcaklık değeri için hesaplanacaktır. Eşitlikteki havalandırma ile seradan uzaklaştırılacak olan atık ısı (q_L) değerinin belirlenmesinde seraya ulaşan ışınlamın %3'nün fotosentezde, %35'inin terleme (transpirasyon) ve transmisyonda kullanıldığı kabul edilerek seradan uzaklaştırılacak olan atık ısı Eşitlik 27'den hesaplanmıştır (von Zabeltitz, 1986).

$$q_L = (q_o * \tau) * (1 - (q_{ft} + q_v)) \quad (27)$$

Eşitlikte; q_{ft} : Fotosentezde kullanılan ışınım yüzdesi, q_v : Transpirasyonda (terleme) kullanılan ışınım oranıdır

Serada yapılacak evaporatif soğutmada gerekli su miktarı Eşitlik 28 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$m_w = V_A * \rho * (x_i - x_o) \quad (28)$$

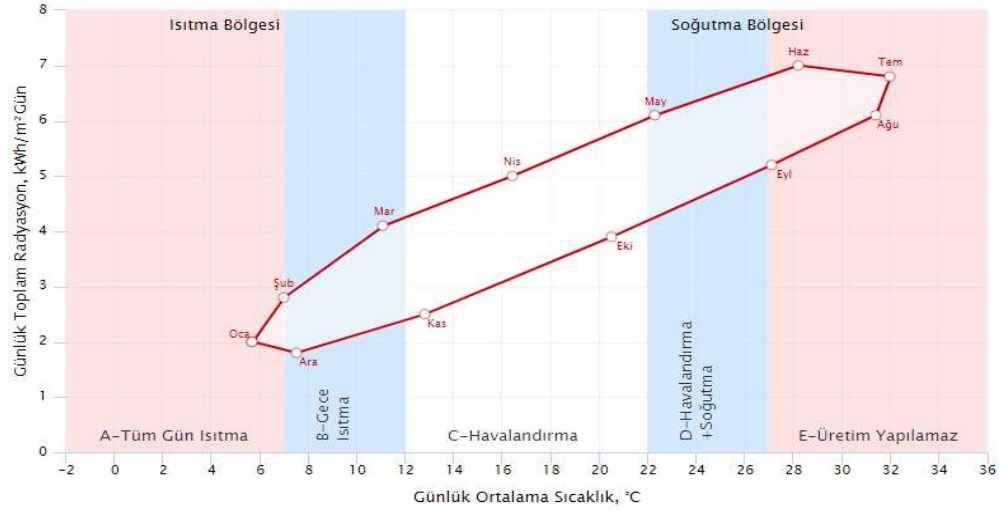
Eşitlikte; m_w : Gerekli su miktarı (kg/m²h), x_o : Dış havanın nem içeriğidir (kg/kg KH)

Yapılan hesaplamalar sonucunda Şanlıurfa iklim koşullarında kurulacak yüksek teknoloji seralarında sıcak dönemlerde serada ortaya çıkan sıcaklık değerlerinin ve farklı havalandırma açıklarında ulaşılabilecek sıcaklık değerlerinin belirlenmesi yanında, havalandırma, havalandırma + gölgeleme, soğutma ve soğutma + gölgeleme ile ulaşılabilecek sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Ayrıca yapılan iklimlendirme sürelerinin (saat) belirlenmesi ile gerekli olan enerji değerlerinin hesaplanması, serada yapılacak evaporatif soğutmada gerekli olan vantilatör sayısı, ped alanı ve gerekli olan su miktarı da hesaplanmıştır.

4.BULGULAR

Sera kurulacak yerin iklim grafiğini belirlemek, serada bitki konforu için alınabilecek iklimlendirme önlemlerinin belirlenmesinde önem arz etmektedir Kittas ve ark., (1995). Bu amaçla hazırlanan iklim grafikleri, aylara bağlı günlük ortalama sıcaklıkları ve günlük toplam ışıınımı kapsar. Elde edilen grafiklerden, seralarda alınacak iklimlendirme önlemlerinin (ısıtma, havalandırma, gölgelendirme ve soğutma) belirlenmesi mümkündür. Belirtilen nedenle iklim grafikleri, sera kurulacak yerlerde örtü altı yetiştiricilik için uygunluğun birincil değerlendirmesinde potansiyel olarak yararlı bir araçtır.

GAP bölgesinde bulunan Şanlıurfa'nın (38°46' E; 37°08' N) günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam güneş ışıınımı değerleri **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Şanlıurfa iklim koşullarında seralarda tüm yıl üretimin yapılabilmesi için seraların belirli dönemlerde ısıtılması, havalandırılması ve soğutulması zorunludur.



Şekil 4.1. Şanlıurfa iklim koşullarında günlük ortalama sıcaklık ve toplam radyasyona bağlı serada alınması gerekli iklimlendirme önlemleri.

Şanlıurfa iklim koşullarında Aralık ve Ocak aylarında günlük toplam radyasyon değerleri 2.34 kWh/m²d değerinden düşüktür (Şekil 4.1). Bu durum belirtilen aylarda daha iyi bir bitki gelişimi için ısıtım geçirgenliği yüksek örtü malzemesinin kullanımını gerektirmektedir. Şekil 4.1'den görüleceği gibi Şanlıurfa iklim koşullarında Aralık – Mart döneminde dış sıcaklık ortalamaları 12°C'nin altına düşmektedir. Bu dönemde seralarda ısıtmaya gereksinim duyulmakta ve Ocak, Şubat aylarında günlük ortalama sıcaklık 7°C'nin altına düştüğünden seralarda tüm gün ısıtma yapılmalıdır.

Çizelge 4.1'de Şanlıurfa koşullarında uzun yıllık aylara bağlı saatlik sıcaklık ortalamaları verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Mayıs ayından itibaren öğle saatlerindeki sıcaklık değerleri 27°C'nin üzerine yükselmektedir.

Çizelge 4.1. Şanlıurfa ilinin uzun yıllık aylara bağlı saatlik sıcaklık ortalamaları

Saat	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
1	13.6	18.7	23.7	27.8	27.6	23.5	17.3
2	13.2	18.2	22.4	27.2	26.8	22.1	17.0
3	12.8	17.7	21.9	26.6	26.3	21.7	16.6
4	12.6	18.0	22.4	26.6	26.0	21.3	16.3
5	13.8	19.7	24.5	28.5	27.2	22.2	16.6
6	16.5	22.5	26.9	31.3	30.6	25.5	19.4
7	18.5	24.2	28.7	33.0	32.5	27.6	21.5
8	20.0	25.8	30.3	34.9	34.1	29.2	23.2
9	21.3	27.1	31.5	36.3	35.5	30.6	24.6
10	22.2	27.9	32.4	37.5	36.6	31.7	25.5
11	22.9	28.5	33.2	38.3	37.5	32.4	26.2
12	23.3	28.9	33.8	38.9	38.0	32.8	26.5
13	23.3	28.6	33.9	38.9	38.2	32.9	26.2
14	22.8	28.2	33.7	38.6	37.7	32.1	25.0
15	21.9	27.5	33.2	38.1	36.7	30.9	23.8
16	20.7	26.4	32.3	36.9	35.1	29.3	22.1
17	19.1	24.9	30.9	35.4	33.6	27.9	21.1
18	18.0	23.6	29.2	33.6	32.6	27.2	20.3
19	17.2	22.6	28.1	32.6	31.9	26.7	19.7
20	16.6	21.7	27.1	31.5	31.2	26.1	19.2
21	15.9	20.9	26.4	30.8	30.5	25.5	18.7
22	15.3	20.3	25.7	30.1	29.9	24.9	18.3
23	14.8	19.7	25.1	29.4	29.0	24.4	17.9
24	14.3	19.1	24.5	28.7	28.3	23.8	17.5

Çizelge 4.2. Şanlıurfa iklim koşullarında Mayıs ayının günlerine ait saatlik sıcaklık değerleri

Saat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Ort.	Max.	Min.
0	18.4	18.7	16.9	18.3	17.4	18.4	16.9	16.4	18.1	17.2	18.9	17.2	17.8	17.6	18.4	19.3	21.0	20.2	19.5	18.7	18.7	19.0	18.7	18.5	19.9	19.1	20.4	19.7	19.3	20.0	20.7	18.7	21.0	16.4
1	18.2	18.4	16.3	17.4	16.8	18.5	16.5	15.9	17.6	16.9	18.8	16.6	17.3	16.9	18.1	18.6	20.2	19.6	18.7	18.4	18.7	18.3	18.5	18.5	19.5	18.2	19.7	18.8	18.7	19.2	19.8	18.2	20.2	15.9
2	17.7	17.2	15.8	17.0	16.8	17.8	15.7	15.5	17.0	16.7	18.3	16.4	16.7	16.3	17.8	18.1	19.7	19.4	18.4	17.7	18.1	18.0	18.2	18.2	18.9	18.0	19.0	18.6	18.2	18.8	19.3	17.7	19.7	15.5
3	17.9	16.9	16.1	16.4	16.8	17.7	15.4	16.5	17.6	17.1	16.4	16.6	16.8	17.1	17.6	18.3	20.3	19.4	19.0	18.1	18.6	18.4	19.1	18.8	19.8	18.9	19.5	19.3	19.7	19.1	20.2	18.0	20.3	15.4
4	19.6	18.2	17.7	18.4	18.5	19.5	17.1	18.1	19.2	19.1	18.7	17.7	18.3	18.8	19.1	19.8	20.7	21.5	20.9	20.2	20.1	20.7	20.1	20.4	21.3	20.3	21.1	21.9	21.1	22.1	22.3	19.7	22.3	17.1
5	22.7	20.7	20.2	20.9	21.6	22.1	19.4	21.3	21.6	22.3	20.9	20.6	20.4	20.9	22.4	23.2	23.4	24.4	24.1	22.8	23.2	23.4	22.6	22.6	23.9	23.6	23.5	24.2	24.1	24.8	25.3	22.5	25.3	19.4
6	25.1	22.9	22.0	22.6	23.7	23.9	20.8	22.6	23.0	23.6	22.5	22.0	22.1	23.0	24.5	24.7	25.5	26.2	25.8	24.8	24.9	24.4	24.6	24.1	25.2	25.6	24.7	25.6	25.8	26.9	27.5	24.2	27.5	20.8
7	27.4	24.8	24.1	24.1	24.7	24.7	23.5	24.2	24.8	25.0	24.2	23.6	23.7	24.7	26.1	26.4	26.3	27.8	27.3	26.0	25.7	27.0	25.6	25.7	27.1	26.3	26.5	27.3	27.5	28.6	29.0	25.8	29.0	23.5
8	28.5	25.9	25.8	25.7	26.1	26.7	24.6	25.9	24.9	25.9	25.5	24.8	25.1	26.0	26.9	28.0	28.0	28.9	28.3	27.0	27.2	28.1	27.3	26.0	27.7	28.0	28.2	28.9	29.1	29.6	30.2	27.1	30.2	24.6
9	28.9	26.7	26.3	26.5	26.0	26.6	25.2	27.5	25.6	26.8	26.4	24.9	25.5	27.1	28.3	29.0	30.2	30.3	29.2	27.5	27.7	28.8	27.8	27.7	27.9	29.3	29.1	29.8	29.7	30.6	31.3	27.9	31.3	24.9
10	29.4	26.7	26.7	26.9	27.1	27.2	24.1	28.6	26.5	27.7	27.2	24.4	26.7	26.8	29.4	29.6	31.0	31.2	29.8	28.9	28.9	29.7	27.6	28.9	28.4	30.1	29.9	30.6	30.1	30.9	32.4	28.5	32.4	24.1
11	29.6	27.7	27.0	27.6	27.7	27.9	25.2	27.3	27.4	28.9	27.0	24.3	27.4	27.7	29.1	29.6	31.5	31.5	30.5	28.6	29.3	30.2	28.0	29.6	28.7	30.3	30.7	30.6	30.3	31.1	32.5	28.9	32.5	24.3
12	29.7	27.3	27.0	27.8	28.7	26.5	25.0	27.2	26.6	29.2	25.3	23.7	27.7	27.8	29.4	29.5	31.3	31.6	29.9	28.2	28.8	29.9	28.3	29.3	28.7	30.0	30.3	29.6	30.0	31.0	32.7	28.6	32.7	23.7
13	28.3	27.0	26.1	27.1	27.4	25.5	24.5	27.4	26.0	28.1	23.6	23.9	27.9	28.0	28.8	29.6	31.1	30.9	29.7	28.0	28.8	29.8	27.6	29.0	28.8	29.7	30.2	29.6	28.8	30.7	32.9	28.2	32.9	23.6
14	27.5	26.6	25.6	25.2	26.7	24.7	23.5	27.0	25.9	26.7	23.0	23.6	25.4	27.5	28.8	29.0	30.5	28.6	29.0	27.2	28.3	29.4	27.2	28.8	28.2	29.0	29.0	28.5	28.4	30.4	31.9	27.5	31.9	23.0
15	25.8	24.8	24.8	24.8	25.8	23.6	22.7	25.7	25.0	25.5	22.7	23.0	24.2	26.4	27.4	28.2	29.1	27.0	27.7	25.7	26.9	27.8	26.4	27.9	27.2	27.9	28.3	27.9	27.5	29.7	30.7	26.4	30.7	22.7
16	24.4	23.2	23.7	23.8	24.1	22.5	21.2	24.4	23.6	23.9	21.1	21.6	23.0	24.5	26.1	26.8	27.7	25.0	26.1	24.0	25.2	26.1	24.9	26.5	26.0	26.3	26.5	26.5	26.4	28.1	29.0	24.9	29.0	21.1
17	23.7	22.1	22.6	22.6	23.0	21.4	19.9	23.5	22.6	22.6	20.4	20.8	21.9	23.2	24.4	25.2	26.3	24.0	24.6	22.6	23.9	23.7	23.7	25.3	24.6	25.0	24.9	25.0	25.0	26.5	27.2	23.6	27.2	19.9
18	22.8	21.4	21.3	21.1	22.1	20.4	18.9	22.3	21.0	22.1	19.6	20.3	20.9	22.4	23.5	24.3	25.1	23.0	23.4	21.6	22.3	22.9	22.6	24.0	23.5	24.0	24.3	24.1	24.1	25.1	26.1	22.6	26.1	18.9
19	21.5	20.4	20.6	20.3	21.5	19.8	18.7	21.6	19.8	22.2	18.1	20.0	20.3	21.7	22.2	23.6	23.8	21.7	22.7	21.4	21.5	22.5	22.0	22.6	22.4	23.2	23.0	23.0	23.2	24.3	24.6	21.7	24.6	18.1
20	20.4	19.9	19.8	19.6	20.5	19.2	17.9	20.6	19.3	21.4	17.9	19.6	19.5	20.7	21.1	22.9	23.7	20.7	21.6	20.7	21.0	21.6	20.5	21.8	21.7	22.4	21.9	22.1	22.3	23.3	23.8	20.9	23.8	17.9
21	20.2	18.4	19.3	18.6	20.0	18.6	17.6	19.9	18.8	19.9	17.9	18.8	19.0	19.9	20.5	22.3	22.8	21.0	21.0	20.4	20.6	20.6	20.1	21.4	21.0	21.4	21.5	21.4	21.7	22.7	23.1	20.3	23.1	17.6
22	19.8	18.0	19.0	18.3	19.1	17.8	17.4	19.4	18.4	19.9	17.4	18.5	18.6	19.1	20.0	21.6	21.3	20.2	20.3	19.9	19.9	19.6	19.3	21.1	20.3	20.6	21.0	20.5	20.9	21.9	21.8	19.7	21.9	17.4
23	19.3	17.7	18.7	17.7	18.8	17.4	16.9	18.7	18.1	19.7	17.1	18.0	17.7	18.7	20.0	20.9	20.7	20.1	19.2	17.3	19.6	19.2	18.9	20.2	19.7	20.5	20.3	19.9	20.3	21.0	21.3	19.1	21.3	16.9

4. BULGULAR

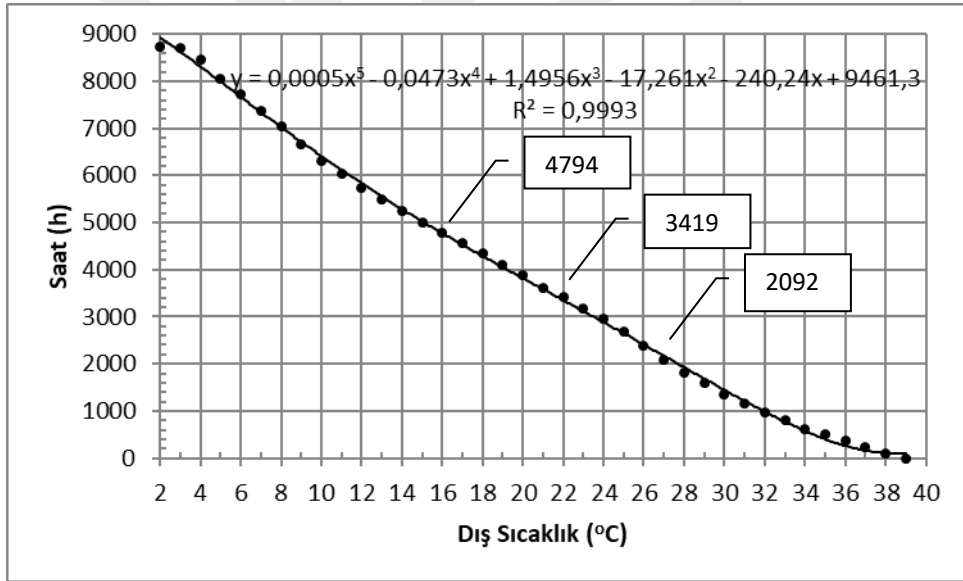
Eisa Fathelrahman Hamdi ELGALİ

Çizelge 4.3. Şanlıurfa İli Aylara Bağlı Sıcaklık Tekerrürleri

Sıcaklık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Temm.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
3	85	20										
4	181	99										36
5	139	118	7									120
6	80	96	24									126
7	63	72	79								17	121
8	75	57	77								34	88
9	99	59	91								76	72
10	22	64	78	5							85	71
11		57	64	32							77	40
12		25	51	81						4	87	26
13		5	66	72						11	64	17
14			70	75	8					26	67	3
15			59	61	27					44	52	
16			28	57	31					44	46	
17			33	54	48					56	38	
18			10	43	57					77	32	
19			5	61	62				2	75	14	
20			2	61	57	14			27	63	18	
21				64	54	24			34	68	13	
22				22	46	31			63	43		
23				17	52	60			51	47		
24				15	53	59	5	9	66	36		
25					56	55	25	39	58	38		
26					47	47	53	65	48	34		
27					37	44	69	67	50	27		
28					33	39	55	59	38	35		
29					29	36	56	56	44	13		
30					31	46	55	55	38	3		
31					14	40	45	41	57			
32					2	65	41	38	38			
33						48	28	37	45			
34						51	43	36	37			
35						39	34	45	15			
36						22	56	56	9			
37							71	72				
38							75	66				
39							33	3				
<12°C	744	642	420	37	0	0	0	0	0	0	289	674
12-22°C	0	30	324	651	390	69	0	0	126	511	431	46
22-27°C	0	0	0	32	245	265	152	180	273	182	0	0
>27°C	0	0	0	0	109	386	592	564	321	51	0	0
Toplam	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	720

Çizelge 4.2’de Şanlıurfa ilinin Mayıs ayının günlerine ait saatlik sıcaklık ortalamaları verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Mayıs ayının 13’ünden sonra saat 08:00 – 15:00 arasında dış sıcaklık değerlerinin 27°C’nin üzerine yükseldiği görülmektedir. Bu durum Şanlıurfa iklim koşullarında Mayıs ayının ortasından sonra seralarda soğutma önlemlerinin alınmasını gerektirmektedir.

Sera kurulacak yerdeki saatlik sıcaklık değerleri dikkate alınarak seralarda alınacak iklimlendirme önlemlerinin çalışma sürelerinin belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Şanlıurfa ilinin aylara bağlı saatlik sıcaklık tekerrürleri Çizelge 4.3’te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Şanlıurfa iklim koşullarında Mayıs ayında 109 saat 27°C’nin üzerinde seyretmektedir.



Şekil 4.2. Şanlıurfa iklim koşullarında farklı dış sıcaklık değerlerinin yılın saatlerine göre değişimi

Şanlıurfa iklim koşullarında dış sıcaklık değerlerinin yılın saatlerine bağlı ortaya çıkma süreleri Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Şanlıurfa iklim koşullarında yıl içinde sıcaklık 4794 saat 16°C’nin, 3419 saat 22°C’nin ve 2092 saat 27°C’nin üzerinde seyretmektedir. Şanlıurfa iklim koşulları için yapılan

İstatistiksel değerlendirmede farklı dış sıcaklık değerlerinin üstünde ortaya çıkma süreleri Eşitlik 29' dan belirlenebilmektedir.

$$y = -0.047 \theta^4 + 1.495 \theta^3 - 17.26 \theta^2 + 240.2 \theta + 9461 \quad (29)$$

Hava Değişim Sayısının Belirlenmesi

Seralarda yapılan havalandırmanın etkinliğinin belirlenmesinde kullanılan parametre hava değişim sayısıdır (V_A). Hava değişim sayısı birim zamanda seradan atılan hava hacminin sera taban alanına oranı olarak ifade edilmektedir. Yapılan çalışmada hava değişim sayısı enerji dengesi yöntemi kullanılarak elde edilen Eşitlik 5 yardımı ile hesaplanmıştır.

