

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SERA İÇ ORTAM MİKROKLİMASINA ÖRTÜ MALZEMESİ ETKİSİNİN
TERMAL KAMERA İLE BELİRLENMESİ**

Nergiz YILMAZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SERA İÇ ORTAM MİKROKLİMASINA ÖRTÜ MALZEMESİ ETKİSİNİN
TERMAL KAMERA İLE BELİRLENMESİ**

Nergiz YILMAZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERA İÇ ORTAM MİKROKLİMASINA ÖRTÜ MALZEMESİ ETKİSİNİN
TERMAL KAMERA İLE BELİRLENMESİ**

**Nergiz YILMAZ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez İMECE Plastik A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

OCAK 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERA İÇ ORTAM MİKROKLİMASINA ÖRTÜ MALZEMESİ ETKİSİNİN
TERMAL KAMERA İLE BELİRLENMESİ

Nergiz YILMAZ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 18/01/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğretim Üyesi Nefise Yasemin TEZCAN (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Bilal CEMEK

ÖZET

SERA İÇ ORTAM MİKROKLİMASINA ÖRTÜ MALZEMESİ ETKİSİNİN TERMAL KAMERA İLE BELİRLENMESİ

Nergiz YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Nefise Yasemin TEZCAN

Ocak 2022; 62 sayfa

Planlanan bu çalışma, Antalya’da, İmece Plastik A.Ş'nin araştırma ve deneme alanında bulunan model seralarda yürütüldü. Model seralar yaklaşık 36 m² taban alanına sahip 3 adet yay çatılı plastik seralardır. Araştırma seralarında örtü malzemesi olarak 3 farklı sera örtü malzemesi kullanılmıştır. Bu örtü malzemelerinden ikisi yeni sera örtü malzemesidir. Bu örtüler sırası ile CO-EX teknoloji ile üretilen çok katlı 175 mikron 36 aylık UV+EVA ve UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemesidir. Diğer örtü malzemesi ise araştırma alanında model seralardan birinde bulunan kullanım ömrünü tamamlamış 200 mikron 36 aylık UV+IR+LD+EVA katkılı PE örtü malzemesidir. Çalışmada, farklı sera örtü malzemeleri altında gerçekleşen sera içi çevre koşulları incelenmiştir. Sera örtü malzemelerinin bu özellikleri ortam mikrokliması üzerinde infrared katkı (IR) maddesinin ve film kalınlığının etkisini göstermiştir. Bu amaç için sera iç-dış ortam sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri açık gökyüzü koşulları için gün boyunca 24 saatlik zaman aralığına göre saptanmıştır. Çalışmada farklı sera örtü malzemelerinin ortam mikrokliması üzerine etkilerini belirlemek için termal kameralarla örtü malzemelerinin yüzey sıcaklıkları görüntülenmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre IR katkı maddesinin ve film kalınlığının sera iç ortam sıcaklığında etkili olduğu saptanmıştır. Sera iç ortam ortalama sıcaklık değerlerin 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 13.3 ile 42.5 °C arasında değiştiği, 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 12.9 ile 41.9 °C arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise 12.7 ile 41.1 °C arasında değiştiği saptanmıştır. Termal görüntüleme ile elde edilen örtü yüzey sıcaklık verileri de bu sonucu desteklemektedir. Gelişen teknolojiyle hasarsız ve temassız tespiti imkan veren termal kameraların seralarda da kullanılabilirliği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Mikroklima, Örtü yüzey sıcaklığı, Sera örtü malzemesi, Sıcaklık, Termal kamera

JÜRİ: Dr. Öğretim Üyesi Nefise Yasemin TEZCAN

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Bilal CEMEK

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECT OF COVER MATERIAL ON THE GREENHOUSE INSIDE MICROCLIMATE BY THERMAL CAMERA

Nergiz YILMAZ

MSc Thesis in Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Nefise Yasemin TEZCAN

January 2022; 62 pages

This study was conducted at The Research and Application Area of Imece Plastic A.S. in Antalya. Three model greenhouses which has 36 m² floor area and arched roof were used. Three different greenhouse cover materials were used as cover material in the research greenhouses. Two of these cover materials are new greenhouse cover materials. These covers are multi-layered 175 micron 36 months UV+EVA and UV+EVA+IR+LD added PE greenhouse cover material produced with CO-EX technology, respectively. The other cover material was the 200 micron 36 month UV+EVA+IR+LD added PE cover material that has completed its useful life in one of the model greenhouses in the research area. In this research, the environment conditions under different greenhouse cover materials were also investigated. These properties of greenhouse cover materials have shown the effect of infrared additive (IR) and film thickness on the ambient microclimate. Therefore, the temperature and relative humidity were measured along 24 hours at selected open sky days. In the study, the surface temperatures of the cover materials were monitored with thermal cameras to determine the effects of the different greenhouse cover materials on the ambient microclimate. According to the data obtained from this study, it was determined that the IR additive and the film thickness were effective in the greenhouse inside temperature. It has been determined that the average inside temperature values of the greenhouse vary between 13.3 and 42.5 °C in the greenhouse covered with 200 micron UV+EVA+IR+LD added PE film. On the other hand, it was determined that the inside temperature values in the greenhouse covered with 175 micron UV+EVA+IR+LD additive PE film decreased between 12.9 and 41.9 °C whereas the inside temperature values in the greenhouse covered with 175 micron UV+EVA additive PE film decreased between 12.7 and 41.1 °C. Cover surface temperature data obtained by thermal imaging also support these results. With developing technology, the usability of thermal cameras, which allow non-damaging and contactless detection, also in greenhouses has been established.

KEYWORDS: Microclimate, Cover surface temperature, Greenhouse cover material, Temperature, Thermal camera

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Nefise Yasemin TEZCAN

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof. Dr. Bilal CEMEK

ÖNSÖZ

Bitkisel üretimde kalite ve verimi artırmak için bitkilerin istediği optimum koşulların sağlanması gerekir. Seralar yıl boyunca yeterli bitki gelişimi ve üretimi için ideal koşulları sağlamayı amaçlayan yapılardır. Seralarda bitkisel üretimi etkileyen çevre faktörleri ışık, sıcaklık, nem ve CO₂ konsantrasyonu'dur. Serada özellikle bitkisel üretim için gerekli ışığın sera içerisine alınmasında sera örtü malzemesi önem arz etmektedir. Örtü malzemesinin özellikleri sera içerisinde bitkiler için uygun ekolojinin sağlanmasında en önemli faktördür. Bu durum aynı zamanda sera ısı gereksinimini de etkilemektedir. Serada örtü malzemesi olarak cam veya plastik malzeme kullanılmaktadır.

Son yıllarda gelişen teknoloji ile plastik örtü malzemesi üretim aşamasında içine katılan çeşitli katkı maddeleri ile özellikleri iyileştirilmektedir. Tek yıllık kullanım ömrü bulunan plastikler günümüzde 4-5 yıla kadar kullanım ömrüne sahiptir. Ancak kullanım ömrünü tamamlamış plastik her ne kadar sağlam görünse bile zamanla yaşlanma ve dış atmosfer çevre koşullarının (toz, kirlilik, güneşin UV ışınları vb.) etkisiyle ortam mikroklimasında istenilen performansı sağlayamamaktadır. Sera örtü malzemesinin değişimin gerekli olduğu söylenebilir. Bununla birlikte sera ortam mikroklimasında filmin üretim aşamasında katılan çeşitli katkı maddelerinin yanı sıra filmin kalınlığı, kullanılan katkı maddelerinin kalitesi de etkili olmaktadır. Nitekim bu özelliklere bağlı olarak sera örtüsünün optik ve mekanik özellikleri ortaya çıkmaktadır. Bu özelliklerde ortam mikroklimasını ve çeşitli yüklere karşı dayanımını oluşturmaktadır. Bu durumu ortaya koyabilmek için farklı katkı maddelerini içeren farklı kalınlıklı sera örtü malzemelerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Nitekim ülkemizde sera alanında çalışan öğretim üyesi sayısının az olması bu konuda yapılacak çalışmalarda kullanılacak alet ve ekipmanın pahalı olması bu tür çalışmaları kısıtlamaktadır. Dolayısıyla literatürde bu konularda doldurulması gereken önemli bir boşluk olduğu söylenebilir.

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve sonuçlandırılmasında ilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışma sürecinde her türlü yol gösterici olan, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için gecesini gündüzüne katan, elinden gelenden fazlasını sunan, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm ve her zaman öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Dr. Öğrt. Üyesi Nefise Yasemin TEZCAN'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Sera Örtü Malzemeleri	4
2.2. Seralarda Ortam Mikrokliması	8
2.3. Termal Kameralar ve Uygulama Alanları	11
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Araştırma Yeri ve İklim Özellikleri	16
3.2. Uygulama Alanında Kullanılan Örtü Malzemeleri	17
3.3. Uygulama Alanında Kullanılan Model Seralar	19
3.4. Seralarda Ortam Mikrokliması	20
3.4.1. Sıcaklık ve bağıl nem ölçümünde kullanılan aletler	20
3.4.2. Termal kamera ile örtü yüzey sıcaklığının belirlenmesi ve termal görüntüleme	21
3.5. İstatistiksel Analizler	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Farklı Sera Örtü Malzemelerinde Ortam Mikrokliması	23
4.1.1. Farklı sera örtü malzemelerinde sera iç ve dış ortam sıcaklığı	23
4.1.2. Farklı sera örtü malzemelerinde sera iç ve dış ortam nem değerleri	27
4.2. Farklı Sera Örtü Malzemelerinde Örtü Yüzey Sıcaklığı ve Termal Görüntüleme	32
4.3. Farklı Sera Örtü Malzemelerinde Örtü Yüzey Sıcaklık ve Sera İç Ortam Sıcaklık Arasında Korelasyon	48
5. SONUÇLAR	56
6. KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sera İç Ortam Mikroklimasına Örtü Malzemesinin Etkisinin Termal Kamera İle Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/01/2022

Nergiz YILMAZ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CO ₂	: Karbondioksit
E	: Yüzeyden yayılan toplam radyasyon miktarı (W m ⁻²)
T	: Mutlak sıcaklık (°K)
σ	: Stefan-Boltzman sabiti
ε	: Emissivite değeri

Kısaltmalar

AF	: Anti-fog katkısı
AT	: Anti-toz katkısı
AV	: Anti-virüs katkısı
CO-EX	: Çok katlı
CTP	: Cam elyaflı polyester
EVA	: Etilen-vinil asetat katkısı
FIR	: Uzak kızılötesi
LDPE	: Alçak (düşük) yoğunluklu polietilen
IR	: Infrared katkısı
LWIR	: Uzun dalga boylu kızılötesi
Mylar	: Polyester
MWIR	: Orta dalga boylu kızılötesi
NIR	: Yakın kızılötesi
PAR	: Fotosentetik aktif radyasyon
PC	: Polikarbonat
PE	: Polietilen
PMMA	: Polimetilmetaakrilat

PP	: Polipropilen
PVC	: Polivinilklörür
PVF	: Polivinilflorid
SWIR	: Kısa dalga boylu kızılötesi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UV	: Morötesi (Ultraviyole)
VA	: Vinilasetat

Tezde ondalık ayırıcı olarak nokta kullanılmıştır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Beş ağaç türünün 04 Şubat 2018 saat 14:00'de çekilen termal görüntüsü (Song vd. 2020).....	13
Şekil 2.2. Tüm dış cephe (a) termal ve (b) görünür ışık görüntüsü (açık sarı renkler ısı kayıplarının çoğunlukta olduğu, mor ve koyu mor renkler ısı kayıplarının minimum olduğu bölgeleri göstermektedir) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2018)	15
Şekil 3.1. Uygulama alanında kullanılan model seralar	20
Şekil 3.2. Sıcaklık ve bağıl nem veri kayıt cihazı.....	21
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan FLIR E50 model termal kamera	21
Şekil 4.1. Araştırma seralarında 2020-2021 yılları arasında aylar itibariyle sera iç ve dış ortam ortalama sıcaklık değerleri	23
Şekil 4.2. Araştırma seralarında 2020-2021 yılları arasında aylar itibariyle sera iç ve dış ortam ortalama nem değerleri.....	27
Şekil 4.3. Sera örtü malzemelerinin tipik bir ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış gününde günlük saatlik ortalama sıcaklık ve nem değerlerinin zamana bağlı değişimi.....	30
Şekil 4.4. Araştırma seralarında çatı duvarı ortalama örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C).....	36
Şekil 4.5. Araştırma seralarında yan duvar ortalama örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)	36
Şekil 4.6. Araştırma seralarında sera iç ortam sıcaklık değerlerine göre gerçekleşen çatı duvar örtü yüzey sıcaklık farkı (°C)	39
Şekil 4.7. Araştırma seralarında sera iç ortam sıcaklık değerlerine göre gerçekleşen yan duvar örtü yüzey sıcaklık farkı (°C)	40
Şekil 4.8. Araştırma seralarında dıştan yapılan termal görüntüleme	41
Şekil 4.9 FLIR Tools Yazılımı ile 175 mikron UV+EVA PE serada Mart ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	42
Şekil 4.10. FLIR Tools Yazılımı ile 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada Mart ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	43
Şekil 4.11. FLIR Tools Yazılımı ile 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada Mart ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	43
Şekil 4.12. FLIR Tools Yazılımı ile 175 mikron UV+EVA PE Serada Temmuz ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	44
Şekil 4.13. FLIR Tools Yazılımı ile 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada Temmuz ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	44
Şekil 4.14. FLIR Tools Yazılımı ile 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada Temmuz ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	45
Şekil 4.15. FLIR Tools Yazılımı ile 175 mikron UV+EVA PE serada Ekim ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	45

Şekil 4.16. FLIR Tools Yazılımı ile 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada Ekim ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	46
Şekil 4.17. FLIR Tools Yazılımı ile 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada Ekim ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	46
Şekil 4.18. FLIR Tools Yazılımı ile 175 mikron UV+EVA PE serada Ocak ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	47
Şekil 4.19. FLIR Tools Yazılımı ile 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada Ocak ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	47
Şekil 4.20. FLIR Tools Yazılımı ile 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada Ocak ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)	48
Şekil 4.21. Farklı sera örtü malzemelerinde yan duvar örtü yüzey sıcaklık ve sera iç ortam sıcaklık değerleri arasında korelasyon	49
Şekil 4.22. Farklı sera örtü malzemelerinde çatı duvar örtü yüzey sıcaklık ve sera iç ortam sıcaklık değerleri arasında korelasyon	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye’de örtüaltı alanlarının yıllara göre gelişimi (TÜİK 2014)	1
Çizelge 2.1. Bitkilerin fizyolojik tepkilerine bağlı olarak ışınım dalga boyu (Başçetinçelik 1977)	5
Çizelge 2.2. Farklı örtü malzemelerinin ışınım geçirgenlik yüzdeleri (Baytorun ve Başçetinçelik 1993)	7
Çizelge 3.1. Antalya iline ait uzun yıllık ortalama iklim verileri (Anonim 2020).....	16
Çizelge 3.2. Antalya iline ait çalışma periyodu boyunca gerçekleşen aylık ortalama iklim verileri (Anonim 2021)	17
Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan sera örtü malzemeleri	17
Çizelge 3.4. Araştırmada kullanılan sera örtü malzemelerinin laboratuvar koşullarında belirlenen bazı optik özellikleri	18
Çizelge 3.5. Araştırmada kullanılan sera örtü malzemelerinin laboratuvar koşullarında belirlenen bazı mekanik özellikleri	18
Çizelge 4.1. Araştırma seralarında sera iç ve dış ortam sıcaklık değerleri (°C)	24
Çizelge 4.2. Araştırma seralarında sera iç ve dış ortam nem değerleri (%).....	28
Çizelge 4.3. Araştırma serasında (175 mikron UV+EVA PE) örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)	33
Çizelge 4.4. Araştırma serasında (175 mikron UV+EVA+IR+LD PE) örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)	34
Çizelge 4.5. Araştırma serasında (200 mikron UV+EVA+IR+LD PE) örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)	35
Çizelge 4.6. 175 mikron UV+EVA PE serada çatı ve yan duvarlarda örtü yüzey sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı arasında oluşan farklar (°C).....	38
Çizelge 4.7. 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada çatı ve yan duvarlarda örtü yüzey sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı arasında oluşan farklar (°C).....	38
Çizelge 4.8. 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada çatı ve yan duvarlarda örtü yüzey sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı arasında oluşan farklar (°C).....	39
Çizelge 4.9. Farklı sera örtü malzemelerinde yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerlerinin istatistiksel analizi	52
Çizelge 4.10. Farklı sera örtü malzemelerinde çatı duvar örtü yüzey sıcaklık değerlerinin istatistiksel analizi	54

1. GİRİŞ

Bitki gelişimine izin veren bir mikro klima oluşturmak her şeyden önce örtü malzemesinin görevidir. Sera örtü malzemesi sera etkisinin yanında bitkileri rüzgâr, yağış ve kuvvetli güneş ışınlarından koruyarak onların daha elverişli koşullarda gelişmesini sağlamaktadır (Altındaş 1993). Seralarda bitki büyümesi ve gelişmesi için; ışınlam, sıcaklık, bağıl nem, CO₂ miktarı ve hava hareketi gibi çevresel etmenler önemlidir (Öztürk 2008). Sera yapımı özel niteliklere sahip konstrüksiyon ve örtü malzemesi gerektirmektedir. Her şeyden önce değişen sıcaklık, nem oranları, serada kullanılan koruma ilaçları ve çevre şartları malzemeyi en az düzeyde etkilemelidir. Cam ve plastik gibi ince örtü malzemesi ile sera içi ve dışı arasındaki iklim koşulları birbirinden ayrılmaktadır (Baytorun 1995). Eskiden camın plastik malzemeye göre oldukça fazla avantajları bulunmaktaydı ancak plastik teknolojisindeki hızlı gelişme günümüzde plastiğin camla rekabet edebilir düzeye getirmiştir (Kohlmeier ve Baytorun 1990). Nitekim Türkiye'deki toplam sera alanlarının (482 574 da) %83.2'ini plastik sera alanları oluşturmaktadır (TÜİK 2021).

Çizelge 1.1. Türkiye'de örtüaltı alanlarının yıllara göre gelişimi (TÜİK 2021)

Yıllar	Toplam Alan (da)	Cam sera alanı (da)	Plastik sera alanı (da)	Yüksek tünel (da)	Alçak tünel (da)
2010	563 805	80 772	230 543	81 521	170 969
2011	611 451	78 878	247 962	108 910	175 701
2012	617 760	80 728	278 730	95 095	163 207
2013	615 124	80 739	278 661	97 986	157 737
2014	643 442	80 976	298 651	107 095	156 720
2015	660 265	79 977	306 074	112 674	161 541
2016	691 724	80 137	328 745	112 974	169 867
2017	752 168	85 749	355 121	119 899	191 399
2018	772 091	78 110	368 527	114 232	211 222
2019	789 604	75 495	378 670	111 038	224 400
2020	805 159	80 779	401 795	104 258	218 326

Sera örtü malzemesi olarak kullanılan plastiklerin özellikleri örtü seçiminde önemli olup aşağıda sıralanan özellikler seralarda örtü malzemesinin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar olarak kabul edilmiştir (Waaajenberg 1989; Zabeltitz 1992; Baytorun ve Başçetinçelik 1993; Kürklü 2008).

- Global solar radyasyon geçirgenliği
- İnfrared (IR) ışınları geçirgenlik yüzdesi
- Mor ötesi (Ultraviole, UV) ışınlarını geçirgenliği
- Zamana bağlı ışınlam geçirgenliğindeki değişim
- Örtü malzemesinin iç yüzeyinde nem yoğunlaşma durumu

- Rüzgar, kar, dolu yüküne karşı dayanımı
- Mekanik özellikleri (çekme dayanımı, darbe dayanımı vb.)
- Örtü malzemesi ısı iletim katsayısı
- Serada bitkisel üretim için kullanılan kimyasalların etkisi
- İmal edilme boyutları ve ekonomi

Normal polietilen (PE) plastik bir yıl dayanabilen örtü malzemesidir. Bir yazdan sonra güneş ışınımı sonucu sertleşerek kırılmaktadır. Bu nedenle sonbaharda seralara örtülerek kışın mümkün olduğu kadar fazla ışınım geçirimi sağlanır (Baytorun 1995). Sera örtü malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılan PE malzemenin kullanım ömrü üzerinde UV katkı maddesi önemlidir. Üretim aşamasında katılan UV katkı maddesi ile plastiğin ömrü uzamaktadır. PE örtü materyali 0.15-0.30 mm kalınlıkta olup ucuzdur. Dış koşullara özellikle de rüzgâra karşı dayanımı azdır ve kolay yırtılıp, çabuk kirlenen bir materyaldir (Giacomelli 1999). Örtü malzemesinin üretim aşamasında rüzgar, dolu, kar vb. yükler altında PE malzemenin dayanımını artıran özel katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkı maddesi plastiğe esneklik özelliği kazandırmakta böylece sera plastiğinin yüklere karşı dayanımını artırmaktadır (Dilara ve Briassoulis 2000). Günümüz teknolojisi ile PE malzeme CO-EX teknoloji ile üretilmekte bu teknoloji ile İnfrared (IR) katkısı ile ısı korunumu, UV katkısı ile ömür, Etil vinil asetat (EVA) katkısı ile esneklik ve rüzgara karşı dayanım, Anti-virüs (AV) katkısı ile virütik böceklerle yönelik optik özellikler verme, Anti-Fog (AF) katkısı ile damlama, Anti-toz (AT) katkısı ile elektrostatik özellikler verme konularında oldukça ileri düzeydedir (Emekli 2014).

Seralardan kaliteli yüksek verimin alınabilmesi için seraların ısıtılması gereklidir (Baytorun, 2016). Ülkemiz şartlarında da, ısıtma giderleri sera karlılığını etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Seracılık işletmelerinde ısıtma giderleri, yetiştirme mevsimi, bölge ve ürün tipine bağlı olarak değişmekle birlikte toplam maliyetin %40 ile %80'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle seralardan oluşabilecek ısı kayıpları, ısıtma maliyetlerini arttırarak elde edilen kazancı düşürmektedir (Kendirli ve Çakmak 2010). Bu nedenle kullanılan örtü malzemesinin özellikleri (kullanılan katkı maddesi özellikle IR katkı maddesi, ısı iletim katsayısı, filmin kalınlığı vb.) ortam mikroklimasını etkilediği gibi sera yıllık işletme giderlerine de etkilediği söylenebilir.

Termal kameralar, çeşitli sektörlerde kullanılan, yüzeylerin sıcaklıklarını ölçebilen oldukça pahalı cihazlardır. Bunlar, objelerden yayılan termal enerjiyi ölçmeye yarayan lenslerden ve algılayıcılardan oluşur. Termal kameralar, çıplak gözle tespit edilemeyen, ancak ciddi sonuçlara yol açabilen küçük sorunların bile net olarak belirlenmesinde kullanılabilir. Bu cihazlar mühendislik uygulamalarından olan, yalıtım, ısı kaçağı, enerji kontrolü, arıza tespiti, doluluk oranı, bakım-onarım vb. gibi alanlarda kısa sürede müdahale etmeye ve etkin çözümler sunmaya imkân vermektedir (Çalışan ve Türkoğlu 2011). Sıcaklık resmi anlamına gelen kızılötesi termografi (IR); ışınımı ve bununla ilişkili olarak yüzey sıcaklığını algılamak ve ölçmek üzere, elektro-optik cihazlar kullanma bilimidir. Son yıllarda tarımsal üretimde de kullanımı yaygınlaşan termal kameralar cisim üzerinde temassız ve tahribatsız ölçüm imkanı vermektedir. Bu

aletler ile cisimlerin kızılötesi radyasyon bandına ilişkin verdikleri tepkiler görünür hale getirilmektedir. Bu termal görüntülerin de cisimler arasında kıyas yapmamıza olanak sağladığı söylenebilir.

Sera konstrüksiyonunda kullanılan örtü malzemesinin özellikleri sera iç ortam mikrokliması üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örtü malzemelerinin içerisindeki katkı maddeleri özellikle IR katkı maddesi seraların ortam mikrokliması ve ısı gereksinimleri üzerinde etkili olmaktadır. Sera örtü malzemesinin kalınlığı da ortam mikroklimasında etkilidir. Bu araştırmada, farklı katkı maddeli ve farklı film kalınlıklı sera örtüsü malzemelerinin ortam mikrokliması üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca bu etkinin ortaya konulmasında termal görüntüleme ile elde edilecek örtü malzemelerinin yüzey sıcaklık değerleri belirlenmiştir.



2. KAYNAK TARAMASI

Çalışma konusu ile ilgili kaynak taramaları üç bölümde incelenmiştir. Birinci bölümde sera örtü malzemeleri, ikinci bölümde seralarda ortam mikrokliması ve üçüncü bölümde ise termal kameralar ile ilgili konular ele alınmıştır.

2.1. Sera Örtü Malzemeleri

Sera örtü malzemesinin görevi serayı dış atmosfer koşullarından ayırmak, güneş ışığını mümkün olduğu kadar sera içerisine geçirerek bitkisel üretim için uygun bir mikroklima oluşturmaktır. Bu mikroklimanın da dış atmosfer koşullarından etkilenmeden bitkisel üretim boyunca sürekliliği istenmektedir. Güneş farklı dalga bantlarında ışınımına sahiptir ancak bu farklı dalga bantındaki tüm ışınım bitki gelişimi için uygun değildir. Genellikle UV ve aşırı IR ışınımı bitkiler için zararlıdır ve bu radyasyon düzeylerinden kaçınılmalıdır. Bitkiler fotosentez olayı için orta dalga boylu ışınlar içerisinde yer alan fotosentetik aktif radyasyon (PAR) olarak tanımlanan 400-700 nm dalga bantındaki ışınımı kullanırlar. Bu sebeple sera örtü malzemesinin PAR bölgesinde yüksek geçirgenliğe sahip olması gerekir (Both 2004). Sera hava sıcaklığı, nem ve yaprak sıcaklığı gibi sera içi çevre koşulları sera örtü malzemesinin ışınım geçirgenliğinden etkilenmektedir. Sera içi çevre koşullarındaki değişimler ise bitki gelişimini ve bitkisel üretimi önemli düzeyde etkilemektedir (Cemek ve Demir 2005).

Seralarda bitkisel üretim için gerekli çevre koşullarından biri fotosentez olayı için gerekli olan ışıktır. Doğal ışık kaynağımız güneş 1.39×10^9 m çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve dünyadan ortalama 1.5×10^{11} m uzaklıktadır. Yüzey sıcaklığı 5777 °K'dir. Bu sıcaklık merkeze doğru 4×10^6 ile 8×10^6 °K arasında değişim gösterir. Sudan 100 kez daha yoğundur Güneşten gelen radyan enerji çeşitli füzyon reaksiyonlarına uğramaktadır. Güneşteki yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerine ayrılır. Bu sebeple, güneş bünyesinde serbest halde elektron ve atom çekirdekleri bulunur. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeğini oluşturur. Füzyon adı verilen bu reaksiyon çok yüksek sıcaklıkta oluşur. Güneşte oluşan bu helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark güneş ışınımı ile oluşan enerjiyi verir. Bu enerji yeryüzüne çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde dünyaya ulaşır. Güneşten dünyaya ışınlar 32° açı ile gelir (Rosenberg vd. 1983; Tırs vd. 1997).

