

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SERA İÇ ORTAM HAVASININ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
ARAŞTIRILMASI**

Ahmet ÇOŞGUN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SERA İÇ ORTAM HAVASININ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
ARAŞTIRILMASI**

Ahmet ÇOŞGUN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERA İÇ ORTAM HAVASININ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
ARAŞTIRILMASI

Ahmet ÇOŞGUN
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERA İÇ ORTAM HAVASININ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
ARAŞTIRILMASI

Ahmet ÇOŞGUN

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 06/02/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Murad ÇANAKCI (Danışman)

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Prof. Dr. Fazilet Nezahat ALAYUNT

Doç. Dr. Sait Muharrem SAY

ÖZET

SERA İÇ ORTAM HAVASININ İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN ARAŞTIRILMASI

Ahmet ÇOŞGUN

Doktora Tezi, Tarım Makinalarını ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Murad ÇANAKCI

Şubat 2025; 86 sayfa

Tarımsal üretimdeki işlemler, teknolojik uygulamalara bağlı olarak insan işgücü ya da mekanizasyon araçları ile gerçekleştirilmektedir. Yapılan işin doğası gereği çalışanlar, farklı girdi kullanmak ve işlemler sırasında alet ve makinalardan yararlanmak zorundadırlar. Tarımsal üretimde çeşitli girdi ve araçların kullanımı, uygun şartlarda gerçekleştirilmediğinde iş sağlığı ve güvenliği açısından bazı riskleri barındırmaktadır. Bu özellikleri ile tarımsal üretim iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli sektörler arasında değerlendirilmektedir. Dünya’da ve Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli konuların belirlenmesi, istatistiklerin çıkarılması, iş kazalarının önlenmesine yönelik farkındalık oluşturulması, eğitim ve yasal yaptırımlar gibi farklı alanlarda çalışmalar yürütülmektedir.

Yoğun emek ve sermaye gerektiren sera yetiştiriciliği tarımsal üretim kolları içerisinde, özel bir yere sahiptir. Türkiye’de uzun yıllardır yapılan sera yetiştiriciliğinde yetiştirilen ürünler, ısıtma yöntemleri ve yetiştiricilik dönemleri vb. özellikler dikkate alındığında son yıllarda çeşitliliğin arttığı görülmektedir. Üretim alanları başta olmak üzere seralarda yetiştirilen ürünlerin çeşitliliği, kullanılan girdilerin üretimi ve ticareti dikkate alındığında ülkemizde sera tarımının merkezinin Antalya olduğu görülmektedir. Uzun yıllardır yapılan seracılık faaliyetleri, üretim alanları açısından sürekli artış göstermiştir. Günümüzde toplam 50000 ha’ı aşan Türkiye toplam sera alanlarının yaklaşık %60’i Antalya ili’nde yer almaktadır. Bölgede geleneksel yapıdaki seralarda aile işletmeleri tarafından sebze yetiştiriciliği en yaygın üretim şeklidir.

Sera yetiştiriciliğinde altyapı özelliklerine bağlı olarak farklı düzeylerde mekanizasyon veya otomasyon sistemleri kullanılmasına rağmen, özellikle kültürel işlemler için yoğun bir insan işgücü kullanımı söz konusudur. Bu özellik, sera yetiştiriciliğinde iş sağlığı ve güvenliği konularının önemini artırmaktadır. Mekanizasyon araçları, iklimlendirme sistemleri, kimyasallar, ergonomi, yüksekte çalışma, elektrik ve iç ortam havasının özellikleri gibi konular iş sağlığı ve güvenliği açısından başlıca dikkat edilmesi gereken konular arasında görülmektedir.

Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili konular incelendiğinde seracılık ile ilgili yapılan çalışmaların diğer üretim kollarına göre sınırlı düzeyde kaldığı söylenebilir. Özellikle, sonraki çalışmalara da yön verebilecek, sahadan doğrudan verilerin toplandığı çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir. Çalışmalar incelendiğinde kapalı bir ortam olan seralardaki iç ortam havası ile ilgili bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

Bu çalışmada, farklı işlemler sırasındaki farklı boyutlardaki partikül madde-PM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve bağıl nem (%) miktarlarının belirlenerek, sera iç ortam havası değerlerine yönelik bir veri tabanının oluşturulması amaçlanmıştır. Geleneksel yapıda farklı sebze yetiştiriciliğinin yapıldığı toplam 5 adet seradan alınan veriler kullanılarak mekânsal haritalar oluşturulmuştur. Domates, biber ve hıyar ürünlerinin yer aldığı seralarda uygulanan toprak işleme-dikim, bakım ve hasat işlemleri sırasında ölçülen değerler uluslararası standart değerler ile kıyaslanmıştır. Eylül-Ocak dönemindeki işlemler sırasında ölçülen ortalama bağıl nem değerlerinin çoğunlukla standartlarda belirtilen sınır değerlerin altında olduğu, sıcaklık değerlerinin ise sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Hasat işlemleri sırasında, tüm ürünler için ölçülen PM1, PM2.5 ve PM10 değerlerinin standartlardaki sınır değerlerin oldukça üzerinde olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Bağıl nem, Hava kalitesi, Hava sıcaklığı, İç ortam, Partikül madde, Seralar

JÜRİ: Prof. Dr. Murad ÇANAKCI

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Prof. Dr. Fazilet Nezahat ALAYUNT

Doç. Dr. Sait Muharrem SAY

ABSTRACT

INVESTIGATION of GREENHOUSE INDOOR AIR in TERMS of OCCUPATIONAL HEALTH and SAFETY

Ahmet ÇOŞGUN

**PhD Thesis in Department of Agricultural Machinery and Technologies
Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Murad ÇANAKCI

February 2025; 86 pages

Operations in agricultural production are carried out with human labor or mechanization tools depending on technological applications. Due to the nature of the work, workers have to use different inputs and utilize tools and machines during operations. The use of various inputs and tools in agricultural production involves some risks in terms of occupational health and safety when not carried out under appropriate conditions. With these characteristics, agricultural production is considered among the risky sectors in terms of occupational health and safety. In the world and in Turkey, studies are carried out in different areas such as determining risky issues in terms of occupational health and safety, statistics, raising awareness to prevent occupational accidents, training and legal sanctions.