Hava Değişim Sayısına Etki Eden Etmenler

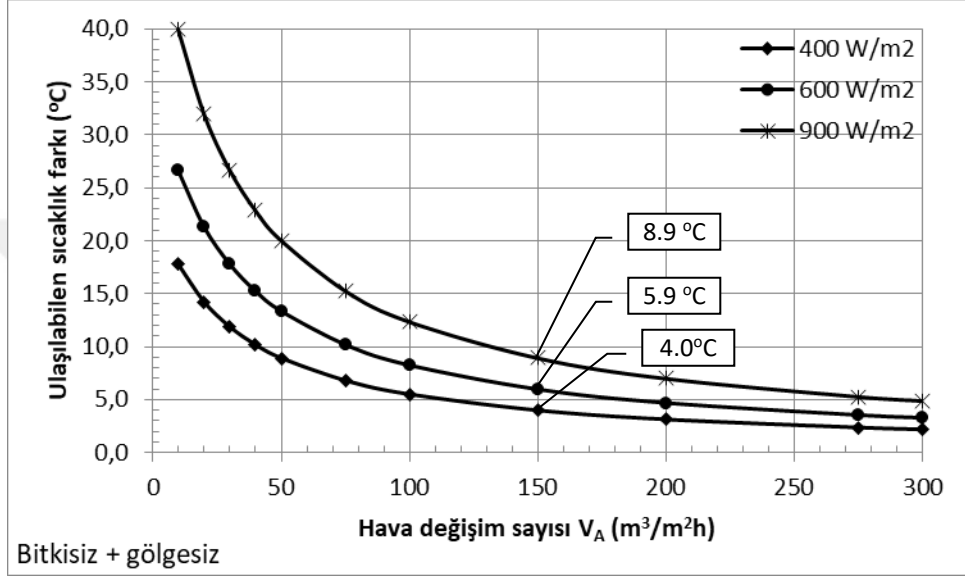
Seralarda hava değişimi iç ve dış ortam arasındaki basınç farkına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Her iki ortam arasındaki basınç farkı, sıcaklık, nem farkı ve rüzgarın sera yapısı üzerinde yarattığı kuvvetler sonucunda ortaya çıkar. Yapılan çalışmada serada sıcaklık değişimlerine neden olan güneş ışıınının, seradaki transpirasyonun ve rüzgar hızının etkilerine bağlı olarak hava değişim sayısına bağlı serada ortaya çıkan sıcaklık farkları hesaplanmıştır.

Güneş Işınımı

Seralarda yapılan havalandırmanın etkinliği ulaşılan sıcaklık farkına göre belirlenmektedir. Enerji dengesi yönteminden gidilerek seraya ulaşan güneş ışıınınına ve arzulanan hava değişim sayısına bağlı olarak boş bir serada ulaşılan sıcaklık farkı Eşitlik 4'ten hesaplanarak Şekil 4. 3'te verilmiştir.

Şekilden de görüleceği gibi bitkisel üretimin yapılmadığı boş bir serada hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı seraya ulaşan güneş ışıınınına bağlı olarak değişmektedir. Güneş ışıınınının 400 W/m^2 olduğu gündüz

saatlerinde ulaşılan sıcaklık farkı 2.7–17.8°C arasına değişirken, güneş ışınımının 900 W/m²'ye ulaştığı öğlen saatlerinde serada hava değişim sayısına bağlı ulaşılan sıcaklık farkı 4.9–40°C arasında değişmektedir.



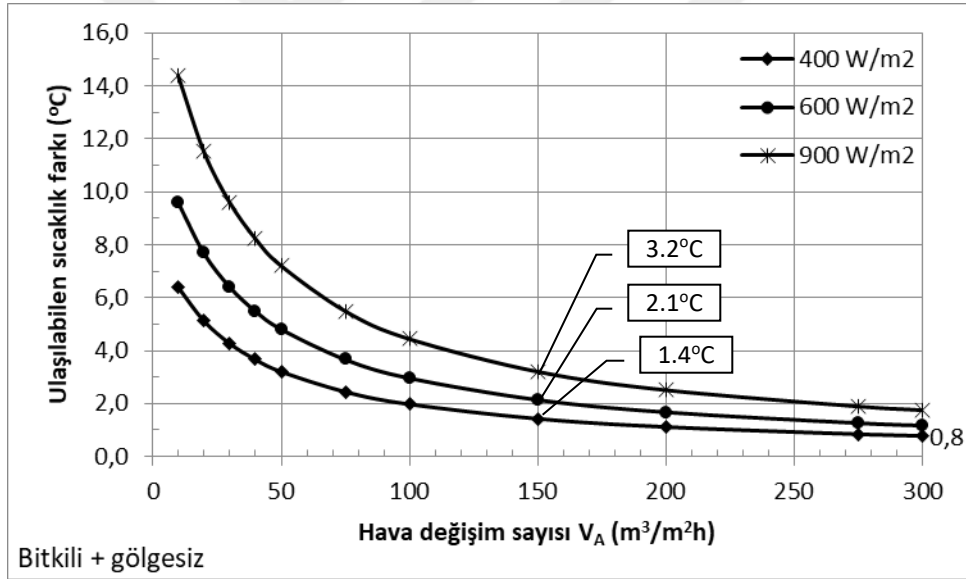
Şekil 4.3. Gölgeleştirilmemiş boş bir serada güneş ışınımı ve hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı

Transpirasyon

Seraya ulaşan güneş ışınımının bir kısmı fotosentez ve transpirasyonda kullanılırken, bir kısmı da örtü malzemesinin geçirgenliğine bağlı olarak transmisyonla dış ortama taşınmaktadır. Geri kalan güneş ışınımı duyulur ısıya dönüşerek serada kuru termometre sıcaklığının yükselmesine neden olmaktadır. Seraya ulaşan güneş ışınımının transpirasyonda kullanılma oranı, transpirasyon miktarına, bitki yaprak alanı büyüklüğüne, seradaki hava sirkülasyonuna, toprak su kapasitesine ve doyum açığına bağlı olarak değişmektedir. Transpirasyonun gerçekleştiği bitki ile kaplı seralarda iç ortam sıcaklığı daha düşüktür. Bunun da nedeni seraya ulaşan güneş ışınımının önemli bir kısmının buharlaşmada

kullanılması ve havanın sahip olduğu ısıнын büyük kısmının gizli ısı olarak sera ortamında bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Seraya ulaşan güneş ışınımının duyulur ısıya dönüşüm faktörü (η) 0–1 arasında değişmektedir. Genç fide döneminde bitki yaprak/alan indeksinin küçük olduğu dönemlerde bu değer 1'e yaklaşırken, ilerleyen olgunluk dönemlerinde 0'a yaklaşmaktadır (Tantau, 2013). Diğer bir ifade ile bitkinin olgunluk döneminde seraya ulaşan güneş ışınımının önemli bir kısmı transpirasyonda kullanılmaktadır. Transpirasyon bitkinin serinlemesine olanak sağlarken, havanın sahip olduğu ısı enerjisinin önemli bir kısmının gizli ısı olarak havanın bünyesinde bulunmasına olanak sağlar (Baytorun, 2016).



Şekil 4.4. Gölgeleştirilmeyen bitkili bir serada güneş ışınımı ve hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı

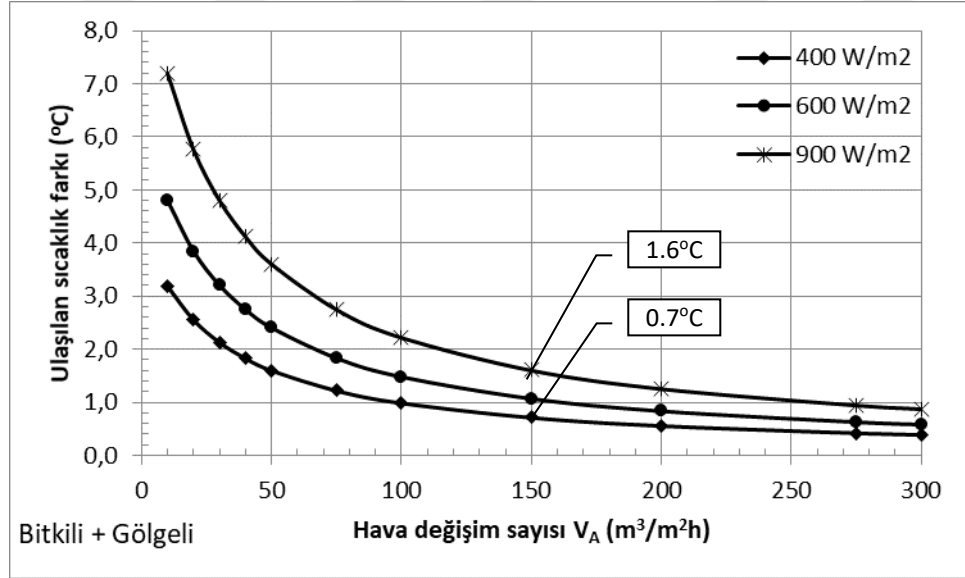
Bitkisel üretimin yapıldığı gölgeleştirilmemiş bir serada hava değişim sayısına bağlı ulaşılan sıcaklık farkı Şekil 4.4'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi bitkisel üretimin yapıldığı serada dış ortam güneş ışınımının 900 W/m² olduğu

koşullarda hava değişim sayısına göre ulaşılan sıcaklık farkı 1.8–14.4°C arasında değişmektedir.

Gölgeleme

Seraya ulaşan güneş ışınımının kısmen engellenmesi durumunda serada ortaya çıkan sıcaklığın düşürülmesi seraya ulaşan ışıma bağlı olarak azalmaktadır. Güneş ışınımının gölgeleme ile azaltılması hava sıcaklığından çok bitki yaprak sıcaklığının etkilemektedir.

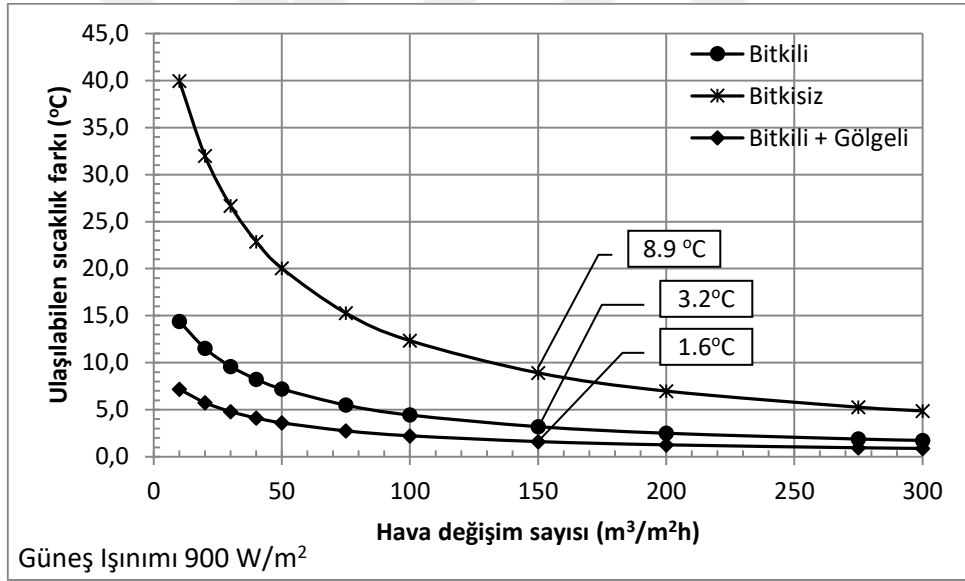
Şekil 4.5'te gölgelendirilen ve içinde bitkisel üretimin yapıldığı serada farklı güneş radyasyonu değerlerinde hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı değerleri verilmiştir. Şekil 4.4'ten de görüldüğü gibi bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilmeyen serada 900 W/m² güneş ışıması ve 150 m³/m²h hava değişim sayısında ulaşılan sıcaklık farkı 3.2°C olurken, seranın %50 oranında gölgelendirilmesi durumunda ulaşılan sıcaklık farkı 1.6°C olmaktadır.



Şekil 4.5. Gölgeleme ile bitkisel üretimin yapıldığı bir serada güneş ışıması ve hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı

Şekil 4.6'da gölgelendirilmeyen boş ve bitkili serada ve bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilmiş bir serada güneş ışınımının 900 W/m^2 olduğu koşullarda farklı hava değişim sayılarında ulaşılan sıcaklık değerleri verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilmiş serada hava değişim sayısına göre ulaşılan sıcaklık farkı önemli bir miktarda aşağı çekilebilmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda gölgelendirilmeyen ve içinde bitkisel üretimin yapılmadığı serada $150 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ hava değişim sayısında ulaşılan sıcaklık farkı 8.9°C olurken, serada bitkisel üretimin yapılması durumunda ulaşılan sıcaklık farkı 3.2°C , aynı özelliklere sahip serada gölgelemenin yapılması durumunda ulaşılan sıcaklık farkı 1.6°C olmaktadır.

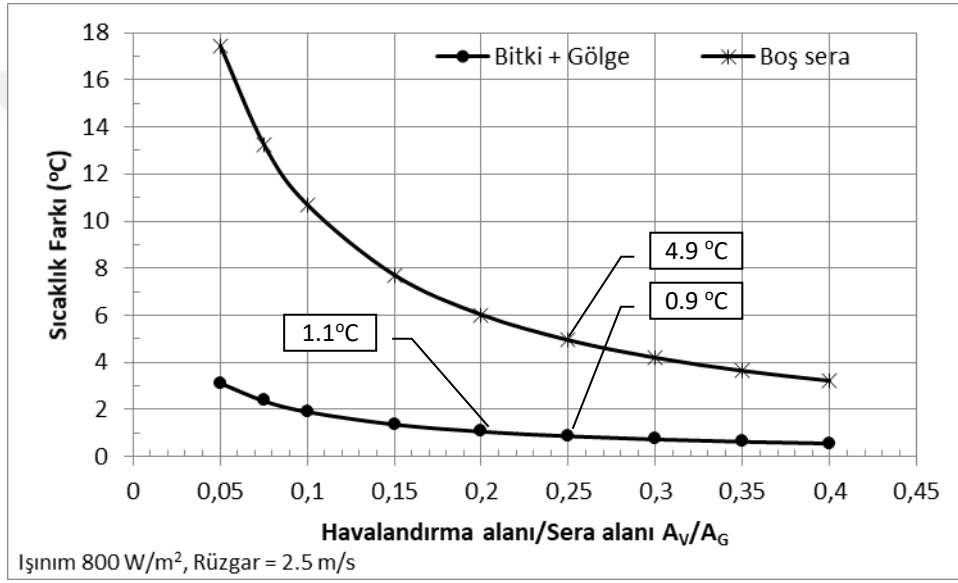


Şekil 4.6. Gölgelemlenmeyen boş ve bitkili serada, gölgelemlenmiş bitkili serada hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı

Rüzgar Hızı

Seralarda hava değişim sayısının enerji dengesi yöntemine göre hesaplanmasında rüzgar etkisi dikkate alınmamaktadır. Ancak serada ortaya çıkan hava değişimi, iç - dış ortam arasındaki sıcaklık ve nem farkına bağlı olduğu gibi

rüzgar hızının sera yapısı üzerinde yarattığı basınç farkına da bağlıdır. Bu amaçla yapılan çalışmada Bernoulli eşitliğinden yararlanılarak havalandırma açıklıklarından seraya ulaşan hava debisine bağlı olarak hesaplanan hava değişim sayısı ile enerji dengesine göre hesaplanan hava değişim sayısı denklemleri eşitlenerek havalandırma alanının/sera taban alanına oranına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkının hesaplanması mümkün olabilmektedir.

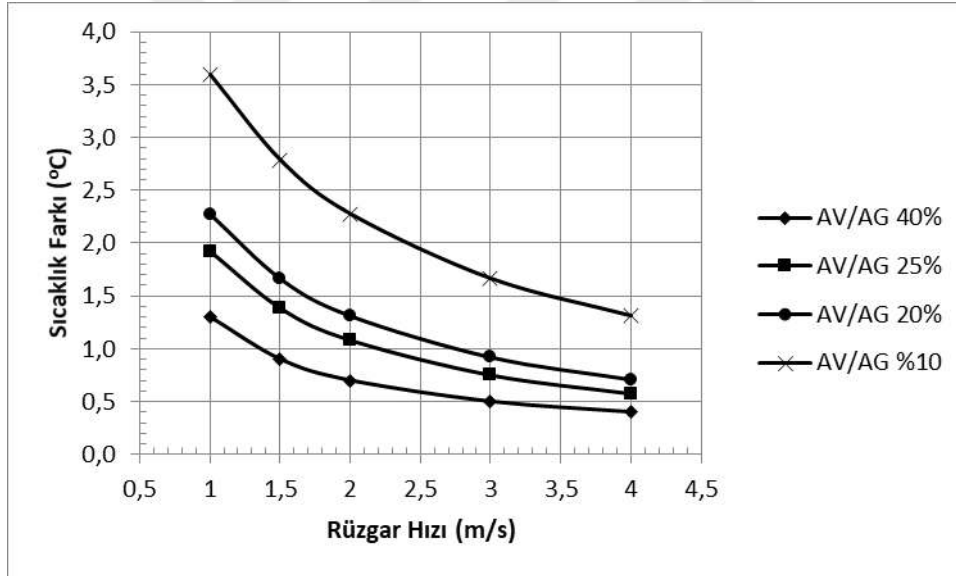


Şekil 4.7. Bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilen ve boş bir serada havalandırma alanı/sera alanı oranına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı

Şekil 4.7'de gölgelendirilmemiş boş bir serada ve bitkisel üretimin yapıldığı %50 oranında gölgelendirilmiş bir serada güneş ışıını şiddetinin 800 W/m^2 ve rüzgar hızının 2.5 m/s olduğu koşullarda havalandırma alanı/sera taban alanı oranına bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık farkı değerleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi bitkisel üretimin yapılmadığı boş bir serada havalandırma kapaklarının çok az açıldığı koşullarda (%10'a kadar) sıcaklık farkı hızlı bir düşüş gösterirken A_V/A_G oranının %10'dan büyük olduğu durumlarda bu

düşüş azalmaktadır. Bu durum sıcaklığın önemli bir kısmının havalandırma kapaklarının ilk açıldığı koşullarda dış ortama taşındığını göstermektedir. Ancak bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilmiş serada hesaplanan eğrinin eğimi daha düşük olmaktadır.

Şekil 4.7'den de görüleceği gibi bitkisel üretim yapıldığı gölgelendirilmiş serada havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranı %20 olduğunda ulaşılan sıcaklık farkı 1.1 °C olurken havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranı %25'e yükseltirken ulaşılan sıcaklık farkı çok az bir değişim göstererek 0.9°C'ye ulaşmaktadır. Belirtilen nedenle Şanlıurfa iklim koşullarında böcek tülü kullanılmayan havalandırma açıklıklarında havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranı %20 -%25 olması yeterli olacaktır.

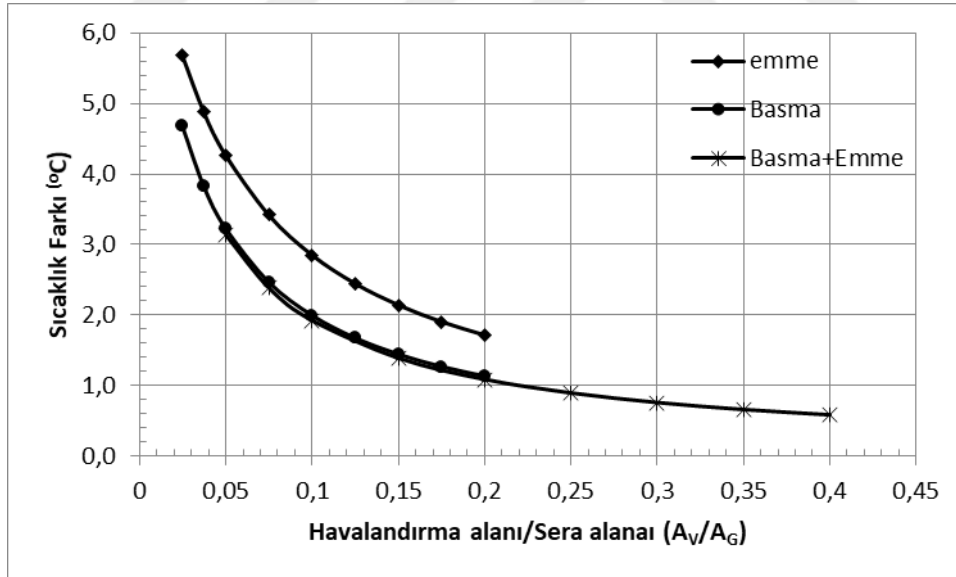


Şekil 4.8. Bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilen serada farklı rüzgar hızı ve havalandırma açıklık oranlarında ulaşılan sıcaklık farkı

Havalandırılan seralarda ulaşılan sıcaklık farkı rüzgar hızına bağlı değişim gösterir. Güneş ışınımının 800 W/m² olduğu, sera örtü geçirgenliğinin gölgeleme ile %30'a çekildiği koşullarda, farklı havalandırma alanı/sera alanı oranına ve

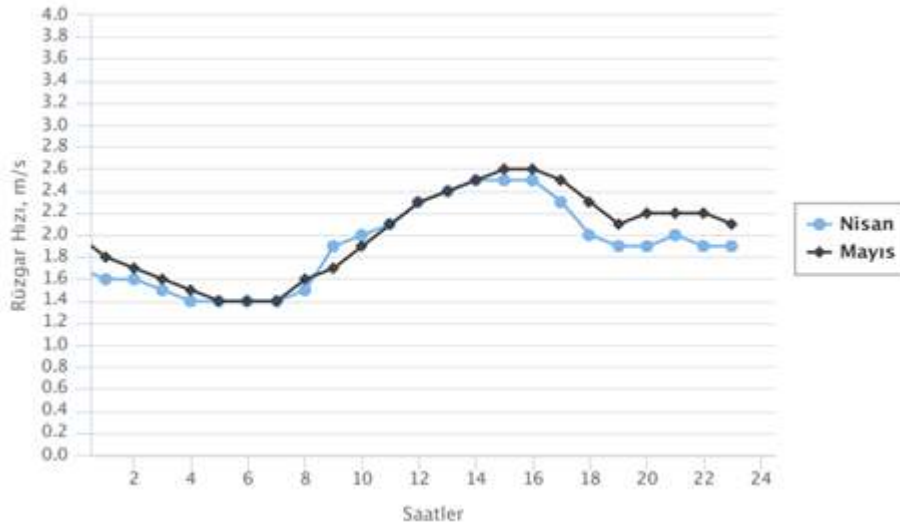
rüzgar hızına bağlı ulaşılan sıcaklık farkları Şekil 4.8’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi rüzgar hızının 1.5 m/s olması durumunda havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranı %20-%25 olduğunda serada sıcaklık farkının 1.5°C’nin altına tutulabilmektedir.