Güneşten gelen ışınım dalga boylarına göre değişmektedir. Dalga boyları < 360 nm arasında olan ışınlar morötesi (UV) ışınlarıdır. Ultraviyole ismi verilen, gözle görülemeyen bu ışınlar bitkilerde gelişimi baskılar hatta cüceliğe neden olur. Morötesi spektrumu; UVA, UVB ve UVC olarak 3 alt gruba ayrılır. Bitkiler UVB ışınlarının zararlı etkilerinden kendilerini koruyabilmek için yaprak alanlarını küçültmekte bu durum fotosentezde azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca UVB ışınları topraktaki mikroorganizmaları öldürerek toprağı verimsizleştirmektedir. Dalga boyları 360-760 nm arasında değişen ışınlar, orta dalga boylu ışınlar olup, bu ışınlar dalga boylarına göre sırasıyla mor (360-424 nm), mavi (424-492 nm), yeşil (492-535 nm), sarı (535-586 nm), turuncu (586-647 nm), kırmızı (647-760 nm) renklerde ortaya çıkarlar. Orta dalga boylu ışınlar bitkilerin fotosentez olayında etkili olan ışınlarıdır. Bu ışınların yoğunluğu, süresi ve spektral dağılımı bitkinin tepkisini etkiler. Dalga boyları 760 nm'den büyük olan

kızılötesi (infrared) ışınlar gözle görülemeyen ışınlardır. Uzun dalga boylu ışınların etkisi fotosentezden çok yeryüzünün ısınması üzerinedir. Bu ışınlar yakın kızılötesi (NIR 0.7-1.5 μm), kısa dalga boylu kızılötesi (SWIR 1.5-3 μm), orta dalga boylu kızılötesi (MWIR 3-8 μm), uzun dalga boylu kızılötesi (LWIR 8-15 μm) ve uzak kızılötesi (FIR $> 15 \mu\text{m}$) olmak üzere 5 alt gruba ayrılır (Aldrich ve Bartok 1989, Yüksel 2004, Öztürk 2008). Spektrumun kızılötesi ışınımın yüksek oranları ($> 800 \text{ nm}$) zayıf ve uzun boylu bitkilere neden olur. Spektrumun uzak kırmızı (700-800 nm) ve kırmızı ışınları (610-750 nm) aralığındaki enerji oranı bitki ile ışık interaksyonunu açıklamada önemlidir. Bu enerji oranının düşük yoğunluğu bitkinin daha yoğun köklere sahip kısa bir gövde gelişimine neden olurken bu aralığın yüksek yoğunluğu sürgün gelişimini artırarak daha fazla yapraklara sahip uzun boylu bitkiler oluşmasını tetikler (Tiwari 2003).

Güneşten gelen toplam ışınım direk ışınım ve yaygın ışınımından oluşmaktadır. Bulutsuz bir günde güneş ışınlarının çoğu dünya atmosferini geçerken düz bir yol izler ve bu ışınım direk ışınım olarak adlandırılır. Bulutlu bir günde ise güneş ışınımı atmosferde su buharı, tozlar vb. partiküllere çarpması sonucu dağılmış bir şekilde ortaya çıkar bu ışınım difüz (yaygın) ışınım olarak tanımlanmaktadır (Both 2004). Açık gökyüzü koşullarında (bulutsuz gün) yeryüzüne ulaşan toplam ışınımın % 75-85'ini direk (doğrudan) ışınlar oluşturmaktadır (Öztürk 2008).

Başçetinçelik (1977), bitkilerin ışınımına karşı göstermiş oldukları tepkilerin, 8 enerji dalga boyu bandında toplandığını ve fizyolojik tepkilere bağlı olarak seçilen bu dalga boyu bantlarını Çizelge 2.1'de belirtildiği gibi sınıflandırıldığını bildirmiştir.

Çizelge 2.1. Bitkilerin fizyolojik tepkilerine bağlı olarak ışınım dalga boyu (Başçetinçelik 1977)

Dalgaboyu (nm)	Bitkilere etkisi
> 1000	Sadece ısıtma etkili olan bant
700-1000	Bitki boyunun uzamasında etkili olan bant
610-700	Fotosentez için en yüksek etki düzeyi, klorofil sentezi ve fotoperiyodizm
510-610	Fizyolojik etki düzeyinin en düşük olduğu bant
400-510	Sarı pigmentler tarafından yutma, klorofil sentezi ve fotosentezik etkinliğin en yüksek olduğu ikinci bölge, kuvvetli şekillenme etkisinin görüldüğü bant
315-400	Şekillenme etkisinin sınırlanması
280-315	Birçok bitki türü için zararlı etkinin olduğu bant
< 280	Bitki yaşamı için öldürücü etkilerin olduğu bant

Çanakcı vd. (2013), modern gotik çatılı plastik model bir sera (taban alanı 10003 m^2) için ısıtma gereksinimini Akdeniz bölgesindeki Muğla, Antalya, Adana, Mersin ve Hatay illeri için uzun yıllık iklim verilerine dayanarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar seralarda ısı gereksiniminin solar radyasyonun yoğunluğundan dolayı gündüz saatlerinde gereksinim olmadığını maksimum ısı gereksiniminin ise bütün iller için Ocak ayında olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada seraların ısı gereksinimi illere göre

3,592,848 (Mersin) ile 10,459,688 (Muğla) MJ/ha arasında değiştiği yıllık yakıt (kömür) gereksiniminin ise 160.34 – 466.78 t/ha arasında değiştiği buna bağlı olarak yakıt maliyetinin ise 37,412 ve 108,916 \$/ha arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırmacılar çalışmalarında seraların yıllık işletme giderleri içerisinde ısıtmanın önemli bir maliyet oluşturduğu bu giderleri azaltmada farklı özellikli örtü tiplerinin ve ısı perdeleri kullanımının bu gereksinimleri azaltabileceğini önermişlerdir.

Emekli vd. (2012), yaptıkları çalışmalarında Antalya ilindeki modern seraların yapısal özelliklerini ve ısı gereksinimlerini araştırmışlardır. Modern seraların geleneksel seralara göre konstrüksiyonlarında galvanize edilmiş çelik profillerin kullanıldığını çevre koşullarının iklim kontrol otomasyon sistemleri ile kontrol altında tutulduğunu bitki gelişiminin ise sulama-gübreleme otomasyon sistemleri ile sağlandığını bildirmişlerdir. Çalışmalarında, Antalya ekolojik koşullarında modern seralarda ısıtma gereksiniminin (uzun yıllık iklim verilerine göre) kasım, aralık, ocak, şubat, mart ve nisan aylarında oluştuğunu seraların ısı gereksiniminin ise 925-2484 kW/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Seraların ısı gereksinimi değişiminde örtü malzemesinin tipi ve örtü malzemesinin ısı iletim katsayısının etkili olduğu ayrıca en yüksek ısı gereksinimi PE serada oluşurken en düşük ısı gereksiniminin yan duvar PC çatı çift kat PE malzeme ve ısı perdesinin kullanıldığı seralarda gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Bitkileri olumsuz çevre koşullarının etkisinden korumak, gerekli enerjinin sera içine alınmasını sağlamak ve bitkisel üretim için uygun bir mikroklimanın oluşmasını sağlamak için seralar cam veya plastik örtü malzemesi ile örtülmektedir. Seralarda kullanılan örtü malzemeleri cam, filmler ve sert plastikler olmak üzere üç grup altında toplanabilir (Günay 1985, Baytorun 1995, Al-Helal ve Alhamdan 2009).

• **Cam** • **Filmler (Yumuşak plastikler)** • **Sert plastikler**

- Polietilen (PE)
- Polivinilclorid (PVC)
- Polivinilflorid (PVF veya Tedlar)
- Polyester (Mylar)
- Etilvinilasetat (EVA)
- Cam elyaflı polyester (CTP)
- Polivinilclorid (PVC)
- Polimetilmetaakrilat (PMMA)
- Polikarbonat (PC)

Tüm dünyada ve ülkemizde plastik sera örtü malzemesi ucuz olması sebebiyle yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Plastik sera örtü malzemeleri içinde de PE malzeme sıcak iklim koşullarında seralarda tercih edilmektedir (Emekli 2014). Sera örtü malzemesi olarak kullanılan PE filmler alçak yoğunluklu polietilen (LDPE) (910-925 kg/m³) sınıfına girmektedir (Dilara ve Briassoulis 2000). Seralarda örtü malzemesi olarak alçak yoğunluklu PE (LDPE) kullanılmakta olup günümüz piyasasındaki LDPE filmlerin çoğunu CO-EXTRUDE çok katmanlı yapı oluşturmaktadır. Çok katmanlı yapı içerisinde üç katmanlı yapı standartlaşmış olup beş-yedi katmanlı yapı spesifik uygulamalara girmektedir. CO-EX çok katmanlı yapıyı içerisinde % 4-10 oranında EVA katkı maddesi içeren filmler oluşturmaktadır (Dilara ve Briassoulis 2000). Gelişen teknoloji ile son yıllarda Türkiye'de bilgisayar kontrollü CO-EX üretim teknolojisi ile çok katlı sera örtü malzemeleri üretilmektedir. CO-EX üretim teknolojisi ile üretilen katmanlı filmlerin mono (tek katlı) filmlere göre sağladığı üstünlük filmin kalınlığının ve üretim aşamasında kullanılan katkı maddelerinin istenilen katmanda örtü malzemesi

içerisine üniform bir şekilde uygulanmasını sağlamasıdır. Bu teknolojiye en dış katman anti-toz katkılı en iç katman ise anti-fog katkılı üretilebilmektedir veya üreticiler bu sera örtüsünü konstrüksiyona sererken mutlaka UV katkı maddesi içeren yüzeyi dışa AF katkı maddesi içeren kısmı sera içine gelecek şekilde monte etmeleri gerekmektedir (Emekli 2014). Günümüz teknolojisi ile üretilen PE malzemede;

- Infrared katkısı ile ısı korunumu,
- Ultraviole katkısı ile ömür,
- Etil vinil asetat katkısı ile esneklik ve rüzgara karşı dayanım,
- Anti-virüs katkısı ile virütik böceklerle yönelik optik özellikler verme,
- Anti-Fog katkısı ile damlama,
- Anti-toz katkısı ile elektrostatik özellikler verme,
- Mineral katkıları ile ışığı yayma konuları oldukça ileri düzeydedir.

Serada kullanılacak örtü malzemesinin PAR spektrumunda maksimum geçirgenliğe uzun dalga bandında minimum geçirgenliğe sahip olması gerektiği yaygın olarak kabul edilmektedir (Papadakis vd. 2000).

Baytorun ve Başçetinçelik (1993), çalışmalarında sera örtü malzemelerinin toplam ışınım bandındaki (280-3000 nm dalga boyu) ışınları belirli oranda geçirdiklerini ve buna göre seralarda yaygın olarak kullanılan PE malzemenin bazı çeşitlerinin ışınım geçirgenliklerini aşağıdaki çizelgede vermişlerdir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Farklı katkı maddeli PE sera örtü malzemelerinin ışınım geçirgenlik yüzdeleri (Baytorun ve Başçetinçelik 1993)

Örtü malzemesi	Kalınlık (mm)	Işınım Geçirgenliği (%)
Normal PE	0.1-0.2	92-93
UV katkılı PE	0.1-0.2	89-92
IR katkılı PE	0.1-0.2	86-92
UV+IR katkılı PE	0.1-0.2	84-90

Baytorun vd. (1994), araştırmalarında normal PE, UV+IR katkılı PE, UV+IR+AF katkılı PE sera örtü malzemelerinin ışınım geçirgenliğini ocak, şubat, mart ve nisan aylarında % 75-80 arasında değişim gösterdiğini, UV+IR+AF katkılı örtü malzemesi ile kaplı serada iç sıcaklık değerinin diğer seralara oranla 0.5 °C daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Cemek ve Demir (2005), Samsun ekolojik koşullarında 150 µm kalınlıklı normal PE, ultraviole katkılı polietilen (UV+PE), infrared katkılı polietilen (IR+PE) ve çift katlı PE sera örtü malzemelerinin yoğunlaşma özelliklerini ve ışınım geçirgenliklerini sekiz adet birbirinden bağımsız araştırma serasında 3 aylık bir periyotta araştırmıştır. Sera örtü malzemelerinin ışınım geçirgenliklerinin kuru koşullarda, ıslak koşullara göre daha yüksek olduğunu; çift katlı PE film ışınım geçirgenliğinin en düşük buna karşılık normal PE'nin ise en yüksek olduğunu ve kirlilikten dolayı geçirgenlikteki ortalama kaybın yaklaşık olarak % 9-15 olduğunu belirtmiştir.

Cemek vd. (2006), yaptıkları çalışmada Samsun ekolojik koşullarında dört farklı PE sera örtü malzemesinin (UV+PE, IR+PE, çift katlı PE ve tek katlı PE) patlıcan bitkisinin gelişimi, verimliliği ve enerji gereksinimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çift katlı PE seralarda bitkilerin diğer seralara göre daha hızlı geliştiğini (daha fazla yaprak ve çiçek) geç ve toplam verimin diğer seralardan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada ışıınım geçirgenliğinin tek katlı PE serada en yüksek olduğu bağıl nemin çift katlı PE serada yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar Karadeniz Bölgesi ekolojik koşullarına benzer iklim koşulları için patlıcan üretiminde çift katlı PE malzemeyi hem yüksek verimlilik hem de düşük ısı gereksinimi bakımından şiddetle önermişlerdir.

Hemming vd. (2007), Hollanda ekolojik koşullarında ışık difüzyonu sağlayan plastik filmlerin hıyar bitkisinin gelişimine etkilerini 150 m² taban alanlı 4 cam serada araştırmıştır. Çalışmada sera içindeki ışık koşullarını değiştirmek için cam seralardan ikisinin çatı ve yan duvarlarını ışık difüzyonu sağlayan plastik filmle, diğer ikisini standart bir plastik filmle kaplamışlardır. Sera içi çevre koşullarından sıcaklık, nem, CO₂ konsantrasyonu, havalandırma açıklığı, güneş ışıını, PAR ve bitki sıcaklığı ölçümlerinin yanı sıra bir Sunscan sistemi ile bitkiler arasında ışık dağılımı bulutlu ve açık gökyüzü koşullarında yatay ve düşey düzlemlerde belirlenmiştir. Işık difüzyonu sağlayan plastik filmle kaplı seraların PAR geçirgenlikleri diğer filme göre % 4 daha az olmasına karşın yatay düzlemde ışık dağılımının üniform olduğunu belirtilmiştir. Bu örtü materyali ile difüze edilmiş ışığın özellikle yaz aylarında hıyar bitkisinin gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Sangpradit (2014), çalışmasında 110 µm kalınlıklı tek katlı bir yıl kullanım ömrü olan PE filmin solar radyasyon geçirgenliğinde toz ve kirliliğin etkisini incelemiştir. Araştırmacı çalışmasında ayrıca farklı temizleme yöntemlerinin (hava jeti ile temizleme, su jeti ile temizleme ve el ile temizleme) bu kirliliği azaltmada etkisini araştırmıştır. Çalışmada yeni PE filmin ortalama ışıınım geçirgenliği %86 olarak saptanmış 6 aylık bir periyodun sonunda ise ışıınım geçirgenliğindeki kaybın %36 ile %50 oranında gerçekleştiğini saptamıştır. Malzeme temizlendikten sonra ışıınım geçirgenliği %85 olup kayıp yeni filme göre 6. ayda %1 olmuştur. Temizleme yöntemleri karşılaştırıldığında hava jeti ile temizleme perde üzerinde hemen hemen hiç etki göstermezken su jeti ile temizleme büyük ölçüde etkili olmuştur.

Seralarda bitkisel üretim için uygun ışığın sera içine alınmasında ve ortam mikroklimasının oluşturulmasında örtü malzemesi önem arz etmektedir. Bununla birlikte örtü malzemesinin kalınlığı, içerdiği katkı maddeleri, fiziksel ve mekanik özellikleri gibi birçok özelliği bitkisel üretimi, enerji gereksinimini ve sera örtü malzemesinin dayanıklılığını etkilemektedir. Nitekim örtü malzemesi ısı iletim katsayısının seraların ısıtma giderlerini etkilediği yapılan çalışmalarla saptanmıştır.

2.2. Seralarda Ortam Mikrokliması

Dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de plastik sera alanları cam sera alanlarına göre daha fazla yer kaplamaktadır. Plastik sera alanları da yıllar itibariyle sürekli bir artış göstermektedir. Bunun başlıca nedenleri arasında plastik sera örtü malzemesinin cam örtü malzemesine göre tek parça halinde daha büyük alanların kaplanmasına olanak sağlaması, plastik seraların cam seralara göre konstrüksiyonlarında daha az destek

yapısına gereksinim göstermesi nedeniyle ilk yatırım giderlerinin düşük olması, gelişen teknoloji ile plastik malzemelerin üretim aşamasında içine katılan katkı maddeleri ile özelliklerinin iyileştirilmesi ve plastik malzemenin cama göre ekonomik olması gibi faktörler sıralanabilir (Emekli 2014). Dolayısı ile plastik malzemenin özellikleri ve performansı önemli olup bu durum ortam mikro iklimasının yanı sıra bitki gelişimi ve sera ısıtma giderleri üzerinde de etkili olmaktadır.

Seralarda bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi için gerekli olan iklim etmenleri birçok araştırmacı tarafından aşağıdaki şekilde belirtilmiştir (Zabeltitz 1992; Baudoin ve Zabeltitz 2002):

- Kış aylarında bitkilerin dondan zarar görmemesi için serada sıcaklık 0 °C üstünde tutulmalıdır. Günlük ortalama dış sıcaklığın 7 °C'den fazla olması durumunda gün içinde meydana gelen 0 °C'nin altındaki sıcaklık riskleri ihmal edilebilir.
- Sera koşullarında bitkiler ortalama 17-27 °C'ye adapte olmuşlardır. Sera etkisi dikkate alındığında, günlük ortalama sıcaklığın 12-22 °C arasında olması gereklidir. Bu sıcaklığın 0-8 °C olması durumunda bitki büyüme hızı yavaşlar. Örneğin, bu sıcaklık değeri domateste meyve oluşumu için yetersiz kalır.
- Günlük ortalama sıcaklığın 12 °C altına düşmesi durumunda seralar gece ısıtılmalıdır. Sıcaklığın 22 °C'nin üstüne çıkması durumunda ise seraların soğutulması gereklidir.

Seginer (1980), sera havasının kontrolünün genellikle sıcaklıkla sınırlı olduğunu, oysa bunun en kritik parametre olmasına karşın CO₂ konsantrasyonu, oransal nem gibi parametrelerin de önemli olduğunu ve ideal bir sistemde bunların da mutlaka kontrol edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Montero vd (1985), çalışmalarında Almeria ekolojik koşullarının sera mikrokliması üzerine etkilerini araştırmıştır. Bu amaç için çalışmada rüzgar, sıcaklık, nem değişimi, radyasyon ve buharlaşma ölçümleri yapılmıştır. Sera iç sıcaklığın gün boyunca dış sıcaklığa göre arttığını, gece boyunca ise sera iç ve dış sıcaklığın birbirine yakın olduğunu bunun yanı sıra özellikle gece açık gökyüzü koşullarında seradan ısı kaybının fazla olduğunu ve kış aylarında ısıtmanın gerekli olduğunu belirtmiştir. Yöre seralarında doğal havalandırma koşullarının yetersiz olduğunu, solar radyasyon geçirgenliğinin ise örtü malzemesinin temiz tutulması ile artırılabilceğini bildirmiştir.

Zabeltitz (1992) ve Baudoin ve Zabeltitz (2002), sera içi çevre koşullarının kontrollü bir şekilde sağlanabildiği seralarda bitkilerin 7-27°C sıcaklıklar arasında uygun bir şekilde yetiştirilebileceği ancak seralarda solar radyasyonun ısıtma etkisi dikkate alındığında ısıtılmayan seralar için ortalama günlük iç sıcaklığın 12-22 °C arasında olmasının uygun iklim sınırları olarak tanımlanabileceğini belirtmiştir.

Boulard (1993), sera kapalı bir ortam olduğundan sera toprağı ve bitkiden sürekli nem verildiği için, sera havasının bağıl nemi dış ortamdan daha yüksek olduğunu havanın nem oranı arttıkça yoğunluğunun azaldığını bu durumun düşey yönde ısı değişimini artırdığını bildirmiştir.

Abou Hadid ve Eissa (1994), Mısır ekolojik koşullarında dolmalık biber yetiştirilen plastik sera ve açık tarlada ortam mikroklima (hava sıcaklığı ve oransal nem) koşullarını 2 yıl süreyle günlük olarak aynı zaman aralıklarında ölçmüşlerdir. Plastik serada kaydedilen hava sıcaklığının güneşin batışından bir iki saat sonra dış sıcaklığın altına düşmeye başladığını ve güneş doğduktan bir iki saat sonraya kadar sıcaklık düşüşünün devam ettiğini belirtmiştir.

Günay (1994), sera konstrüksiyonundan başlayarak örtü malzemesi, ısıtma teknikleri ve sera içi donanımına kadar birçok konunun yeniden ele alınması gerektiğini nitekim sera inşaatı ve iklim düzenlenmesi bakımından yapılacak harcamaların giderek büyük boyutlara ulaştığını bildirmiştir. Bu nedenle, örtü malzemesinin seçimi ve kullanımının da incelenmesi gereken önemli etken olduğunu ve örtü malzemesinin amacının yalnızca kaplama olmadığını bildirerek ağırlığının, çeşitli etmenlere karşı dayanma gücünün, ışık ve ısı iletim özelliklerinin sera maliyetini ve sera içi iklimini büyük ölçüde etkilediğini belirtmiştir.

Öztürk (2008), seralarda bitki gelişimi için en uygun bağıl nem değerinin genellikle %50-80 arasında olması gerektiğini, kontrollü ortamlarda bitkisel üretim için en düşük bağıl nem değerinin ise %60 olması gerektiğini belirtmiştir.

Çolak (2002), sera içi sıcaklık, nem ve çiğlenme sıcaklığı gibi bazı ortam mikroklima parametrelerini ısıtılmayan iki bölmeli blok bir cam serada araştırmıştır. Sera iç sıcaklığın sera tabanından mahyaya doğru yükseldikçe arttığını bu artışın gece daha düşük olduğunu, bağıl nem ve çiğlenme sıcaklık değerlerinin ise bitki yoğunluğunun fazla olduğu blok merkezlerinde ve toprak seviyesinde en yüksek değerlere ulaştığını bildirmiştir.

Zhang vd. (2008), seralarda kış döneminde tüketilen enerjinin %70'den fazlası sera örtü malzemesinden kaybolduğunu bildirmektedir. Bu nedenle örtü malzemesi yoluyla oluşan ısı kaybının doğru şekilde analitik olarak tahmin edilmesi, seranın enerji tüketiminin tahmin edilmesinde kilit noktadır.

Holcman vd. (2015), çalışmalarında farklı sera örtü malzemelerinin ortam mikrokliması üzerine ve çeri domates bitkisi üzerine etkilerini üç üretim sezonu boyunca araştırmışlardır. Araştırmacılar bir model serayı (50 m uzunluk, 7 m genişlik ve 4 m oluk altı yüksekliği) 0.15 mm kalınlıklı LDPE bir film ile iki bölüme ayırmışlar ve iki farklı mikroklima oluşturmuşlardır. Bölme 1'de biri anti UV katkılı PE film ile kaplanmış olup aynı zamanda %40 gölgeleme oranlı gölgeleme perdesi oluktan oluşa çekilmiştir. Bölme 2'de ise %55 difüz kapasiteli difüz PE film ile kullanılmıştır. Çalışmada 1. bölmede örtü malzemesinden bitkilere ulaşan ortama solar enerji 5.5 MJ/m²/gün iken 2. bölmede 8.2 MJ/m²/gün olarak saptanmıştır. 2. Bölmede hava sıcaklığı dış ortamdan ortalama 1 °C daha yüksek olup bağıl nem açısından da bu fark 2. bölmede daha yüksek saptanmıştır. Çalışmada difüz katkılı PE filmin diğer anti UV katkılı ve gölgeleme perdesi ile donatılmış ortama göre çeri domates tipinde 3 üretim sezonu boyunca verimliliği olumlu yönde teşvik ettiği bildirilmiştir. Araştırmacılar özellikle difüz katkılı PE filmin sera içerisinde solar enerjiyi iyi dağıtmasına bağlı olarak serada yüksek sıcaklık içeren bölgelerin oluştuğunu belirtmişlerdir.

Li vd. (2018), çalışmalarında sera mikroklimasını etkileyen faktörleri ve sera mikroklimasını düzenlemedeki son teknolojik gelişmeleri gözden geçirmiştir. Araştırmacılar sera dizayn parametrelerinden çatı eğim açısı, yönlendirme, hakim rüzgar yönü, seçilen örtü malzemesi ve sinek tülünün mikroklima üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Çalışmada özellikle doğal havalandırma, havalandırma açıklık alanı, pencerelerin konumu, evaporatif soğutma sistemleri ile ısıtma-soğutma sistemlerinin mikroklima üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir.

Öztürk ve Başçetinçelik (2003), çalışmalarında PE ve polyester malzemeden yapılmış ısı perdelerinin ortam mikrokliması ve toplam ısı kayıp katsayısı üzerine etkilerini plastik tünellerde araştırmışlardır. Çalışmada üç farklı düzenleme yapılmıştır. Bunlar (1) tek katlı PE film+ısı perdesiz tünel (kontrol konusu) (2) tek katlı PE film+PE perde (3) çift katlı PE film+ polyester katkılı perde. Araştırmacılar polyester ve PE ısı perdeli seralarda sera iç ortam sıcaklığının dış ortamdan sırası ile 4.8 °C ve 2.5 °C daha yüksek olduğunu polyester malzemenin iyi bir sızdırmazlık gösterdiğini bildirmişlerdir.

2.3. Termal Kameralar ve Uygulama Alanları

Termografi, termal görüntüleme veya termal video, kızılötesi görüntülemenin bir çeşididir. Termografik kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümündeki (900-14000 nm) elektromanyetik ışınımı tespit ederler ve bu ışıınımdan resimler oluştururlar (Çalışan ve Türkoğlu 2011). Termal kameralar, insan gözüyle görülemeyen cisimlerin yaydığı termal radyasyonu algılayarak, son derece düşük ısı farklılıklarını bile görüntüleyebilen cihazlardır (Çaylı vd. 2016). Günümüzde termal kameraların sağlık, elektrikli ve süreç ekipmanlarını denetlemek, savunma, tarım, gıda, bina ve sivil bir çok alanda kullanım alanı artmıştır (Manickavasagan vd. 2010; Çalışan ve Türkoğlu 2011). Bu cihazlar objelerden yayılan termal enerjiyi ölçmeye yarayan lenslerden ve algılayıcılardan oluşur. Termal kamera, kızılötesi dalga boyu spektrumunda, ekipmanla doğrudan temas gerçekleştirmeksizin yüzeyin sıcaklığını algılayan bir cihazdır. Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir. Termal kameralar çıplak gözle tespit edilmeyen, ancak ciddi sonuçlara yol açabilen küçük problemleri net olarak görmemizi sağlar. Termal kamerayla çekilen ısı fotoğrafları çok sıcak noktaları açık renkle, soğuk noktaları ise koyu renkle göstererek problemin kaynağını kolayca bulmada yardımcı olur. Termal kameralar ortamın durumunu siyah-beyaz veya renkli gösterirler. Renkli olarak gösterdiği durumlarda ortam sıcaklığına göre maviden sarıya kırmızı rengi kullanarak geçer. Mavi en soğuk, sarı ise en sıcak bölgeleri gösterir (Çalışan ve Türkoğlu 2011).

Termal kameralar algılayıcısına odaklanan yüzeyin yaydığı enerjiyi (radyasyonu) ölçen aletlerdir. Bu ölçülen radyasyonun sıcaklıkla ilişkisi aşağıda verilen Stefan-Boltzman Yasası eşitliği ile ifade edilebilir (Guyot 1998).

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \quad (2.1)$$

Eşitlikte; E : Yüzeyden yayılan toplam radyasyon miktarı (W/m²), ε: Yüzeyin emissivitesi (boyutsuz), σ : Stefan-Boltzman sabiti (5.67 x 10⁻⁸ W/m²/K⁴) ve T: Mutlak sıcaklık (°K)'dir.

Bu yasa yüzeylerin mükemmel bir soğurucu olduğunu kabul eder. Ancak hiç bir yüzey mükemmel bir soğurucu değildir. Bu nedenle doğru bir yüzey sıcaklığı ölçümü için, sıcaklık ve radyasyonun bir fonksiyonu olarak yüzeyin emissivitesinin bilinmesi gerekir (Baker vd. 2001). Çoğu bitki yüzeyinin 10.5-12 µm arasında değişen dalga boylarındaki ısısal radyasyon emissivitesi 0.97 ve 0.99 değerleri arasındadır. Buna karşılık cam ve PE malzemenin emissivite değeri 0.95 iken, PC malzemenin emissivite değeri 0.84 olarak bildirilmektedir (Legrand ve Bendler 1999; Meyers ve Chawla 2009; Felekoğlu 2019). Bu emissivite değerlerinin bilinmesi ile doğru yüzey sıcaklık değerleri elde edilebilir.