Seralarda emme ve basma yüzeyinde bulunan havalandırma kapaklarının birbirinden farklı bir şekilde kontrol edilebilmesi rüzgar hızına bağlı olarak seraya ulaşan hava kütesinin kontrolünde önemlidir. Blok olarak inşa edilen seralarda emme ve basma yüzeyindeki çatı havalandırma kapaklarının birbirinden bağımsız olarak kontrol edilmesi durumunda emme ve basma yüzeyindeki havalandırma açıklık oranına bağlı serada ulaşılan sıcaklık farkı Şekil 4.9’da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi basma yüzeyindeki havalandırma kapaklarının 40° açık tutulması durumunda serada ulaşılan sıcaklık farkı emme yüzeyindeki kapakların açık olması durumuna göre daha düşük sıcaklık farkı sağlanabilmektedir.



Şekil 4.9. Bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilen serada çatıda basma ve emme yüzeyindeki havalandırma açıklıklarına ve havalandırma alanı/sera alanı oranına bağlı ulaşılan sıcaklık farkı

Şekil 4.10'da Şanlıurfa'nın Nisan ve Mayıs aylarındaki ortalama saatlik rüzgar hızı değerleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Şanlıurfa'da Nisan ve Mayıs aylarında günlük rüzgar hızı değerleri 1.4–2.6 m/s arasında değişmektedir. Şekilden de görüleceği gibi gündüz saatlerindeki rüzgar hızı gece saatlerinde ortaya çıkan rüzgar hızından daha yüksek olmaktadır. Bu durum havalandırmanın etkinliği açısından pozitif bir etki sağlamaktadır.



Şekil 4.10. Şanlıurfa koşullarında Nisan ve Mayıs aylarında saatlik rüzgar hızı değerleri

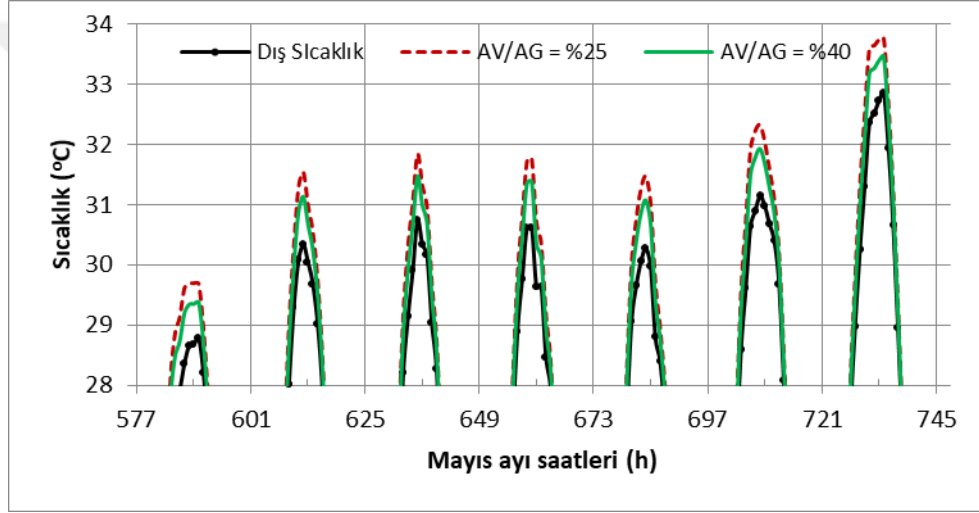
Böcek Tülü

Havalandırma açıklıklarına gerilen böcek tüllerinin çeşitlerine bağlı olarak havalandırma açıklıkları büyütme oranı (A_S/A_V) Bailey ve ark., (2003) ve Teitel'in, (2006) yöntemine göre hesaplanmıştır. Havalandırma açıklıklarında kullanılan farklı mesh genişliklerine sahip böcek tülleri için gerekli olan k_s katsayısı Re sayısının 20 olduğu farklı poroziteye (ϵ) sahip böcek tülleri için Eşitlik 16'dan tüllerin porozite katsayılarına bağlı hesaplanmıştır. Farklı porozitelere sahip böcek tülünün kullanıldığı seralarda havalandırma açıklıklarının büyütülme oranları Eşitlik 14'den hesaplanarak Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Böcek Tülleri İçin Hesaplanmış Basınç Kaybı ve Büyültme Oranları

Böcek tülü		Econet M	Econet SF	Econet T
Porozite(ε)	0.5	0.41	0.38	0.3
Basınç kaybı (k_s)	4.61	7.60	9.1	15.5
Büyültme oranı (A_S/A_V)	1.77	2.17	2.34	2.98

Çizelge 4.4'ten görüleceği gibi havalandırma açıklıklarına gerilen farklı özelliklere sahip böcek tüllerinde A_S/A_V oranı yaklaşık 2 kat büyütülmelidir.

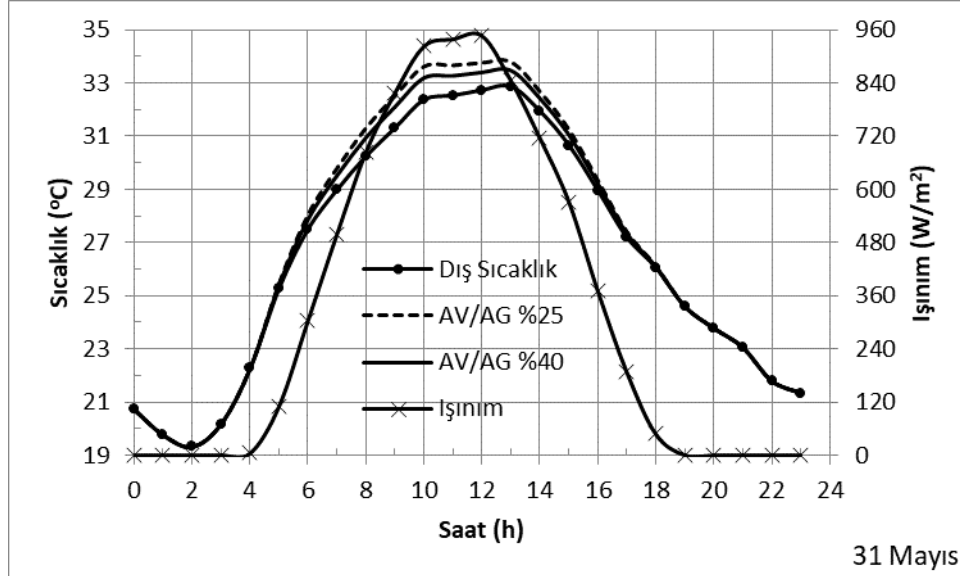


Şekil 4.11. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve farklı A_V/A_G oranlarında mayıs ayının son haftasında serada hesaplanan iç sıcaklık değerleri

Şanlıurfa ilinin Mayıs ayına ait uzun yıllık saatlik iklim değerlerinden bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilen bir serada havalandırma alanı/sera alanı oranına göre Eşitlik 12'den hesaplanan iç sıcaklık değerleri Şekil 4.11'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Mayıs ayının son haftasında dış sıcaklık değerleri 29°C'den 33°C'ye kadar yükselmiştir. Serada %50 oranında gölgeleme yapıldığında A_V/A_G %40 olduğunda serada ulaşılan sıcaklık, dış sıcaklığın yaklaşık 1°C üzerinde bulunmaktadır. Şekilden de görüleceği gibi Şanlıurfa iklim

koşullarında mayıs ayının ortalarından sonra serada havalandırma + gölgelemenin birlikte yapılması durumunda bile serada bitkisel üretim için gerekli olan konfor ortamının sağlanması mümkün olamamaktadır.

Şanlıurfa iklim koşullarında havalandırmanın etkinliğini daha yakından incelemek amacıyla Mayıs ayının 31'inde serada ortaya çıkan sıcaklık değişimleri havalandırma açıklık oranlarına bağlı olarak Şekil 4.12'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Mayıs ayının son gününde gölgelendirilen ve yeterli havalandırma açıklığına sahip serada sıcaklık dış sıcaklığın yaklaşık 1°C üzerine kadar çekilebilmektedir.



Şekil 4.12. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve farklı A_v/A_g oranlarında 31 Mayıs tarihinde serada iç sıcaklık değerleri.

Çizelge 4.5. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen, Havalandırma alanı/Sera alanı oranının %40 olduğu koşullarda Mayıs ayında ulaşılan sıcaklık değerleri

Saat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	18.4	18.7	16.9	18.3	17.4	18.4	16.9	16.4	18.1	17.2	18.9	17.2	17.8	17.6	18.4	19.3	21.0	20.2	19.5	18.7	18.7	19.0	18.7	18.5	19.9	19.1	20.4	19.7	19.3	20.0	20.7
1	18.2	18.4	16.3	17.4	16.8	18.5	16.5	15.9	17.6	16.9	18.8	16.6	17.3	16.9	18.1	18.6	20.2	19.6	18.7	18.4	18.7	18.3	18.5	18.5	19.5	18.2	19.7	18.8	18.7	19.2	19.8
2	17.7	17.2	15.8	17.0	16.8	17.8	15.7	15.5	17.0	16.7	18.3	16.4	16.7	16.3	17.8	18.1	19.7	19.4	18.4	17.7	18.1	18.0	18.2	18.2	18.9	18.0	19.0	18.6	18.2	18.8	19.3
3	17.9	16.9	16.1	16.4	16.8	17.7	15.4	16.5	17.6	17.1	16.4	16.6	16.8	17.1	17.6	18.3	20.3	19.4	19.0	18.1	18.6	18.4	19.1	18.8	19.8	18.9	19.5	19.3	19.7	19.1	20.2
4	19.6	18.2	17.7	18.4	18.5	19.5	17.1	18.1	19.2	19.1	18.7	17.7	18.3	18.8	19.1	19.8	20.7	21.5	20.9	20.2	20.1	20.7	20.1	20.4	21.3	20.3	21.1	21.9	21.1	22.1	22.3
5	22.8	20.7	20.3	21.0	21.7	22.2	19.5	21.4	21.6	22.4	20.9	20.7	20.5	21.0	22.4	23.3	23.5	24.5	24.2	22.9	23.3	23.5	22.7	22.7	24.1	23.7	23.6	24.3	24.2	25.0	25.4
6	25.4	23.2	22.3	22.9	24.0	24.2	21.2	23.0	23.3	23.9	22.8	22.2	22.4	23.3	24.8	25.0	25.8	26.6	26.1	25.2	25.4	24.7	24.9	24.5	25.6	26.0	25.0	25.9	26.1	27.2	27.9
7	28.0	25.3	24.6	24.7	25.2	25.2	24.1	24.9	25.4	25.4	24.8	24.2	24.1	25.3	26.6	26.9	26.9	28.4	27.9	26.6	26.3	27.5	26.1	26.3	27.7	26.9	27.0	27.8	28.0	29.2	29.5
8	29.2	26.5	26.4	26.5	26.8	27.2	25.3	26.7	25.6	26.6	26.2	25.4	25.8	26.8	27.5	28.8	28.8	29.7	28.9	27.8	27.9	28.9	28.0	26.6	28.5	28.7	28.8	29.5	29.7	30.3	30.9
9	29.7	27.3	26.9	27.3	26.9	27.3	26.0	28.3	26.4	27.5	27.2	25.5	26.2	27.9	29.1	29.9	31.0	31.2	29.9	28.4	28.5	29.7	28.6	28.5	28.7	30.0	29.9	30.4	30.4	31.5	32.1
10	30.2	27.3	27.3	27.9	27.9	27.9	24.9	29.4	27.3	28.5	28.0	25.1	27.5	27.5	30.2	30.5	31.9	32.1	30.5	29.7	29.6	30.5	28.5	29.8	29.2	30.9	30.7	31.3	30.9	31.8	33.2
11	30.4	28.2	27.6	28.5	28.4	28.6	25.9	28.2	28.1	29.6	27.7	25.0	28.1	28.4	29.8	30.4	32.3	32.3	31.2	29.4	30.0	31.0	28.7	30.4	29.3	31.1	31.5	31.4	31.1	31.9	33.3
12	30.4	27.9	27.5	28.6	29.4	27.1	25.6	27.9	27.2	29.9	25.9	24.1	28.4	28.5	30.0	30.1	32.1	32.3	30.5	29.0	29.4	30.5	29.0	30.0	29.3	30.7	31.0	30.3	30.7	31.7	33.4
13	28.9	27.5	26.6	27.8	28.0	26.0	25.0	27.9	26.6	28.5	24.1	24.3	28.5	28.5	29.3	30.2	31.8	31.5	30.2	28.6	29.3	30.3	28.1	29.7	29.4	30.2	30.7	30.1	29.4	31.3	33.5
14	28.0	27.0	25.9	25.8	27.2	25.1	23.9	27.4	26.3	27.0	23.3	24.0	25.8	27.9	29.2	29.5	31.1	29.1	29.5	27.7	28.8	29.8	27.6	29.3	28.7	29.5	29.5	28.9	28.8	30.8	32.4
15	26.1	25.1	25.1	25.2	26.1	23.9	23.0	26.1	25.4	25.8	23.0	23.3	24.5	26.7	27.7	28.5	29.6	27.3	28.0	26.1	27.2	28.2	26.8	28.2	27.6	28.3	28.6	28.2	27.8	30.0	31.0
16	24.6	23.4	23.8	24.1	24.3	22.7	21.4	24.7	23.9	24.1	21.3	21.8	23.2	24.8	26.3	27.0	28.0	25.3	26.4	24.3	25.5	26.3	25.1	26.7	26.2	26.6	26.8	26.7	26.6	28.3	29.2
17	23.8	22.1	22.7	22.8	23.1	21.5	20.0	23.6	22.7	22.7	20.5	20.9	22.0	23.3	24.6	25.3	26.5	24.2	24.7	22.8	24.0	23.8	23.9	25.4	24.7	25.1	25.0	25.1	25.1	26.6	27.3
18	22.8	21.4	21.3	21.2	22.1	20.4	18.9	22.3	21.0	22.1	19.7	20.3	20.9	22.4	23.5	24.3	25.2	23.1	23.5	21.7	22.3	22.9	22.7	24.0	23.5	24.0	24.3	24.1	24.2	25.1	26.1
19	21.5	20.4	20.6	20.3	21.5	19.8	18.7	21.6	19.8	22.2	18.1	20.0	20.3	21.7	22.2	23.6	23.8	21.7	22.7	21.4	21.5	22.5	22.0	22.6	22.4	23.2	23.0	23.0	23.2	24.3	24.6
20	20.4	19.9	19.8	19.6	20.5	19.2	17.9	20.6	19.3	21.4	17.9	19.6	19.5	20.7	21.1	22.9	23.7	20.7	21.6	20.7	21.0	21.6	20.5	21.8	21.7	22.4	21.9	22.1	22.3	23.3	23.8
21	20.2	18.4	19.3	18.6	20.0	18.6	17.6	19.9	18.8	19.9	17.9	18.8	19.0	19.9	20.5	22.3	22.8	21.0	21.0	20.4	20.6	20.6	20.1	21.4	21.0	21.4	21.5	21.4	21.7	22.7	23.1
22	19.8	18.0	19.0	18.3	19.1	17.8	17.4	19.4	18.4	19.9	17.4	18.5	18.6	19.1	20.0	21.6	21.3	20.2	20.3	19.9	19.9	19.6	19.3	21.1	20.3	20.6	21.0	20.5	20.9	21.9	21.8
23	19.3	17.7	18.7	17.7	18.8	17.4	16.9	18.7	18.1	19.7	17.1	18.0	17.7	18.7	20.0	20.9	20.7	20.1	19.2	17.3	19.6	19.2	18.9	20.2	19.7	20.5	20.3	19.9	20.3	21.0	21.3

Çizelge 4.5'te Şanlıurfa iklim koşullarında Mayıs ayında %50 oranında gölgelendirilen ve havalandırma açıklığının sera taban alanına oranın %40 olduğu koşullarda mayısı ayının günlerine bağlı saatlik sıcak değerleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Mayıs ayında gölgelendirilen ve %40 havalandırma açıklığına sahip serada saat 7:00 – 15:00 arasında sıcaklık değerleri 27°C'nin üzerine yükselmektedir. Bu koşullarda serada bitkisel üretimin devamı mümkün olmamaktadır. Bu koşullarda seralarda yapılacak spreylere soğutma ile bitkisel üretimin sürdürülmesi mümkün olabilecektir.

Seralarda yapılan havalandırmada gerekli havalandırma süresinin belirlenmesi özellikle yapılacak olan zorunlu havalandırmada önem arz eder. Havalandırma süresinin bilinmesi durumunda havalandırma sisteminde kullanılan vantilatörlerin gücünden gidilerek gerekli olan elektrik enerjisinin hesaplanması mümkün olabilmektedir.

Çizelge 4.6. Şanlıurfa iklim koşullarında % 50 oranında gölgelendirilen boş serada yılın aylarına bağlı olarak 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri

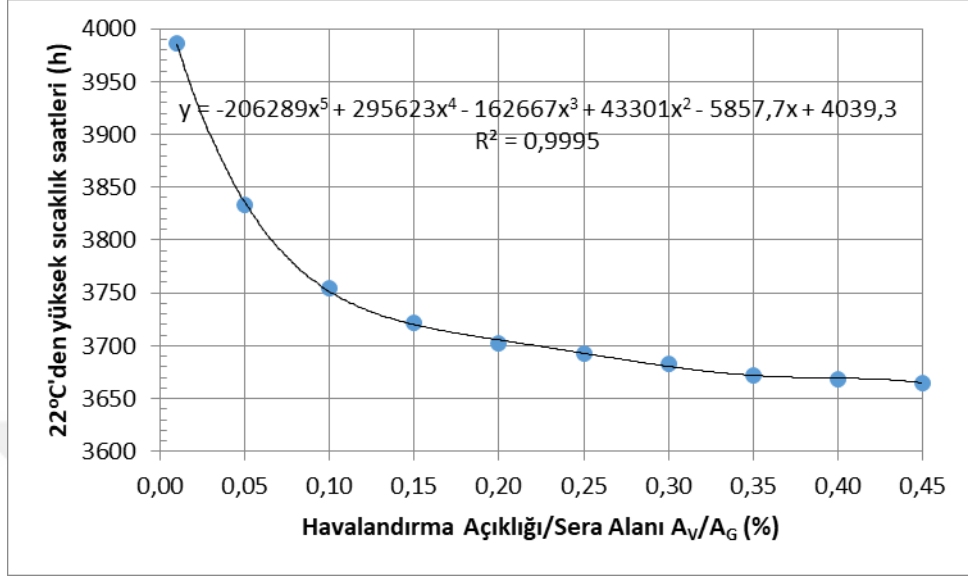
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Temm.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Açıklık Av/Ag	Dış Ortamda												
	0	0	0	136	430	666	744	744	641	269	3	0	3633
Serada													
0.01	14	109	236	322	449	666	744	744	641	325	178	37	4465
0.05	0	26	160	291	443	666	744	744	641	319	136	0	4170
0.10	0	1	81	265	440	666	744	744	641	313	101	0	3996
0.15	0	0	40	249	438	666	744	744	641	307	83	0	3912
0.20	0	0	23	229	436	666	744	744	641	301	68	0	3852
0.25	0	0	11	216	436	666	744	744	641	297	54	0	3809
0.30	0	0	10	205	433	666	744	744	641	292	45	0	3780
0.35	0	0	8	198	433	666	744	744	641	287	35	0	3756
0.40	0	0	4	195	433	666	744	744	641	285	32	0	3744
0.45	0	0	4	189	433	666	744	744	641	284	27	0	3732

Çizelge 4.6'da Şanlıurfa iklim koşullarında dış ortamda ve %50 oranında gölgelendirilen boş bir serada yılın aylarına bağlı olarak 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Şanlıurfa iklim koşullarında dış ortamda Nisan ayından sonra sıcaklıklar 22°C'nin üzerine yükselmektedir. Nisan ayında 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri 136 saattir. Ancak Mayıs ayından başlayarak 22°C'nin üzerindeki sıcaklık saatleri hızla yükselerek Temmuz ve Ağustos ayının tamamında serada sıcaklık 22°C'nin üzerine yükselmektedir.

Gölgelendirilen ve bitkisel üretimin yapıldığı serada ortaya çıkan sıcaklık değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelge 4.6'dan görüleceği gibi bitkisel üretimin yapılmadığı havalandırma açıklığı/sera alanı oranının %40 olduğu serada Nisan ayında hava sıcaklığı 195 saat 22°C'nin üzerine yükselirken, bitkisel üretimin yapıldığı serada bu değer 156 saate düşmektedir.

Çizelge 4.7. Şanlıurfa iklim koşullarında % 50 oranında gölgelendirilen ve içinde üretim yapılan serada yılın aylarına bağlı olarak 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Temm.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Açıklık A _v /A _g	Dış Ortamda												
	0	0	0	136	430	666	744	744	641	269	3	0	3633
	Serada												
0.01	0	2	83	266	440	666	744	744	641	311	89	0	3986
0.05	0	0	22	228	436	666	744	744	641	298	54	0	3833
0.10	0	0	8	200	433	666	744	744	641	286	32	0	3754
0.15	0	0	3	186	433	666	744	744	641	282	23	0	3722
0.20	0	0	0	174	432	666	744	744	641	280	21	0	3702
0.25	0	0	0	170	432	666	744	744	641	278	17	0	3692
0.30	0	0	0	167	432	666	744	744	641	277	12	0	3683
0.35	0	0	0	159	432	666	744	744	641	277	9	0	3672
0.40	0	0	0	156	432	666	744	744	641	277	8	0	3668
0.45	0	0	0	154	432	666	744	744	641	276	8	0	3665



Şekil 4.13. Şanlıurfa iklim koşullarında Havalandırma alanı/Sera alanı oranına bağlı olarak 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri

Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve içinde bitkisel üretimin yapıldığı serada havalandırma alanı/sera alanı oranına bağlı olarak 22°C'den yüksek sıcaklık saatleri Şekil 4.13'de verilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler ile elde edilen 5. Derecedeki poligon eşitliği ile farklı havalandırma açıklıklarına sahip seralarda 22°C'den yüksek sıcaklık saatlerinin toplam değeri elde edilebilmektedir.

$$y = -206289x^5 + 295623x^4 - 162667x^3 + 43301x^2 - 5857,7x + 4039,3$$

$$R^2 = 0,9995$$

Şekil 4.13'den de görüleceği gibi havalandırma açıklık olanlarının sera taban alanına oranı %10'a kadar sıcaklıkta hızlı bir düşme gerçekleşirken %10'dan sonra bu düşüş azalmaktadır. Ancak yine de Şanlıurfa iklim koşullarında üretim periyodunun devam ettiği aylarda serada sıcaklıklar ciddi anlamda yüksek seyretmektedir.

Soğutma

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yazın güneş ışınımının yüksek olduğu günlerde iyi bir havalandırma sistemine sahip seralarda bile hava sıcaklığı dış sıcaklık değerlerinin 5 – 10°C üzerine yükselebilmektedir (vonZabeltitz, 2011). Havalandırılan ancak gölgelendirilmeyen seralarda ise bitki yaprak sıcaklıkları sera ortam sıcaklığının 5°C–15°C üstüne yükselebilmektedir (vonZabeltitz, 1986). Bu durum iyi bir havalandırma ve gölgelemenin bile bitki sıcaklığını düşürmede yeterli soğutmayı sağlamadığını göstermektedir. Bu koşullarda seralarda aktif soğutma yapma gereği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.8. Şanlıurfa iklim koşullarında % 50 oranında gölgelendirilen ve üretim yapılan serada yılın aylarına bağlı 27°C’den yüksek sıcaklık saatleri

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Temm.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Açıklık A _v /A _g	Dış Ortamda												
	0	0	0	21	181	450	685	650	387	67	0	0	2441
	Serada												
0.01	0	0	0	128	307	467	685	650	405	189	2	0	2833
0.05	0	0	0	64	276	463	685	650	401	157	0	0	2696
0.10	0	0	0	48	247	459	685	650	397	136	0	0	2622
0.15	0	0	0	39	238	458	685	650	396	116	0	0	2582
0.20	0	0	0	37	227	458	685	650	394	110	0	0	2561
0.25	0	0	0	33	217	457	685	650	394	103	0	0	2539
0.30	0	0	0	32	215	456	685	650	394	98	0	0	2530
0.35	0	0	0	30	211	454	685	650	394	94	0	0	2518
0.40	0	0	0	29	208	454	685	650	394	91	0	0	2511
0.45	0	0	0	29	206	454	685	650	393	87	0	0	2504

Günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin veya saatlik sıcaklığın 27°C'nin üstüne çıkması durumunda, seralarda aktif soğutma yapılmalıdır (Kittas ve ark., 2013). Çizelge 4. 8’de Şanlıurfa iklim koşullarında dış ortamda sıcaklığın 27°C’nin üstüne çıktığı süreler saat olarak verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Nisan ayının sonlarına doğru dış hava sıcaklıkları 27°C’nin üzerine yükselmektedir. Nisan ayındaki dış ortamda hava sıcaklığı 21 saat 27°C’nin üzerinde seyrederken, %40 havalandırma açıklığına sahip gölgelendirilmiş serada 29 saat 27°C’nin

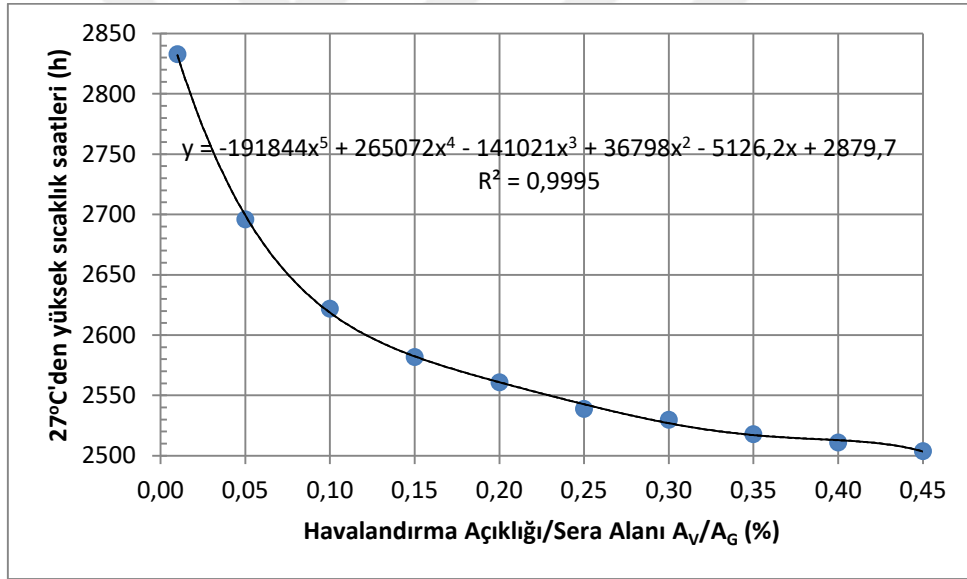
üzerine yükselmektedir. Ancak Mayıs ve Haziran ayında serada 27°C'nin üzerindeki sıcaklık saatleri 208 – 454 saate ulaşmaktadır.

Şanlıurfa iklim %50 gölgelendirilen ve içinde bitkisel üretimin yapıldığı serada farklı havalandırma açıklıklarına bağlı olarak 27°C'den yüksek sıcaklık saatleri grafiksel olarak Şekil 4.14'de verilmiştir.

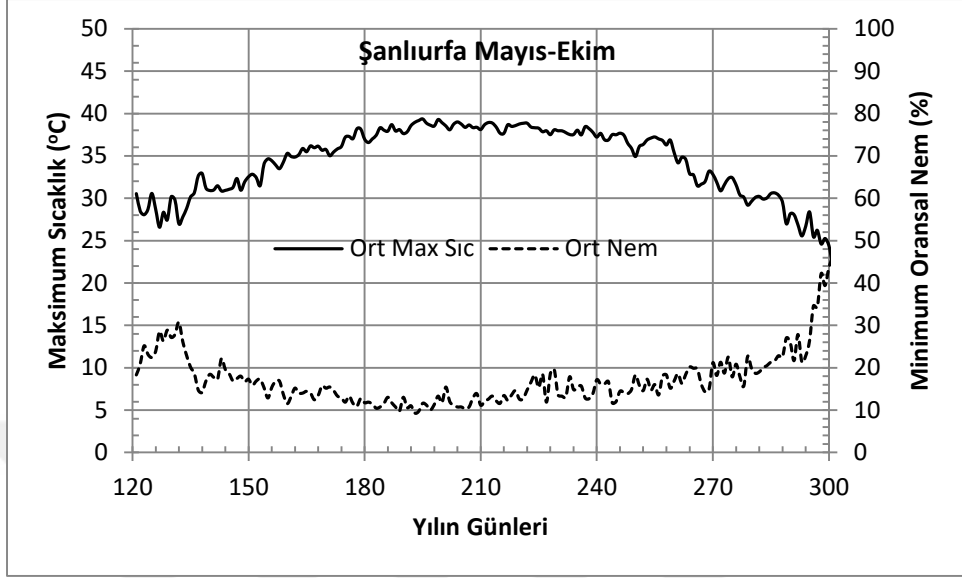
Yapılan değerlendirmeler ile elde edilen 5. Derecedeki poligon eşitliği ile farklı havalandırma açıklıklarına sahip seralarda 27°C'den yüksek sıcaklık saatlerinin toplam değeri elde edilebilmektedir.

$$y = -191844x^5 + 265072x^4 - 141021x^3 + 36798x^2 - 5126,2x + 2879,7$$

$$R^2 = 0,9995$$



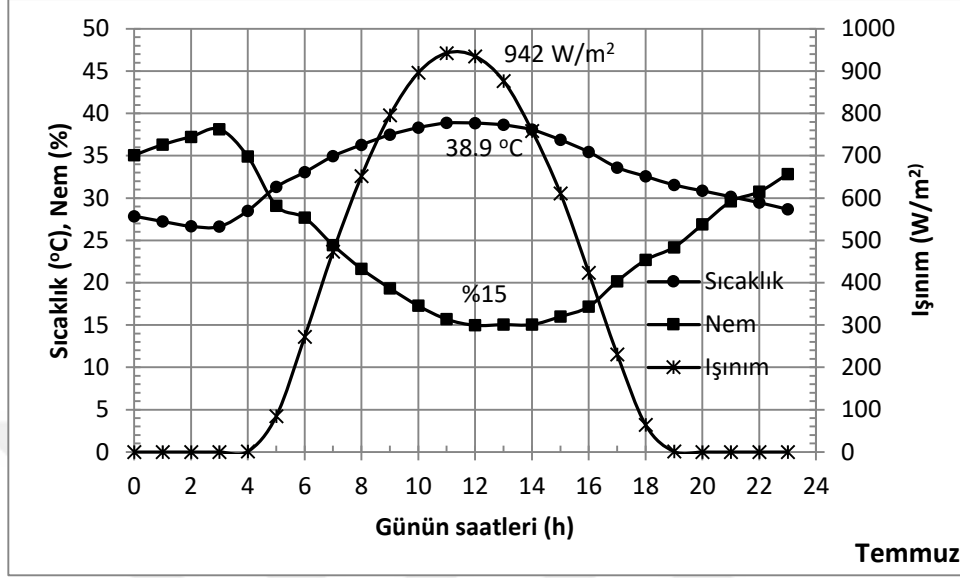
Şekil 4.14. Şanlıurfa iklim koşullarında Havalandırma alanı/Sera alanı oranına bağlı olarak 27°C'den yüksek sıcaklık saatleri



Şekil 4.15. Şanlıurfa (37°08' N) ili günlük maksimum sıcaklık ve minimum oransal nem değerleri

Şekil 4.16'te Şanlıurfa ilinin uzun yıllık iklim değerlerinden elde edilen günlük maksimum sıcaklık ve minimum oransal nem değerleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Şanlıurfa ilinde Temmuz ve Ağustos aylarında günlük maksimum sıcaklık 38°C'ye yükselirken oransal nem %10'lara kadar düşmektedir. Belirtilen nedenle Şanlıurfa ilinde seralarda yapılacak evaporatif soğutma oransal nemin düşük olması nedeniyle etkili olacaktır.

Şanlıurfa iklim koşullarında Temmuz ayında güneş ışınlamına bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık ve nem değerleri Şekil 4.16'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Temmuz ayında öğle saatlerinde güneş ışınlamı 942 W/m²'ye ulaşırken, dış ortam hava sıcaklığı 38.9°C ve oransal nem %15 olmaktadır. Oransal nemin bu denli düşük olması serada yapılacak evaporatif soğutmanın etkinliği açısından önemlidir.



Şekil 4.17. Şanlıurfa (37°08' N) ilinde uzun yıllık iklim değerlerinden elde edilen Temmuz ayına ait saatlik sıcaklık, oransal nem ve güneş ışınlamı değerleri.

Soğutmanın etkinliği dış ortam havasının nemine bağlıdır. Çizelge 4. 9'da Haziran ayının günlerine ait saatlik ortalama nem değerleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi saat 7:00 – 17:00 arasında hava nemi %20–29 arasında değişirken öğlen saatlerinde %15'e kadar düşmektedir. Bu da evaporatif soğutmanın Şanlıurfa iklim koşullarında etkili olabileceğini göstermektedir.

Şanlıurfa ilinin uzun yıllık saatlik sıcaklık değerlerinden elde edilen Haziran ayına ait ortalama sıcaklıklar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Haziran ayı boyunca sabah 8:00–17:00 arasında hava sıcaklığı 27°C'nin üzerinde seyretmektedir. Bu sıcaklık değerlerinde serada bitkisel üretimin devamı mümkün değildir. Şanlıurfa koşullarında seralarda bitkisel üretimin devamı için seraların Mayıs ayının ortalarında itibaren soğutulması zorunludur.

Çizelge 4.9. Şanlıurfa ilinin Haziran ayı uzun yıllık saatlik oransal nem ortalamaları

Saat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ort.	Max.	Min.
0	45	44	45	42	36	52	52	45	42	42	50	45	39	39	43	43	35	35	39	39	38	39	31	32	34	30	33	36	37	33	39.8	52.2	30.2
1	46	44	45	43	37	54	54	44	44	42	49	45	42	43	46	46	37	36	44	41	40	40	31	35	33	31	35	39	37	34	39.9	54.2	30.6
2	46	45	46	45	39	56	55	47	47	43	51	48	43	46	47	48	37	37	44	42	41	44	32	37	32	31	37	43	41	39	41.6	56.0	31.0
3	47	45	48	48	39	57	56	47	45	43	50	46	45	48	48	48	40	37	44	45	41	45	33	38	31	31	38	42	43	36	42.2	56.8	31.0
4	44	41	41	40	37	53	54	41	40	38	45	43	37	41	42	42	34	34	40	39	38	38	30	36	28	28	35	38	38	34	37.8	53.6	27.6
5	36	33	33	33	32	45	45	36	33	32	36	33	29	36	37	35	29	30	34	34	33	34	26	31	24	23	28	33	33	31	32.0	45.4	23.4
6	29	28	30	30	30	40	41	33	31	29	32	29	28	32	33	30	27	28	32	31	32	26	23	28	22	23	27	31	28	28	28.9	41.4	22.2
7	26	27	26	27	28	34	37	29	28	27	27	25	25	27	28	27	22	25	29	27	27	23	19	25	20	19	25	28	25	23	25.6	36.6	19.4
8	24	27	23	23	29	31	30	25	24	23	24	21	21	25	25	23	22	22	26	24	25	21	18	21	19	19	22	23	24	20	23.0	31.2	17.8
9	20	23	21	19	28	30	28	22	22	22	24	20	19	22	24	21	19	20	23	21	21	20	16	19	17	17	19	20	21	19	20.8	29.6	16.2
10	20	22	20	17	25	27	26	22	18	19	21	18	17	18	21	18	17	20	20	21	20	19	17	16	15	17	17	18	18	18	19.1	27.0	15.4
11	19	20	17	16	22	24	23	19	17	19	19	17	16	18	19	17	18	19	20	19	19	17	15	16	14	16	15	17	16	16	17.8	23.8	13.8
12	19	20	22	15	19	22	22	20	16	19	18	16	16	18	18	16	17	19	17	18	18	16	15	15	14	15	15	17	16	16	17.2	22.2	14.0
13	18	20	21	15	19	23	21	19	16	18	17	15	15	20	20	15	17	19	17	18	17	15	13	14	13	13	15	17	15	15	17.0	22.8	12.8
14	18	21	20	15	29	21	21	19	16	19	17	15	16	19	21	17	16	19	17	19	21	16	13	14	13	14	15	17	15	15	17.6	29.2	13.0
15	20	21	22	16	29	24	22	20	18	20	18	15	16	18	20	17	16	21	19	20	22	14	14	15	14	15	16	18	16	16	18.3	29.4	14.2
16	22	24	23	20	31	27	22	21	20	23	20	17	18	22	20	18	17	24	21	21	22	16	16	17	16	18	17	22	18	18	20.1	31.2	15.6
17	24	27	26	23	35	31	25	26	22	31	26	20	20	26	24	21	19	27	24	23	24	18	18	20	17	20	19	23	20	21	23.1	35.2	17.2
18	27	28	28	26	38	37	27	27	26	32	31	24	26	28	27	25	24	31	26	29	28	23	21	25	19	22	21	27	21	24	26.3	38.4	18.8
19	29	32	32	27	38	39	32	30	26	34	33	26	29	30	31	28	25	34	28	33	30	26	17	27	19	23	25	30	23	28	28.4	38.6	16.7
20	34	35	35	30	44	40	36	31	31	37	37	28	34	34	33	29	27	29	30	33	33	27	23	28	21	24	29	32	25	26	30.8	44.4	20.6
21	37	37	38	31	46	42	39	33	35	40	38	33	35	36	35	30	30	36	33	35	36	29	25	30	23	25	30	34	27	31	33.3	46.2	23.2
22	40	40	39	35	48	44	40	35	38	43	43	34	36	38	37	32	32	37	37	37	37	29	27	31	27	28	34	36	29	35	35.4	48.2	26.6
23	42	44	41	36	50	48	44	40	40	45	45	35	39	40	40	33	33	39	38	37	38	30	29	33	28	30	35	35	31	37	37.4	50.4	28.2

Çizelge 4.10. Şanlıurfa ilinin Haziran ayı uzun yıllık saatlik sıcaklık ortalamaları