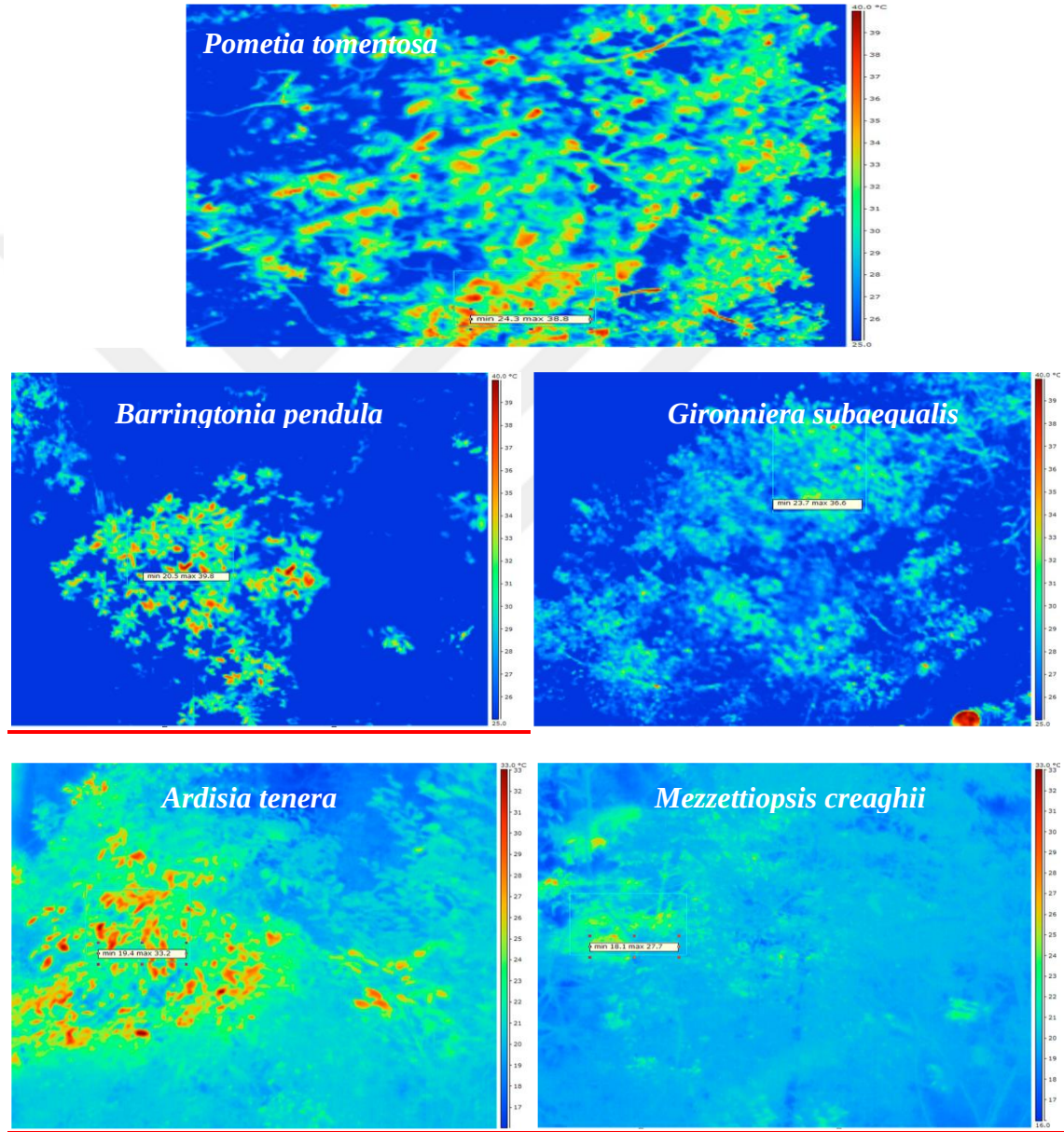
Çaylı vd. (2016), yaptıkları çalışmalarında seralardaki yapısal sorunlardan kaynaklanan ısı kayıplarının belirlenmesinde termal görüntüleme yönteminin kullanılabilirliğini araştırdığı çalışmalarında ısı kayıplarına neden olan yapısal sorunların termal görüntüleme tekniği ile tespit edilebildiğini ve bu sorunların en çok kapı altları ve kenar boşlukları, havalandırma pencerelerindeki açıklıklar, örtü malzemesinin çatı-ön duvar ve çatı-yan duvar birleşim noktaları ile iyi izole edilmeyen su basman betonunda olduğunu bildirmişlerdir.

Ünal vd. (2018), farklı ortam sıcaklıklarında depolanan mısır ve buğday silajlarının mikrobiyal kompozisyonu ile aerobik stabilite ile olan etkilerinin laboratuvar koşullarında incelediği çalışmasında termal kamera ile silajların fotoğrafları kaydedilmiş, silo yüzeyindeki sıcaklık dağılımı ile mikrobiyal kompozisyon arasında bir ilişkinin olup olmadığı değerlendirmiştir. Araştırmacı, termal kamera görüntüleme tekniğinin laboratuvar şartlarında silajların aerobik stabilitesini değerlendirmede pratik bir yöntem olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Tüne (2016), çalışmasında pamuk bitkisinde farklı sulama yönetim sistemi (sensörlü sulama- klasik sulama), farklı sulama suyu düzeyi (%100-%50) ve farklı azot dozu (%100-%50) koşulları altında bitki su stresine bağlı olarak bitkide meydana gelen değişimleri termal görüntüleme kullanarak incelemiştir. Araştırmada FLIR marka termal kamera kullanmıştır. Araştırmacı yüzeylerden elde edilen kanopi sıcaklık ölçümleri (T_c) ve referans yüzeylerden alınan sıcaklık ölçümleri (T_{ıslak} ve T_{kuru}) kullanılarak modifiye bitki su stres indeksi (CWSI) ve stoma iletkenliği indeksinin (I_G) hesaplandığını belirtmiştir. Çalışmanın sonucunda, uzaktan algılama yöntemlerinin bitki su stres izleme konusunda temassız, tahribatsız ve hızlı bir yöntem olduğu, pamukta bitki su stresinin daha fazla sayıda farklı su düzeyi ve azot dozu uygulaması ile daha hassas sonuçlar elde edilebileceği ifade edilmiştir.

Song vd. (2020), yaptıkları çalışmalarında 36 m uzunluğundaki birincil tropikal yağmur ormanlarında 28 ağaç çeşidi üzerinde ağaç yüzey sıcaklıklarını yüksek çözünürlüklü termal kameralarla araştırdıkları çalışmalarında baskın ağaç çeşidi olan *Pometia tomentosa*'da yaprak sıcaklığının en yüksek olduğunu (31.8 °C) bu sıcaklığın *Mezzettipsis creaghii* ağaç çeşidinden 10.2 °C daha yüksek olduğunu saptamışlardır

(Şekil 2.1). Ortalama bitki yüzeyi-hava sıcaklığı arasındaki farkın (T_c-T_a) *Pometia tomentosa*'da en yüksek (6.4 K), ikinci en yüksek değerin (6.1 K) *Barringtonia pendula* ağaç çeşidinde ve *Mezzettipsis creaghii* ağaç çeşidinde ise bu değerin en düşük olduğu (T_c-T_a) (1.9 K) bildirilmiştir. Araştırmacılar yaprak boyutunun ve stoma iletkenliği ile birlikte tropik yağmur ormanlarında farklı ağaç tiplerinin T_c-T_a değerleri üzerinde iklim değişikliğinin etkisinin belirlemede etkili olduğu belirtilmiştir. Çalışma daha küçük yapraklı ancak daha büyük stoma iletkenliğine sahip ağaç türlerinin T_c-T_a değerleri iklim değişikliğine daha az duyarlı olduğunu göstermiştir.



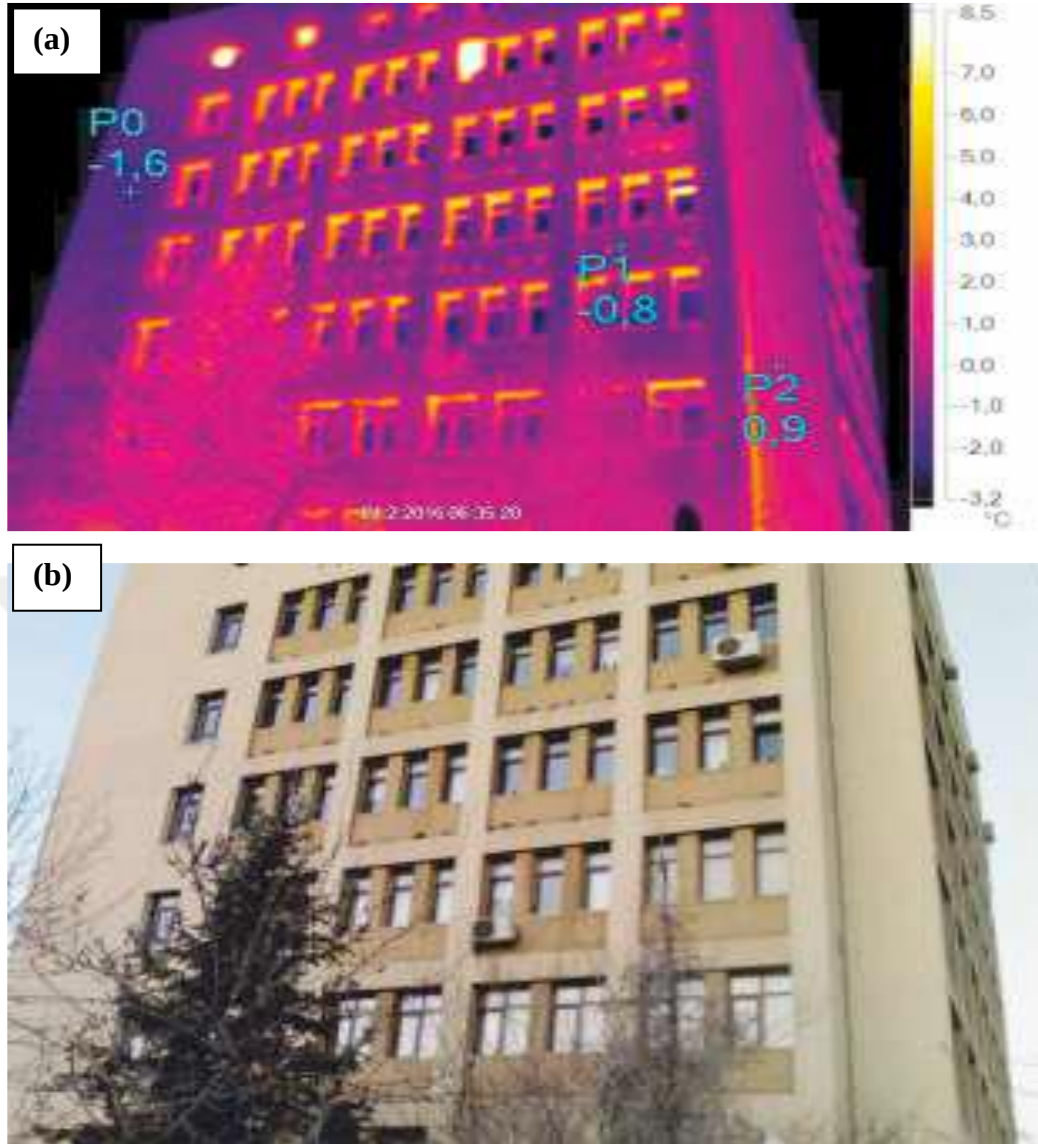
Şekil 2.1. Beş ağaç türünün 04 Şubat 2018 saat 14:00'de çekilen termal görüntüsü (Song vd. 2020)

Elsayed vd. (2021), çalışmalarında iki farklı patates çeşidinin üç farklı sulama rejimi (%100, %75 ve %50) altında biyokütle taze ağırlığını, biyokütle kuru ağırlığını, biyokütle su içeriğini ve toplam yumru verimini belirlemede kademeli çoklu doğrusal regresyon (SMLR) ve genetik bir algoritmali (ANFIS-GA) entegre uyarlanabilir nöro-fuzzy çıkarım sistemi ile kombine edilmiş termal kamera ve kırmızı-yeşil-mavi (RGB) görüntülerden elde edilen uzaktan algılama indislerin performansını araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışma sonuçlarının ANFIS-GA modelleri ile kombine edilmiş termal ve RGB görüntüleme indislerinin farklı sulama rejimi altında patates bitkisinin gelişimi ve verimliliğini belirlemede pratik bir araç olduğunu bildirmişlerdir.

Sakamoto vd. (1998), deformasyonlu üretilmiş metallerin yüzey sıcaklık değişiminin çekme yükü altında elastik ve plastik bölgede termal görüntüleme ile ölçülebileceğini ayrıca makroskopik lokal plastik deformasyonda termografinin temassız etkin bir cihaz olduğunu bildirmişlerdir.

Durgut ve Akçay (2016), termal kamera gibi elektromanyetik spektrumun görünür ışık dalga boyu dışında yer alan yansımaları kaydedebilen alıcıların, çıplak gözle ve standart dijital kameralar tarafından belirlenemeyen birçok alanda izleme, takip ve tespit yapma olanağı tanıdığı bildirmişlerdir. Çalışmalarında, PI Connect programı ile çalışır durumdaki ekran kartlarının görüntülerini alarak fotogrametrik değerlendirme ile 3 boyutlu (3B) sıcaklığa duyarlı modellerini oluşturarak sıcaklık değişimlerini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar termal fotogrametrik 3B modellerin, bilgisayar donanımları gibi elektronik ürünlerin üretim ve bakım aşamasında oluşabilecek sorunların tespitinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018), termal kamera ile bina yüzey sıcaklık farklılıklarını (Şekil 2.2) tespit ederek binalarda enerji (ısı) kayıplarının meydana geldiği yerlerin görselleştirilebileceği, eksik ve kusurlu yalıtım tespiti, ısı köprülerinin tespiti, teraslardaki su sızıntılarının tespiti, sıcak su borularındaki kaçakların tespiti gibi çeşitli amaçlarda kullanılabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 2.2. Tüm dış cephe (a) termal ve (b) görünür ışık görüntüsü (açık sarı renkler ısı kayıplarının çoğunlukta olduğu, mor ve koyu mor renkler ısı kayıplarının minimum olduğu bölgeleri göstermektedir) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2018)

Literatür taraması incelendiğinde termal kameraların birçok farklı alanda kullanım olanağı bulduğu görülmektedir. Tarımsal açıdan ise termal kameralarla yapılan çalışmalar su-verim, hastalık kontrolü, laboratuvar, bitki yüzey-hava sıcaklık farkı ve iklim değişimi arasındaki ilişki gibi konuları kapsamaktadır. Ancak özellikle açık tarla tarımına göre birim alandan daha yüksek verim alınmasına olanak sağlayan seralarda termal kameraların kullanımıyla ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar daha çok seralarda konstrüksiyonu oluşturan yapı elemanlarına bağlı ısı kaybının belirlenmesi üzerine gerçekleştirilmiştir. Sera örtü malzemelerinin yüzey sıcaklıklarına ilişkin bir araştırma çalışmasına literatürde rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın amacı farklı özellikli sera örtü malzemelerinin mikroklima koşulları ve termal kameralarının kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırma Yeri ve İklim Özellikleri

Araştırma, İmece Plastik Sanayi ve Ticaret A.Ş. Araştırma ve Uygulama Arazisi'nde sera koşullarında 2020 yılı Şubat ayı (Soğuk bir dönem olması bu durumun örtü yüzey sıcaklık değerleri arasındaki farkı daha iyi ortaya koyabileceğini düşüncesiyle) ve 2021 yılı Şubat ayları arasında yürütülmüştür. Antalya ili Anadolu'nun güneybatısında Türkiye'nin Akdeniz kıyısında 29° 20'-32° 35'doğu boylamları ile 36° 07'-37° 2' kuzey enlemleri arasındadır ve denizden yüksekliği 54 m' dir. Yüzölçümü 20.874 km² olup Türkiye'nin yüzölçümünün %2.6'sını oluşturur. İlin büyük bir bölümü (%76'sı) Toros Dağları ile kaplıdır ve kara sınırlarını Kuzeyde Toros Dağları çevrelemektedir. İlin güneyinde Akdeniz, doğusunda İçel, Konya ve Karaman, kuzeyinde Isparta ve Burdur, batısında ise Muğla illeri yer alır. Antalya ilinin topografik yönden gösterdiği değişkenlik gerek iklim, gerek tarımsal gerekse demografi ve yerleşme yönünden farklı ortamlar yaratmaktadır. Aynı özellik gösteren bu alanlar, sahil ve yayla bölgesi olarak tanımlanır. Sahil kesimi ilçeleri; Muratpaşa, Konyaaltı, Kepez, Döşemealtı, Aksu, Gazipaşa, Alanya, Manavgat, Serik, Kemer, Kumluca, Finike, Demre ve Kaş'tır. Yayla kesimi ilçeleri ise; Korkuteli, Elmalı, Gündoğmuş, Akseki ve İbroadı'dır (Anonim 2011).

Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü araştırma alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 19.5°C, yıllık ortalama bağıl nem %59.3, yıllık ortalama güneşlenme şiddeti 401.59 cal/cm²/dk ve toplam yağış 844.7 mm'dir (Anonim 2020). Antalya Meteoroloji Bölge İstasyonundan alınan bazı iklimsel verilerin uzun yıllık ortalamaları (1960-2020) Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonim 2021). Çalışma periyodunda gerçekleşen bazı iklimsel verilerin aylık ortalamaları da (2020 Şubat-2021 Ocak) Çizelge 3.2'de verilmiştir (Anonim 2021).

Çizelge 3.1. Antalya iline ait uzun yıllık ortalama iklim verileri (Anonim 2020)

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Bağıl Nem (%)	Rüzgar Hızı (m/sn)	Ort. Toplam Yağış Miktarı (mm)	Ort. Güneşlenme süresi (saat)	Günlük Ort. Güneşlenme Şiddeti (cal/cm ² /dk)	Bulutluluk (0-10)
Ocak	10.75	15.7	7.2	55.1	2.5	150.9	5.44	221.9	3.95
Şubat	11.30	15.9	7.8	63.1	2.8	130.7	5.245	267.05	4.45
Mart	13.75	18.4	9.8	61.3	2.5	79.3	6.505	385.05	3.95
Nisan	16.70	21.2	12.8	65.5	2.2	37.6	7.115	468.0	3.8
Mayıs	21.20	26.0	16.8	61.5	2.1	44.1	7.975	514.4	2.95
Haziran	24.60	29.3	20.2	59.9	2.2	5.6	9.2	563.8	1.95
Temmuz	28.75	33.9	24.2	58.8	2.1	2.7	9.82	585.1	0.95
Ağustos	28.85	34.0	24.3	55.6	2.0	1.8	9.565	544.65	1.0
Eylül	26.65	31.9	22.3	55.5	2.0	6.4	9.49	469.1	1.15
Ekim	21.95	27.4	17.9	57.2	1.9	48.4	7.525	358.9	2.65
Kasım	16.60	22.3	12.8	51.0	2.0	91.8	6.8	259.6	2.9
Aralık	12.90	17.7	9.7	67.5	2.2	245.4	5.045	181.5	4.3
Yıllık	19.50	24.5	15.5	59.3	2.2	70.4	7.48	401.59	2.83

Çizelge 3.2. Antalya iline ait çalışma periyodu boyunca gerçekleşen aylık ortalama iklim verileri (Anonim 2021)

Aylar	Meteorolojik Veriler									
	Ort. Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Bağıl Nem (%)	Rüzgar Hızı (m/sn)	Ort. Toplam Yağış Miktarı (mm)	Ort. Güneşlenme süresi (saat)	Günlük Ort. Güneşlenme Şiddeti (cal/cm ² /dk)	Bulutluluk (0-10)	Bulutlu Gün Sayısı
Şubat (2020)	12.3	16.4	9.4	60.9	1.9	105.6	5.0	268.4	3.8	13
Mart	14.9	18.9	11.7	56.3	1.6	60.6	6.5	402.6	3.1	21
Nisan	17.4	21.2	14.5	63.3	1.3	21.0	6.2	486.6	2.9	20
Mayıs	22.0	26.4	18.6	56.4	1.6	57.6	6.4	497.7	2.1	15
Haziran	23.9	27.7	20.8	60.4	1.4	3.9	7.0	537.6	1.7	10
Temmuz	29.2	33.8	25.8	60.4	1.4	-	7.6	589.0	0.5	3
Ağustos	29.7	34.1	26.2	51.9	1.3	-	7.8	560.3	0.7	3
Eylül	28.7	32.8	25.4	51.8	1.2	0.2	8.4	487.5	0.7	3
Ekim	24.0	28.1	20.7	53.7	0.9	25.9	7.0	390.9	2.2	13
Kasım	18.5	23.5	15.0	37.3	1.1	39.4	7.3	294.3	1.7	11
Aralık	14.5	18.8	12.0	67.9	1.0	239.6	4.5	192.4	3.6	20
Ocak (2021)	12.7	16.7	9.9	62.9	1.5	176.9	3.9	198.5	4.0	26

3.2. Uygulama Alanında Kullanılan Örtü Malzemeleri

Araştırma seralarında örtü malzemesi olarak İmece Plastik Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından düşük yoğunluklu CO-EX teknoloji ile üretilmiş çok katlı farklı katkı maddeleri içeren ve farklı film kalınlıklı sera örtü malzemeleri kullanılmıştır (Çizelge 3.3). Çalışmada kullanılan sera örtü malzemelerin üretici firma tarafından belirlenen bazı özellikleri, Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5 'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Araştırmada kullanılan sera örtü malzemeleri

Örtü Tipi	Örtü Malzemesi	Yoğunluğu (kg/m ³)
Yeni	CO-EX 175 Mikron, 36 Aylık UV+EVA katkılı PE	929
Yeni	CO-EX 175 Mikron, 36 Aylık UV+ EVA+IR+LD katkılı PE	966
Eski	CO-EX 200 Mikron, 36 aylık kullanım ömrünü yeni tamamlamış (2017 yılı üretim) UV+EVA+IR+LD katkılı PE	968

Çizelge 3.4. Araştırmada kullanılan sera örtü malzemelerinin laboratuvar koşullarında belirlenen bazı optik özellikleri

Örtü Tipi	Toplam Görünür Işık Geçişi (%) ASTM D1003 (TS EN 2155-5)	Toplam Görünür Işık Geçişi (%) TS 3782 EN 13206 STANDARD DEĞERİ	Pusluluk (%) ASTM D1003 (TS EN 2155-9)	Pusluluk (%) TS 3782 EN 13206 STANDARD DEĞERİ	IR Etkinliği (%) ASTM D1003 (TS EN 2155-9)	IR Etkinliği (%) TS 3782 EN 13206 STANDARD DEĞERİ
175 Mikron UV+EVA PE	86	≥85	27	X	55	X
175 Mikron UV+EVA+IR+LD PE	82	≥80	78	≥35	90	≥72
200 Mikron UV+EVA+IR+LD PE	81	≥80	75	≥35	90	≥72

Çizelge 3.5. Araştırmada kullanılan sera örtü malzemelerinin laboratuvar koşullarında belirlenen bazı mekanik özellikleri

Örtü Tipi	Kopma Mukavemeti (N mm ⁻² , Mpa) ASTM D882 (TS EN ISO 527-1) MD TD		Kopma Mukavemeti (N mm ⁻² , Mpa) TS 3782 EN 13206 STANDARD DEĞERİ MD TD		Kopmada Uzama (N mm ⁻² , Mpa) ASTM D882 (TS EN ISO 527-1) MD TD		Kopmada Uzama (N/ mm ² , Mpa) TS 3782 EN 13206 STANDARD DEĞERİ MD TD	
175 Mikron UV+EVA PE	22.34	24.21	≥19	≥19	903.11	1457.60	≥425	≥425
175 Mikron UV+EVA+IR+LD PE	21.61	21.27	≥20	≥20	928.73	882.36	≥450	≥450
200 Mikron UV+EVA+IR+LD PE	21.19	19.42	≥20	≥20	747.48	829.57	≥450	≥450

Çalışmada yeni üretilmiş iki örtü ile kullanım ömrünü yeni tamamlamış toplam üç farklı özellikli PE sera örtü malzemesi denemenin araştırma konusu olmuştur. Sera örtü malzemelerinin bu özellikleri ile iki yeni sera örtü malzemesi arasında IR katkı maddesinin ısı etkinliği ve ortam mikrokliması üzerine etkileri saptanmıştır. Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi IR katkı maddesinin bulunmadığı yeni üretilmiş 36 aylık UV+EVA PE malzemede pusluluk bulunmamakta ve pusluluk düzeyi (%55) diğer sera örtü malzemelerine göre daha düşüktür. Nitekim pusluluk ısı etkinlik üzerinde etkili olmaktadır. Kullanım ömrünü tamamlamış 200 mikron kalınlıklı 36 Aylık UV+EVA+IR+LD katkılı PE filmin denemeye alınması ile kalınlık dışında diğer tüm özellikleri benzer olan 175 mikron 36 aylık UV+EVA+IR+LD katkılı PE ile kıyaslanması ve kalınlığın ortam mikrokliması üzerine etkileri belirlenmiştir. Çizelge 3.3'de görüldüğü gibi toplam görünür ışık geçişi (%) 200 mikron kalınlıklı 36 aylık UV+EVA+IR+LD katkılı PE malzemede %81 olup 175 mikron kalınlıklı 36 aylık UV+EVA+IR+LD katkılı PE malzemede %82 olarak belirlenmiştir. Kalınlığın ısıyı geçirgenliğini etkilediği görülmektedir.

3.3. Uygulama Alanında Kullanılan Model Seralar

Araştırma İmece Plastik Sanayi ve Ticaret A.Ş. Araştırma ve Uygulama Alanında bulunan yaklaşık 36 m² taban alanlı 3 adet model yay çatılı plastik serada yürütülmüştür. Araştırma seralarının genişliği 6.0 m, uzunluğu 6.0 m, yan duvar yüksekliği 2.5 m, toplam mahya yüksekliği 3.5 m olup uzun eksenini kuzey-güney yönünde konumlandırılmıştır. Araştırma seralarında konstrüksiyon malzemesi olarak galvanizli çelik ve alüminyum profiller kullanılmıştır. Kolonlar arası mesafe çatı makası ile bir bütünlük oluşturma sera yan duvar uzunluğu boyunca 2 m'de bir yerleştirilmiştir. Seraya giriş ve çıkışı sağlayan kapılar 2×2 m boyutlarında sürgülü tipte olup her bir serada 1 adet bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan 3 adet model sera Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Model Sera1: Yeni üretilmiş 175 mikron 36 aylık UV+EVA katkılı PE sera örtüsü (Çizelge 3.3'de 1 nolu örtü) ile kaplıdır.

Model Sera2: Yeni üretilmiş 175 mikron 36 aylık UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtüsü (Çizelge 3.3'de 2 nolu örtü) ile kaplıdır.

Model Sera3: Araştırma alanında mevcut bulunan kullanım ömrünü tamamlamış 200 mikron 36 aylık UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtüsü (Çizelge 3.3'de 3 nolu örtü) ile kaplıdır.



Şekil 3.1. Uygulama alanında kullanılan model seralar

3.4. Seralarda Ortam Mikrokliması

Çalışmada farklı özellikli sera örtü malzemelerinin ortam mikrokliması üzerine etkilerini belirlemek için hava sıcaklığı ve nem gibi çevre koşulları uygun algılayıcılarla ölçülmüştür.

3.4.1. Sıcaklık ve bağıl nem ölçümünde kullanılan aletler

Araştırma kapsamında sıcaklık ve bağıl nem ölçümünde, programlanabilir ve kayıt özelliği olan, -10°C ile $+50^{\circ}\text{C}$ arası sıcaklıkta ve %0 - %100 arası bağıl nemde ölçüm yapabilen 4 adet cihaz kullanılmıştır. Sıcaklık ve nem veri kayıt cihazının 3 adedi seraların içerisine diğeri ise dış ortam koşullarına yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Anılan cihazlar uygulama alanındaki yapı elemanlarının gölgeleme etkisinden etkilenmeyecek şekilde seraların orta kısmına toprak seviyesi ile yataylığı sağlanan 1.5 m yüksekliğindeki sehpaların ayağına yerleştirilmiştir (Barroso vd. 1999). Aylık ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık ve nem değerlerini saptamak amacıyla seçilen açık gökyüzü koşulları için gün boyunca 24 saatlik zaman aralığına göre kaydedilmiştir. Algılayıcılar her 10 dakikada bir veri alımı sağlayacak şekilde programlanmıştır. Kaydedilen tüm veriler değerlendirilmek üzere algılayıcıdan Testo Comfort Software Basic yazılımı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. PC ortamında ise her on dakikada bir kaydedilen verilerin saatlik ortalaması, günlük ortalaması ve aylık ortalaması saptanmıştır. Bu veriler ile seralarda ortam mikroklimasına ilişkin aylık ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık ve nem değerleri saptanmıştır.



Şekil 3.2. Sıcaklık ve bağıl nem veri kayıt cihazı

3.4.2. Termal kamera ile örtü yüzey sıcaklığının belirlenmesi ve termal görüntüleme

Çalışmada farklı özellikli PE sera örtü malzemelerinin ortam mikrokliması üzerine etkilerinin belirlenmesinde örtü yüzey sıcaklık değerleri araştırılmıştır. Bu amaç için termal kameralarla örtü malzemelerinin yüzey sıcaklıkları hem sera dış yüzeyinden hem de sera iç yüzeyinden yan duvarlar ve çatı duvarlarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Termal görüntüler açık gökyüzü koşullarında 11:00-14:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Kızılötesi termal görüntüler, FLIR E53 model termal kamera yardımıyla elde edilmiştir (Şekil 3.3). Kullanılan termal kamera, 30 Hz çerçeve oranında, -20 °C ile 650 °C arasında sıcaklığı algılama, 7.5-14 µm spektral aralığında, ±2 doğruluk oranında, 30 °C'de 0.04°C çalışma hassasiyetinde, 240x180 piksel boyutunda ve toplam 43200 pikselden fazla fotoğraf çekme kapasitesine sahip ve görüş alanı açısı 24x18°/0.4 m'dir.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan FLIR E53 model termal kamera

Termal görüntülemelerde ölçümler yüzeylerden yaklaşık 1 m mesafelerden elde edilmiştir. Bununla birlikte termal görüntüleme yapılmadan önce mesafe bilgisi, emissivite değeri, ölçüm anındaki sıcaklık ve nem değeri kameraya girilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde emissivite değeri PE malzeme için 0.95 olarak alınmıştır (Meyers ve Chawla 2009). Termal görüntülemelerde profillerinde içinde yer aldığı görüntülerde en sıcak renkler (kırmızı) profillerde soğuk renkler plastik malzeme üzerinde gerçekleşmiştir. Termal kamera ile elde edilen yüksek çözünürlükteki termal görüntülerin analizi için FLIR Tools yazılımı kullanılmıştır. FLIR Tools analizde yüzey sıcaklığını belirlemede örtüyü temsil eden ortadan bir alan seçilmesine dikkat edilmiştir. Bu alanın büyüklüğü genellikle 0.010-0.015 m² arasında değişmiştir.

3.5. İstatistiksel Analizler

Araştırmadan elde edilen tüm veriler excel ve SPSS 23.0 istatistik analiz paketi yardımıyla analiz edilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler ortalama, standart sapma ve medyan değerleri ile sunulmuştur. Normallik varsayımı Shapiro Wilk Testi ile kontrol edilmiştir. Sera iç ortam sıcaklık ve yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri üç farklı sera örtü malzemesinde normal dağılıma uyduğu için sayısal veriler arasındaki farkın analizinde Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapılmıştır. Anlamlı çıkan durumlarda ikili karşılaştırmalar Duncan Testi ile yapılmıştır. Çatı duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri üç farklı sera örtü malzemesinde veriler normal dağılıma uymadığı için sayısal veriler arasındaki farkın analizinde non-parametrik Kruskal Wallis Testi kullanılmıştır. Anlamlı çıkan farkın sonucunda ikili karşılaştırmalarda Bonferroni-Dunn Prosedürü uygulanmıştır. Sayısal veriler arasındaki ilişkiler non-parametrik Spearman Korelasyon Testi, parametrik Pearson Korelasyon Testi ile değerlendirilmiştir. Analizler SPSS 23.0 programı ile yapılmıştır. $P < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

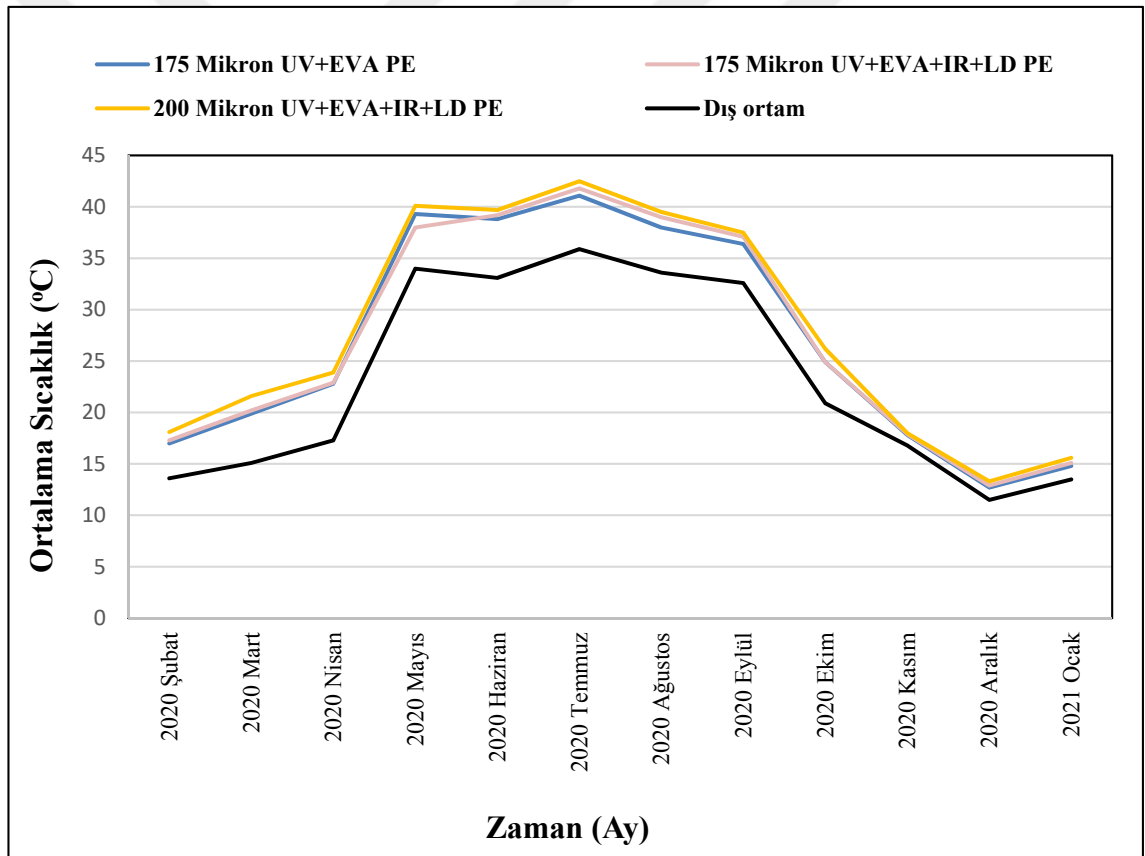
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmadan elde edilen araştırma bulguları; farklı sera örtü malzemelerinde ortam mikrokliması ve farklı sera örtü malzemelerinde örtü yüzey sıcaklığının termal görüntülenmesi başlıkları altında değerlendirilmiştir.

4.1. Farklı Sera Örtü Malzemelerinde Ortam Mikrokliması

4.1.1. Farklı sera örtü malzemelerinde sera iç ve dış ortam sıcaklığı

CO-EX 175 mikron UV+EVA, CO-EX 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı ve CO-EX 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemeleri ile kaplı araştırma seralarından elde edilen sera iç ve dış ortam sıcaklık ölçüm değerlerinin deneme süresi boyunca (Şubat 2020-Ocak 2021) aylık değişimi Çizelge 4.1’de grafiksel gösterimi ise Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Araştırma seralarında 2020-2021 yılları arasında aylar itibariyle sera iç ve dış ortam ortalama sıcaklık değerleri

Çizelge 4.1. Araştırma seralarında sera iç ve dış ortam sıcaklık değerleri (°C)

Yıl	Ay	Sera iç ortam sıcaklık (°C)												Dış ortam sıcaklık (°C)		
		175 Mikron UV+EVA PE			175 Mikron UV+EVA+IR+LD PE			200 Mikron UV+EVA+IR+LD PE								
		Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.
2020	Şubat	13.6	18.7	17.0	13.5	19.3	17.3	13.7	20.5	18.1	12.1	14.8	13.6			
	Mart	17.7	22.6	19.9	18.2	22.7	20.2	19.1	24.0	21.6	13.6	16.7	15.1			
	Nisan	20.1	25.5	22.8	20.2	25.4	22.9	20.7	26.5	23.9	15.5	18.6	17.3			
	Mayıs	38.0	40.9	39.3	36.9	39.5	38.0	39.3	41.4	40.1	32.9	35.8	34.0			
	Haziran	36.9	40.5	38.8	37.2	41.0	39.2	37.5	41.4	39.7	30.1	35.3	33.1			
	Temmuz	40.2	42.1	41.1	40.9	42.8	41.8	41.7	43.5	42.5	34.9	36.9	35.9			
	Ağustos	37.3	38.6	38.0	38.3	39.6	39.0	38.6	40.3	39.5	32.6	34.5	33.6			
	Eylül	31.8	38.1	36.4	32.3	39.0	37.1	32.8	39.3	37.5	28.7	34.3	32.6			
	Ekim	21.1	26.9	24.9	21.5	26.8	24.9	22.4	28.2	26.2	18.6	22.6	20.9			
	Kasım	14.1	19.8	17.8	14.5	19.8	17.9	14.4	19.8	18.0	14.5	18.5	16.8			
2021	Aralık	9.9	15.7	12.7	10.0	16.1	12.9	10.3	16.6	13.3	9.9	12.9	11.5			
	Ocak	11.8	16.7	14.8	12.5	16.8	15.1	12.6	17.8	15.6	11.3	15.8	13.5			

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de görüldüğü gibi ortalama sıcaklıklar dikkate alındığında araştırma seralarında tüm aylarda sera iç ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığından yüksek olduğu görülmektedir. Sera iç ortam ortalama sıcaklık değerlerin deneme boyunca 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 13.3 ile 42.5 °C arasında değiştiği, 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 12.9 ile 41.9 °C arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise 12.7 ile 41.1 °C arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmada dış ortam ortalama sıcaklık değerlerinin 11.5 ile 35.9 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. İncelenen aylar itibariyle; en düşük sera iç ve dış ortam ortalama sıcaklık değerleri üç sera örtü malzemesi için 2020 yılı Aralık ayında kaydedilmiştir. Bununla birlikte, en yüksek sera iç ve dış ortam ortalama sıcaklık değerleri üç sera örtü malzemesi için 2020 yılı Temmuz ayında kaydedilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre denemede yeni üretilmiş 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ve 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE filmler karşılaştırıldığında IR katkı maddesinin ısı korunumu bağlı olarak 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada daha yüksek sera iç ortam sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte sera iç ortam sıcaklığında filmin kalınlığının da etkili olduğu görülmektedir. Nitekim benzer katkı maddeleri içeren 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE film ile 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE filmde en yüksek sıcaklık değerleri deneme süresince 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE filmle kaplı seralardan elde edilmiştir.

Zabeltitz (1992), Baudoin ve Zabeltitz (2002), kontrollü ortamların sağlandığı seralarda yapılan yetiştiricilikte bitkilerin 17-27 °C sıcaklıklar arasında uygun bir şekilde yetiştirilebileceğini bildirmişlerdir. Ancak, seralardaki solar radyasyonun ısıtma etkisi dikkate alındığında ısıtılmayan seralar için ortalama günlük dış sıcaklığın 12-22 °C arasında olmasının uygun iklim sınırları olarak tanımlanabileceğini belirtmişlerdir. Buradan, 2020 yılı Aralık ve 2021 yılı Ocak ayları dışındaki aylar itibariyle sera iç ortam ortalama sıcaklık değerlerinin 17 °C'nin üzerinde olduğu yetiştiricilik için uygun sınırlar arasında olduğu bununla birlikte sera iç ortam minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerlerinin birbirine paralellik gösterdiği (Çizelge 4.1) belirlenmiştir. 2020 yılı Aralık (ort. dış ortam sıcaklık 11.5 °C < 12 °C) ayında ise yöredeki seraların ısıtılması gerektiği söylenebilir.

Baytorun vd. (1994), normal PE, UV+IR katkılı PE, UV+IR+AF katkılı sera örtü malzemelerinde sera iç ortam mikroklimasının da UV+IR+AF katkılı örtü malzemesi ile kaplı serada iç sıcaklık değerinin diğer seralara oranla 0.5 °C daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Cemek vd. (2005), çalışmalarında UV katkılı PE, UV+IR katkılı PE, Çift katlı PE ve normal PE filmin patlıcan bitkisinin gelişimi ve verimi üzerine etkilerini bahar üretim sezonu için araştırmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında sera iç ortam gündüz sıcaklığını UV katkılı PE filmde ortalama 29.1 °C, UV+IR katkılı PE filmde ise 29.8 °C, çift kat plastikte 30.6 °C ve normal PE'de ise 27.8 °C olarak saptamışlardır. Çalışmada sera iç ortam gece sıcaklık değerleri ise ortalama olarak UV katkılı PE, UV+IR katkılı PE, çift kat plastikte ve normal PE'de sırası ile 23.9 °C, 24.8 °C, 25.7 °C ve 21.1 °C olarak belirlemişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre IR katkı maddesinin hem gündüz hem de gece sıcaklığını olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Ayrıca çalışmada çift kat PE serada diğer PE filmlere göre daha yüksek sıcaklıklar elde edilmiştir. Bu durum üzerinde filmin kalınlığının etkili olduğu görülmektedir.

Cemek vd. (2006), çalışmalarında farklı PE filmlerin (UV katkılı PE, UV+IR katkılı PE, Çift katlı PE ve tek katlı normal PE film) patlıcan bitkisinin gelişimi, verimliliği ve enerji gereksinimi üzerine etkilerini geç sonbahar üretim sezonu için araştırmışlardır. Araştırmacılar deneme süresince çift katlı PE (19.1 ve 29.4 °C) ve IR katkılı PE (18.2 °C ve 28.8 °C) filmlerde aylık ortalama sera iç ortam sıcaklık değerlerinin UV+PE ve tek katlı normal PE film ile kaplı seralara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Abak vd. (1994), çalışmalarında çift kat plastik ve termal perde kullanımının sera iç ortam sıcaklığı ile domates bitkisinin gelişimi verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada 4 farklı sera örtü malzemesi (tek kat PE, çift katlı PE, çatısı çift katlı PE+alüminyum polyester (LS-17) katkılı termal perde, tek katlı PE+termal perde) kullanılmıştır. Çalışmada en yüksek iç ortam sıcaklık değerleri çatı çift kat PE+LS-17 termal perdeli seralardan elde edilmiştir. Çalışmada gece periyodundaki (22:00 ve 06:00 arası) sıcaklık değerlerinden yararlanılarak sera iç ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığına göre tek katlı PE, çift katlı PE, çatısı çift katlı PE+LS-17 termal perdeli ve tek kat PE+termal perdeli seralarda sırası ile 0.6 °C, 1.1 °C, 1.3 °C ve 1.0 °C yüksek olduğunu saptamışlardır.

Abou Hadid ve Eissa (1994), Mısır da ılıman kış koşullarında dolmalık biber yetiştirilen bir plastik serada sera iç ortam hava sıcaklığı ve oransal nem değerlerini 2 yıllık bir çalışmada araştırmışlardır. Araştırmacılar, plastik serada kaydedilen hava sıcaklığının deneme süresi boyunca güneşin batışından bir iki saat sonra dış sıcaklığın altına düşmeye başladığını ve bu düşüşün güneş doğduktan bir iki saat sonraya kadar devam ettiğini saptamışlardır.

Waaijenberg (1989), yüksek bir termal (IR) geçirgenliğin plastik filmlerde istenmediğini özellikle bir plastik serada gece boyunca sıcaklığı devam ettirebilmek için PE film üreticilerinin örtü malzemesinde uygun bir ışınım girişini sağlarken içeride oluşan uzun dalga boylu radyasyonunu koruyan ürünler geliştirmeye çalıştıklarını bildirmiştir.

Çığışar ve Momol (1995), yaptıkları çalışmalarında normal PE, UV katkılı PE ve UV+IR katkılı PE filmin seralarda önemli ürün kaybına yol açan ve UV ışınlamına ihtiyaç duyan funguslar üzerinde etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada sera iç ortam sıcaklık değerleri UV+IR katkılı PE, UV katkılı PE ve normal PE serada sırası ile 18.8 °C, 17.5 °C ve 17.6 °C olarak saptamışlardır. Araştırmacılar UV katkılı PE ile UV+IR katkılı PE seralarda bazı hastalıkların gelişim hızının düştüğünü bu durumun fungusit kullanımını azaltacağını öngörmüşlerdir.

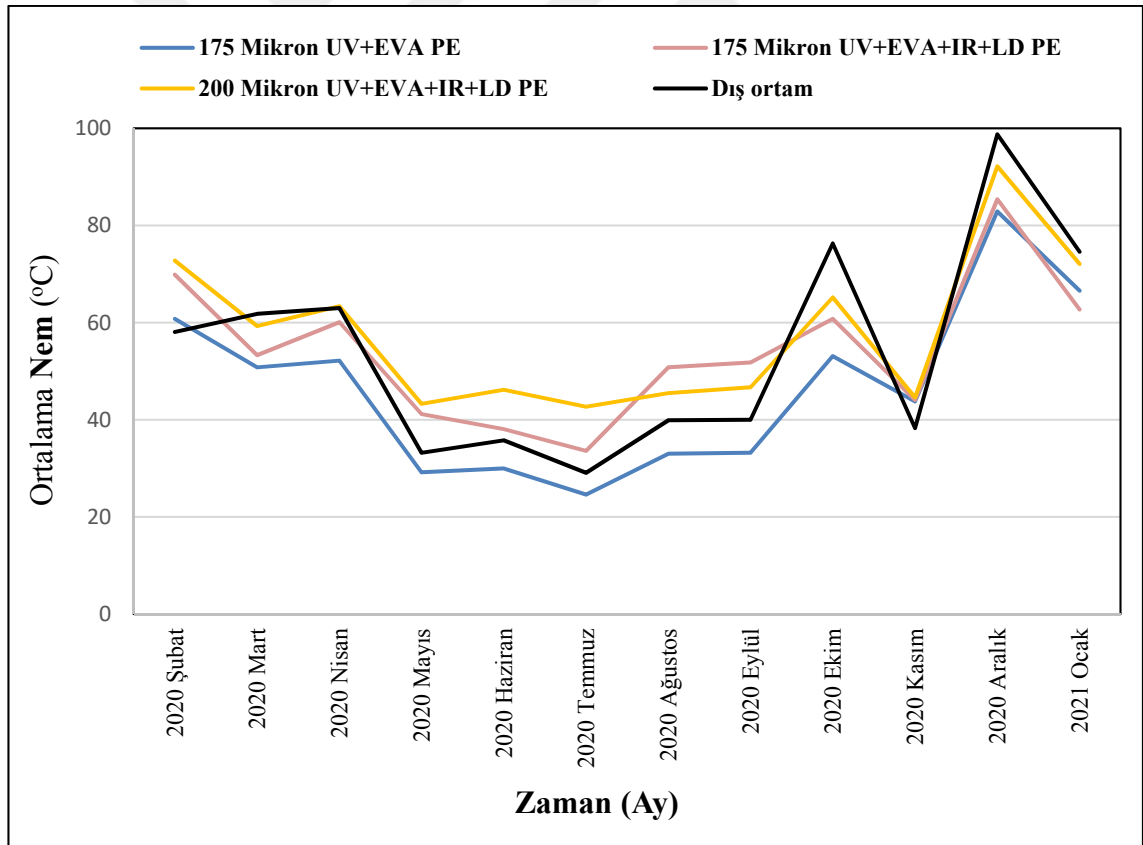
Emekli vd. (2016), farklı LDPE filmlerin (CO-EX 175 Mikron UV+IR+EVA ve CO-EX 175 Mikron UV+IR+EVA+AF katkı malzemeli PE) ışınım geçirgenliği ve ortam mikroklimasının zamana bağlı değişimini örtünün servis ömrü boyunca araştırmışlardır. CO-EX UV+IR+EVA ve UV+IR+EVA+AF katkı malzemeli PE seralarda sera iç ortam sıcaklığının sırası ile 10.9 ile 37.9 °C ve 10.9 ile 38.2 °C arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

A.Berberoğlu (2021)*, sera örtü malzemelerinin üretim aşamasında ısı korunumu sağlamak amacıyla kullanılan infrared (IR) katkı maddesinin uçucu özelliği olmadığını ve zamanla konsantrasyonunda azalma olmadığı için katkı maddesinin zamana bağlı konsantrasyonunun bozulmadığını belirtmiştir. Bu nedenle katkı maddesinin zamana bağlı ısı etkinliğinde düşüş meydana gelmemektedir.

Çalışmadan elde edilen bulguların literatür ile uyumlu olduğu, IR katkı maddesinin sera iç ortam sıcaklığında IR katkı maddesini içermeyen PE malzemeye göre etkili olduğu film kalınlığının ise sera iç ortam sıcaklığını daha da iyileştirdiği söylenebilir.

4.1.2. Farklı sera örtü malzemelerinde sera iç ve dış ortam nem değerleri

CO-EX 175 mikron UV+EVA, CO-EX 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı ve CO-EX 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemeleri ile kaplı araştırma seralarından elde edilen sera iç ve dış ortam nem ölçüm değerlerinin deneme süresi boyunca (Şubat 2020-Ocak 2021) aylık değişimi Çizelge 4.2’de grafiksel gösterimi ise Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Araştırma seralarında 2020-2021 yılları arasında aylar itibariyle sera iç ve dış ortam ortalama nem değerleri

Çizelge 4.2. Araştırma seralarında sera iç ve dış ortam nem değerleri (%)

Yıl	Ay	Sera iç ortam nem (%)												Dış ortam nem (%)		
		175 Mikron UV+EVA PE			175 Mikron UV+EVA+IR+LD PE			200 Mikron UV+EVA+IR+LD PE								
		Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.
2020	Şubat	45.4	75.3	60.8	52.7	87.2	69.9	56.7	93.0	72.8	44.9	70.0	58.1			
	Mart	38.4	58.5	50.8	42.7	60.4	53.3	46.2	67.3	59.3	40.1	76.0	61.8			
	Nisan	45.9	59.0	52.2	53.4	68.5	60.1	55.7	73.0	63.4	48.5	71.5	63.0			
	Mayıs	26.6	32.4	29.2	34.2	46.2	41.2	38.0	48.8	43.3	26.2	40.1	33.2			
	Haziran	26.4	32.6	30.0	34.6	40.7	38.1	42.8	50.1	46.2	30.0	40.3	35.8			
	Temmuz	20.9	28.9	24.6	29.8	37.4	33.6	38.8	45.9	42.7	23.5	34.9	29.1			
	Ağustos	27.9	39.0	33.0	44.2	60.3	50.8	40.2	53.0	45.5	32.9	49.7	39.9			
	Eylül	22.9	45.4	33.2	32.8	72.1	51.8	31.8	63.0	46.7	23.8	57.7	40.0			
	Ekim	43.6	69.1	53.1	52.1	75.5	60.8	56.3	81.0	65.2	64.9	91.1	76.3			
	Kasım	14.1	61.2	43.8	15.1	67.2	44.1	19.8	72.7	44.6	31.2	50.1	38.3			
2021	Aralık	74.2	91.1	82.9	74.8	94.7	85.4	82.3	99.5	92.2	95.9	99.9	98.8			
	Ocak	42.4	86.9	66.6	39.2	86.6	62.7	52.4	92.3	72.1	48.9	99.9	74.6			

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2'de görüldüğü gibi sera iç ortam ortalama bağıl nem değerlerinin deneme boyunca 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada % 42.7 ile %92.2 arasında değiştiği, 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada %33.6 ile %85.4 arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise %24.6 ile %82.9 arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmada dış ortam ortalama bağıl nem değerlerinin %29.1 ile %98.8 arasında değiştiği belirlenmiştir. İncelenen aylar itibariyle; en düşük sera iç ve dış ortam ortalama bağıl nem değerleri üç sera örtü malzemesi için 2020 yılı Mayıs ayında kaydedilmiştir. Denemede en yüksek sera iç ve dış ortam ortalama bağıl nem değerleri ise üç sera örtü malzemesi için 2020 yılı Aralık ayında kaydedilmiştir.

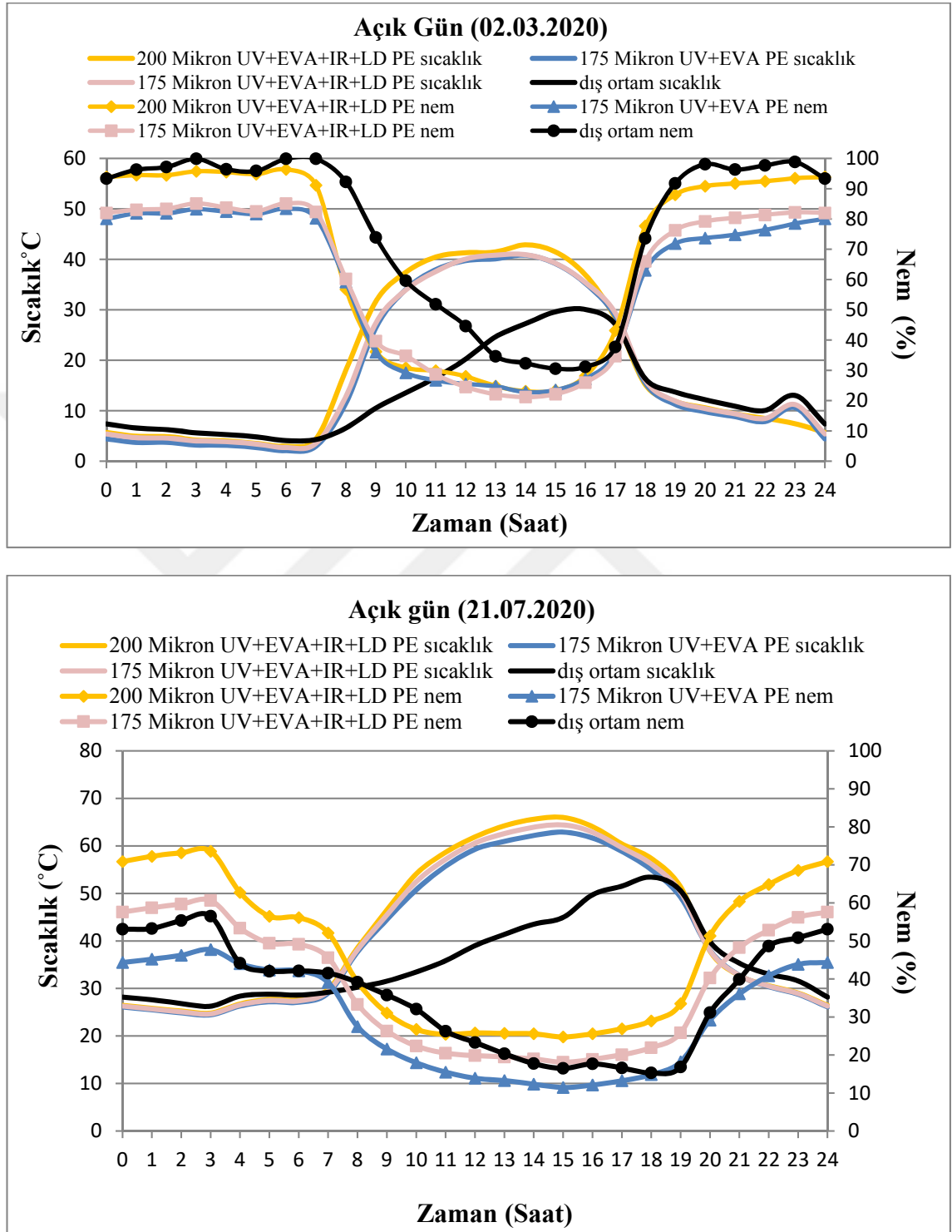
Cemek vd. (2006), çalışmalarında farklı PE filmlerin (UV katkılı PE, UV+IR katkılı PE, Çift katlı PE ve tek katlı normal PE film) patlıcan bitkisinin gelişimi, verimliliği ve enerji gereksinimi üzerine etkilerini geç sonbahar üretim sezonu için araştırmışlardır. Araştırmacılar deneme süresince en yüksek bağıl nem değerlerinin çift katlı PE (%70.8 ve %81.2) seralardan elde edildiğini bunu IR katkılı PE (%64.8 ve %75.5), tek katlı normal PE (%60.5 ve %78.8) ve UV katkılı PE (%58.4 ve %72.2) filmlerin takip ettiğini bildirmişlerdir.