Saat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Ort.	Max.	Min.
0	20.6	21.6	22.7	21.9	22.6	20.7	20.4	21.6	22.2	22.7	21.0	22.2	22.2	23.4	22.9	23.0	24.5	25.3	25.2	24.5	23.9	23.7	26.0	26.7	26.5	27.6	27.4	26.3	26.5	26.2	23.7	27.6	20.4
1	20.3	21.2	22.0	20.9	21.6	19.9	19.7	21.3	21.7	22.6	20.4	21.5	21.8	22.2	21.9	22.2	23.7	24.8	24.0	24.1	23.2	23.1	25.7	25.5	26.2	26.9	26.7	24.9	26.2	25.7	22.4	26.9	19.7
2	20.2	20.8	21.7	20.6	21.3	19.7	19.2	20.7	21.1	21.6	20.0	21.0	21.7	21.3	21.7	22.3	23.0	23.9	23.7	23.6	22.5	22.0	25.3	24.9	26.0	26.4	26.4	24.3	25.2	25.2	21.9	26.4	19.2
3	20.2	21.1	21.8	20.3	21.7	20.1	19.8	21.3	21.6	21.9	20.5	21.9	21.9	21.6	22.1	22.3	22.8	24.7	24.6	23.7	23.0	23.2	25.5	25.4	26.6	26.9	26.5	26.0	25.2	25.6	22.4	26.9	19.8
4	22.4	22.4	24.1	23.4	23.8	22.2	21.8	23.8	24.2	24.0	22.5	23.6	25.1	24.6	24.2	24.3	25.1	26.4	25.7	25.9	24.8	25.2	28.0	27.4	28.8	29.2	28.7	27.7	27.6	27.7	24.5	29.2	21.8
5	25.2	25.0	27.0	26.1	25.9	24.5	24.3	26.0	27.6	26.8	25.3	26.3	28.2	26.5	26.3	26.9	27.8	28.5	28.3	28.0	27.3	27.7	30.5	29.9	31.0	31.7	31.5	29.9	30.6	29.6	26.9	31.7	24.3
6	27.3	26.6	28.6	27.6	27.8	26.2	25.7	27.2	29.0	28.1	26.9	28.0	29.8	28.6	28.8	28.8	29.4	30.0	29.6	29.9	28.6	30.4	32.5	31.8	32.5	32.8	33.6	31.8	32.6	32.1	28.7	33.6	25.7
7	28.7	27.7	30.2	29.2	29.8	28.0	27.9	29.0	30.5	29.7	28.3	29.9	31.0	30.4	30.0	30.8	31.3	32.3	31.4	31.5	30.2	31.7	34.2	33.9	34.4	34.3	35.0	33.7	34.6	33.4	30.3	35.0	27.7
8	29.6	28.0	31.9	31.0	30.2	29.9	28.8	30.6	31.9	30.9	29.3	30.7	32.1	31.1	30.7	32.1	32.4	33.4	32.9	32.4	31.2	33.1	35.1	34.9	35.4	35.6	36.2	35.4	35.3	35.2	31.5	36.2	28.0
9	30.5	29.5	32.4	32.0	31.1	30.3	30.0	31.5	33.0	31.3	30.7	31.7	32.8	32.5	31.9	33.3	33.1	34.5	33.7	33.2	32.5	33.9	35.9	36.1	36.4	36.4	37.1	36.3	36.6	36.0	32.4	37.1	29.5
10	31.4	30.1	32.8	32.8	32.2	31.4	30.3	32.2	33.6	32.3	31.8	32.5	34.1	33.2	33.3	34.0	34.2	34.6	34.8	34.0	33.0	34.4	36.1	36.3	37.0	37.4	38.0	37.5	37.2	37.0	33.2	38.0	30.1
11	31.9	30.7	33.4	33.3	33.4	31.9	30.9	32.6	34.2	33.1	32.4	33.1	34.4	33.1	33.9	34.6	34.7	35.2	35.3	34.6	33.8	34.8	37.2	36.8	37.7	38.0	38.8	38.1	37.9	37.6	33.8	38.8	30.7
12	32.4	31.0	32.5	33.4	33.7	32.2	31.4	32.5	34.6	33.3	32.6	33.1	34.4	33.3	33.5	34.5	34.5	35.4	35.2	34.5	34.3	34.9	37.1	37.2	38.1	38.2	38.7	38.2	38.1	37.6	33.9	38.7	31.0
13	31.8	30.8	31.8	33.3	33.1	31.4	31.5	31.8	34.6	32.8	32.3	33.1	34.3	32.2	33.1	34.4	34.4	34.7	34.8	34.1	33.8	35.2	36.9	37.6	37.5	38.2	38.5	37.7	38.1	37.5	33.7	38.5	30.8
14	31.4	30.5	31.0	32.3	31.1	30.8	30.7	31.6	33.5	32.2	31.8	32.6	33.7	32.7	32.7	33.8	34.4	34.6	34.4	33.6	32.7	35.1	36.4	36.9	37.2	37.3	38.1	37.5	37.6	36.8	33.2	38.1	30.5
15	30.4	29.9	29.8	31.3	30.5	29.5	30.1	30.4	32.4	31.4	31.2	32.0	32.6	32.0	32.3	33.0	33.4	33.2	33.2	32.8	32.0	34.3	35.5	35.9	36.2	36.3	37.0	36.4	36.5	35.8	32.3	37.0	29.5
16	28.9	28.6	28.5	29.7	28.7	27.9	28.7	29.2	30.5	29.6	29.6	30.3	31.3	30.1	30.4	31.4	32.3	32.2	32.0	31.4	30.4	33.2	33.8	33.8	34.6	34.9	35.3	34.8	35.5	34.3	30.9	35.5	27.9
17	27.4	27.0	26.8	28.0	26.6	26.2	27.7	27.8	29.1	26.9	27.4	28.6	29.1	28.4	28.5	29.9	30.6	30.6	30.6	29.5	28.8	30.8	32.0	32.2	33.0	32.9	33.4	32.9	33.5	32.4	29.2	33.5	26.2
18	26.3	26.4	25.9	26.8	25.2	24.9	26.5	26.5	27.6	25.9	26.2	27.5	28.2	27.1	27.3	28.9	29.5	29.3	29.8	27.9	27.8	29.6	30.6	30.5	32.0	31.5	32.1	31.3	31.9	31.7	28.1	32.1	24.9
19	25.0	25.5	24.3	25.7	24.2	24.1	25.5	26.1	26.7	24.8	25.2	26.3	26.7	26.4	26.6	27.8	28.6	28.2	28.4	27.0	26.9	28.8	29.4	29.2	30.8	30.8	30.4	30.6	30.9	30.4	27.1	30.9	24.1
20	24.2	24.9	23.9	24.8	23.1	23.2	24.8	25.4	25.6	24.0	24.2	25.6	25.8	25.4	25.5	27.0	28.0	27.7	27.3	26.2	26.1	28.2	29.3	28.8	30.1	30.2	29.3	29.5	29.6	29.5	26.4	30.2	23.1
21	23.4	24.4	23.4	24.2	22.6	22.3	23.7	24.7	24.5	23.3	23.9	24.9	24.8	24.9	24.7	26.4	27.2	27.0	26.3	25.7	25.5	27.6	28.8	28.6	29.2	29.5	28.8	28.8	29.1	28.6	25.7	29.5	22.3
22	22.6	23.8	22.8	23.3	21.9	21.7	23.4	24.0	24.0	22.5	23.2	24.2	24.5	24.0	24.4	25.7	26.6	26.4	25.6	25.0	24.8	27.1	28.0	27.9	28.6	29.1	27.5	28.0	28.3	27.7	25.1	29.1	21.7
23	22.3	22.8	22.1	22.7	21.4	20.8	22.0	22.8	23.4	21.8	22.7	23.6	23.7	23.7	23.5	25.0	25.9	25.7	25.0	24.6	24.1	26.5	27.3	27.5	28.0	27.8	26.1	27.6	27.3	27.1	24.5	28.0	20.8

4. BULGULAR

EisaFathelrahman Hamdi ELGALİ

Şanlıurfa iklim koşullarında uzun yıllık iklim değerlerinden elde edilen saatlik ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri Mayıs – Eylül dönemi için Çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Temmuz ayında sıcaklık ortalamaları 38°C’de seyrederken, maksimum sıcaklıklar 41°C’ye kadar yükselebilmektedir.

Çizelge 4.11. Şanlıurfa Mayıs-Eylül dönemi saatlik ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri

Saat	Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül		
	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
0	18.7	21.0	16.4	23.7	27.6	20.4	27.8	29.6	26.1	27.6	29.5	25.5	23.5	26.6	19.6
1	18.2	20.2	15.9	22.4	26.9	19.7	27.2	28.8	25.4	26.8	28.7	24.7	22.1	25.7	19.4
2	17.7	19.7	15.5	21.9	26.4	19.2	26.6	28.0	24.6	26.3	28.3	25.1	21.7	25.2	19.0
3	18.0	20.3	15.4	22.4	26.9	19.8	26.6	28.4	24.3	26.0	28.1	24.6	21.3	25.2	18.4
4	19.7	22.3	17.1	24.5	29.2	21.8	28.5	30.2	25.4	27.2	29.8	25.4	22.2	26.4	18.8
5	22.5	25.3	19.4	26.9	31.7	24.3	31.3	33.0	28.6	30.6	32.7	29.2	25.5	31.0	21.8
6	24.2	27.5	20.8	28.7	33.6	25.7	33.0	35.0	30.6	32.5	34.4	30.8	27.6	33.1	23.6
7	25.8	29.0	23.5	30.3	35.0	27.7	34.9	36.8	32.6	34.1	35.9	32.7	29.2	34.1	25.1
8	27.1	30.2	24.6	31.5	36.2	28.0	36.3	37.6	33.9	35.5	37.1	33.9	30.6	35.6	26.6
9	27.9	31.3	24.9	32.4	37.1	29.5	37.5	39.1	35.9	36.6	38.2	35.1	31.7	36.9	27.5
10	28.5	32.4	24.1	33.2	38.0	30.1	38.3	39.9	36.8	37.5	39.3	35.6	32.4	37.8	27.9
11	28.9	32.5	24.3	33.8	38.8	30.7	38.9	40.5	37.5	38.0	40.2	36.0	32.8	37.7	28.3
12	28.6	32.7	23.7	33.9	38.7	31.0	38.9	40.3	37.5	38.2	40.1	36.2	32.9	37.8	28.4
13	28.2	32.9	23.6	33.7	38.5	30.8	38.6	39.9	37.2	37.7	39.6	35.4	32.1	36.8	27.7
14	27.5	31.9	23.0	33.2	38.1	30.5	38.1	39.1	36.3	36.7	38.7	33.9	30.9	35.5	26.3
15	26.4	30.7	22.7	32.3	37.0	29.5	36.9	38.2	35.0	35.1	37.4	32.0	29.3	34.1	24.8
16	24.9	29.0	21.1	30.9	35.5	27.9	35.4	36.7	33.9	33.6	35.8	31.0	27.9	32.9	23.5
17	23.6	27.2	19.9	29.2	33.5	26.2	33.6	34.8	32.1	32.6	34.4	30.5	27.2	31.3	22.8
18	22.6	26.1	18.9	28.1	32.1	24.9	32.6	34.0	31.4	31.9	33.6	30.1	26.7	30.7	22.3
19	21.7	24.6	18.1	27.1	30.9	24.1	31.5	33.0	29.9	31.2	32.8	29.9	26.1	30.2	21.9
20	20.9	23.8	17.9	26.4	30.2	23.1	30.8	32.7	29.4	30.5	31.9	28.5	25.5	29.3	21.5
21	20.3	23.1	17.6	25.7	29.5	22.3	30.1	32.2	28.5	29.9	31.2	28.4	24.9	28.8	20.7
22	19.7	21.9	17.4	25.1	29.1	21.7	29.4	31.4	28.0	29.0	30.5	27.3	24.4	28.4	20.1
23	19.1	21.3	16.9	24.5	28.0	20.8	28.7	30.5	27.1	28.3	29.8	26.7	23.8	27.5	19.5

Evaporatif soğutmada dış ortam havasının bağıl nem değerleri soğutma etkinliğine önemli derecede etki eder. Çizelge 4. 12’da Şanlıurfa iklim koşullarında uzun yıllık iklim değerlerinden elde edilen saatlik ortalama, maksimum ve minimum bağıl nem değerleri verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi Temmuz ayında ortaya çıkan minimum nem değerleri %10'lara kadar düşebilmektedir.

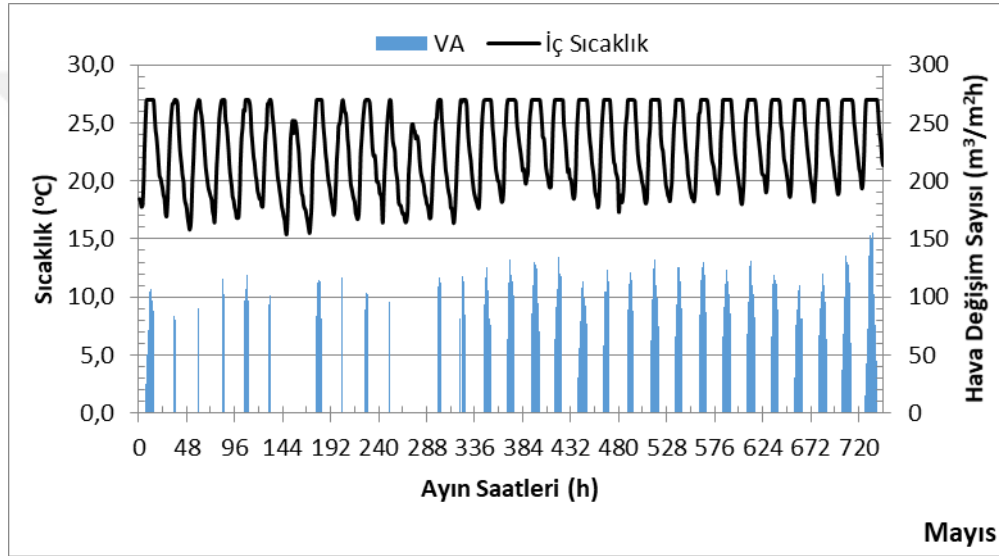
Çizelge 4.12. Şanlıurfa Mayıs-Eylül dönemi saatlik ortalama, maksimum ve minimum nem değerleri

Saat	Mayıs			Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül		
	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.	Ort.	Max.	Min.
0	49	63	39	40	52	30	35	45	27	38	53	29	41	61	29
1	52	64	40	40	54	31	36	49	27	40	54	29	41	64	30
2	53	66	40	42	56	31	37	52	26	42	54	29	43	64	31
3	54	68	41	42	57	31	38	55	28	44	55	28	44	63	32
4	50	63	38	38	54	28	35	55	25	42	58	28	44	66	31
5	43	58	33	32	45	23	29	45	21	35	47	23	36	52	26
6	39	51	28	29	41	22	28	40	18	33	42	23	33	48	23
7	34	45	24	26	37	19	24	37	17	31	40	20	30	44	20
8	31	43	21	23	31	18	22	36	15	29	38	19	27	41	18
9	28	40	19	21	30	16	19	30	13	27	35	18	25	41	16
10	27	41	18	19	27	15	17	26	12	25	36	17	24	37	16
11	26	43	19	18	24	14	16	22	11	24	36	16	22	35	15
12	25	43	17	17	22	14	15	21	10	22	32	13	21	33	15
13	25	40	17	17	23	13	15	20	11	21	31	13	22	31	16
14	26	48	17	18	29	13	15	22	10	22	31	15	23	36	16
15	28	42	17	18	29	14	16	25	10	24	35	15	26	38	18
16	30	45	18	20	31	16	17	24	11	27	36	18	28	44	17
17	34	47	20	23	35	17	20	27	14	27	37	18	30	48	18
18	37	49	21	26	38	19	23	32	15	28	35	18	31	48	22
19	39	56	26	28	39	17	24	36	15	29	35	21	32	47	23
20	42	58	31	31	44	21	27	35	20	30	39	23	33	47	24
21	44	57	33	33	46	23	30	37	22	32	44	25	35	52	26
22	46	58	36	35	48	27	31	40	22	35	48	26	37	54	27
23	48	61	35	37	50	28	33	43	24	37	51	27	39	57	28

Şanlıurfa iklim koşullarında uzun yıllık iklim değerlerinden elde edilen saatlik sıcaklık, nem ve güneş ışınlamı değerlerinden gidilerek serada sıcaklığın 27°C’de tutulabilmesi için gerekli olan hava değişim sayıları hesaplanarak Şekil 4.17’de verilmiştir. Yapılan hesaplamalarda örtü malzemesinin gölgeleme

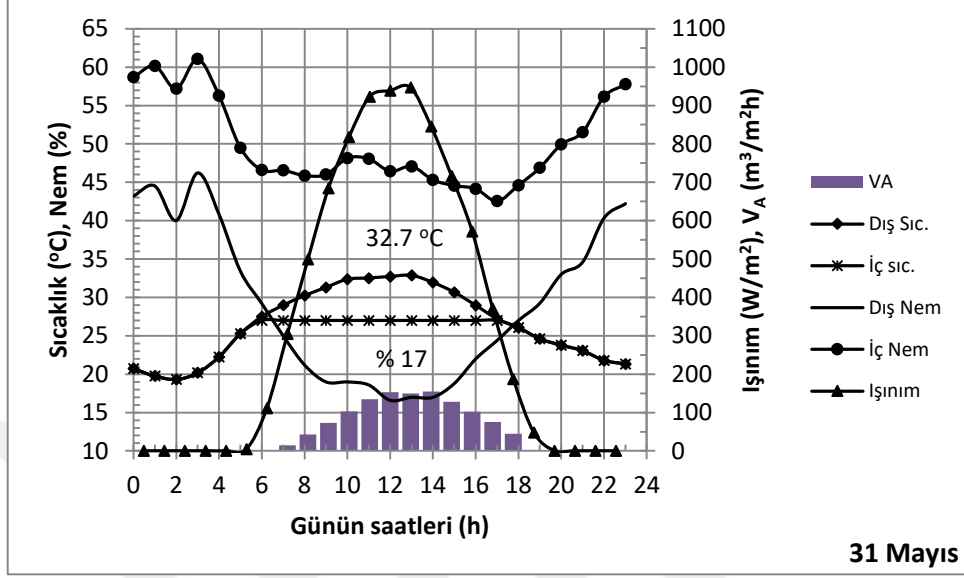
yapılmadan geçirgenliği %60, ped randımanı %80 ve seraya ulaşan güneş ışıınının %35'inin buharlaşma, fotosentez ve transmisyon ile ortaya çıkan ısı kaybında kullanıldığı kabul edilmiştir.

Şekilden de görüleceği gibi ped randımanının %80 ve örtü geçirgenliğinin %60 olduğu serada Mayıs ayında serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli olan maksimum hava değişim sayısı 150 m³/m²holmaktadır.



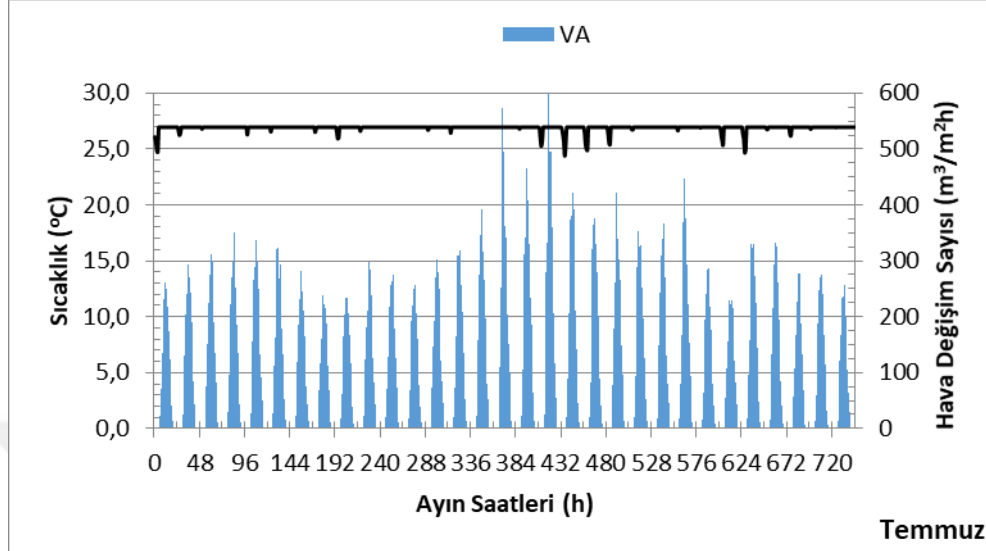
Şekil 4.18. Şanlıurfa koşullarında Mayıs ayında gölgelendirilmeyen ve ped randımanı %80 olan serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli hava değişim sayısı

Gölgelendirilmeyen serada yapılan evaporatif soğutmada sıcaklığın 27°C'de tutulmak istenmesi durumunda gereksinilen hava değişim sayısı ve serada hesaplanan sıcaklık ve nem değerleri 31 Mayıs günü için Şekil 4. 18'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi Serada istenen 27°C'lik sıcaklığın sağlanabilmesi için gerekli olan hava değişim sayısı günün saatlerine bağlı olarak 10 – 150 m³/m²harasında değişmiştir. Dış sıcaklığın 32.7°C ve oransal nemin %17 olduğu koşullarda serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gereksinilen hava değişim sayısı 150 m³/m²holmuştur.



Şekil 4.19. Şanlıurfa iklim koşullarında 31 Mayıs tarihinde gölgelendirilmeyen ve ped randımanı %80 olan serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli hava değişim sayısı ve serada ortaya çıkan sıcaklık ve nem değerleri

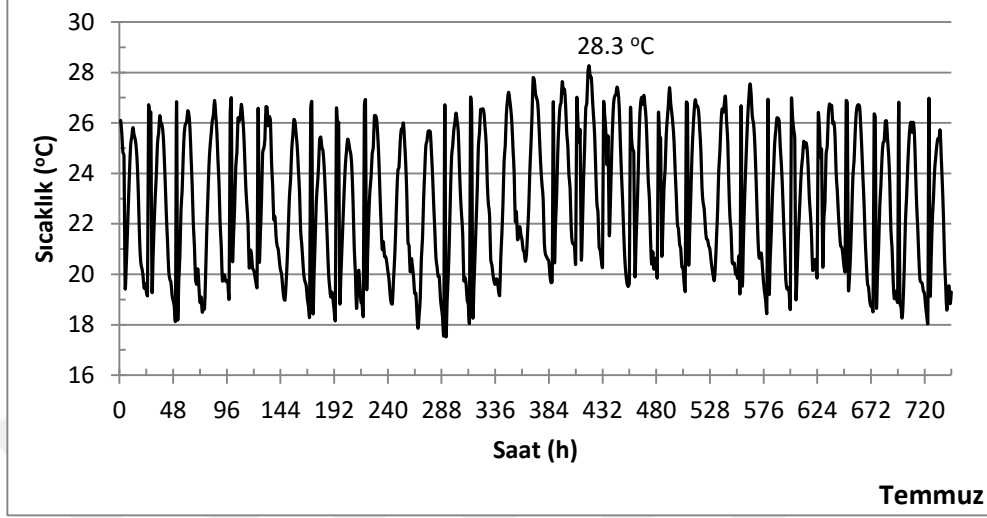
Şanlıurfa iklim koşullarında Mayıs ayında gölgelendirilmeyen serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için 150 m³/m²h hava değişim sayısı yeterli olurken, Temmuz ayında gölgelendirilmeyen serada ped randımanı %80 olduğunda 27°C'ye ulaşabilmek için gerekli olan hava değişim sayısı 600 m³/m²h olmaktadır(Şekil 4. 19). Serada bu hava değişim sayısına ulaşabilmek ortaya çıkacak hava hızı nedeniyle mümkün değildir. Gölgelendirilmeyen seralarda hava değişim katsayısının 50 1/h, gölgelendirilen seralarda ise 30 1/h olması tavsiye edilmektedir (von Zabeltitz, 1986).