Demrati vd. (2007), 200 mikron PE termal film ile kaplı serada muz bitkisinde transpirasyon ve mikroklima (sera iç ve dış ortam sıcaklık ve nem, solar radyasyon, rüzgar hızı ve yönü) koşullarını araştırdıkları çalışmalarında sera iç ortam sıcaklık ve nem değerlerini yerden 1 m, 3 m ve 5 m yüksekliklerde ölçmüşlerdir. Düşey doğrultuda gün boyunca sera iç sıcaklığının önemli düzeyde arttığını saptamışlardır. 1 m (bitki altı) yükseklik ve 3 m yükseklik arasında 4 °C 'lik bir artışın olduğunu bu artışın 3 m (kanopide) ve 5 m (kanopi üzeri) arasında 9 °C olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada en düşük nem değerlerinin ise en yüksek seviyede elde edildiğini (sıcaklığın en yüksek olduğu seviye) bildirmişlerdir. En yüksek nem değerlerinin ise gece boyunca toprak yüzeyine yakın yükseklikte (sıcaklığın en düşük olduğu yükseklik) elde edildiğini belirtmişlerdir. Bu durum üzerinde bitki kanopisi üst ve altındaki bölgeler arasında bitki kanopisi tarafından gerçekleştirilen solar radyasyonun absorpsiyon durumu ve yataydaki kısıtlı hava değişiminin etkili olduğunu bildirmişlerdir.

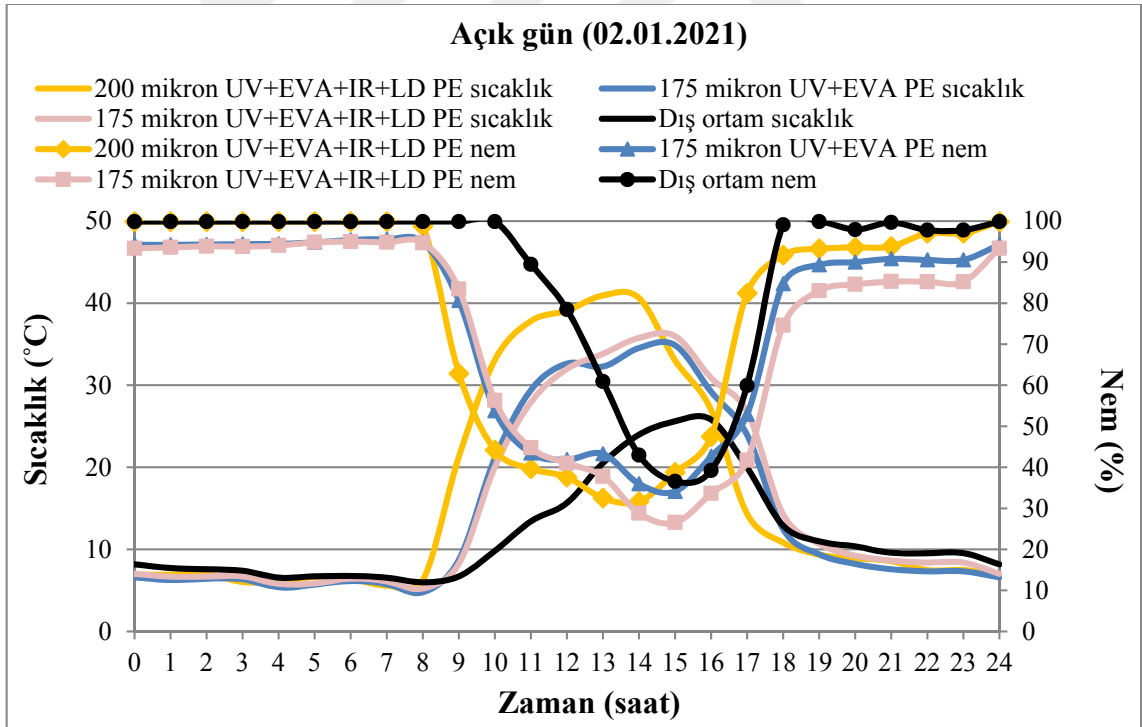
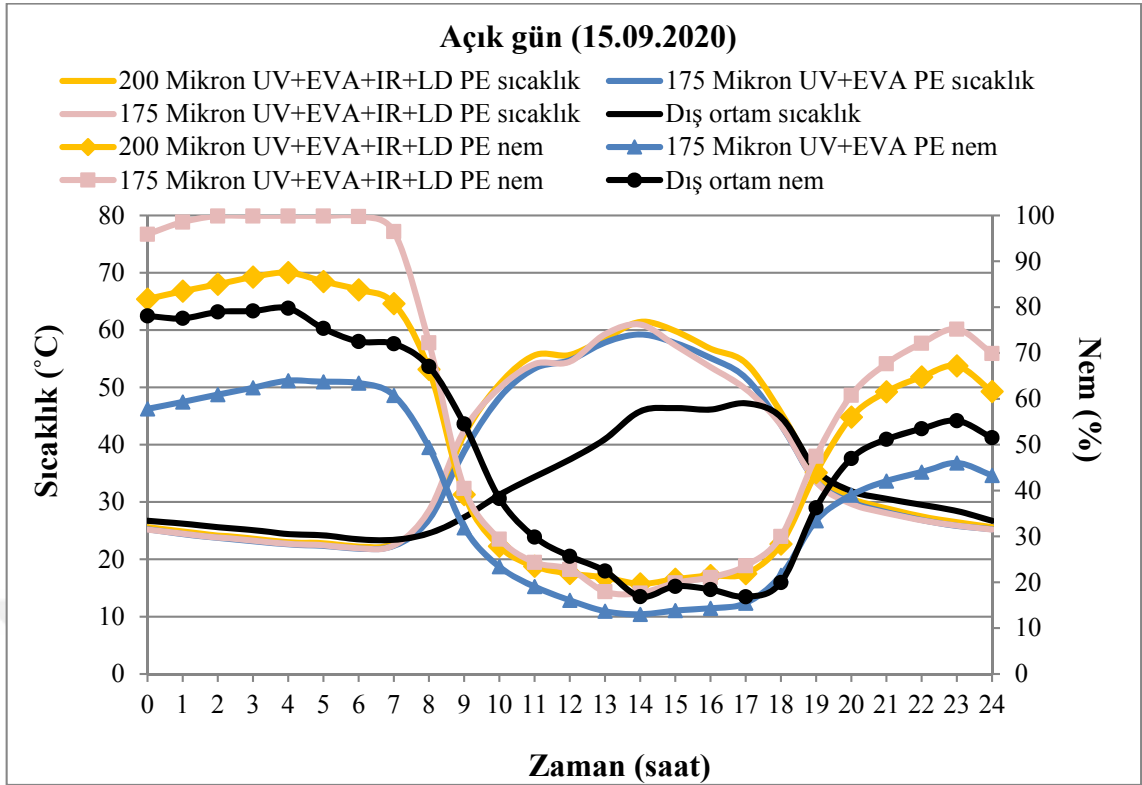
Emekli vd. (2016), farklı LDPE filmlerin (CO-EX 175 Mikron UV+IR+EVA ve CO-EX 175 Mikron UV+IR+EVA+AF katkı malzemeli PE) ışınım geçirgenliği ve ortam mikroklimasının zamana bağlı değişimini örtünün servis ömrü boyunca araştırmışlardır. CO-EX UV+IR+EVA ve UV+IR+EVA+AF katkı malzemeli PE seralarda sera iç ortam nem değerlerini sırası ile %27.4 ile %77.6 ve %26.0 ile %78.2 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çalışmadan elde edilen verilerin literatür ile uyumlu olduğu söylenebilir. Deneme süresince 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE film ve 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE filmle kaplı seralara göre daha düşük nem değerleri elde edilmiştir. 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı seradaki nem değerleri deneme süresi boyunca 2020 yılı Şubat ve Kasım ayları hariç dış ortam ortalama nem değerlerinden de düşük değerler izlemiştir. Elde edilen bulgulara göre IR katkı maddesinin sera iç ortam nemini artırıcı yönde etki ettiği söylenebilir. Farklı katkı maddeli ve kalınlıklı sera örtü malzemelerinin tipik bir ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış gününde sera iç ortam sıcaklık ve nem değerlerinin

günün saatine bağlı değişimleri açık gökyüzü koşulları için Şekil 4.3'de sırasıyla sunulmuştur.



Şekil 4.3. Sera örtü malzemelerinin tipik bir ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış gününde günlük saatlik ortalama sıcaklık ve nem değerlerinin zamana bağlı değişimi



Şekil 4.3'ün devamı.

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi günün saatleri sera iç ortam sıcaklık ve nem değerlerini etkilemektedir. Açık gökyüzü koşullarında iç ortam sıcaklık eğrisinin sabah saatlerinden öğle saatlerine doğru artış gösterdiği, en fazla sıcaklık değerlerinin günün öğle saatlerinde (12:00) gerçekleştiği, öğle saatlerinden akşam saatlerine doğru ise

eğrinin azalan yönde değiştiği görülmektedir. Şekil 4.3'de görüldüğü gibi sera iç ortam nem eğrisinin ise sıcaklıkla ters orantılı olduğu, sabah erken saatlerde ve akşam saatlerinde sera iç ortam nem değerlerinin yüksek olduğu, öğle saatlerinde ise düşük değerler gösterdiği görülmektedir.

4.2. Farklı Sera Örtü Malzemelerinde Örtü Yüzey Sıcaklığı ve Termal Görüntüleme

CO-EX 175 mikron UV+EVA katkılı PE, CO-EX 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı ve CO-EX 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemeleri ile kaplı araştırma seralarından termal görüntüleme ile elde edilen sera iç ortam çatı ve yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerlerinin deneme süresi boyunca (Şubat 2020-Ocak 2021) aylık değişimi sırası ile Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.3'de görüldüğü gibi sera iç ortam yan duvar ortalama (doğu ve batı yan duvar) örtü yüzey sıcaklık değerlerinin deneme boyunca 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 15.9 ile 48.3 °C arasında değiştiği. 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 17.3 ile 44.5 °C arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise 8.2 ile 40.1 °C arasında değiştiği saptanmıştır. Çizelge 4.3'de görüldüğü gibi her üç örtüde genel olarak batı yan duvarlarda doğu yan duvarlara göre daha yüksek ortalama yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Deneme boyunca sera iç ortam çatı duvarı ortalama (doğu ve batı çatı duvar) örtü yüzey sıcaklık değerlerinin 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 9.9 ile 41.6 °C arasında değiştiği. 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 14.2 ile 41.7 °C arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise -10.5 ile 28.6 °C arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmada termal görüntülemenin yapıldığı andaki sera iç ortam ortalama sıcaklık değerlerinin (algılayıcıdan elde edilen) 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 16.8 ile 57.0 °C arasında değiştiği, 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 17.2 ile 56.6 °C arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise 15.2 ile 56.2 °C arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4.3).

Araştırma seralarında gerçekleşen çatı ve yan duvar ortalama yüzey sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi ise grafiksel olarak Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Araştırma sırasında (175 mikron UV+EVA PE) örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)

175 MİKRON UV+EVA PE							
AYLAR	Sıcaklık (°C)	Batı çatı	Doğu çatı	Ort. çatı	Batı yan duvar	Doğu yan duvar	Ort. yan duvar
Şubat	Ort.	-10.6*	-10.3	-10.5	3.7	12.7	8.2
	Max	-9.1	-6.4	-7.8	16.9	12.8	14.9
	Min	-12.5	-12.8	-12.7	12.0	11.2	11.6
Mart	Ort.	-10.7	-8.0	-9.4	9.0	10.5	9.8
	Max	-8.2	2.2	-3.0	23.4	20.5	22.0
	Min	-13.6	-11.2	-12.4	-3.6	-7.8	-5.7
Nisan	Ort.	13.2	3.6	8.4	23.2	26.4	24.8
	Max	22.4	6.1	14.3	30.7	34.3	32.5
	Min	3.4	0.7	2.1	13.0	16.6	14.8
Mayıs	Ort.	18.4	17.8	18.1	39.6	40.3	40.0
	Max	20.2	20.5	20.4	42.7	47.1	44.9
	Min	16.2	14.4	15.3	37.3	35.7	36.5
Haziran	Ort.	26.7	25.5	26.1	37.8	41.7	39.8
	Max	37.8	30.5	34.2	52.1	49.3	50.7
	Min	23.7	20.9	22.3	29.4	38.7	34.1
Temmuz	Ort.	29.5	27.7	28.6	38.1	41.4	39.8
	Max	45.5	45.8	45.7	47.6	47.8	47.7
	Min	27.3	25.0	26.2	34.2	37.6	35.9
Ağustos	Ort.	26.2	25.8	26.0	38.0	42.1	40.1
	Max	35.4	32.6	34.0	44.1	47.9	46.0
	Min	23.6	23.0	23.3	34.0	38.1	36.1
Eylül	Ort.	21.0	19.6	20.3	30.2	32.9	31.6
	Max	30.9	27.2	29.1	39.6	37.9	38.8
	Min	18.0	17.3	17.7	25.5	24.4	25.0
Ekim	Ort.	20.9	18.8	19.9	25.6	26.3	26.0
	Max	25.6	27.8	26.7	31.6	28.7	30.2
	Min	16.3	14.6	15.5	21.3	23.6	22.5
Kasım	Ort.	19.8	18.3	19.1	24.3	25.3	24.8
	Max	23.6	27.3	25.5	30.5	27.6	29.1
	Min	15.4	14.1	14.8	20.4	22.7	21.6
Aralık	Ort.	18.5	18.0	18.3	23.3	23.9	23.6
	Max	22.1	25.6	23.9	29.1	25.6	27.4
	Min	14.8	12.6	13.7	19.5	21.4	20.5
Ocak	Ort.	6.6	6.0	6.3	12.5	10.5	11.5
	Max	11.1	8.0	9.6	16.8	13.4	15.1
	Min	3.7	3.4	3.6	7.8	3.2	5.5

*Tablodaki değerler 3 tekrür ortalamasıdır.

Çizelge 4.4. Araştırma serasında (175 mikron UV+EVA+IR+LD PE) örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)

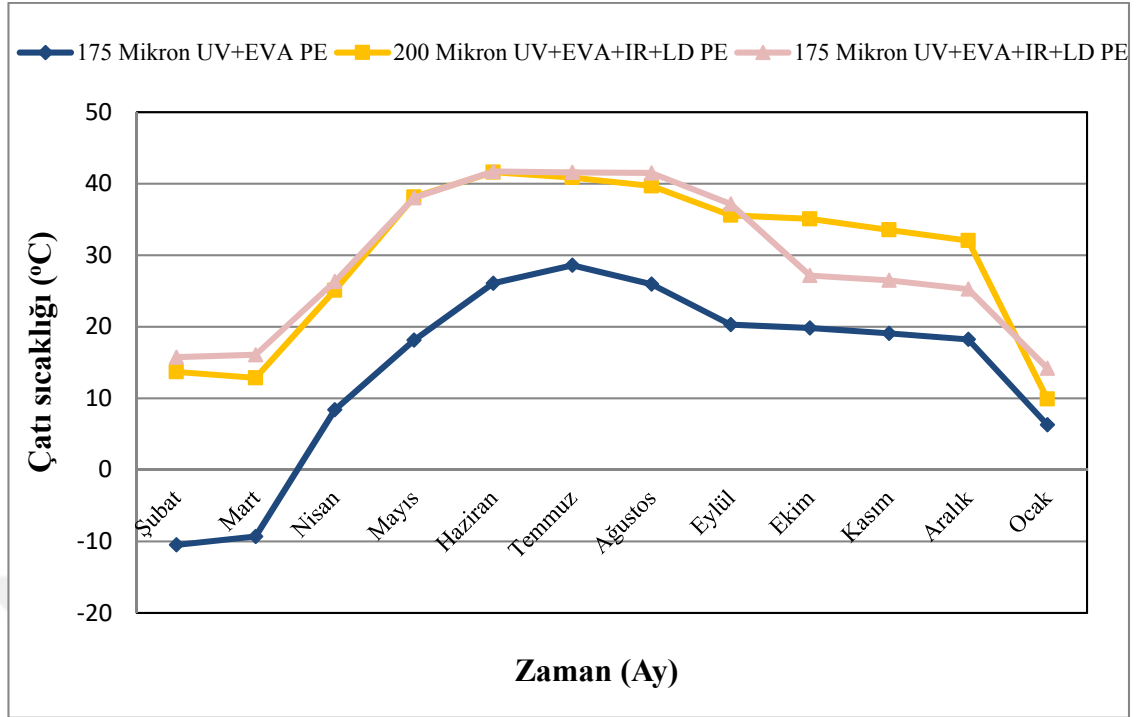
175 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE							
AYLAR	Sıcaklık (°C)	Batı çatı	Doğu çatı	Ort. çatı	Batı yan duvar	Doğu yan duvar	Ort. yan duvar
Şubat	Ort.	14.9*	16.6	15.8	21.4	20.4	20.9
	Max	16.2	17.4	16.8	22.6	22.0	22.3
	Min	13.3	16.0	14.7	20.2	19.0	19.6
Mart	Ort.	16.7	15.4	16.1	21.2	20.4	20.8
	Max	17.4	16.1	16.8	22.2	21.8	22.0
	Min	16.0	14.3	15.2	17.2	19.0	18.1
Nisan	Ort.	27.1	25.6	26.4	27.7	28.1	27.9
	Max	29.4	26.5	28.0	29.3	30.1	29.7
	Min	25.4	25.1	25.3	25.3	25.7	25.5
Mayıs	Ort.	38.4	37.6	38.0	42.5	41.8	42.2
	Max	39.1	39.0	39.1	44.4	43.8	44.1
	Min	36.9	36.4	36.7	40.1	39.5	39.8
Haziran	Ort.	42.3	41.1	41.7	42.6	42.4	42.5
	Max	44.4	42.2	43.3	43.9	44.3	44.1
	Min	41.1	39.9	40.5	40.7	39.9	40.3
Temmuz	Ort.	40.8	42.4	41.6	45.8	43.2	44.5
	Max	42.1	43.7	42.9	46.9	44.5	45.7
	Min	39.7	41.1	40.4	44.6	42.2	43.4
Ağustos	Ort.	41.9	41.1	41.5	41.5	42.5	42.0
	Max	42.8	42.9	42.9	42.6	44.0	43.3
	Min	40.8	39.2	40.0	39.8	41.8	40.8
Eylül	Ort.	37.0	37.3	37.2	38.1	36.3	37.2
	Max	41.6	43.1	42.4	39.5	37.8	38.7
	Min	35.0	35.2	35.1	35.4	35.9	35.7
Ekim	Ort.	27.6	26.7	27.2	27.9	28.1	28.0
	Max	28.5	28.6	28.6	28.4	28.7	28.6
	Min	26.3	25.6	26.0	27.1	27.5	27.3
Kasım	Ort.	27.2	25.8	26.5	26.5	27.3	26.9
	Max	28.1	27.4	27.8	27.6	28.0	27.8
	Min	25.9	24.9	25.4	25.9	26.4	26.2
Aralık	Ort.	26.1	24.5	25.3	25.2	25.9	25.6
	Max	26.5	26.2	26.4	26.2	26.4	26.3
	Min	24.8	23.6	24.2	24.8	25.1	25.0
Ocak	Ort.	14.4	14.0	14.2	17.6	17.0	17.3
	Max	14.8	14.7	14.8	18.0	17.9	18.0
	Min	13.6	13.5	13.6	16.7	15.7	16.2

*Tablodaki değerler 3 tekrür ortalamasıdır.

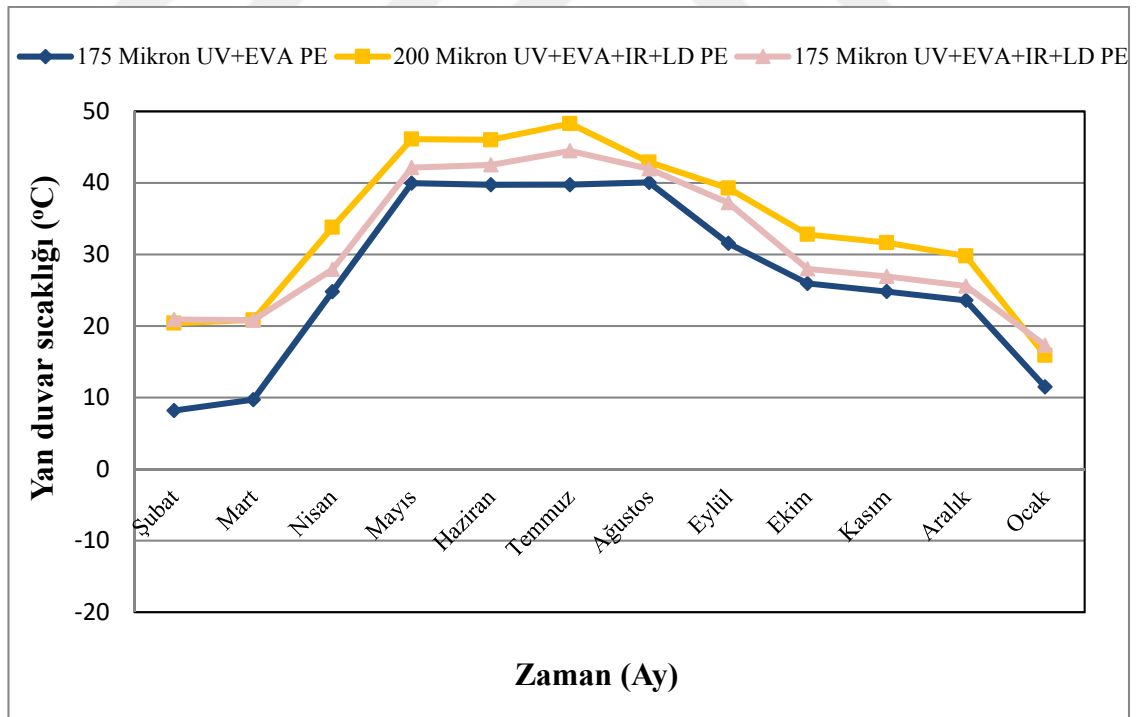
Çizelge 4.5. Araştırma serasında (200 mikron UV+EVA+IR+LD PE) örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)

200 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE							
AYLAR	Sıcaklık (°C)	Batı çatı	Doğu çatı	Ort. çatı	Batı yan duvar	Doğu yan duvar	Ort. yan duvar
Şubat	Ort.	14.7*	12.7	13.7	20.2	20.6	20.4
	Max	16.6	13.7	15.2	24.9	22.4	23.7
	Min	13.4	12.0	12.7	16.5	19.2	17.9
Mart	Ort.	12.7	13.1	12.9	20.9	20.8	20.9
	Max	12.0	13.9	13.0	22.5	24.4	23.5
	Min	13.6	12.3	13.0	19.2	19.5	19.4
Nisan	Ort.	25.0	25.2	25.1	35.1	32.4	33.8
	Max	28.0	26.7	27.4	41.6	35.8	38.7
	Min	24.8	24.0	24.4	33.1	29.7	31.4
Mayıs	Ort.	38.4	37.9	38.2	46.9	45.4	46.2
	Max	39.5	39.1	39.3	48.1	46.2	47.2
	Min	37.3	36.7	37.0	46.3	44.7	45.5
Haziran	Ort.	42.4	40.8	41.6	45.4	46.6	46.0
	Max	46.2	43.4	44.8	47.4	48.2	47.8
	Min	40.3	39.6	40.0	43.3	44.9	44.1
Temmuz	Ort.	41.7	40.0	40.9	48.6	48.0	48.3
	Max	48.3	41.8	45.1	55.6	50.6	53.1
	Min	39.7	38.6	39.2	46.8	46.7	46.8
Ağustos	Ort.	40.2	39.2	39.7	44.2	41.6	42.9
	Max	45.3	41.7	43.5	45.6	43.1	44.4
	Min	38.1	37.9	38.0	43.2	40.6	41.9
Eylül	Ort.	37.2	34.0	35.6	40.1	38.5	39.3
	Max	42.4	36.4	39.4	42.5	40.6	41.6
	Min	35.5	31.9	33.7	38.3	36.9	37.6
Ekim	Ort.	36.2	34.0	35.1	32.7	32.9	32.8
	Max	41.6	36.4	39.0	35.1	34.5	34.8
	Min	33.6	31.5	32.6	31.1	31.5	31.3
Kasım	Ort.	35.2	31.9	33.6	31.4	31.9	31.7
	Max	39.2	35.2	37.2	33.9	33.1	33.5
	Min	31.9	29.8	30.9	29.9	30.6	30.3
Aralık	Ort.	33.9	30.2	32.1	29.9	29.7	29.8
	Max	38.1	34.2	36.2	32.5	30.9	31.7
	Min	29.8	28.1	29.0	28.4	28.7	28.6
Ocak	Ort.	10.5	9.3	9.9	17.7	14.2	15.9
	Max	11.4	10.3	10.9	18.3	17.7	18.0
	Min	10.0	8.8	9.4	17.0	12.1	14.6

*Tablodaki değerler 3 tekrür ortalamasıdır.



Şekil 4.4. Araştırma seralarında çatı duvarı ortalama örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)



Şekil 4.5. Araştırma seralarında yan duvar ortalama örtü yüzey sıcaklık değerleri (°C)

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de görüldüğü gibi araştırma seralarında termal görüntüleme ile elde edilen çatı ve yan duvar ortalama yüzey sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişiminin birbirine paralellik gösterdiği söylenebilir. En yüksek yan ve çatı duvarı ortalama yüzey sıcaklık değerleri 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE seradan elde edilmiştir. Bunun sırasıyla 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE izlemiştir. 175 Mikron kalınlıklı UV+EVA+IR+LD katkılı PE serada IR katkı maddesinin ısı korunum etkisi ile 175 mikron UV+EVA katkılı PE seraya göre daha yüksek sıcaklıklar elde edilmiştir. Kalınlığın etkisi ile en yüksek değerler 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE seradan elde edilmiştir. IR katkı maddesinin ısı korunumu etkisi özellikle çatı duvarlarında daha belirgin olduğu söylenebilir (Şekil 4.4). Nitekim 175 mikron UV+EVA katkılı PE serada diğer seralara göre çatı duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri daha düşük saptanmıştır (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.4). İncelenen aylar itibariyle termal kamera ile saptanan çatı ve yan duvar sıcaklık değerlerinin mevsimlere göre (gelen güneş ışınım şiddetinin değişmesi) değiştiği söylenebilir. Denemenin başından 2020 yılı Şubat ayından 2020 yılı Temmuz ayına kadar değerlerin artış gösterdiği belirlenmiştir. Temmuz ayından deneme sonu 2021 yılı Ocak ayına kadar yüzey sıcaklık değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Bununla birlikte sera yan duvar ortalama örtü yüzey sıcaklık değerlerinin çatı duvar ortalama örtü yüzey sıcaklık değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çaylı vd. (2016), yaptıkları çalışmalarında seralardaki yapısal sorunlardan kaynaklanan ısı kayıplarının termal görüntüleme tekniği ile tespit edilebildiğini ve bu sorunların en çok kapı altları ve kenar boşlukları, havalandırma pencerelerindeki açıklıklar, örtü malzemesinin çatı-ön duvar ve çatı-yan duvar birleşim noktaları ile iyi izole edilmeyen su basman betonunda olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacı çalışmasında ısı perdesi çekilen ve ısıtma yapılan seralarda çatı sıcaklıklarının sera iç ortam sıcaklığından 2-3 °C daha düşük olduğunu saptamıştır. Çalışmada yan duvarların düşey doğrultuda incelenmesi ile yan duvarların alt kısımlarında üst kısımlarına göre daha yüksek sıcaklığın görüldüğünü bildirmişlerdir.

Çalışna ve Türkoğlu (2011), termografi ve termal görüntülemenin elektrikli ekipmanları ve süreç ekipmanlarını denetlemek, sağlık, savunma, ısı yalıtımı ve bina tanılamaları için kullanılabildiği gibi bir çatı nemini de tespit edebildiğini bildirmişlerdir.

Öztürk (2008), seralarda kullanılan örtü malzemelerinin özelliklerine bağlı olarak toplam ısı iletim katsayısının değiştiğini bu değer için tek katlı plastik için 6.8 W/m²K, çift katlı PE plastik için 4.0 W/m²K ve çift kat PE plastik (IR katkılı) 3.0 W/m²K olduğunu bildirmiştir. Film kalınlığının ısı iletimini azalttığı görülmektedir.

CO-EX 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE, 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE sera örtü malzemeleri ile kaplı araştırma seralarından termal görüntüleme ile elde edilen sera iç ortam çatı ve yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri ölçüm anındaki (algılayıcılardan belirlenen) sera iç ortam sıcaklık değerleri ile kıyaslanmıştır. Böylece iç ortam sıcaklık değerine göre yüzeylerde meydana gelen kayıplar belirlenmiştir. Deneme süresi boyunca (Şubat 2020-Ocak 2021) araştırma seralarında çatı ve yan duvarlarda meydana gelen sıcaklık kayıplarının değişimi sırası ile Çizelge 4.6, Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Şekil 4.6 ile Şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. 175 mikron UV+EVA PE serada çatı ve yan duvarlarda örtü yüzey sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı arasında oluşan farklar (°C)

175 mikron UV+EVA PE					
AYLAR	Ort. çatı yüzey sıcaklık (°C)	Ort. yan duvar yüzey sıcaklık (°C)	Sera iç ortam sıcaklık (°C)	Sıcaklık farkı çatı duvar (°C)	Sıcaklık farkı yan duvar (°C)
Şubat	-10.5	8.2	15.2	25.7	7.0
Mart	-9.3	9.7	35.7	45.0	26.0
Nisan	8.4	24.8	47.1	38.7	22.3
Mayıs	18.1	40.0	56.2	38.1	16.2
Haziran	26.1	39.7	45.4	19.3	5.7
Temmuz	28.6	39.8	52.1	23.5	12.4
Ağustos	26.0	40.1	51.3	25.3	11.2
Eylül	20.3	31.6	38.0	17.7	6.5
Ekim	19.8	26.0	32.7	12.9	6.8
Kasım	19.1	24.8	39.0	19.9	14.2
Aralık	18.3	23.6	29.6	11.4	6.0
Ocak	6.3	11.5	21.6	15.3	10.1

*Tablodaki değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır.