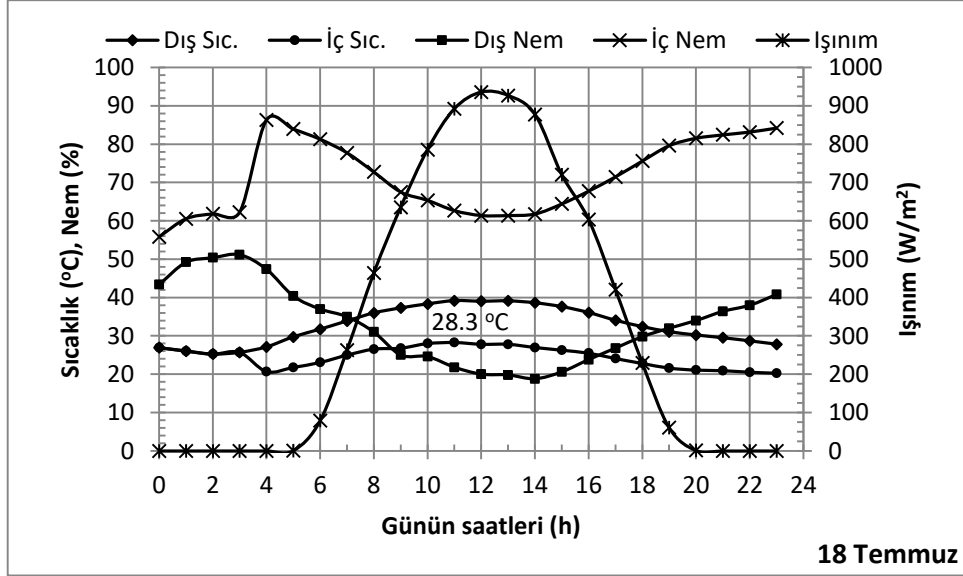
Şekil 4.20. Şanlıurfa koşullarında Temmuz ayında gölgelendirilmeyen ve ped randımanı %80 olan serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli hava değişim sayısı

Şanlıurfa iklim koşullarında Temmuz ayında serada %50 oranında gölgeleme yapılması durumunda serada 180 m³/m²h hava değişiminde ulaşılacak sıcaklık değerleri hesaplanarak Şekil 4.20'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi %50 oranında gölgelendirilmiş serada hava değişim sayısının 180 m³/m²h olması durumunda Temmuz ayının oralarına doğru serada istenen 27°C'nin sağlanması mümkün olmamaktadır.

Şanlıurfa koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanının %80 olduğu koşullarda hava değişim sayısının 180 m³/m²holması durumunda, serada 18 Temmuz tarihinde dış ortamda kaydedilen sıcaklık, oransal nem ve güneş ışınlamına göre serada ulaşılan sıcaklık değerleri günün saatlerine bağlı olarak Şekil 4. 21'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi hava değişim sayısının 180 m³/m²h olması durumunda öğle saatlerinde serada hava sıcaklığı birkaç saatliğine 27°C'nin üzerinde seyretmektedir.



Şekil 4.21. Şanlıurfa'da Temmuz ayında %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanı %80 olan serada hava değişim sayısının $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olması durumunda serada ulaşılan sıcaklık değerleri



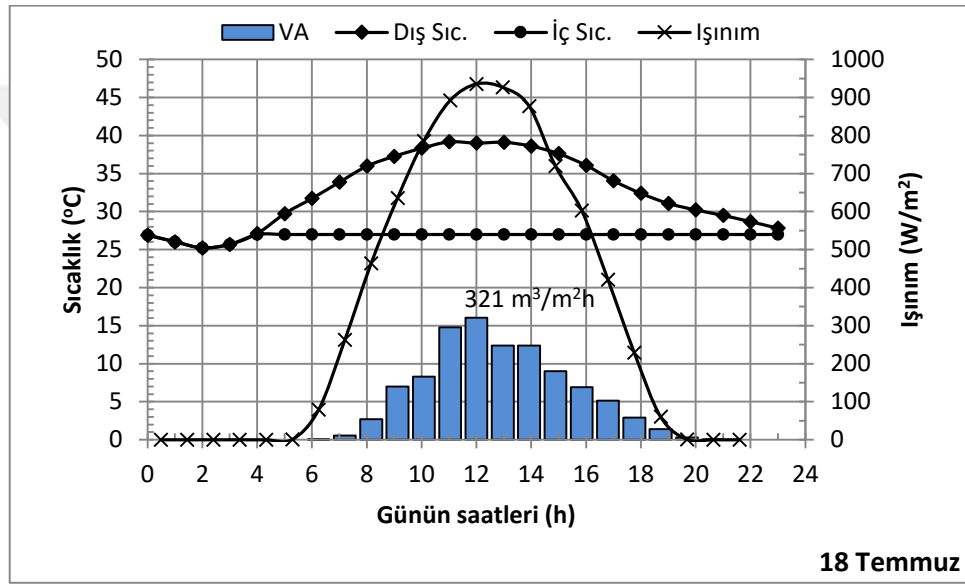
Şekil 4.22. Şanlıurfa iklim koşullarında 18 Temmuzda %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanı %80 olan serada hava değişim sayısının $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olması durumunda serada ulaşılan sıcaklık

Çizelge 4.13. Şanlıurfa koşullarında Temmuz ayında %50 oranında gölgelendirilen serada ped randımanının %80 olması durumunda ulaşılan sıcaklık değerleri

Saat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	26.1	19.2	18.7	19.1	19.6	19.9	20.0	18.7	18.2	18.8	19.8	19.2	18.3	18.1	19.8	21.0	20.0	26.9	26.8	26.5	19.9	19.6	20.6	19.9	19.3	26.9	26.4	20.1	18.8	26.8	18.7
1	25.6	26.7	18.2	18.5	19.1	19.7	19.5	18.3	26.5	18.4	19.2	18.5	17.6	27.0	19.8	20.9	19.7	26.0	26.3	25.4	26.3	19.3	20.2	20.7	18.9	26.2	25.9	26.9	18.5	18.9	18.4
2	24.8	26.3	26.8	18.7	26.3	19.5	19.1	26.5	25.9	26.6	18.9	17.9	26.7	26.5	19.3	20.5	19.7	25.2	25.6	25.0	25.5	26.8	20.0	19.4	18.5	25.7	24.6	26.8	26.3	18.7	18.1
3	24.7	26.4	18.3	18.6	26.9	26.6	19.0	26.8	26.0	26.9	18.8	18.4	17.7	18.4	19.2	20.8	26.8	25.7	24.3	24.8	25.4	26.7	19.8	26.7	26.9	25.4	24.9	19.4	26.2	18.3	27.0
4	19.5	19.4	19.7	20.0	20.6	20.6	19.6	18.6	18.9	19.5	19.7	19.1	18.9	19.5	20.6	21.7	20.6	20.7	25.4	20.1	20.8	20.5	20.4	19.7	19.3	19.1	20.3	20.0	18.8	19.0	19.3
5	20.3	20.7	20.7	21.7	21.6	21.6	20.6	20.0	19.9	20.9	20.6	20.6	19.9	20.8	21.6	22.6	22.0	21.8	21.6	21.3	21.9	21.7	21.5	21.2	20.6	20.0	22.2	21.0	20.0	20.4	20.6
6	21.6	22.0	22.5	23.0	22.7	22.9	21.8	21.4	21.1	22.4	21.7	21.4	21.3	22.1	22.9	24.1	23.1	23.1	22.7	22.6	23.4	23.1	22.6	22.8	21.6	21.3	22.9	22.4	21.1	22.1	22.1
7	22.9	23.1	23.3	24.3	24.3	24.8	23.1	22.9	22.2	23.3	23.1	23.0	23.2	23.4	24.5	25.1	24.8	25.0	24.4	24.1	24.1	24.7	24.1	24.1	23.1	22.3	24.8	23.9	22.7	23.1	22.9
8	24.1	24.0	24.7	25.1	24.8	25.0	23.7	23.5	23.4	23.9	24.1	24.1	24.7	25.1	25.1	26.3	25.9	26.5	25.8	25.8	25.5	25.7	24.8	25.3	24.1	23.3	25.1	24.5	23.5	24.2	24.1
9	25.2	25.2	25.6	25.6	26.2	25.3	24.9	24.2	24.3	24.8	24.3	25.1	25.1	25.6	26.3	27.8	26.6	26.8	26.8	26.7	26.2	26.5	26.0	26.3	25.2	24.2	26.3	25.6	24.6	25.2	24.6
10	25.4	25.6	26.0	26.1	26.1	26.6	25.5	25.3	24.9	25.1	25.2	25.3	25.7	26.5	26.9	27.7	26.8	28.0	27.1	27.0	26.7	26.9	26.5	27.0	25.7	24.6	26.7	26.4	25.2	25.8	25.1
11	25.8	26.3	26.0	26.3	26.2	26.6	26.1	25.4	25.3	26.3	25.7	25.7	26.0	26.5	27.2	27.2	27.6	28.3	27.1	26.7	27.4	26.7	26.4	27.5	26.2	25.3	26.6	26.7	25.3	26.0	25.4
12	25.5	26.0	26.5	26.9	26.7	25.9	26.0	25.0	25.2	26.3	25.8	25.7	26.4	26.6	26.9	27.0	27.2	27.8	27.4	27.1	26.8	26.7	26.8	27.1	26.2	25.0	26.7	26.7	26.1	25.6	25.3
13	25.4	25.9	26.3	26.3	26.3	26.3	25.5	24.9	24.9	26.1	26.0	25.6	26.1	26.4	26.5	26.8	27.3	27.8	27.2	26.7	26.4	26.4	27.0	26.3	26.1	25.2	26.0	26.6	26.1	26.0	25.7
14	25.0	25.5	25.8	25.7	25.7	26.1	25.0	24.3	24.7	25.5	25.2	24.8	25.7	25.8	25.9	26.1	26.7	27.0	26.6	26.2	25.9	25.7	26.1	26.0	25.0	25.0	26.0	25.9	25.3	25.6	24.6
15	24.2	24.7	24.6	24.6	24.6	24.4	24.1	23.3	24.0	24.5	24.4	23.9	24.3	25.1	24.9	25.1	25.6	26.3	25.2	25.0	25.3	24.9	25.3	25.4	24.4	24.2	25.5	24.9	24.7	24.1	23.6
16	22.9	23.5	23.5	23.6	23.4	23.5	23.3	22.3	22.7	23.2	23.1	22.8	23.1	23.6	24.0	24.1	25.1	25.5	24.0	23.7	24.1	23.4	23.6	24.3	23.4	23.0	24.0	23.8	23.6	22.8	22.3
17	21.3	22.2	22.0	22.0	22.7	22.2	21.7	21.2	21.0	22.0	21.3	21.8	22.3	22.8	22.1	23.5	23.9	24.1	22.9	23.0	23.1	22.8	22.3	22.9	22.2	22.4	23.3	22.8	21.7	21.8	20.6
18	20.5	21.2	21.1	21.1	21.9	22.3	21.2	20.0	20.0	21.0	21.1	20.7	21.6	22.3	22.5	22.9	23.4	22.8	21.6	21.3	22.0	22.6	21.7	21.5	21.0	21.5	22.4	21.4	21.0	20.6	19.6
19	20.2	20.1	19.8	19.7	20.3	21.5	20.5	19.5	18.6	21.3	20.1	20.3	19.7	20.6	21.4	21.2	21.8	21.6	20.6	20.4	21.8	21.9	20.5	20.7	19.8	20.2	21.7	20.4	19.7	19.8	18.6
20	20.0	19.8	19.6	20.0	20.9	21.1	19.9	19.1	19.6	20.7	20.6	19.9	19.9	20.4	21.5	20.8	21.3	21.1	20.0	20.9	21.2	21.4	20.4	20.6	19.4	20.2	21.1	19.7	19.0	19.7	19.4
21	19.5	19.7	20.2	20.0	20.8	21.0	19.7	19.3	20.2	20.7	20.3	19.9	19.6	20.0	21.9	20.7	21.2	20.9	19.6	20.2	21.0	21.4	20.4	20.8	19.5	20.6	21.1	19.5	19.3	19.6	19.5
22	19.6	19.2	19.5	19.7	20.2	20.5	19.5	19.0	19.4	20.5	19.9	19.1	19.0	19.7	21.6	20.6	21.1	20.5	19.5	20.6	20.3	21.1	20.0	20.3	19.2	20.3	20.8	19.0	19.0	19.3	18.8
23	19.3	18.9	18.9	19.7	20.2	20.2	19.0	18.5	18.9	20.1	19.2	18.7	18.8	19.6	21.4	20.5	20.5	20.3	19.7	20.6	20.3	21.0	20.1	19.7	18.7	19.9	20.3	18.7	18.9	19.2	19.3

Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen serada hava değişim sayısının $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olması durumunda günün saatlerine bağlı ulaşılan sıcaklık değerleri Çizelge 4. 12’de verilmiştir.

Çizelge 4.13’ten görüleceği gibi Temmuz ayı iklim değerlerine göre hesaplanan iç sıcaklık değerleri 18 Temmuz tarihinde sadece 4 saat 28°C civarında seyretmektedir.



Şekil 4.23. Şanlıurfa iklim koşullarında 18 Temmuz’da %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanı %80 olan serada hava sıcaklığının 27°C ’de tutulabilmesi için gerekli hava değişim sayıları.

Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanı %80 olan serada yılın en sıcak günü olan 18 Temmuzda sıcaklığın 27°C ’de tutulabilmesi için gerekli ola hava değişim sayısı $321 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olmaktadır (Şekil 4.22). Hava değişim sayısının bu kadar yüksek olması bitki sıra aralarındaki hava hızının yüksek olmasına neden olabilecektir.

Seralarda yapılan fan-ped soğutmada sistemde kullanılan pedlerin randımanı serada ulaşılan sıcaklık değerlerine etki eder. Sistemde kullanılan

pedlerin tozlar nedeniyle tıkanması veya tam olarak ıslanmaması durumunda ped çıkışında ulaşılan sıcaklık değerleri soğutma sınır sıcaklığına ulaşmamaktadır. Çizelge 4.14’de Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen bir serada sıcaklığın 27°C’de tutulmak istenmesi durumunda farklı ped randımanlarında ve hava değişim sayılarında 27°C’den yüksek sıcaklık saatleri verilmiştir. Hesaplamalarda güneşten ulaşan ısı enerjisinin %35’inin buharlaşmada, fotosentezde kullanıldığı ve örtü malzemesinden kaybedildiği kabul edilmiştir.

Çizelge 4.14. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen serada farklı ped randımanları ve farklı hava değişim sayılarında sıcaklığın 27°C’den yüksek olduğu saat sayısı

V _A	Ped Randımanı				
	70%	75%	80%	85%	90%
20	1576	1576	1560	1526	1506
40	1377	1345	1273	1175	1098
60	1083	992	872	772	646
80	847	757	629	491	381
100	688	593	464	334	182
120	582	476	347	187	87
140	510	400	243	107	38
160	449	325	167	74	21
180	406	270	116	45	11
200	353	214	93	26	8
220	318	178	72	20	5
240	283	139	56	14	3
260	251	117	44	8	2
280	226	104	35	7	1
300	210	97	26	7	1

Çizelge 4.14’ten görüleceği gibi evaporatif soğutmada kullanılan pedlerin randımanı yükseldikçe serada sıcaklığın belli bir değerde tutulabilmesi için gerekli olan hava değişim sayısı küçülmektedir. %50 oranında gölgelendirilmiş ve ped randımanı %70 olan bir serada hava sıcaklığının 27°C’de tutulmak istenmesi durumunda ve hava değişim sayısının 180 m³/m²h olduğunda serada hava sıcaklığı 406 saat 27°C’den yüksek olacaktır. Hava değişim sayısının 300 m³/m²h’e yükselmesi durumunda ise serada sıcaklık 210 saat 27°C’nin üzerinde

seyretmektedir. Serada ped randımanının %90'a yükseltilmesi durumunda hava değişim sayısının $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olduğu serada sıcaklık sadece 11 saat 27°C 'nin üzerinde olacaktır. Yapılan hesaplamalardan görüleceği gibi ped randımanının serada ulaşılan sıcaklığa etkisi oldukça yüksektir.

Çizelge 4.15. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 gölgelendirilen serada farklı ped randımanları ve farklı hava değişim sayılarında serada sıcaklığın 27°C 'den yüksek olduğu saat sayısı.

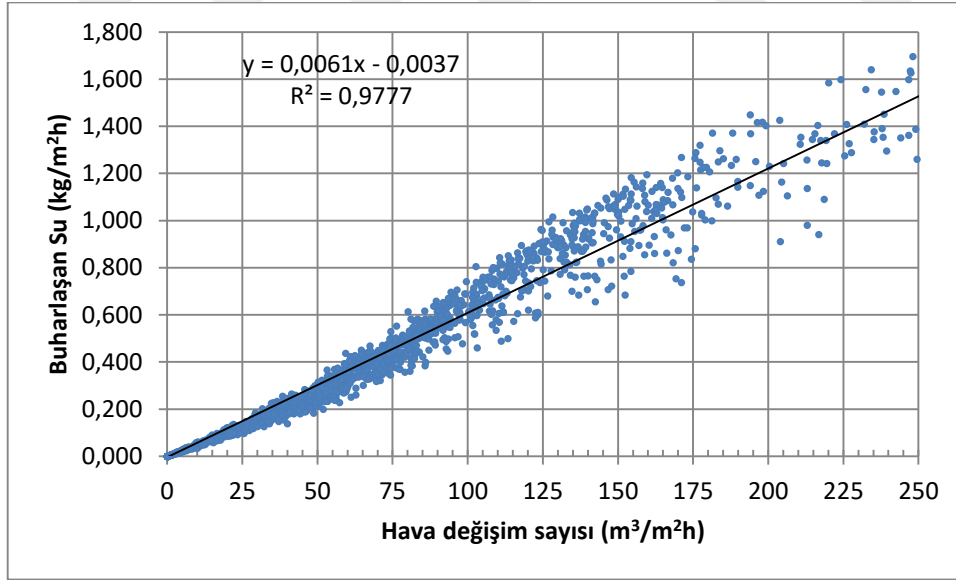
V_A	Ped Randımanı				
	70%	75%	80%	85%	90%
20	1518	1503	1475	1449	1415
40	1207	1118	1024	913	817
60	861	772	644	518	399
80	658	560	439	301	151
100	543	442	300	141	65
120	457	341	181	82	24
140	401	266	113	41	10
160	336	196	87	23	6
180	299	148	64	16	3
200	251	117	44	8	2
220	223	101	32	7	1
240	191	90	24	6	1
260	168	75	19	3	
280	147	66	16	3	
300	131	56	10	2	

Seraya ulaşan güneş ışınımının çok az bir kısmı (%2-3) fotosentezde, bir kısmı sera içi ve dışı sıcaklık farkına bağlı olarak örtü malzemesi tarafından dışarı taşınırken, önemli bir kısmı transpirasyonda (terleme) kullanılmaktadır. Bitkilerin transpirasyonunda kullanılan ısı enerjisi bitkinin gelişim evresine bağlıdır. Bitkilerin olgunluk evresindeki yaprak/alan indeksi büyüdüğünden transpirasyonda kullanılan ısı enerjisi artmaktadır. Çizelge 4.15'de %50 oranında gölgelendirilmiş seraya ulaşan güneş enerjisinin %50'sinin transpirasyon, fotosentez ve kayıplarda kullanıldığı kabul edildiğinde farklı hava değişim sayılarında serada 27°C 'nin üzerinde ortaya çıkan sıcaklık süreleri saat olarak verilmiştir.

Seralara ulaşan güneş enerjisinin önemli bir kısmı buharlaşmada kullanıldığında duyulur ısıya dönüşen ısı enerjisi azalmakta böylece havalandırma ile dış ortama taşınacak ısı enerjisi azalmaktadır. Bu durum evaporatif olarak soğutulan seralarda hava değişim sayısının küçülmesine dolayısı ile gereksinilen elektrik enerjisinin ve buharlaşma suyunun miktarı azalmaktadır.

Seralarda yapılan evaporatif soğutmada gerekli olan soğutma suyu büyük öneme sahiptir. Pedleri ıslatan soğutma suyunun miktarı hava değişim sayısına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 4.23'de hava değişim sayısına bağlı olarak gereksinilen soğutma suyu miktarı verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi gereksinilen soğutma suyu miktarı hava değişim sayısına bağlı olarak doğrusal olarak artmaktadır. Hava değişim sayısı ve gereksinilen su miktarı arasında aşağıda verilen istatistiksel eşitlik belirlenmiştir.

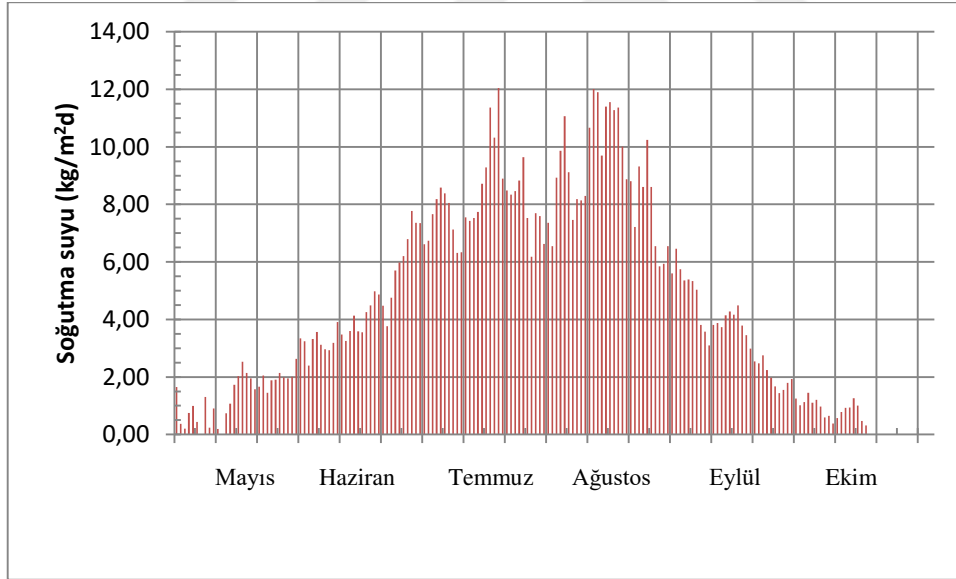
$$m_w = 0.006 * V_A + 0.003$$



Şekil 4.24. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanının %80 olduğu serada hava değişim sayısına bağlı gereksinilen soğutma suyu miktarı.