Çizelge 4.7. 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada çatı ve yan duvarlarda örtü yüzey sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı arasında oluşan farklar (°C)

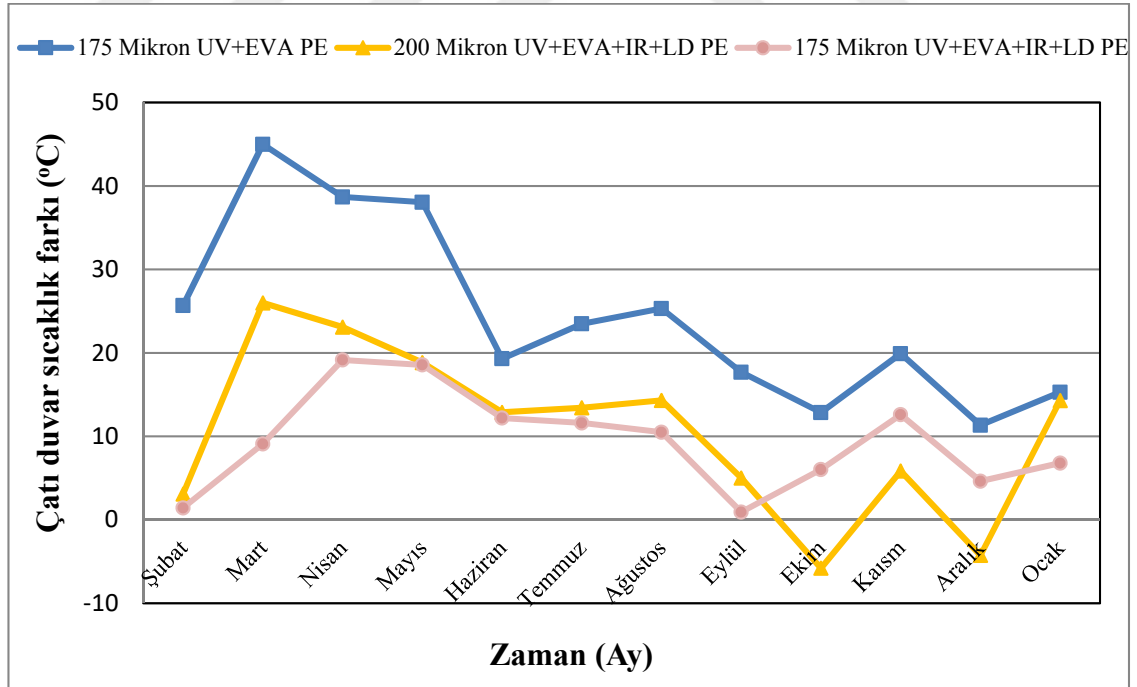
175 mikron UV+EVA+IR+LD PE					
AYLAR	Ort. çatı yüzey sıcaklık (°C)	Ort. yan duvar yüzey sıcaklık (°C)	Sera iç ortam sıcaklık (°C)	Sıcaklık farkı çatı duvar (°C)	Sıcaklık farkı yan duvar (°C)
Şubat	15.8	20.9	17.2	1.4	-3.7
Mart	16.1	20.8	25.2	9.1	4.4
Nisan	26.3	27.9	45.5	19.2	17.6
Mayıs	38.0	42.1	56.6	18.6	14.5
Haziran	41.7	42.5	53.9	12.2	11.4
Temmuz	41.6	44.5	53.2	11.6	8.7
Ağustos	41.5	42.0	52.0	10.5	10.0
Eylül	37.2	37.2	38.1	0.9	0.9
Ekim	27.2	28.0	33.2	6.0	5.2
Kasım	26.5	26.9	39.1	12.6	12.2
Aralık	25.3	25.6	29.9	4.6	4.3
Ocak	14.2	17.3	21.0	6.8	3.7

*Tablodaki değerler 3 tekrerrüt ortalamasıdır.

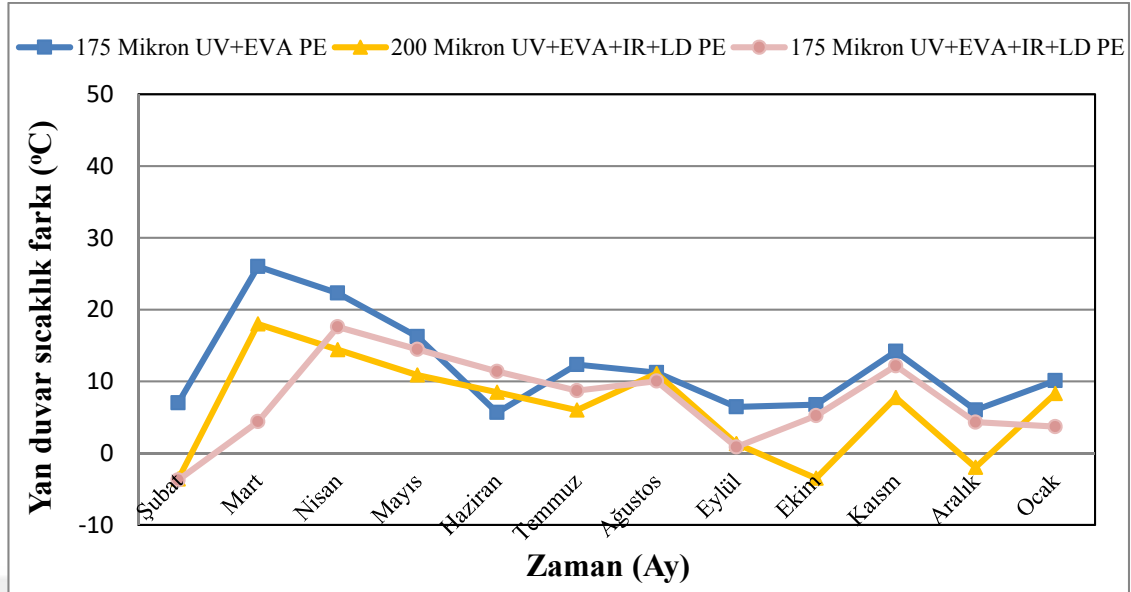
Çizelge 4.8. 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada çatı ve yan duvarlarda örtü yüzey sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı arasında oluşan farklar (°C)

200 mikron UV+EVA+IR+LD PE					
AYLAR	Ort. çatı yüzey sıcaklığı (°C)	Ort. yan duvar yüzey sıcaklığı (°C)	Sera iç ortam sıcaklık (°C)	Sıcaklık farkı çatı duvar (°C)	Sıcaklık farkı yan duvar (°C)
Şubat	13.7	20.4	16.8	3.1	-3.6
Mart	12.9	20.9	38.9	26.0	18.0
Nisan	25.1	33.8	48.2	23.1	14.4
Mayıs	38.2	46.1	57.0	18.9	10.9
Haziran	41.6	46.0	54.5	12.9	8.5
Temmuz	40.9	48.3	54.3	13.4	6.0
Ağustos	39.7	42.9	54.0	14.3	11.1
Eylül	35.6	39.3	40.6	5.0	1.3
Ekim	35.1	32.8	29.3	-5.8	-3.5
Kasım	33.6	31.7	39.4	5.9	7.8
Aralık	32.1	29.8	27.8	-4.3	-2.0
Ocak	9.9	15.9	24.2	14.3	8.3

*Tablodaki değerler 3 tekrerr ortalamasıdır.



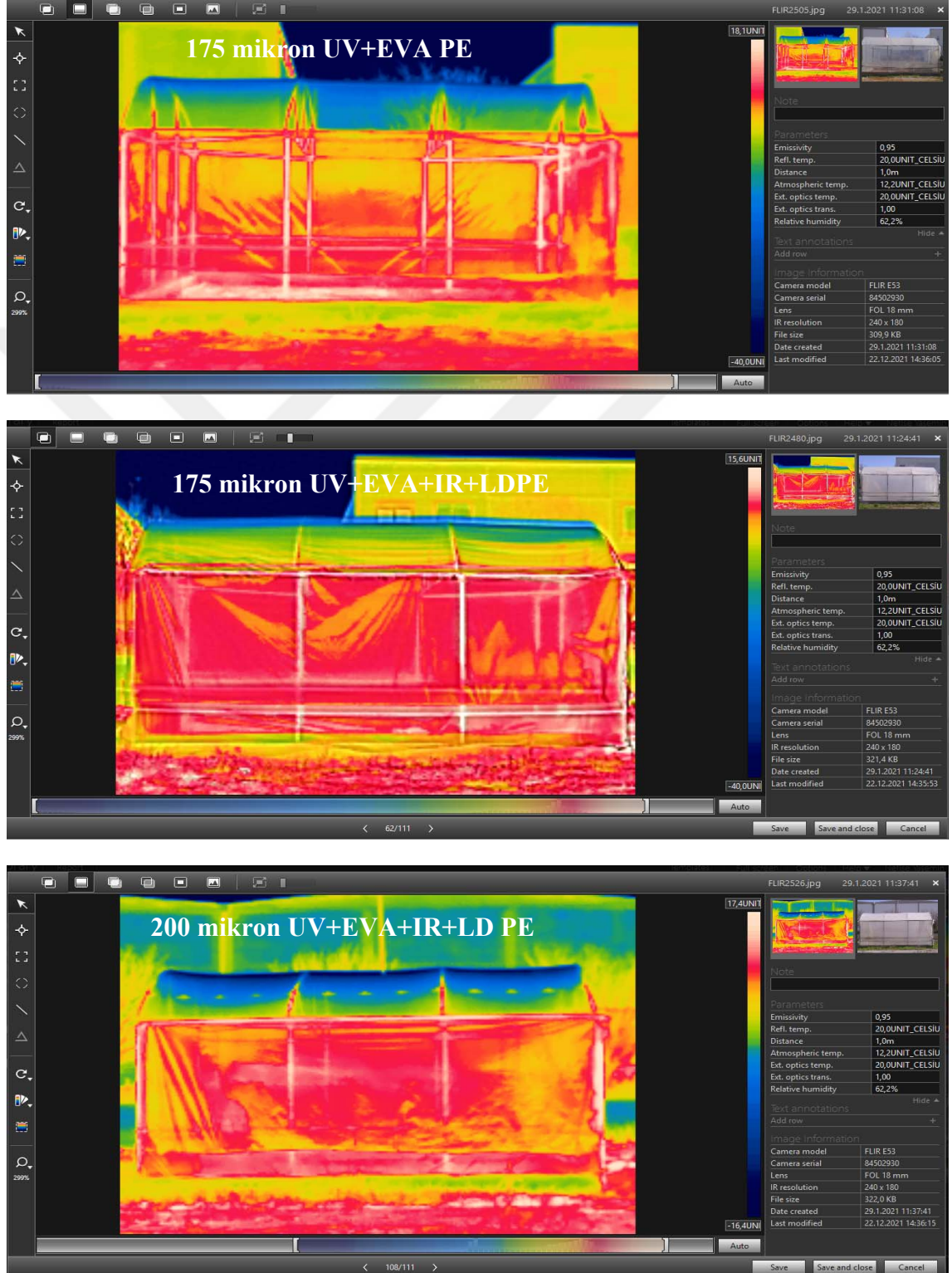
Şekil 4.6. Araştırma seralarında sera iç ortam sıcaklık değerlerine göre gerçekleşen çatı duvar örtü yüzey sıcaklık farkı (°C)



Şekil 4.7. Araştırma seralarında sera iç ortam sıcaklık değerlerine göre gerçekleşen yan duvar örtü yüzey sıcaklık farkı (°C)

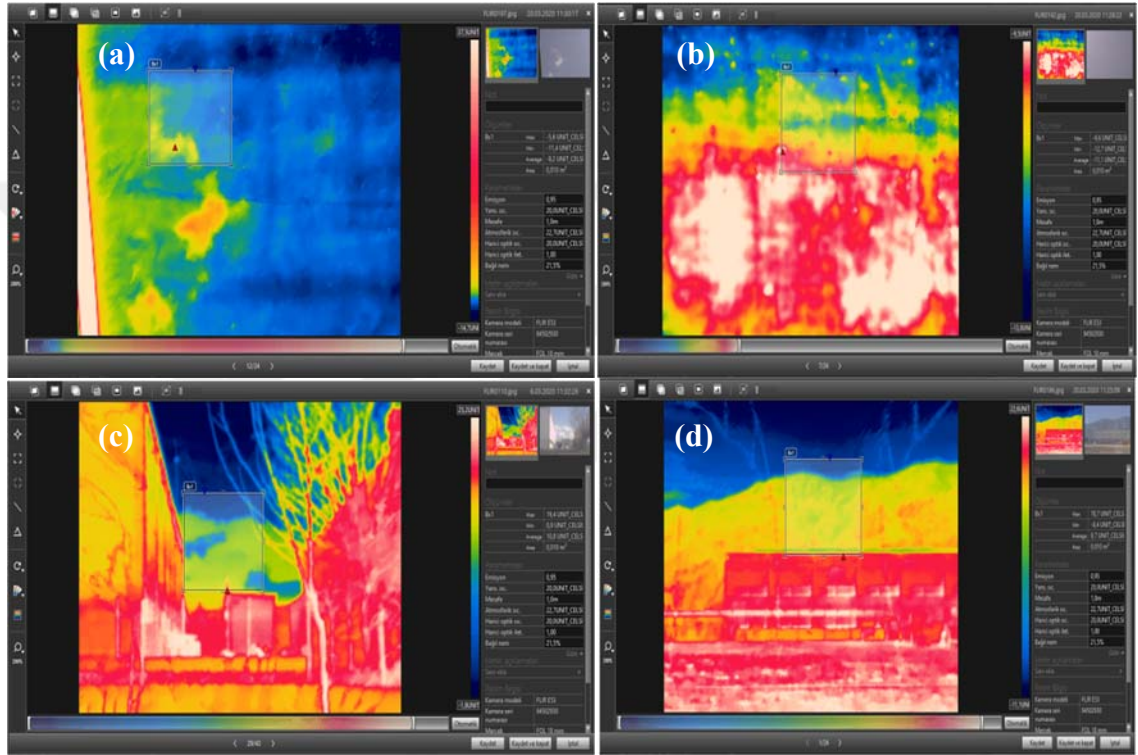
Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de görüldüğü gibi çatı duvarlarının yan duvarlara göre her üç sera örtü malzemesi için daha soğuk yüzeyler (iç ortam sıcaklığı > ort. çatı yüzey sıcaklığı) olduğu yani sıcaklık farkının (sera iç ortam sıcaklığı - ort. çatı yüzey sıcaklığı) yan duvarlara göre daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8). Seralarda dıştan yapılan termal görüntüleme verileri de bu bulguyu desteklemektedir (Şekil 4.8). Şekil 4.8'de görüldüğü gibi sera yüksekliği boyunca renk dağılımında çatı yüzeyleri soğuk renkleri (mavi) göstermektedir. Çalışmada 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE serada IR katkı maddesinin ısı korunum etkisi ile 175 mikron UV+EVA katkılı PE seraya göre daha az sıcaklık farkı gerçekleşmiştir. Kalınlığın etkisi ile 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE serada özellikle Ekim, Kasım ve Aralık aylarında 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE seraya göre daha iyi bir ısı korunumu sağlanmıştır. Sonbahar ve tek ürün yetiştiriciliği için bu durumun seraların ısı gereksinimi ve bitki gelişimi açısından olumlu yönde etkileyebileceği söylenebilir. IR katkı maddesinin ısı korunumu etkisinin özellikle çatı duvarlarında IR katkı maddesi içermeyen PE örtüye göre daha belirgin olduğu söylenebilir (Şekil 4.6 ve Şekil 4.8). Şekil 4.8'de görüldüğü gibi 175 mikron UV+EVA katkılı PE seranın yan duvarları IR katkı maddesi içeren diğer sera örtü malzemelerine göre daha soğuktur. Farklı katkı maddeli ve kalınlıklı sera örtü malzemelerinden termal kamera ile elde edilen örtü yüzey sıcaklık değerlerinin ortam mikrokliması ile benzer sonuçlar gösterdiği söylenebilir. Baytorun (1995), serada bitkiler ve sera konstrüksiyonu tarafından yayılan ısı ışınlarının dalga boyu 6000 ile 14000 nm arasında değişmekte olup örtü malzemesi olarak kullanılan plastik, bu bandtaki ısı ışınlarını geçiriyorsa sera iç sıcaklığı bu ışınları geçirmeyen örtü malzemesiyle kaplı seraya oranla daha düşük değerlere ulaşabilmektedir. Isı ışınlarının geçirgenliği plastiğin cinsi ile birlikte kalınlığına da bağlıdır. Kalınlık arttıkça IR geçirgenlik oranı azalmaktadır. EVA plastikte IR geçirgenliği plastikteki VA (vinilasetat) oranına bağlıdır. VA oranı arttıkça geçirgenlik oranı azalmaktadır. Ancak VA malzemesi, üretim maliyetini arttırmaktadır. Buradan 175 mikron UV+EVA katkılı PE örtüde IR katkı maddesinin bulunmaması ve

VA oranının düşük olmasına bağlı olarak IR ışınlarını geçirdiği söylenebilir. Buna karşılık IR katkı maddesi ve kalınlığın etkisi ile 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE ve 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE örtünün serada 6000 ile 14000 nm dalga bandını daha az geçirdiği söylenebilir.

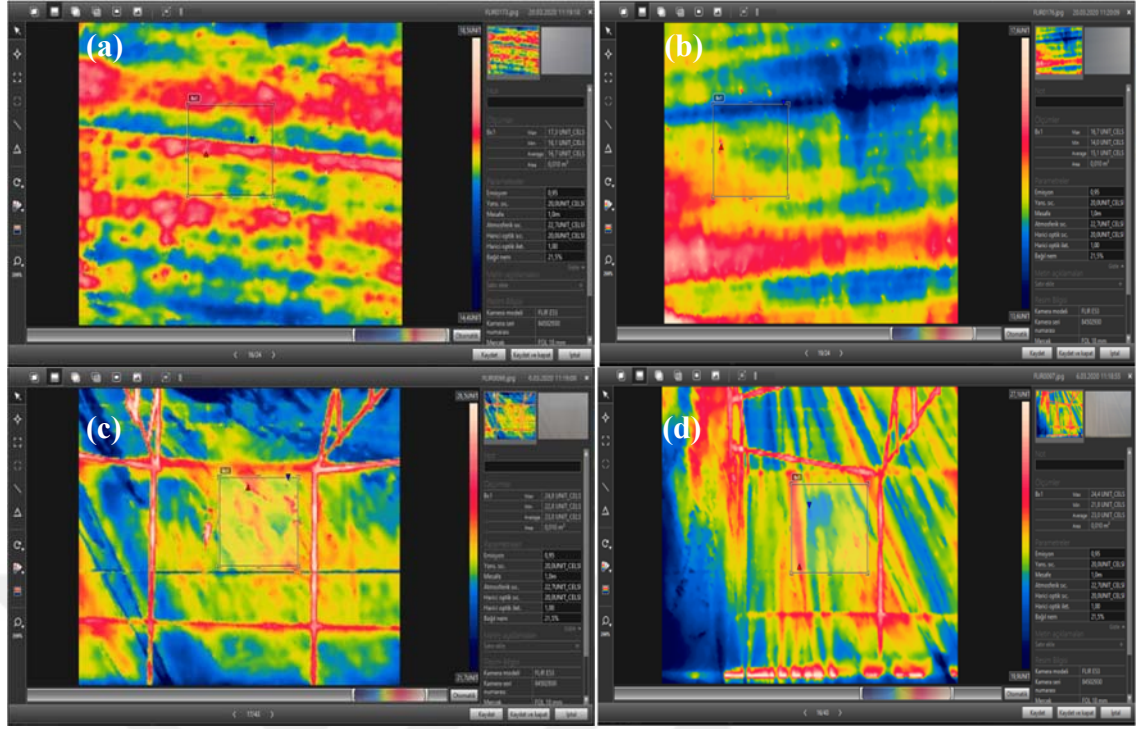


Şekil 4.8. Araştırma seralarında dıştan yapılan termal görüntüleme

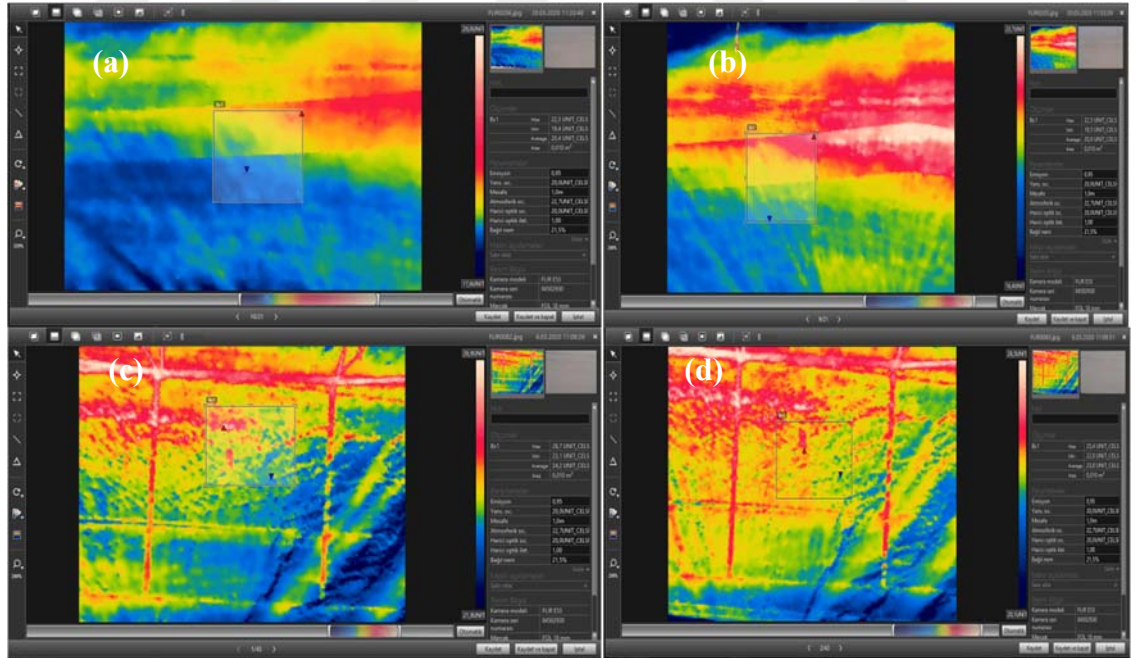
Çalışmada farklı özellikli PE sera örtü malzemelerinde örtü yüzey sıcaklık değerleri sera iç ortam koşullarında sera çatı ve yan duvarlarından termal kamera ile edilmiş olup termal görüntü analizin yapıldığı FLIR Tools yazılımından örnekler aşağıdaki şekillerde sırasıyla sunulmuştur. Sera örtü malzemelerinin analizi yapılan tipik bir ilkbahar (2020 yılı Mart ayı) (Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11), yaz (2020 yılı Temmuz ayı) (Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14), sonbahar (Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17) ve kış (2021 yılı Ocak ayı) (Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20) ayı termal görüntülemeleri aşağıda gösterilmiştir.



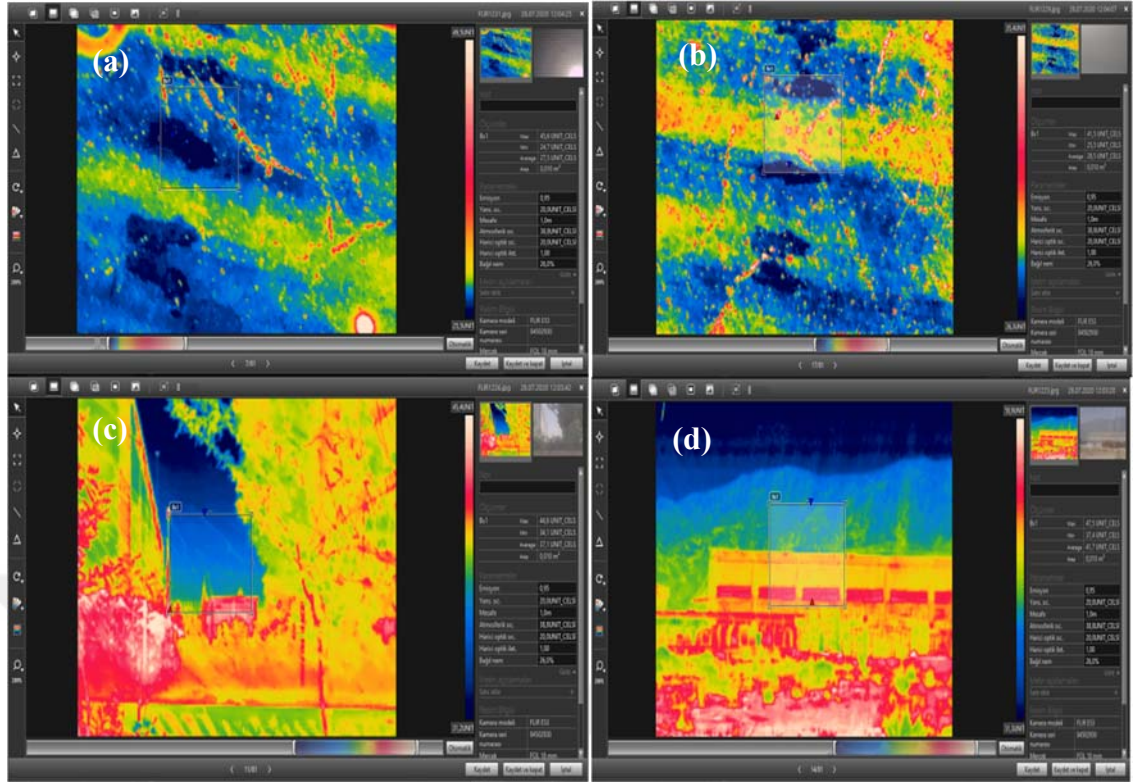
Şekil 4.9 FLIR Tools Yazılımı ile 175 MİKRON UV+EVA PE serada Mart ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



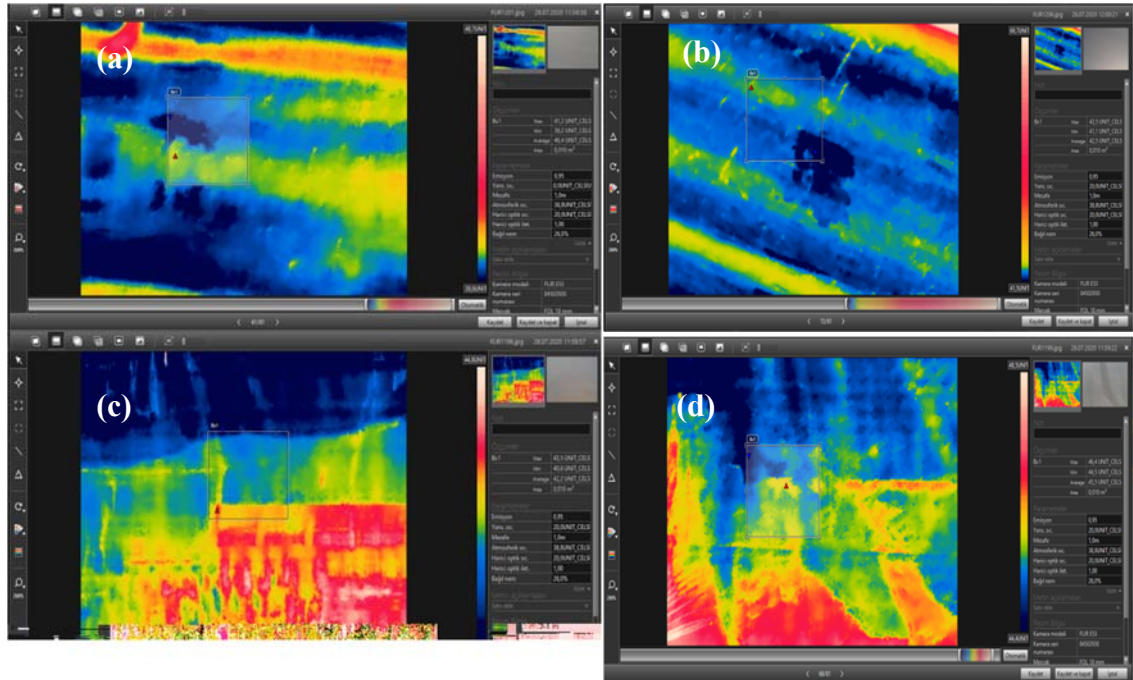
Şekil 4.10. FLIR Tools Yazılımı ile 175 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada Mart ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



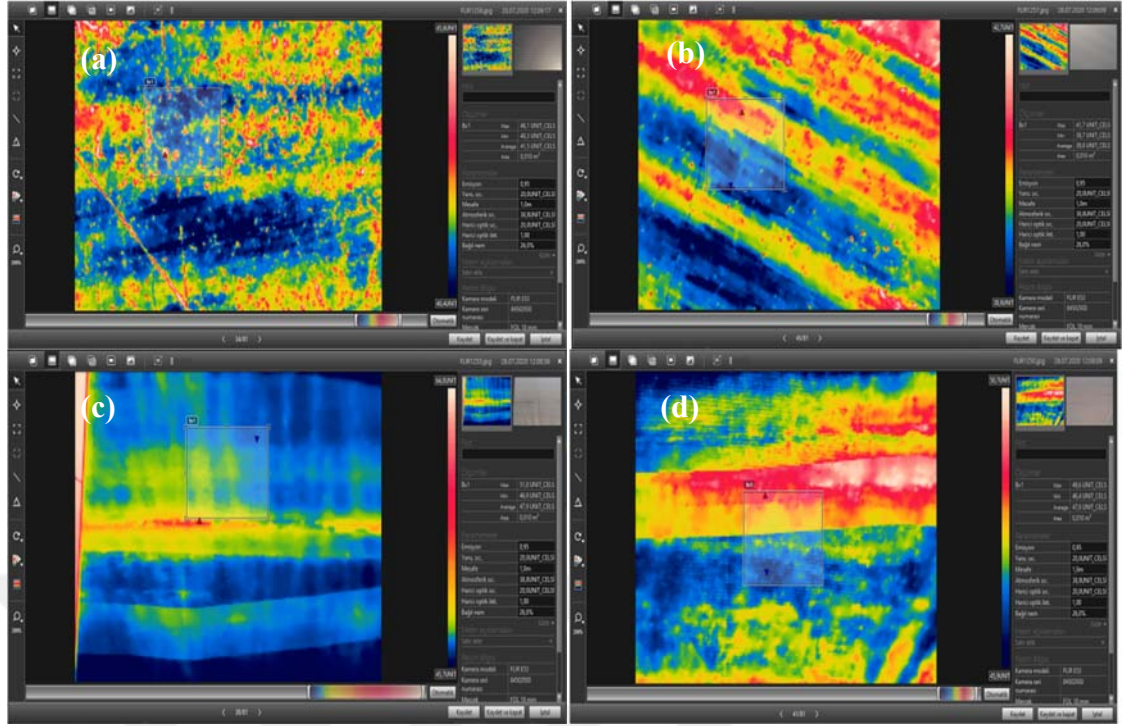
Şekil 4.11. FLIR Tools Yazılımı ile 200 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada Mart ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



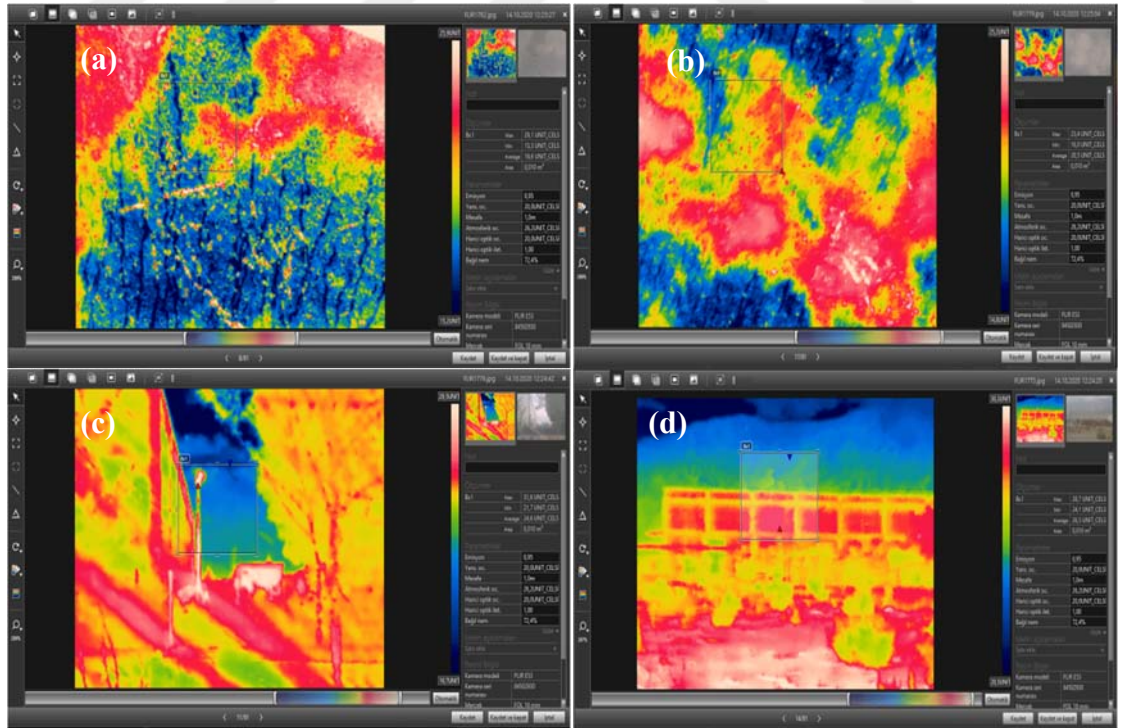
Şekil 4.12. FLIR Tools Yazılımı ile 175 MİKRON UV+EVA PE serada Temmuz ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



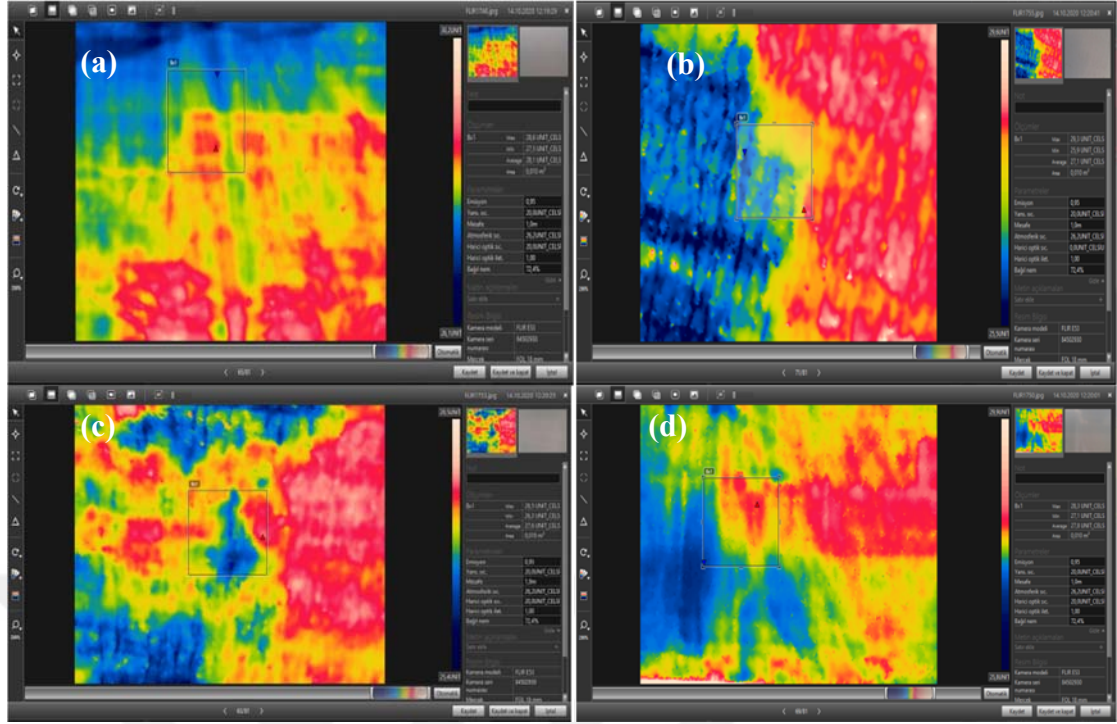
Şekil 4.13. FLIR Tools Yazılımı ile 175 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada Temmuz ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



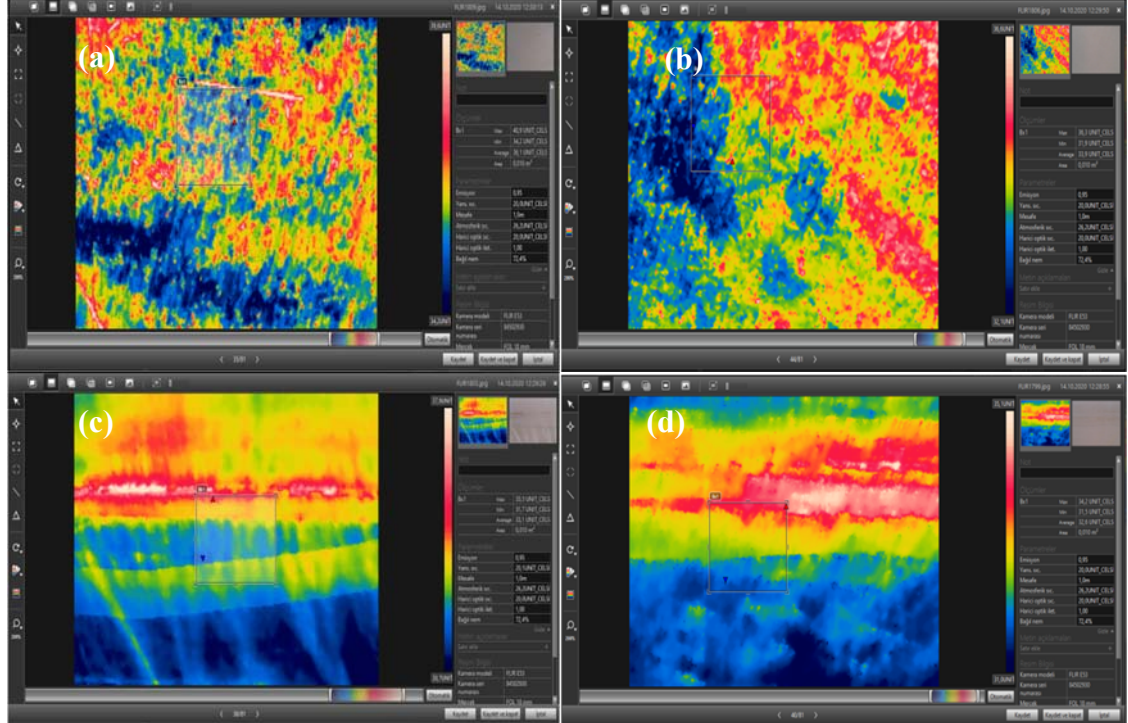
Şekil 4.14. FLIR Tools Yazılımı ile 200 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada Temmuz ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



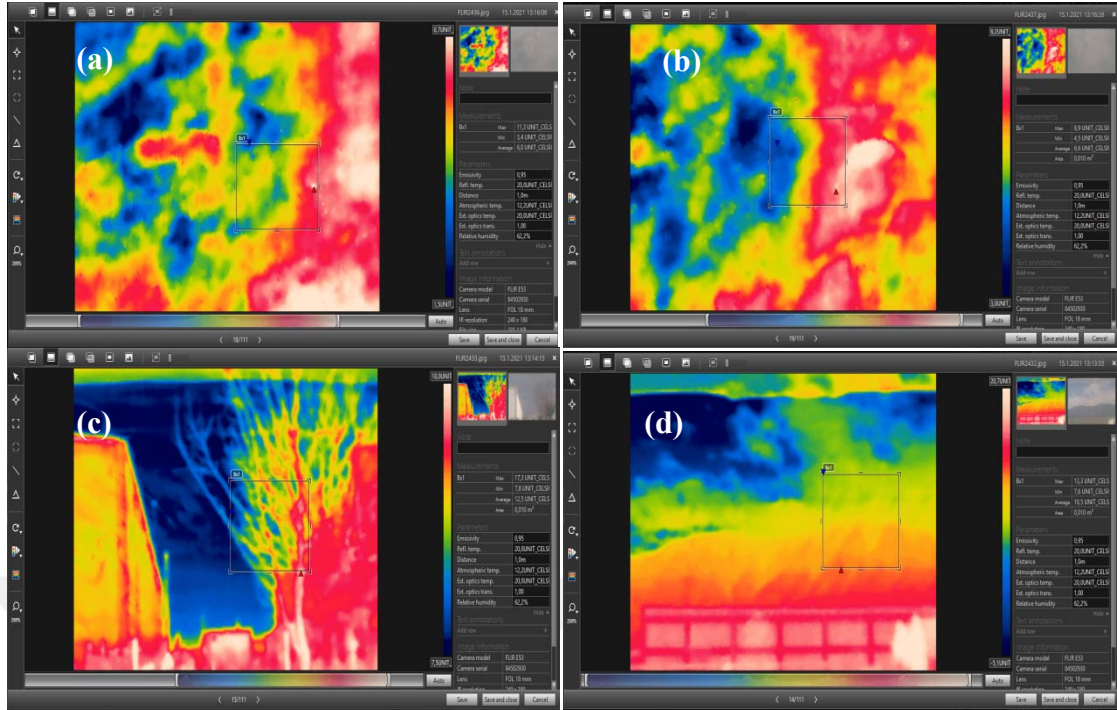
Şekil 4.15. FLIR Tools Yazılımı ile 175 MİKRON UV+EVA PE serada Ekim ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



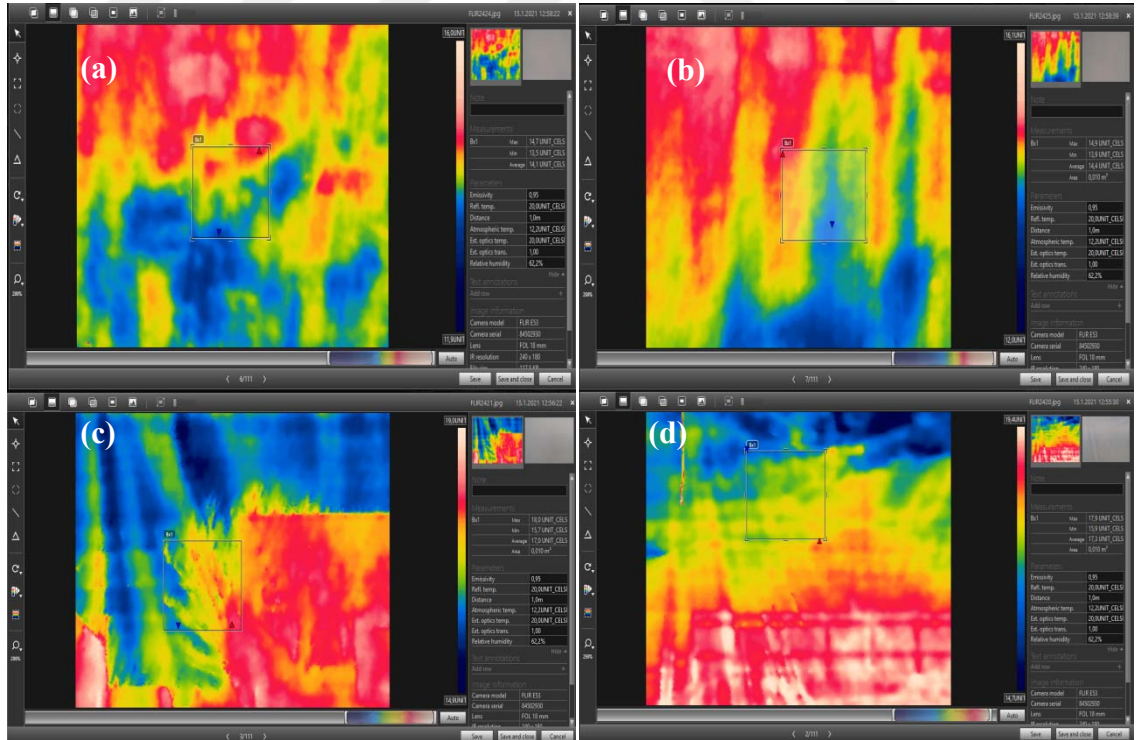
Şekil 4.16. FLIR Tools Yazılımı ile 175 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada Ekim ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



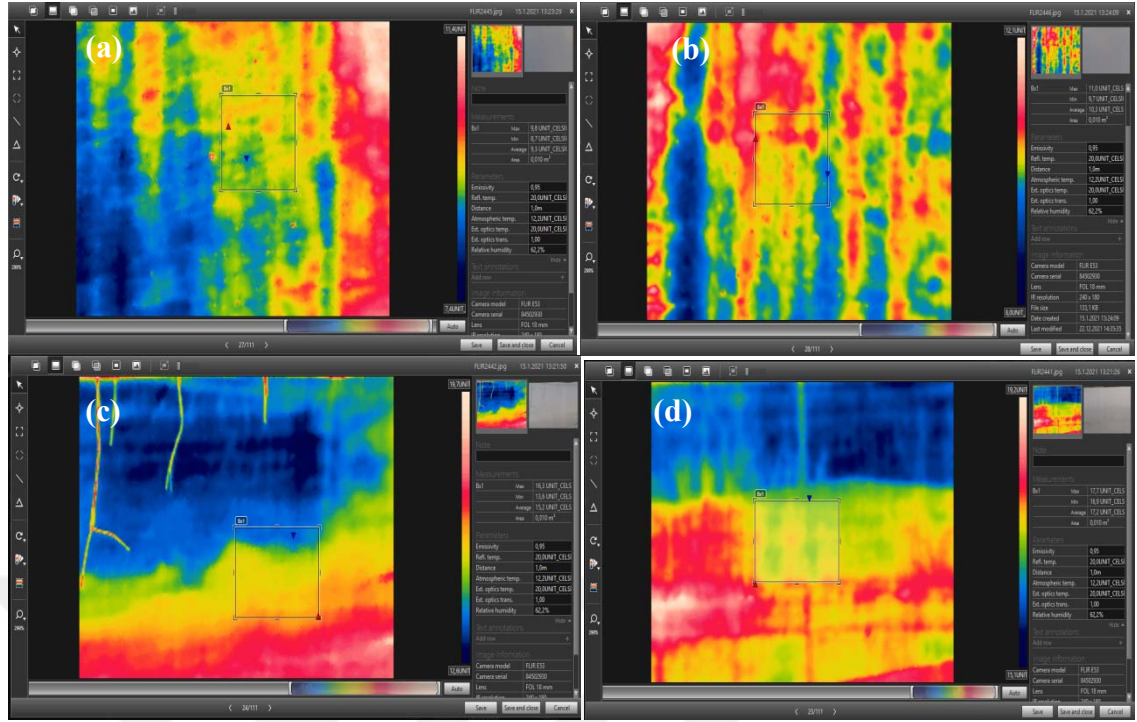
Şekil 4.17. FLIR Tools Yazılımı ile 200 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada Ekim ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



Şekil 4.18. FLIR Tools Yazılımı ile 175 MİKRON UV+EVA PE serada Ocak ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



Şekil 4.19. FLIR Tools Yazılımı ile 175 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada Ocak ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)



Şekil 4.20. FLIR Tools Yazılımı ile 200 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada Ocak ayı doğu-batı çatı ve yan duvar termal görüntü (a-doğu çatı, b-batı çatı, c-doğu yan, d-batı yan)

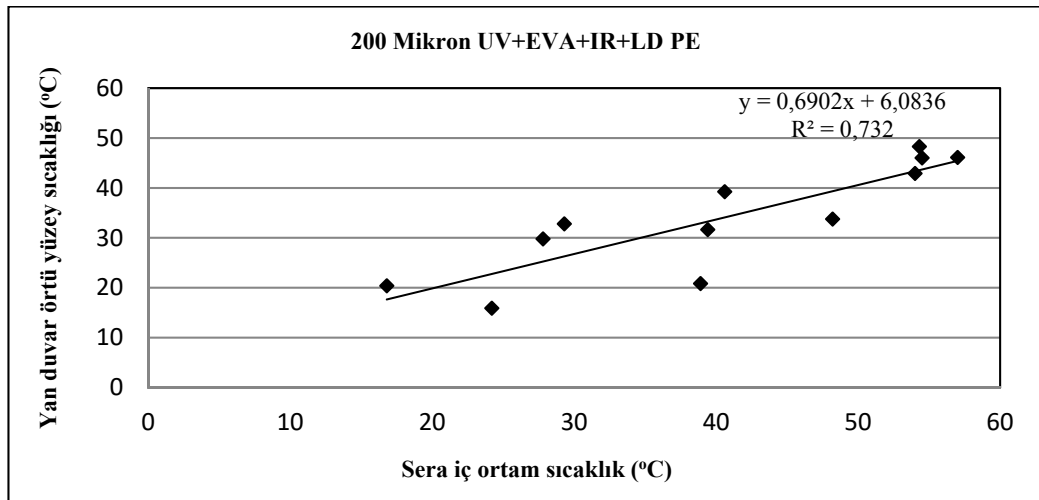
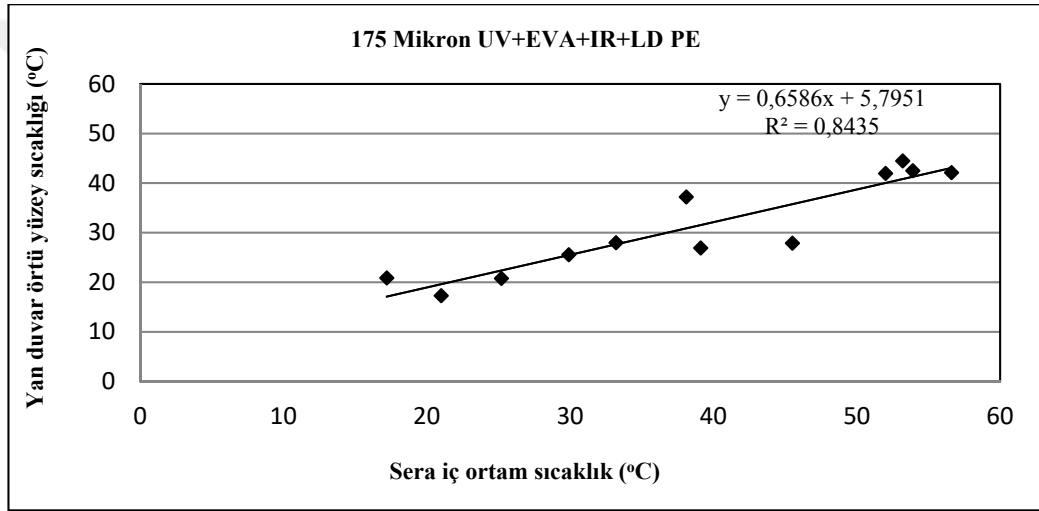
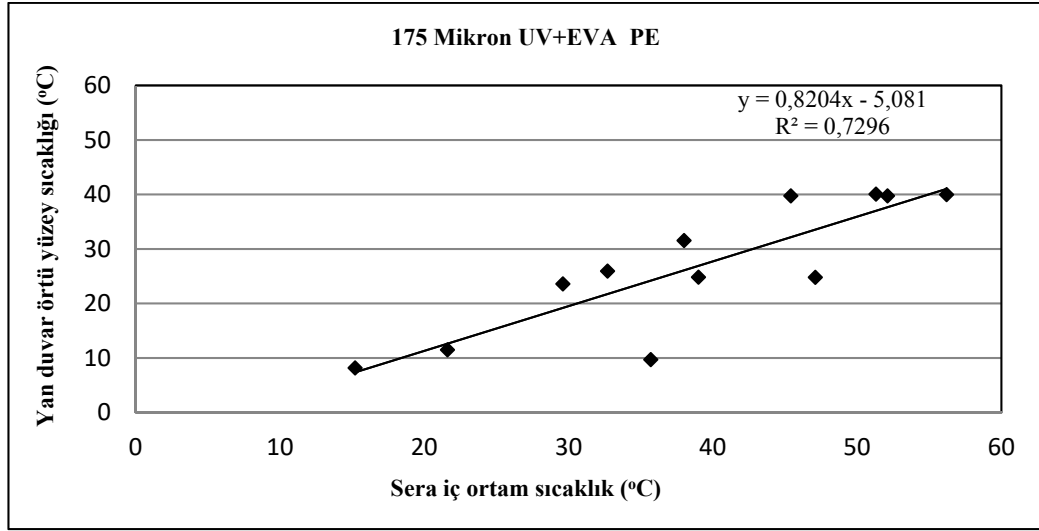
4.3. Farklı Sera Örtü Malzemelerinde Örtü Yüzey Sıcaklık ve Sera İç Ortam Sıcaklık Arasında Korelasyon

Sera iç ortam sıcaklık değerleri ile yan duvar örtü yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki parametrik Pearson Korelasyon Testi ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda ve Şekil 4.21 ile Şekil 4.22'de verilmiştir.

1. 175 MİKRON UV+EVA PE serada sera iç ortam sıcaklık değeri (Ort: 38.6 °C, SS: 12.6) ile yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri (Ort: 26.7 °C, SS: 11.7) arasında yüksek seviyede, pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r(10) = 0.854$, $p < 0.001$).

2. 175 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada sera iç ortam sıcaklık değeri (Ort: 38.7 °C, SS: 13.7) ile yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri (Ort: 31.3 °C, SS: 9.5) arasında yüksek seviyede, pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r(10) = 0.918$, $p < 0.001$).

3. 200 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada sera iç ortam sıcaklık değeri (Ort: 40.4 °C, SS: 13.5) ile yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri (Ort: 34.0 °C, SS: 10.6) arasında yüksek seviyede, pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r(10) = 0.856$, $p < 0.001$).



Şekil 4.21. Farklı sera örtü malzemelerinde yan duvar örtü yüzey sıcaklık ve sera iç ortam sıcaklık değerleri arasında korelasyon

Sera iç ortam sıcaklık değerleri ile çatı duvar örtü yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişki non-parametrik Spearman Korelasyon Testi ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda ve Şekil 4.21 ile Şekil 4.22'de verilmiştir.

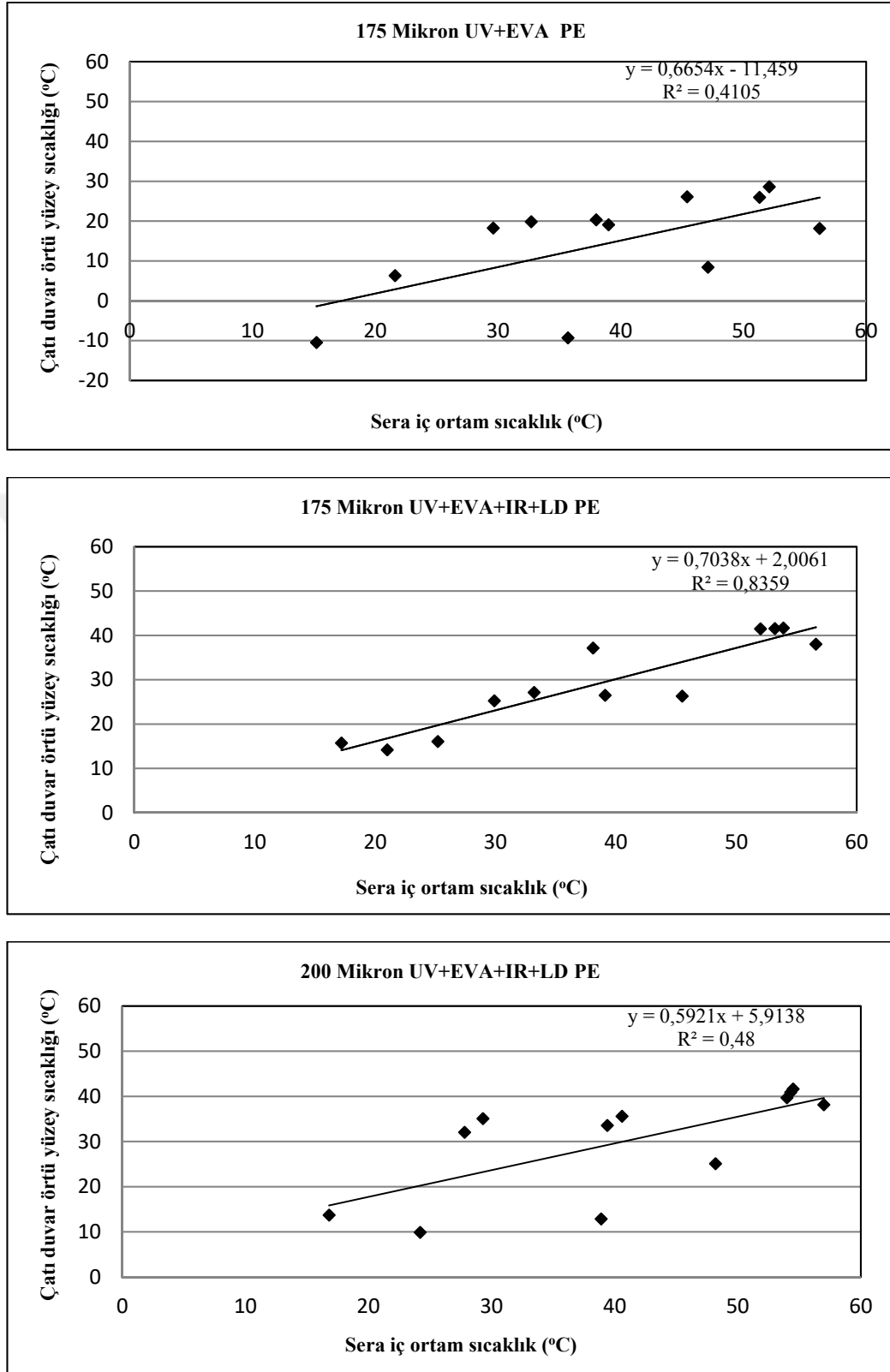
1. 175 MİKRON UV+EVA PE serada sera iç ortam sıcaklık değeri (Ort: 38.6 °C, SS: 12.6) ile çatı duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri (Ort: 14.3 °C, SS: 12.7) arasında orta seviyede, pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r(10) = 0.560$, $p > 0.05$).