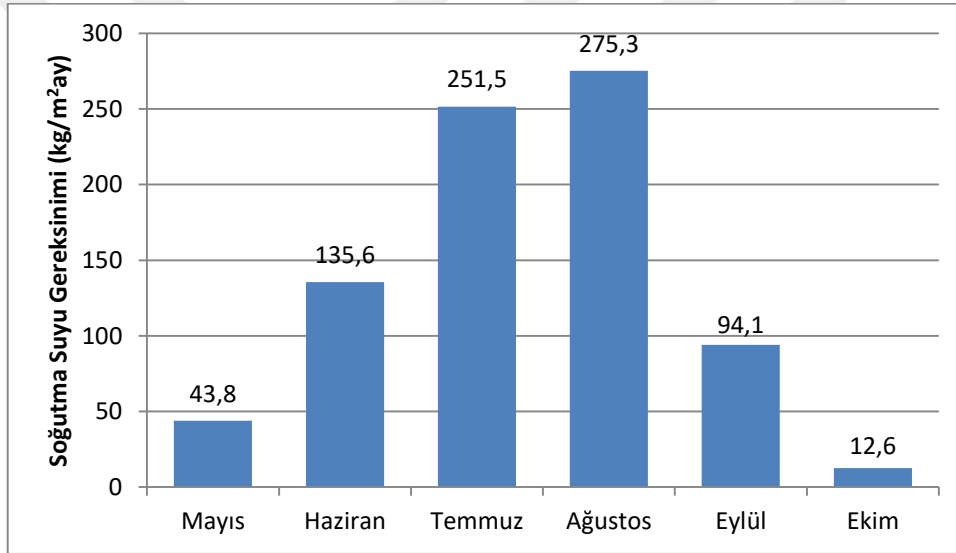
Şanlıurfa iklim koşullarında $180 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ hava değişim sayısına ihtiyaç duyulduğunda birim sera alanı için gereksinilen soğutma suyu miktarı $1.083\text{kg}/\text{m}^2\text{h}$ olmaktadır. $240 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ hava değişim sayısına ihtiyaç duyulan bir serada, birim sera alanı için gereksinilen soğutma suyu miktarı $1.443 \text{ kg}/\text{m}^2\text{h}$ olmaktadır. Bu da önemli miktarda su artışı anlamına gelmektedir.

Şanlıurfa iklim koşullarında evaporatif olarak soğutulan serada ped randımanının %80 örtü malzemesi geçirgenliğinin gölgeleme ile %30'a düşürüldüğü koşullarda ped çıkışında sıcaklığın 27°C 'de tutulabilmesi için yılın günlerine bağlı soğutma suyu gereksinimi Şekil 4.24'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi günlük en yüksek su gereksinimi Temmuz ve Ağustos aylarında $12 \text{ kg}/\text{m}^2\text{d}$ olarak ortaya çıkmaktadır. Bu da serada sıcak dönemlerde ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarının yaklaşık iki katı olmaktadır.



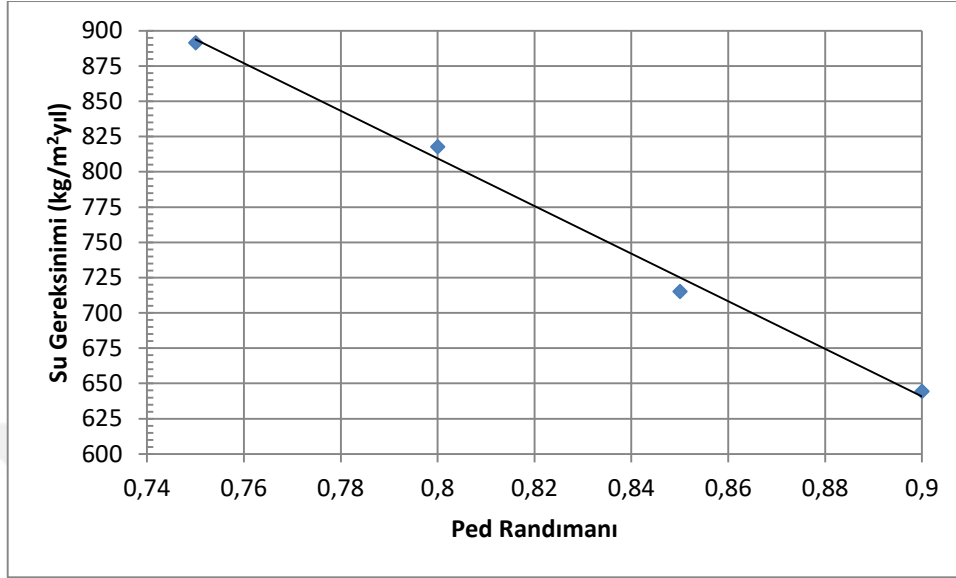
Şekil 4.25. Şanlıurfa iklim koşullarında evaporatif olarak soğutulan, ped randımanının %80, örtü geçirgenliğinin %30 olduğu serada sıcaklığın 27°C 'de tutulması durumunda yılın günlerine bağlı günlük soğutma suyu gereksinimi.

Şanlıurfa iklim koşullarında serada yapılan evaporatif soğutmada yılın aylarına bağlı olarak gereksinilen soğutma suyu miktarı Şekil 4.25'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi sera örtü malzemesinin ışıyım geçirgenliği gölgeleme ile %30'a düşürüldüğünde ve kullanılan pedin randımanı %80 olduğunda serada sıcaklığın ped çıkışında 27°C'de tutulabilmesi için en yüksek soğutma suyu ihtiyacı Ağustos ayında 275.3 kg/m²ay olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.25'te görüleceği gibi Şanlıurfa koşullarında soğutma ihtiyacı Mayıs ayının sonlarına doğru ortaya çıkmakta ve Eylül ayının sonuna kadar devam etmektedir.



Şekil 4.26. Şanlıurfa iklim koşullarında evaporatif olarak soğutulan serada ped randımanının %80, örtü geçirgenliğinin %30 olduğu serada sıcaklığın 27°C'de tutulması durumunda yılın aylarına bağlı soğutma suyu gereksinimi.

Serada yapılan evaporatif soğutmada gereksinilen su miktarı ped bağlı olarak değişmektedir. Şekil 4.26'da serada sıcaklığın 27°C'de tutulmak istenmesi durumunda farklı ped randımanlarında gereksinilen yıllık soğutma suyu miktarı verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi artan ped randımanına bağlı olarak gereksinilen soğutma suyu miktarı azalmaktadır.



Şekil 4.27. Şanlıurfa iklim koşullarında evaporatif olarak soğutulan serada farklı ped randımanlarında ped çıkışında arzulanan 27°C sıcaklığa bağlı soğutma suyu gereksinimi

5.SONUÇ VE TARTIŞMA

Güneş ışınlamı şiddetinin yüksek olduğu sıcak günlerde seralardan beklenen yüksek verim ve kalitenin elde edilebilmesi için seraların iklimlendirilmesi gereklidir. Seralarda bitki gelişimi için optimum koşulların sağlanması, sera kurulacak yerin iklim özelliklerine bağlı olarak alınabilecek iklimlendirme önlemlerinin belirlenmesi ile mümkündür. Günlük ortalama sıcaklığın 12–22°C arasında bulunması durumunda havalandırma ile serada uygun iklim koşulları sağlanabilirken, günlük ortalama sıcaklığın 22°C'nin veya maksimum sıcaklığın 27°C'nin üstüne çıkması durumunda seralarda soğutma önlemlerinin alınması zorunlu olmaktadır (Nisen ve ark., 1988).

Türkiye’de seracılık ağırlıklı olarak iklim açısından uygun olan Akdeniz sahil şeridinde yer alırken, son yıllarda jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerde ileri teknoloji seraları kurulmaya başlanmıştır.

Türkiye’nin en yüksek soğutma-derece-gün (CDD=Cooling-Degree-Day) değerlerine sahip Şanlıurfa’da jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerde kurulan yüksek teknoloji seralarında tüm yıl üretimin yapılabilmesi için alınabilecek iklimlendirme önlemlerinin belirlenmesi amacıyla, günlük ortalama sıcaklık ve toplam güneş ışınlamı değerlerinden iklim grafiği elde edilmiştir.

Şanlıurfa iklim grafiğinden (Şekil 4.1) seralarda tüm yıl üretimin gerçekleştirilebilmesi için yılın belli dönemlerinde ısıtma, havalandırma, gölgelendirme ve soğutma yapma gereği ortaya çıkmaktadır. Şanlıurfa’da jeotermal kaynakların bulunduğu yerlerde kurulan ileri teknoloji seralarında Ekim, Kasım, Mart ve Nisan aylarında havalandırma yapılarak bitkiler için optimum koşulların sağlanabilmesi mümkün olabilirken, Mayıs ayının ortasından sonra artan hava sıcaklıkları nedeniyle soğutma yapmak zorunlu hale gelmektedir.

Yapılan bu çalışmada Şanlıurfa’da kurulan ileri teknoloji seralarında sıcak dönemlerde alınması gerekli iklimlendirme önlemlerinden doğal havalandırma,

gölgeleme ve evaporatif soğutmanın etkinliğinin belirlenmesi ve yapılacak iklimlendirme için projelendirme kriterlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Seralarda havalandırma sistemlerinin etkinliği hava değişim sayısına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı ile ifade edilmektedir. Yapılan çalışmada hava değişim sayısına bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık farkları enerji dengesi yöntemine göre hesaplanmıştır. Serada ulaşılan sıcaklık farkının etki eden en önemli parametrelerden biri güneş ışıdır. Bitkisel üretimin yapılmadığı boş bir serada hava değişim sayısının $150 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olması durumunda 400 W/m^2 güneş ışıdırında ulaşılan sıcaklık farkı 4.0°C olurken, güneş ışıdırının 900 W/m^2 'ye yükseldiği koşullara ulaşılan sıcaklık farkı 8.9°C olmaktadır. Bu durum gölgeleme ile güneş ışıdırının azaltılması durumunda serada ulaşılan sıcaklık farkının küçülebileceğini göstermektedir. Güneş ışıdırının gölgeleme ile 900 W/m^2 'den 400 W/m^2 'ye düşürülmesi durumunda bitkisel üretimin yapılmadığı serada hava değişim sayısının $300 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ olması durumunda ulaşılan sıcaklık farkı 2.2°C olmaktadır.

Bitkisel üretimin yapıldığı seralarda bitki terlemesi (transpirasyon) sera ortamının serinlemesine olanak sağlamaktadır. Bitkisel üretimin yapılmadığı gölgelendirilmeyen serada 900 W/m^2 ışıdırım şiddeti ve $150 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ hava değişiminde ulaşılan sıcaklık farkı 8.9°C olurken, aynı koşullarda bitkisel üretimin yapıldığı gölgelendirilmeyen bir serada ulaşılan sıcaklık farkı 3.2°C olmaktadır. Bu durum serada ortaya çıkan transpirasyona bağlı olarak ısı enerjisinin önemli bir kısmının gizli ısı (latent) olarak havada tutulduğunu göstermektedir. Schmidt (2008) yaptığı çalışmada bitkisel üretimin yapıldığı serada havanın sahip olduğu ısıdırın önemli kısmının gizli ısı olarak tutulduğunu buna bağlı olarak havalandırma ile önemli düzeyde ısı enerjisinin dış ortama taşındığını belirlemiştir.

Havalandırma konusunda elde edilen hesaplama sonuçlarından da görüleceği gibi gölgelendirilen ve bitkisel üretimin yapıldığı serada iyi bir havalandırma ile ($300 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$) ulaşılan sıcaklık farkı yaklaşık 1.0°C olurken, boş serada ulaşılan sıcaklık farkı 2.2°C olmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar farklı

araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir (Baytorun, 1986; von Zabeltitz, 1986; 2011).

Seralarda hava değişimine sıcaklık farkı yanında rüzgar hızı da etki etmektedir. Yapılan çalışmada rüzgar hızının hava değişim sayısına etkisinin belirlenmesi amacıyla enerji dengesi yöntemine göre hesaplanan hava değişim sayısı ile Bernoulli denklemine göre hesaplanan hava değişim sayısı eşitlenerek havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranına bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık farkı hesaplanmıştır.

Havalandırma açıklıklarının çok az açıldığı koşullarda seradaki ısı enerjisinin önemli kısmının bünyesinde tutan nemli hava dış ortama taşınmaktadır (Schmidt, 2008). Yapılan hesaplamalarda rüzgar hızının 2.5 m/s, güneş ışınlamalarının 800 W/m² olduğu koşullarda, havalandırma açıklıklarının çok az açık olduğu (%10'a kadar) koşullarda sıcaklığın hızlı bir düşüş gösterdiği görülmüştür. Havalandırma açıklığının %10'dan büyük olduğu durumda bu düşüş azalmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar Schmidt'in (2008) elde ettiği sonuçlarla uyum göstermektedir. Bu durum sıcaklığın önemli bir kısmının havalandırma kapaklarının ilk açıldığında dış ortama taşındığını göstermektedir.

Yapılan çalışmada havalandırma açıklıklarının sera taban alanına oranına (A_v/A_G) bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçlarından havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranı büyüdükçe, artan hava değişim sayısına bağlı ulaşılan sıcaklık değerleri azalmıştır. Havalandırma açıklık alanlarının büyüklüğü ortaya çıkan hava değişim sayısına etki etmektedir. Rüzgar hızının 1.5 m/s olması durumunda havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranı %20 – %25 olduğu koşullarda üretim yapıldığı gölgelendirilen serada sıcaklık farkı 1.5°C altına tutabileceğini belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalara göre böcek tülünün kullanılmadığı seralarda havalandırma açıklıklarının %20-%25 olması yeterlidir. Baytorun ve ark., (2017) yaptıkları araştırmalarda Akdeniz iklim koşullarında böcek tüllerinin kullanılmadığı seralarda iyi bir havalandırma için havalandırma açıklık alanının

sera taban alanına oranını %20–%25 arasında belirlemişlerdir. Yapılan hesaplamalardan havalandırma açıklık alanının sera taban oranının daha da büyütülmesi sıcaklık farkını çok az etkilediği belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar von Zabeltitz (1986) ve Baytorun'un (1986) ölçümlerle elde ettikleri sonuçlarla uyushmaktadır.

Havalandırma açıklıklarına yerleştirilen böcek tüllerinde ortaya çıkan direnç, hava değişim sayısının küçülmesine dolayısı ile serada ulaşılan sıcaklığın yükselmesine neden olmaktadır. Yapılan çalışmada sera havalandırma açıklıklarında kullanılan böcek tüllerinin çeşidine bağlı olarak havalandırma alanlarının büyütölme oranı kullanılan böcek tölünün porozite katsayısına bağlı olarak 1.77 – 2.98 arasında belirlenmiştir.

Seralarda yapılacak iklimlendirmelerde gerekli olan enerjinin belirlenebilmesi için iklimlendirme sürelerinin belirlenmesi gereklidir. Yapılan bu çalışmada Şanlıurfa iklim değerlerinden giderek belirli sınır değerlerinin üzerinde ortaya çıkan saatlik sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Şanlıurfa iklim koşullarında gölgelendirilen serada havalandırma için kabul edilen 22°C'nin üzerinde ortaya çıkan sıcaklık süreleri farklı havalandırma açıklıkları için hesaplanarak belirlenmiştir. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve havalandırma açıklığının sera taban alanına oranının %40 olduğu serada Nisan ayında sıcaklıklar 156 saat 22°C'nin üzerinde seyretmektedir. Hesaplanan bu değerlerden gidilerek yapılacak olan zorunlu havalandırmada vantilatörlerin çalışma zamanı belirlenebilmekte ve kullanılan vantilatörlerin güçlerine bağlı gereksinilen elektrik enerjisi hesaplanabilmektedir.

Şanlıurfa iklim değerlerinden gidilerek yapılan hesaplamalarda, gölgelendirilen ve havalandırılan seralarda Mayıs ayının ikinci yarısından sonra sıcaklıkların bitki yetiştiriciliği için uygun olmadığı belirlenmiştir. Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen ve havalandırma açıklık alanının sera taban alanına oranının %40 olduğu koşullarda Mayıs ayında sıcaklık 208 saat 27°C'nin üzerinde seyretmektedir. Belirtilen nedenle Şanlıurfa iklim koşullarında

Mayıs ayından itibaren seralarda soğutma önlemlerinin alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Sıcak dönemlerde seralarda iklimlendirme amacıyla kullanılan fan-ped soğutma sistemlerinin etkinliği dış ortam iklim koşullarına ve sistemde kullanılan pedlerin randımanlarına bağlı olarak değişmektedir. Dış ortam koşullarında bağıl nem azaldıkça, fan-ped sisteminin etkinliği artmaktadır. Baytorun ve Makauy, (2019) yaptıkları çalışmada dış sıcaklığın 35°C'den yüksek olduğu koşullarda, serada sıcaklığı 27°C'de tutulabilmesi için havanın neminin %20'lerde olması gerektiğini belirlemişlerdir.

Yapılan çalışmada Şanlıurfa iklim koşullarında seralarda yapılan evaporatif soğutma ile ulaşılan sıcaklık farkları psikrometrik eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda uzun yıllık iklim değerlerinden elde edilen saatlik sıcaklık, nem ve güneş ışınlamı değerlerinden gidilerek serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli olan hava değişim sayıları belirlenmiştir. Şanlıurfa koşullarında Mayıs ayının sonunda gölgelenmeyen, örtü malzemesi geçirgenliği %60, ped randımanı %80 olan serada, dış sıcaklığın 32.7°C ve oransal nemin %17 olduğu koşullarda sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için hava değişim sayısının en az 150 m³/m²holması gerektiği belirlenmiştir. Bu koşullarda iç dış ortam arasındaki sıcaklık farkı 6°C'ye kadar düşmüştür. Hanan, (1998) yaptığı araştırmada çok düşük oransal neme (RH < %20) sahip havanın sıcaklığı 10°C düşürülebileceğini belirlemiştir.

Şanlıurfa iklim koşullarında en sıcak ay olan Temmuz ve Ağustos aylarında günlük maksimum sıcaklık 38°C'ye kadar yükselmekte ve oransal nem %10'lara kadar düşmektedir. Hava neminin bu denli düşük olması Şanlıurfa koşullarında evaporatif soğutmanın etkili olabileceğini göstermiştir. Şanlıurfa iklim koşullarında Temmuz ayında gölgelendirilmeyen ve ped randımanının %80 olduğu serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için gerekli olan hava değişim sayısı 600 m³/m²holarak hesaplanmıştır. Ancak bu hava değişim sayısında, ortaya çıkan hava hızı oldukça yüksek olduğundan kabul edilebilir değildir. Fan-ped soğutma

sistemlerinde serada ortaya çıkan yüksek hava hızında ped yüzeylerinde bulunan su zerrelere taşınarak pedlerin hemen arkasında bulunan bitkilere ulaşabilmektedir. Bu nedenle su yastıklarındaki hava hızı 0.75 – 1.5 m/s arasında olmalıdır (von Zabeltitz, 1986). Ayrıca gölgelendirilmeyen seralarda hava değişim katsayısının 50 1/h, gölgelendirilen seralarda ise 30 1/h olması tavsiye edilmektedir (von Zabeltitz, 1986). Bu değerler büyük hacimli seralarda 180 – 300 m³/m²h arasında değişmektedir.

Domates üretiminin yapıldığı seralarda hava değişim sayısını 180 m³/m²h'in üzerine çıkarmak daha iyi bir yetiştirme ortamı sağlamadığı belirlenmiştir (Kubota ve ark., 2006). Genel olarak hava değişim sayısının 120–150 m³/m²holması tatmin edici bir soğutma sağlamaktadır (von Zabeltitz, 2011).

Şanlıurfa iklim koşullarında %50 oranında gölgelendirilen serada hava değişim sayısının 180 m³/m²holması durumunda farklı ped randımanlarında serada ulaşılan ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Ped randımanının %80 olması durumunda serada ulaşılan ortalama sıcaklık 116 saat 27°C'nin üzerinde seyir etmektedir. Ped randımanının %85'e yükseltilmesi durumunda bu süre 45 saate, ped randımanının %90 çıkması durumunda ise 11 saate düşmektedir. Bu durum serada kullanılan ped randımanının evaporatif soğutmaya olan etkisini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Evaporatif soğutmada kullanılan pedlerin randımanı yükseldikçe serada sıcaklığın belli bir değerde tutulabilmesi için gerekli olan hava değişim sayısı küçüldüğü belirlenmiştir. Yapılan hesaplama sonuçlarından görüleceği gibi Şanlıurfa iklim koşullarında seralarda yapılacak evaporatif soğutmada ped randımanının en az %90 olması gereklidir.