2. 175 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada sera iç ortam sıcaklık değeri (Ort: 38.7 °C, SS: 13.7) ile çatı duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri (Ort: 29.3 °C, SS: 10.2) arasında yüksek seviyede, pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r(10) = 0.888$, $p < 0.001$).

3. 200 MİKRON UV+EVA+IR+LD PE serada sera iç ortam sıcaklık değeri (Ort: 40.4 °C, SS: 13.5) ile çatı duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri (Ort: 29.9 °C, SS: 11.2) arasında orta seviyede, pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($r(10) = 0.804$, $p < 0.01$).

Sera çatı ve yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi yan duvarı örtü yüzey sıcaklık ortalama değerleri varyans analiz sonuçları %0.1 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerlerinde yapılan Duncan analizinde yan duvar yüzey sıcaklığı ortalamaları genel olarak Nisan ayından Ocak ayına kadar 3 ayrı grupta yer almış olup 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE örtü ilk grupta yer almıştır. Ocak ve Şubat ayında 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE örtü ilk grupta yer almıştır. Mart ayında ise istatistiksel olarak 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE ve 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE örtü aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi çatı duvarı örtü yüzey sıcaklık ortalama değerleri aylar itibarıyla varyans analiz sonuçları %0.1 seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çatı duvar örtü yüzey sıcaklık değerlerinde yapılan Bonferroni-Dunn Prosedür ve Duncan analizinde çatı duvar yüzey sıcaklığı ortalamalarında genel olarak Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında 3 ayrı grupta yer almış olup, 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE örtü ilk grupta yer almıştır. Ekim, Kasım ve Aralık aylarında 3 ayrı grupta 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE örtü ilk grupta yer almıştır. Mayıs ve Haziran aylarında ise 2 ayrı grupta 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE ve 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE aynı grupta yer almıştır.



Şekil 4.22. Farklı sera örtü malzemelerinde çatı duvar örtü yüzey sıcaklık ve sera iç ortam sıcaklık değerleri arasında korelasyon

Çizelge 4.9. Farklı sera örtü malzemelerinde yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerlerinin istatistiksel analizi

Aylar	Örtü tipi	n	Ort.	Standart Sapma	P
Şubat	175 mikron UV+EVA PE	36	8.2 [†] C§	0.10	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	20.9 A	0.15	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	20.4 B	0.26	
Mart	175 mikron UV+EVA PE	36	9.8 B	0.06	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	20.8 A	0.10	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	20.9 A	0.06	
Nisan	175 mikron UV+EVA PE	36	24.8 C	0.15	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	27.9 B	0.00	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	33.8 A	0.10	
Mayıs	175 mikron UV+EVA PE	36	40.0 C	0.87	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	42.2 B	0.15	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	46.2 A	0.15	
Haziran	175 mikron UV+EVA PE	36	39.8 C	0.67	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	42.5 B	0.15	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	46.0 A	0.15	
Temmuz	175 mikron UV+EVA PE	36	39.8 C	0.00	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	44.5 B	0.20	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	48.3 A	0.00	
Ağustos	175 mikron UV+EVA PE	36	40.1 C	0.00	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	42.0 B	0.06	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	42.9 A	0.10	

†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.

§: İtalik yazılmış bölümde;büyük harfler Duncan testine göre %0.1 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırılmasını göstermektedir.

***: %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.9'un devamı

Aylar	Örtü tipi	n	Ort.	Standart Sapma	P
Eylül	175 mikron UV+EVA PE	36	31.6 [†] C [§]	0.00	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	37.2 B	0.06	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	39.3 A	0.15	
Ekim	175 mikron UV+EVA PE	36	26.0 C	0.21	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	28.0 B	0.10	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	32.8 A	0.06	
Kasım	175 mikron UV+EVA PE	S<	24.8 C	0.12	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	26.9 B	0.12	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	31.7 A	0.10	
Aralık	175 mikron UV+EVA PE	36	23.6 C	0.10	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	25.6 B	0.00	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	29.8 A	0.10	
Ocak	175 mikron UV+EVA PE	36	11.5 C	0.67	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	17.3 A	0.32	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	15.9 B	0.38	

†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrür ortalamasıdır.

§: İtalik yazılmış bölümde;büyük harfler Duncan testine göre %0.1 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırılmasını göstermektedir.

***: %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.10. Farklı sera örtü malzemelerinde çatı duvar örtü yüzey sıcaklık değerlerinin istatistiksel analizi

Aylar	Örtü tipi	n	Ort.	Standart Sapma	P
Şubat	175 mikron UV+EVA PE	36	-10.5 [†] c [£]	0.17	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	15.8 a	0.10	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	13.7 b	0.12	
Mart	175 mikron UV+EVA PE	36	-9.4 c	0.06	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	16.1 a	0.10	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	12.9 b	0.10	
Nisan	175 mikron UV+EVA PE	36	8.4 c	0.06	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	26.4 a	0.15	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	25.1 b	0.51	
Mayıs	175 mikron UV+EVA PE	36	18.1 b	0.25	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	38.0 a	0.06	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	38.2 a	0.15	
Haziran	175 mikron UV+EVA PE	36	26.1 b	0.31	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	41.7 a	0.12	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	41.6 a	0.12	
Temmuz	175 mikron UV+EVA PE	36	28.6 c	0.15	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	41.6 a	0.06	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	40.9 b	0.06	
Ağustos	175 mikron UV+EVA PE	36	26.0 c	0.15	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	41.5 a	0.06	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	39.7 b	0.12	

†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrüt ortalamasıdır.
£: İtalik yazılmış bölümde;küçük harfler Bonferroni-Dunn Prosedürüne göre %0.1 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırılmasını göstermektedir.
***: %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4.10'un devamı

Aylar	Örtü tipi	n	Ort.	Standart Sapma	P
Eylül	175 mikron UV+EVA PE	36	20.3 [†] C [§]	0.15	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	37.2 A	0.00	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	35.6 B	0.10	
Ekim	175 mikron UV+EVA PE	36	19.9 C	0.15	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	27.2 B	0.15	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	35.1 A	0.00	
Kasım	175 mikron UV+EVA PE	36	19.1 c [£]	0.12	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	26.5 b	0.06	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	33.6 a	0.06	
Aralık	175 mikron UV+EVA PE	36	18.3 c	0.06	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	25.3 b	0.10	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	32.1	0.12	
Ocak	175 mikron UV+EVA PE	36	6.3 C	1.04	***
	175 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	14.2 A	0.10	
	200 mikron UV+EVA+IR+LD PE	36	9.9 B	0.15	

†: İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekrerrür ortalamasıdır.

£: İtalik yazılmış bölümde;küçük harfler Bonferroni-Dunn Prosedürüne göre %0.1 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırılmasını göstermektedir.

§: İtalik yazılmış bölümde;büyük harfler Duncan testine göre %0.1 önem seviyesinde dikey (sütun boyunca) verilen ortalamaların karşılaştırılmasını göstermektedir.

***: %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sera örtü malzemesi olarak kullanılan düşük yoğunluklu PE filmlerde farklı katkı maddesinin ve film kalınlığının ortam mikrokliması üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaç için CO-EX teknolojisi ile üretilmiş 175 mikron UV+EVA PE, 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE ve 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemeleri kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca farklı katkı maddesi ve film kalınlığının ortam mikrokliması üzerine etkilerinin belirlenmesinde örtü yüzey sıcaklık değerleri araştırılmış termal görüntüleme yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki biçimde özetlenebilir.

1. CO-EX teknolojisi ile üretilmiş 175 mikron UV+EVA PE, 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE ve 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemeleri ile kaplı araştırma seralarından elde edilen sera iç ve dış ortam sıcaklık ölçüm değerleri deneme süresince incelendiğinde ortalama sıcaklıklar dikkate alındığında araştırma seralarında tüm aylarda sera iç ortam sıcaklığının dış ortam sıcaklığından yüksek olduğu belirlenmiştir. Sera iç ortam ortalama sıcaklık değerlerin 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 13.3 ile 42.5 °C arasında değiştiği, 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 12.9 ile 41.9 °C arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise 12.7 ile 41.1 °C arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmada IR katkı maddesinin ısıl etkinliğinin ve film kalınlığının ortam mikroklimasını etkilediği söylenebilir. Nitekim çalışmada en yüksek sıcaklık değerleri 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemeleri ile kaplı araştırma seralarından elde edilmiştir. IR katkı maddesinin uçucu özelliğe sahip olmaması kullanım ömrünü bitirmiş malzemede de zamanla IR'nin etkinliğini düşürmediğini de göstermektedir.

2. CO-EX teknolojisi ile üretilmiş 175 mikron UV+EVA PE, 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE ve 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemeleri ile kaplı araştırma seralarından elde edilen sera iç ve dış ortam nem değerleri deneme süresince incelendiğinde ortalama nem dikkate alındığında 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada % 42.7 ile %92.2 arasında değiştiği, 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada %33.6 ile %85.4 arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise %24.6 ile %82.9 arasında değiştiği saptanmıştır. Deneme süresince 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada diğer seralara göre daha düşük nem değerleri elde edilmiştir. 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı seralarda daha yüksek nem değerleri bulunmuştur. Dolayısıyla IR katkı maddesinin seralarda ortam mikroklimasında nemi artırıcı etki yaptığı söylenebilir.

4. CO-EX teknolojisi ile üretilmiş 175 mikron UV+EVA PE, 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE ve 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE sera örtü malzemeleri ile kaplı araştırma seralarından elde edilen ortalama çatı ve yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri deneme süresince incelendiğinde her üç serada çatı yüzeylerinin daha soğuk yüzeyler olduğu belirlenmiştir. Çatı duvarlarından daha düşük örtü yüzey sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Buna karşılık yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri her üç serada çatı yüzey sıcaklık değerlerine göre daha yüksek saptanmıştır. Bu durum termal görüntülerde de (serada dıştan yapılan termal görüntüleme) elde

edilmiştir. Ortalama yan duvar örtü yüzey sıcaklıkları 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 15.9 ile 48.3 °C arasında değiştiği 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 17.3 ile 44.5 °C arasında değiştiği ve 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı serada ise 8.2 ile 40.1 °C arasında değiştiği saptanmıştır.

5. Çalışmada IR katkı maddesinin ısı korunum etkisinin örtü yüzey sıcaklık değerlerinde etkili olduğu söylenebilir. Nitekim 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 175 mikron UV+EVA katkılı PE film ile kaplı seraya göre daha yüksek çatı ve yan duvar örtü yüzey sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Bu durum özellikle çatı duvar yüzey sıcaklık değerlerinde daha belirgindir. Film kalınlığında ısı korunumda etkili olduğu söylenebilir. Nitekim 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı serada 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE film ile kaplı seraya göre daha yüksek örtü yüzey sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre 175 mikron UV+EVA katkılı PE serada örtünün IR katkı maddesinin bulunmamasının yanı sıra VA oranının düşük buna bağlı olarak da IR geçirgenliğinin (sera içinde 6000 ile 14000 nm dalga bandı) yüksek olduğu söylenebilir. Bu örtüden elde edilen örtü yüzey sıcaklık değerlerinin düşüklüğünün buradan ileri geldiği düşünülmektedir. Buna karşılık 175 mikron UV+EVA+IR+LD PE ve 200 mikron UV+EVA+IR+LD PE serada örtünün IR katkı maddesi içermesi sera içinde oluşan 6000 ve 14000 nm dalga bandının daha iyi tutulduğu (örtü yüzey sıcaklığının yüksek olması) göstermektedir. Bu durumun özellikle seraların ısı gereksinimi ve bitki gelişimini (gece-gündüz sıcaklık farkı) olumlu yönde etkileyeceği söylenebilir.

6. Termal kameralar yüzeylerdeki sıcaklık farklılığının belirlenmesinde de etkin olarak kullanılan aletler olup çalışma kapsamında elde edilen ortalama çatı ve yan duvar örtü yüzey sıcaklık verileri sera iç ortam sıcaklık verileri ile karşılaştırılmış yüzeylerdeki kayıplar saptanmıştır. Araştırma seralarında çatı duvarlarının yan duvarlara göre her üç sera örtü malzemesi için daha soğuk yüzeyler (İç ortam sıcaklığı > Ort. Çatı yüzey sıcaklığı) olmasına bağlı olarak sıcaklık kaybının (Sera iç ortam sıcaklığı - Ort. Çatı yüzey sıcaklığı) yan duvarlara göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Çalışmada 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE serada hem çatı hem de yan duvarlarda IR katkı maddesinin ısı korunum etkisi ile 175 mikron UV+EVA katkılı PE seraya göre daha az sıcaklık kaybı gerçekleşmiştir. Kalınlığın etkisi ile 200 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE serada özellikle Ekim, Kasım ve Aralık aylarında 175 mikron UV+EVA+IR+LD katkılı PE seraya göre daha iyi bir ısı korunumu sağlanmıştır.

7. Çalışmadan elde edilen verilere göre temassız ve tahribatsız bir kullanım olanağı sağlayan termal kameraların seralarda örtü yüzey sıcaklığı ve ısı kaybı belirlemede kullanılabileceği söylenebilir.

8. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda termal kameraların seralarda yapı elemanlarının görüntülenmesinin yanı sıra yapılan yetiştiricilikte de (kanopi sıcaklığı, hasat zamanı, hastalık vb.) kullanılabilirliği araştırılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Abak, K., Başçetincelik, A., Baytorun, N., Altuntaş, Ö. ve Öztürk, H.H. 1994. Influence of Double Plastic Cover and Thermal Screens on Greenhouses Temperature, Yield and Quality of Tomato. *Acta Horticulturae*, 366: 149-154.
- Abou Hadid, A.F. and Eissa, M.M. 1994. Daily Air Temperature and Relative Humidity Regimes in Relation to Plastic Houses and Open Field Conditions in Egypt. *Acta Horticulturae*, 366: 113-118.
- Aldrich, R.A. and Bartok, J.W. 1989. Greenhouse Engineering. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, New York, pp 203.
- Al-Helal, I.M. and Alhamdan, A.M. 2009. Effect of arid environment on radiative properties of greenhouse polyethylene cover. *Solar Energy*, 83 (6): 790-798.
- Altındaş, M. 1993. Akdeniz iklim kuşağı içerisinde bulunan yörelerde (İzmir ve civarında) farklı tip örtü ve gölgeleme malzemelerinin sera içi yetiştiriciliği ve kliması üzerine etkileri ve ekonomik analizi üzerine araştırmalar. Yüksek lisans tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir, 146 s.
- Anonim 2000. Antalya ili uzun yıllık iklim verileri. Antalya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Antalya.
- Anonim 2011. Antalya Tarım Master Planı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım İl Müdürlüğü, Antalya, 703 s.
- Anonim 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Baker, M.B. Noman, J.M. and Kano, A. 2001. A New Approach to Infrared Thermometry. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108 (2001): 281-292.
- Barroso, M.R., Meneses, J.F. and Mexia, J.T. 1999. Comparison between greenhouse type. and their effects on two lettuce cultivars yield. and botrytis incidence. *Acta Horticulturae*, 491: 137-142.
- Başçetincelik, A. 1977. Türkiye'de Yerli Olarak Yapılan Elektriksel Işık Kaynaklarının Tarımsal Amaçlarla İlgili Aydınlatma Karakteristikleri Üzerinde Bir Araştırma (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana, 119 s.
- Baudoin, W.O. and Zabeltitz, C. 2002. Greenhouse Constructions For Small Scale Farmers in Tropical Regions. *Acta Horticulturae*, 578: 171-179.
- Baytorun, N.A. ve Başçetincelik, A. 1993. Seralarda Kullanılan Plastik Örtü Malzemeleri. Tarımda Plastik Kullanımı Konulu Panel, Antalya.
- Baytorun, N.A. 1995. Seralar. Ç. Ü. Zir. Fak. Genel Yayın No: 110, Adana, 402 s.

- Baytorun, N.A., Abak, K., Tokgoz, H. ve Altuntas, O. 1994. Effect of Different Greenhouse Covering Materials on Inside Climate and on The Development of Tomato Plants. *Acta Horticulturae*, 366: 125-132.
- Baytorun, N. 1995. Seralar. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 110. Ders Kitapları Yayın No: 29, Adana, 406 s.
- Baytorun, A.N. 2016. Seraların Isıtılmasında Kullanılan Fosil ve Jeotermal Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (10) :832-839.
- Both, A.J. 2004. Comparing Greenhouse Coverings. *Florida Grower*, Jul 2004, pp. 19-21.
- Boulard, T. 1993. Etude Experimentale et Modelisation del Aeration Naturelle des Serres. Note Interne I.N.R.A.. 93-1. 42. Station de Bioclimatologie de Montfavet, Montpellier, France.
- Çalışan, M. ve Türkoğlu, M. 2011. Termal Kameralar ve Uygulamaları. Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, ss. 46-50, 5-7 Ekim, Elazığ.
- Canakci, M., Emekli, N.Y., Bilgin, S., ve Caglayan, N., 2013. Heating requirement and its costs in greenhouse structures: A case study for Mediterranean region of Turkey. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 24: 483–490.
- Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A.N., Üstün, S ve Boyacı, S. 2016. Seralarda ısı kaybına neden olan yapısal sorunların termal kamera ile belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*. 19 (1): 5-14.
- Cemek, B. and Demir, Y. 2005. Testing of the condensation characteristics and light transmissions of different plastic film covering materials. *Polymer Testing*, 24 (3): 269-404.
- Cemek, B., Demir, Y., Uzun, S. and Ceyhan, V. 2006. The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine. *Energy*, 31 (12): 1780-1788.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018. Termal Kamera ile Bina Isı Kayıplarının Görüntülenmesi Uygulama Esasları Kılavuzu. Ankara, 8 s.
- Çığsar A.İ. ve Momol, M.T. 1995. UV ve IR Katkılı Polietilen Örtülerin Sera Domatesinde Fungal Hastalıkların Gelişimine Etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*, 35 (3-4): 159-175.
- Çolak, A. 2002. Sera İçi Kliması ve Otomasyon. Muğla Üniversitesi Yayın No. 31. Ortaca Meslek Yüksekokulu Yayın No. 01, Muğla, 154 s.
- Dilara, P.A. and Briassoulis, D. 2000. Degradation and Stabilization of Low-density Polyethylene Films used as Greenhouse Covering Materials. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76 (4): 309-321.

- Durgut, A. ve Akçay, Ö. 2016. Termal Kamera ile Ekran Kartının 3 Boyutlu Modelinin Oluşturulması. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A- Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, 17 (1): 51-63.
- Elsayed, S., El-Hendawy, S., Khadr, M., Elsherbiny, O., Al-Suhaibani, N., Alotaibi, M., Tahir, M.U. and Darwish, W. 2021. Combining Thermal and RGB Imaging Indices with Multivariate and Data-Driven Modeling to Estimate the Growth, Water Status, and Yield of Potato under Different Drip Irrigation Regimes. *Remote Sens.* 2021, 13 (1679): 2-28.
- Emekli, N.Y., Çağlayan, N., Özmerzi, A., Çanakcı, M. 2012. Structural characteristics and heat requirements of modern greenhouses in southern of Turkey. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25 (2): 93-101.
- Emekli, N.Y. 2014. Antalya Koşullarında Sera Örtü Malzemesi Olarak Kullanılan Polietilen Örtülerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Zamana Bağlı Değişimi ile Işınım Geçirgenliğinin Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. Doktora Tezi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya, 146 s.
- Emekli, N.Y., Büyüktaş, K. and Başçetinçelik, A. 2016. Changes of the light transmittance of the LDPE films during the service life for greenhouse application. *Journal of Building Engineering*, 6: 126-132.
- Felekoğlu, B. 2019. Alternatif Yapı Malzemeleri Ders Notu. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, 100 s.
- Giacomelli, G.A. 1999. Greenhouse Glazings Alternatives Under The Sun: Department of Bioresource Engineering Cook College Rutgers University New Brunswick, New Jersey.
- Guyot, G. 1998. Physics of the Environment and Climate Wiley-Praxis Series in Atmospheric Physics and Climatology. John Wiley and Sons-Praxis Publishing Association, GB, 632 pp.
- Günay, A. 1985. Seracılıkta Kullanılan Örtü Malzemeleri ve Karşılaştırılması. Türkiye Seracılık Sempozyumu Bildirileri, ss. 33-46, Cam Pazarlama A.Ş. Yayın No:1985/2, Ankara,
- Gunay, A. 1994. Alternative Cover Materials and Their Usage in Protected Growing. *Acta Horticulturae*, 366: 99-104.
- Hemming, S., Dueck, T., Janse, J. S and van Noort, F. 2007. The Effect of Diffuse Light on Crops. *Acta Horticulturae*, 801: 1293-1300.
- Holcman, E., Sentelhas P.C., Mello, S.C. 2015. Microclimatic Changes Caused by Different Plastic Coverings in Greenhouses Cultivated with Cherry Tomato in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30 (2): 125-133.
- Legrand, D.G. and Bendler, J.T. 1999. Handbook of Polycarbonate Science and Technology. Printed in the United States of America, 355 pp.

- Li, G., Tang, L., Zhang, X., Dong, J. and Xiao, M. 2018. Factors Affecting Greenhouse Microclimate and Its Regulating Techniques: A Review. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 167: 1-9.
- Kendirli, B. and Çakmak, B. 2010. Using of renewable energy sources in greenhouse heating. *Journal of Environmental Sciences*, 2 (1): 95-103.
- Koç, F. 2018. Mısır ve Buğday Silajlarının Termal Kamera Görüntüleme Tekniği Kullanılarak Aerobik Stabilitésinin Değerlendirilmesi. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 33 (1): 55-63
- Kohlmeier, D. ve Baytorun. N. 1990. Seralarda Kullanılan Değişik Örtü Malzemesinin Dış İklim Koşullarında Zamana Bağlı Olarak Işık Geçirgenliğinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye V Seracılık Sempozyumu, ss. 35-45, 17-19 Ekim, İzmir.
- Kürklü, A. 2008. Modern Sera Teknolojileri. Yüksek Lisans Ders Notları. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya.
- Manickavasagan, A., Jayas, D.S., White, N.D.G. and Paliwal, J. 2010. Wheat Class Identification Using Thermal Imaging. *Food Bioprocess Technol.*, 3: 450-460.
- Meyers, M.A., Chawla, K.K. 2009. Mechanical behavior of materials. Cambridge University Press; 2 edition, 882 pp.
- Song, Q., Sun, C., Deng, Y., Bai, H., Zhang, Y., Yu, H., Zhang, J., Sha, L., Zhou, W. and Liu, Y. 2020. Tree Surface Temperature in a Primary Tropical Rain Forest. *Atmosphere* 2020, 11 (798): 2-10.
- Öztürk, H.H., Başçetinçelik, A. 2003. Effect of Thermal Screens on the Microclimate and Overall Heat Loss Coefficient in Plastic Tunnel Greenhouses. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27 (2003): 123-134.
- Öztürk, H.H. 2008. Sera İklimlendirme Tekniği. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti.. İstanbul, 305 s.
- Papadakis, G., Briassoulis, D., Mugnozza, G.S., Vox, G., Feuilleley, P. and Stoffers, J.A. 2000. Radiometric and Thermal Properties of, and Testing Methods for, Greenhouse Covering Materials. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77 (1): 7-38.
- Sakamoto, H., Yamamoto, M. and Nakamachi, E. 1998. Thermal Image Analysis for Evaluating Plastic Deformation. *Metals and Materials*, 4 (4): 755-759.
- Sangpradit, K. 2014. Study of the solar transmissivity of plastic cladding materials and influence of dust and dirt on greenhouse cultivations. *Energy Procedia*, 56 (2014): 566-573

- Seginer, I. 1980. Optimizing Greenhouse Operation for Best Aerial Environment. ISHS Acta Horticulturae 106: Symposium on Computers in Greenhouse Climate Control, pp.169-178., Wageningen, Netherlands,
- Tiwari, G.N. 2003. Greenhouse Technology for Controlled Environment. Alpha Science International Ltd., Pandbourne England, pp. 544.
- TSE 1996. TS EN 2155-5 Havacılık-Uçak Cilalaması İçin Şeffaf Malzemelerin Deney Metotları; Bölüm 5: Görünür Işık Geçişinin Tayini, ICS 49.045, Ankara, 11 s.
- TSE 1997. TS 1398-1 EN ISO 527-1 Plastikler-Çekme Özelliklerinin Tayini-Bölüm 1: Genel Prensipler. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 83.080.01, Ankara, 11 s.
- TSE 1998. TS EN 2155-9 Havacılık Serisi- Uçaklarda Cam Olarak Kullanılan Şeffaf Malzemeler İçin Deney Metotları Bölüm 9: Pus Tayini, ICS 49.045, Ankara, 11 s.
- TSE 2017. TS EN 13206 Plastikler-Bahçe Bitkileri Yetiştiriciliği ve Tarımda Kullanılan Termoplastik Kaplama Filmleri. Türk Standartları Enstitüsü, ICS 65.040.30; 83.140.10, Ankara, 11 s.
- TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu Kayıtları. Ankara.
- Tüne, C. 2016. Farklı Sulama Yönetim Sistemi Koşullarında Pamuk Bitkisinde Su Stresinin Kızılötesi Termal Görüntüler Kullanılarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, 70 s.
- Ünal, Ö., Koç, F., Ağma Okur, A., Okur, E., Özdüven, M.L. 2018. Mısır ve Buğday Silajlarının Termal Kamera Görüntüleme Tekniği Kullanılarak Aerobik Stabilitésinin Değerlendirilmesi. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 33 (1): 55-63.
- Yüksel, A.N. 2004. Sera Yapım Tekniği. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 287 s.
- Waaijenberg, D. 1988. Energy Conservation and Renewable Energies for Greenhouse Heating. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Reur Technical Series 3, Roma, Italy, 107 p.
- Waaijenberg, D. 1989. Standard For Film-Covered Greenhouses. Engineering and Economic Aspects of Energy Saving in Protected Cultivation. *Acta Horticulturae*. 245: 78-85.
- Zabeltitz, C. 1992. Technologies For Climate Control in Greenhouses. Expert Consultation Workshop on Greenhouses in the Antalya Region, pp. 10-22, 13-17 Ocak, Antalya.
- Zhan L., Ren., F., Zhang, Q., Chen, Y., Wang, B. and Jiang, J. 2008. The TEAD/TEF family of transcription factor Scalloped mediates Hippo signaling in organ size control. *Developmental Cell*, 14: 377-387.

ÖZGEÇMİŞ

NERGİZ YILMAZ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2018-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Antalya
Lisans 2014-2018	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Tohum İşleme Müdürü 2020-Devam Ediyor	Argeto Sebze Tohumları Islah Üretim ve Pazarlama Ltd. Şti.
Ziraat Mühendisi 2019-2020	RMM Tarım Otomasyon Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.