Evaporatif soğutmanın en önemli projeleme parametrelerinden bir tanesi soğutmada kullanılan su miktarıdır. Soğutmada gerekli olan su miktarı artan hava değişim sayısına bağlı artmaktadır. Şanlıurfa iklim koşullarında Temmuz ayında gölgeleme oranı %50 olan serada hava değişim sayısının 180m³/m²holması bitki için uygun bir ortamın sağlanabileceğini göstermektedir. Şanlıurfa koşullarında hava değişim sayısının 180 m³/m²holması durumunda gerekli soğutma suyu miktarı

1.083 kg/m²h olmaktadır. Sabeh ve ark., (2007) 39°C dış sıcaklık, %15 bağıl nem ve 845 W/m² güneş radyasyonu ile yarı kurak bir iklimde fan-ped soğutmalı ve %40 oranında gölgelendirilen PE serada yapılan Domates üretiminde artan hava değişimi ile gerekli soğutma suyu belirlenmiştir. Yapılan çalışmada hava değişim sayısının 61.2 m³/m²h'ten 284.4 m³/m²h'e çıkarılması ile su tüketimini 0.504 kg/m²h'ten 1.404 kg/m²h'e yükseltmiştir.

Şanlıurfa koşullarında en sıcak Temmuz ve Ağustos aylarında serada sıcaklığın 27°C'de tutulabilmesi için ped randımanının %80 ve örtü malzemesi geçirgenliğinin %30 olduğu koşullarda günlük su gereksinimi 12 kg/m²'e kadar yükselebilmektedir. Aylık su tüketimi ise Temmuz ayında 251.5 kg/m²ay, Ağustos ayında 275.3 kg/m²ayolarak hesaplanmıştır.

Şanlıurfa iklim koşullarında Serada yapılan evaporatif soğutmada gereksinilen su miktarı pedrandımanı bağlı olarak değişmiştir. Artan ped randımanına bağlı gereksinilen soğutma suyu miktarı azalmıştır.

Evaporatif soğutmada gereksinilen su miktarı hava değişim sayısına bağlı olarak değişmektedir. Şanlıurfa iklim koşullarında hava değişim sayısı ve gereksinilen su miktarı arasında aşağıda verilen istatistiksel eşitlik belirlenmiştir.

$$m_w = 0.006 * V_A + 0.003$$

Elde edilen bu eşitlik %50 oranında gölgelendirilen ve ped randımanının %80 olduğu koşullar için geçerlidir.



KAYNAKLAR

- Abdel-wahab, S. K. (1994). Energy and water management in evaporitive cooling systems in Saudi Arabia. *Resources, Conservation and Recycling*, 12(3–4), 135–146.
- Ali, H. M., Moustafa, S., & El-Mansy, H. (1990). An efficient greenhouse design for hot climates. *Energy Conversion and Management*, 30(4), 433–437.
- Anonim, (2017). 2.Ulusal Seracılık Çalıştayı. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü Tarla ve Bahçe Bitkileri Daire Başkanlığı-163s, Ankara.
- ASAE. (1981). Engineering Practice. *ASAE EP 406.*, Agricultural Engineers Yearbook.
- ASHRAE, H. O. F. (2001). Chapter 31: Energy estimating and modeling methods. *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.*
- Bailey, B. (1998). *Principals of environmental control, Chapter 3. In: von Zabeltitz C (ed) Energy conservation and renewable energies for greenhouse heating. 2. FAO Regional office for Europe.*
- Bailey, B. J. (2000). Constraints, limitations and achievements in greenhouse natural ventilation. *International Conference and British-Israeli Workshop on Greenhouse Techniques towards the 3rd Millennium 534*, 21–30.
- Bailey, B. J., Montero, J. I., Parra, J. P., Robertson, A. P., Baeza, E., & Kamaruddin, R. (2003). Airflow resistance of greenhouse ventilators with and without insect screens. *Biosystems Engineering*, 86(2), 217–229.
- Baille, A., Kittas, C., & Katsoulas, N. (2001). Influence of whitening on greenhouse microclimate and crop energy partitioning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 107(4), 293–306.
- Baptista, F. J., Bailey, B. J., Randall, J. M., & Meneses, J. F. (1999). Greenhouse ventilation rate: theory and measurement with tracer gas techniques.

Journal of Agricultural Engineering Research, 72(4), 363–374.

- Bartzanas, T., & Kittas, C. (2004). Heat and mass transfer in a large evaporative cooled greenhouse equipped with a progressive shading. *International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys2004* 691, 625–632.
- Baudoin, W.O. (co-ord.), Denis, I.C., Grafiadellis, M., Jimenez, R., Malfa, G., M., & Garcia, P.F., Monteiro, A., Nisen, A., Verlodt, H., de Villele, O., von Z. (1990). Protected cultivation in the Mediterranean climate. *FAO, Rome, Italy*, paper 90.
- Baudoin, W., Nono-Womdim, R., Lutaladio, N., Hodder, A., Castilla, N., Leonardi, C., De Pascale, S., Qaryouti, M., & Duffy, R. (2013). Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: Principles for mediterranean climate areas. *FAO Plant Production and Protection Paper (FAO)*.
- Baytorun, A.N, (1986). *Bestimmung des Luftwechsels bei gelüfteten Gewächshäusern*. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft, Universität Hannover.
- Baytorun, A N, & von Zabeltitz, C. (1987). Die Wirkung bautechnischer Einflussgrößen auf den Luftwechsel gelüfteter Gewächshäuser. *Gartenbauwissenschaft*, 52(5), 233–239.
- Baytorun, A.N, Tokgöz, H., Üstün, S., & Akyüz, A. (1994). Seralarda iklimlendirme olanakları. 3. *Soğutma ve İklimlendirme Kongresi*, 303–313.
- Baytorun, A. N. (2000). *Seralar (Çeviri) Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi*. Yayın No:110, Adana, 402s.
- Baytorun, A. N. (2016). *Seralar. Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirmesi*. Nobel yayın evi.
- Baytorun, A. N, Üstün, S., Akyüz, A., & Önder, D. (2017). *Akdeniz İklim Koşullarında Seralarda Havalandırma Açıklık Oranlarının Belirlenmesi*.
- Baytorun, A.N, Mahamed, A., & Makaui, A. (2019). *Farklı İklim Bölgelerindeki Seralarda Evaporatif Soğutma Olanaklarının Belirlenmesi Determination*

of Evaporative Cooling Possibilities in Greenhouses in Different Climate Regions. 34(December), 29–38.

- Baytorun, A. N. (2020). Seralarda iklimlendirme. Nobel yayın evi Basımda.
- Boulard, T. & Baille, A. (1995). Modelling of air exchange rate in a greenhouse equipped with continuous roof vents. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 61(1), 37–47.
- Boulard, Thierry, Lamrani, M. A., Roy, J. C., Jaffrin, A., & Bouirden, L. (1998). Natural Ventilation By Thermal Effect in A Onehalf Scale Model Mono-Span Greenhouse. *Transactions of the ASAE*, 41(3), 773.
- Boulard, Thierry, Kittas, C., Roy, J. C., & Wang, S. (2002). SE—Structures and environment: Convective and ventilation transfers in greenhouses, part 2: Determination of the distributed greenhouse climate. *Biosystems Engineering*, 83(2), 129–147.
- Boulard, T. (2006). Greenhouse natural ventilation modelling: a survey of the different approaches. *International Symposium on Greenhouse Cooling* 719, 29–30.
- Boyacı, S., Akyüz, A., Üstün, S., Baytorun, A. N., & Güğercin, Ö. (2017). Seralarda Yüksek Sıcaklıkların Azaltılmasında Kullanılan Yöntemler. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 89–89. <https://doi.org/10.19159/tutad.300720>
- Büyükalaca, O., Bulut, H., & Yılmaz, T. (2001). Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for turkey. *Applied Energy*, 69(4), 269–283. [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(01\)00017-4](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(01)00017-4)
- Castilla, N., & Baeza, E. (2013). 2. Greenhouse site selection. *Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops*, 21.
- Cohen, S., & Fuchs, M. (1999). Measuring and predicting radiometric properties of reflective shade nets and thermal screens. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73(3), 245–255.
- Dağsöz, A. K. (1998). *Sıcak sulu kalorifer tesisatı*. Demirdöküm.

- Davies, P. A. (2005). A solar cooling system for greenhouse food production in hot climates. *Solar Energy*, 79(6), 661–668.
- Dayıoğlu, M. A., & Silleli, H. H. (2015). Performance analysis of a greenhouse fan-ped cooling system: gradients of horizontal temperature and relative humidity. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(1), 132–143.
- Demrati, H., Boulard, T., Bekkaoui, A., & Bouirden, L. (2001). Structures and Environment: Natural ventilation and microclimatic performance of a large-scale banana greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 80(3), 261–271.
- Feuermann, D., Kopel, R., Zeroni, M., Levi, S., & Gale, J. (1998). Evaluation of a liquid radiation filter greenhouse in a desert environment. *Transactions of the ASAE*, 41(6), 1781.
- Flourentzou, F., Van der Maas, J., & Roulet, C.-A. (1998). Natural ventilation for passive cooling: measurement of discharge coefficients. *Energy and Buildings*, 27(3), 283–292.
- Fuchs, M., Dayan, E., & Presnov, E. (2006). Evaporative cooling of a ventilated greenhouse rose crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138(1–4), 203–215.
- Ganguly, A., & Ghosh, S. (2007). Modeling and analysis of a fan–pad ventilated floricultural greenhouse. *Energy and Buildings*, 39(10), 1092–1097.
- Garzoli, K. V. (1986). Cooling of greenhouses in tropical and sub-tropical climates. *Energy Conservation and Solar Energy Utilization in Horticultural Engineering* 257, 93–100.
- Gazques JC, Perz-Parra JI, Baeza E, Suez M, P. A. (2008). *Greenhouse cooling strategies for Mediterranean areas*. 425–431.
- Gazquez, J. C., Lopez, J. C., Baeza, E., Saez, M., Sanchez-Guerrero, M. C., Medrano, E., & Lorenzo, P. (2006). Yield response of a sweet pepper crop to different methods of greenhouse cooling. *International Symposium on Greenhouse Cooling* 719, 507–514.

- Ghosh, S., & Ganguly, A. (2011). A Review of Ventilation and Cooling Technologies in Agricultural Greenhouse Application. *Iranica Journal of Energy & Environment*, 2(1), 32–46.
<http://www.ijee.net/Journal/Ijee/vol2/no1/5.pdf>
- Gombe, Z. O. (2007). *Investigation and optimization of an evaporative spray cooling system for greenhouses*. Master thesis, Department of Horticulture, Section of Biosystems.
- Gruda, N., & Tanny, J. (2014). Horticulture – Plants for people and places. *Heidelberg, Springer Science & Business Media*, 327–405.
- Gruda, N., & Tanny, J. (2015). Protected crops—recent advances, innovative technologies and future challenges. *XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1107*, 271–278.
- Hanan, J. J. (1998). Radiation p. 91–166. *Greenhouses: Advanced Technology for Protected Horticulture*. CRC Press Inc. Boca Raton FL.
- Jain, D., & Tiwari, G. N. (2002). Modeling and optimal design of evaporative cooling system in controlled environment greenhouse. *Energy Conversion and Management*, 43(16), 2235–2250.
- Jamal, M., Ramad, N., Al-Lengawi, J., Muraished, N., Al-Herbi, M., & Fouad, J. A. (2002). Evaluation and comparison of different cooling systems in greenhouses. Expert consultation meeting on IPPM greenhouse ventilation and cooling in Kuwait. JCARDA. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas*, 1–12.
- Kacira, M., Sase, S., & Okushima, L. (2004). *Effects of Side Vents and Span Numbers on Wind-Induced Natural Ventilation of a Gothic Multi-Span Greenhouse*. 38(June), 227–233.
- Katsoulas, N., Bartzanas, T., Boulard, T., Mermier, M., & Kittas, C. (2006). Effect of vent openings and insect screens on greenhouse ventilation. *Biosystems Engineering*, 93(4), 427–436.

- Khaoua, S. A. O., Bournet, P. E., Migeon, C., Boulard, T., & Chassériaux, G. (2006). Analysis of greenhouse ventilation efficiency based on computational fluid dynamics. *Biosystems Engineering*, 95(1), 83–98.
- Kittas, C, Draoui, B., & Boulard, T. (1995). Quantification of the ventilation of a greenhouse with a roof opening. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1(77), 95–111.
- Kittas, C, Boulard, T., Mermier, M., & Papadakis, G. (1996). Wind induced air exchange rates in a greenhouse tunnel with continuous side openings. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65(1), 37–49.
- Kittas, C., Baille, A., & Giaglaras, P. (1999). Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. *Journal of Agricultural and Engineering Research*, 73(4), 341–351. <https://doi.org/10.1006/jaer.1999.0420>.
- Kittas, C, Katsoulas, N., & Baille, A. (2001). Influence of greenhouse ventilation regime on the microclimate and energy partitioning of a rose canopy during summer conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79(3), 349–360.
- Kittas, C., Bartzanas, T., & Jaffrin, A. (2003). Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering*, 85(1), 87–94. [https://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00018-7).
- Kittas, Constantinos, Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Bakker, J. C. (2013). Greenhouse climate control and energy use. In *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops: Principles for Mediterranean climate areas* (pp. 63–95).
- Kittas, C, Katsoulas, N., & Bartzanas, T. (2017). 1. Structures: design, technology and climate control. *Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Production in the South East European Countries: Principles for Sustainable Intensification of Smallholder Farms*, 230.

- Kreider, J. F., Curtiss, P. S., & Rabl, A. (1994). *Heating and cooling of buildings: design for efficiency*. CRC Press.
- Krug, H. (1991). Gemüseproduktion [Vegetable production]. Parey, Berlin, Hamburg, Germany.
- Kubota, C., Sabeh, N. C., & Giacomelli, G. A. (2006). Water use for pad and fan evaporative cooling of a greenhouse in a semi-arid climate. *International Symposium on Greenhouse Cooling* 719, 409–416.
- Landsberg, J. J., White, B., & Thorpe, M. R. (1979). Computer analysis of the efficacy of evaporative cooling for glasshouses in high energy environments. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 24(1), 29–39.
- López, J.C., Baeza, E., Montero, J. I. (2012). New developments in plastics cladding materials for greenhouse. efficient use of inputs in protected horticulture. *S 9-35. Specialization Course. I.S.B.N.: 978-84-938787-1-9 Composed and Digital Edition: P&V.*
- Lstiburek, J. W. (2001). Hygrothermal climate regions, interior climate classes, and durability. *Proceedings of the Eighth Conference on Building Science and Technology, Toronto, Canada*, 319–329.
- Lüchow, K., & Von Zabeltitz, C. (1992). Investigation of a spray cooling system in a plastic-film greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 52, 1–10.
- Mackroth, K. (1972). *Untersuchungen zum Gewächshausklima unter besonderer Berücksichtigung der Kühlmöglichkeiten*.
- Max, J. F. J., Horst, W. J., Mutwiwa, U. N., & Tantau, H.-J. (2009). Effects of greenhouse cooling method on growth, fruit yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in a tropical climate. *Scientia Horticulturae*, 122(2), 179–186.
- Misra, D., & Ghosh, S. (2018). *Evaporative cooling technologies for greenhouses : a comprehensive review*. 20(1), 1–15.

- Montero, J. I., & Anton, A. (2000). Buoyancy driven ventilation in tropical greenhouses. *International Conference and British-Israeli Workshop on Greenhouse Techniques towards the 3rd Millennium* 534, 41–48.
- Morris, L. G. (1958). The limitation of maximum temperature in a glasshouse by the use of a water film on the roof. *J. Agric. Eng. Res.*, 3, 121–130.
- Muñoz, P., Montero, J. I., Antón, A., & Giuffrida, F. (1999). Effect of insect-proof screens and roof openings on greenhouse ventilation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73(2), 171–178.
- Nicolás, C. (2011). *Optimal Control of Greenhouse Cultivation*.
- Nisen, A., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Martiez-Garcia, P, F., Monteiro, A., & Verlodt, H., Villele, O., Zabeltitz, C, v., Denis, J, C., Boudoin, W., Garnaud, J. c. (1988). *Cultures protegees en climat mediterranean*. FAO,Rome.
- Parra, J. P., Baeza, E., Montero, J. I., & Bailey, B. J. (2004). Natural ventilation of parral greenhouses. *Biosystems Engineering*, 87(3), 355–366.
- Pérez-Parra, J. J., Montero, J. I., Baeza, E. J., & Lopez-Hernandez, J. C. (2004). Determination of global wind coefficients for the development of simple ventilation rate calculation models for a parral multispan greenhouse. *International Symposium on Greenhouses, Environmental Controls and In-House Mechanization for Crop Production in the Tropics* 710, 143–150.
- Radhwan, A. M., & Fath, H. E. S. (2005). Thermal performance of greenhouses with a built-in solar distillation system: experimental study. *Desalination*, 181(1–3), 193–205.
- Renard, W., Stein, J. (1962). *Betrachtungen zur Verdunstungskühlung in Gewächshäusern*. *Die Deutsche Gartenbauwirtschaft* 9 (11). 234-236;; 10 (4) 69-73.
- Sabeh, N. C., Giacomelli, G. A., & Kubota, C. (2007). Water use by greenhouse evaporative cooling systems in a semi-arid climate. *2007 ASAE Annual Meeting*, 1.

- Sase, S. (2006). Air movement and climate uniformity in ventilated greenhouses. *International Symposium on Greenhouse Cooling* 719, 313–324.
- Schmidt, U. 2008. Das besondere Problem der Feuchte. Bericht zur Bestimmung und Bewertung des Energiebedarfs von Gewächshäusern. KTBL-Workshop. 17. September 2008 in Worms. Pp 53–60.
- Sethi, V. P., & Sharma, S. K. (2007). Survey of cooling technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy*, 81(12), 1447–1459. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2007.03.004>
- Sethi, V. P., & Sidhu, G. S. (2004). Effect of aluminized polyester sheet on the microclimate and growth of chrysanthemum. *Journal of Agricultural Engineering*, 41(4), 1–4.
- Shukla, A., Tiwari, G. N., & Sodha, M. S. (2006). Thermal modeling for greenhouse heating by using thermal curtain and an earth–air heat exchanger. *Building and Environment*, 41(7), 843–850.
- Sirjacobs, M. (1988). Agro-climatological criteria for selecting the most appropriate areas for protected cultivation in Egypt. *Protected Cultivation in the Mediterranean Climate. Greenhouses in Egypt*, 5–12.
- Soni, P., Salokhe, V. M., & Tantau, H. J. (2005). Effect of screen mesh size on vertical temperature distribution in naturally ventilated tropical greenhouses. *Biosystems Engineering*, 92(4), 469–482.
- Tantau, H.-J. (2013). Heat requirement of greenhouses including latent heat flux. *Landtechnik* 68 (2013), Nr. 1, 68(1), 43–49.
- Tantau, H. J., & Salokhe, V. M. (2006). Influence of Insect Screens with Different Mesh Sizes on Ventilation Rate and Microclimate of Greenhouses in the Humid Tropics. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.
- Teitel, M. (2006). The effect of screens on the microclimate of greenhouses and screenhouses—a review. *International Symposium on Greenhouse Cooling* 719, 575–586.
- Teitel, M., Liran, O., Tanny, J., & Barak, M. (2008). Wind driven ventilation of a

- mono-span greenhouse with a rose crop and continuous screened side vents and its effect on flow patterns and microclimate. *Biosystems Engineering*, 101(1), 111–122.
- Teitel, Meir, Tanny, J., Ben-Yakir, D., & Barak, M. (2005). Airflow patterns through roof openings of a naturally ventilated greenhouse and their effect on insect penetration. *Biosystems Engineering*, 92(3), 341–353.
- Tekinel, O., Baytorun, N., & Demir, Y. (1989). Çukurova Koşullarında Seralarda Islak Yastıklarla Soğutma Olanakları. *Çukurova Üni., Ziraat Fak., Kültürteknik Böl., Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, (13).
- TS 825. (1998)., Türk Standartları Enstitüsü Standardı, Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. *Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, Ankara*.
- Tüzel, Özhaktan, H., Öztekin, G. B., & Yolageldi, L. (2017). Organik Fide Üretim Tekniklerinin Geliştirilmesi. *Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Proje No*.
- Verlode, H. (1990). Greenhouses in Cyprus, protected cultivation in the Mediterranean climate. *FAO, Rome, Italy*.
- von Zabeltitz, C. (1986). Greenhouse heating with solar energy. *Energy in Agriculture*, 5(2), 111–120.
- von Zabeltitz, C. (2011). Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Wang, S., & Deltour, J. M. (1996). Experimental ventilation function for large greenhouses based on a dynamic energy balance model. *International Agricultural Engineering Journal*, 5(3), 103–112.
- White, J. W., & Aldrich, R. A. (1975). Progress report on energy conservation for greenhouses research. *Florists Rev*.
- Willits, D. H. (2003). Cooling fan-ventilated greenhouses: a modelling study. *Biosystems Engineering*, 84(3), 315–329.

- Willits, D. H. (2006). Fan ventilated greenhouse cooling: some considerations for design. *International Symposium on Greenhouse Cooling 719*, 83–96.
- Xu, J., Li, Y., Wang, R. Z., Liu, W., & Zhou, P. (2015). Experimental performance of evaporative cooling pad systems in greenhouses in humid subtropical climates. *Applied Energy*, 138, 291–301.





ÖZGEÇMİŞ

05 Temmuz 1991Almuglad'da doğdu. 2009 – 2014 yılları arasında Khartoum Üniversitesi Ziraat Mühendisli Bölümü'nde eğitim aldı. Mezun olduktan sonra Sudan Ziraat Bankası ve Tarımsal Araştırma Kurumunda bir süre çalıştı. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde Tezli Yüksek Lisans eğitimine başladı. Halen yükselisans eğitimini sürdürmektedir.