Greenhouse cultivation, which requires intensive labor and capital, has a special place among agricultural production branches. Greenhouse cultivation has been practiced in Turkey for many years, and it is seen that the diversity has increased in recent years when the characteristics such as the products grown in greenhouse cultivation, heating methods and cultivation periods etc. are taken into consideration. Considering the diversity of the products grown in greenhouses, especially the production areas, the production and trade of the inputs used, it is seen that Antalya is the center of greenhouse agriculture in our country. Greenhouse activities, which have been carried out for many years, have continuously increased in terms of production areas. Today, total greenhouse areas in Turkey exceed 50000 ha.

Although different levels of mechanization or automation systems are used in greenhouse cultivation depending on the infrastructure characteristics, there is an intensive use of human labor, especially for cultural operations. This feature increases the importance of occupational health and safety issues in greenhouse cultivation. Mechanization tools, air conditioning systems, chemicals, ergonomics, working at heights, electricity and indoor air properties are among the main issues that need to be considered in terms of occupational health and safety.

When the issues related to occupational health and safety in Turkey are examined, it can be said that the studies on greenhouse production are limited compared to other production branches. In particular, it is seen that there is a need for studies in which direct data are collected directly from the field, which can also direct future studies. When the

studies were examined, no study on indoor air in greenhouses, which is a closed environment, was found.

In this study, it was aimed to create a database for greenhouse indoor air values by determining the amounts of particulate matter-PM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), temperature ($^{\circ}\text{C}$) and relative humidity (%) different sizes during different processes. Spatial maps were created using data from a total of 5 greenhouses where different vegetables are grown in traditional structure. The values measured during the tillage-planting, maintenance and harvesting processes applied in greenhouses where tomato, pepper and cucumber products were compared with international standard values. It was determined that the relative humidity values measured during the operations in the September-January period were mostly below the limit values specified in the standards, while the temperature values were above the limit values. During harvesting operations, PM1, PM2.5 and PM10 values measured for all crops were well above the limit values in the standards.

KEYWORDS: Air quality, Air temperature, Indoor environment, Greenhouses, Particulate matter, Relative humidity

COMMITTEE: Prof. Dr. Murad ÇANAKCI

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Prof. Dr. Fazilet Nezahat ALAYUNT

Assoc. Prof. Dr. Sait Muharrem SAY

ÖNSÖZ

Dünya nüfusu sürekli artışa bağlı olarak tarımsal üretim ve ilgili faaliyetlerin de önemi artmaktadır. Bitkisel üretim başlıca açık alanda yapılan tarla bitkileri, sebze, meyve yetiştiriciliği ve kapalı alanda yapılan örtü altı yetiştiriciliği şeklinde sınıflandırılabilir.

Tarımsal üretim faaliyetlerinde farklı düzeylerde insan işgücü kullanımı söz konusudur. Kullanılan girdi, çalışma ortam özellikleri ve teknoloji kullanımı gibi özelliklerine bağlı olarak tarımsal işletmeler iş sağlığı ve güvenliği açısından birçok risk unsuru taşımaktadır. NACE kodlarına göre değerlendirildiğinde tarımsal işletmelerin çok tehlikeli, tehlikeli ve az tehlikeli sınıflarda yer aldığı görülmektedir. Özellikle kimyasal uygulamaların yer aldığı faaliyetler tehlike sınıfını yükseltmektedir.

Türkiye de 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 12.06.2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Kanunda, kendi nam ve hesabına çalışan çiftçiler kapsam dışında tutulmuştur. Geleneksel üretim yapan bireysel işletmelerin kanun kapsamında olmaması nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği konusunda farkındalık ve saha çalışmalarına daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel yöntemlerle üretim yapılan cam ve plastik seralar da çoğunlukla bu kapsamda yer almaktadır. Seraların kapalı ortamlarda faaliyet gösterilen işyeri olduğu dikkate alındığında kullanılan mekanizasyon araçları, kimyasallar, ergonomik faktörler, tozlar ve yüksekte çalışma vb. unsurların çalışanlar için iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli alanlar oluşturduğu görülmektedir.

Türkiye’de yapılan çalışmalar dikkate alındığında seralarda iş sağlığı ve güvenliğine yönelik çalışmaların sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu nedenle bu doktora tez çalışmasında, geleneksel seralarda termal konfor parametreleri olan sıcaklık, bağıl nem partiküler madde (PM) düzeyleri araştırılmıştır.

Bu çalışma süresince bilgi, tecrübelerinden yaralandığım danışman hocam Prof. Dr. Murad ÇANAKCI’ya, aynı bölümden Tez İzleme Komitesi’nde yer alan Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI hocama, iş sağlığı ve güvenliği konularında öncü yaklaşımları olan ve Tez İzleme Komitesi üyesi olan Rektör Yardımcısı Prof. Dr. Şükrü ÖZEN hocama, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü hocalarına, tez çalışmasında katkı koyan öğretim elemanlarına, haritalama aşamasında yardımlarını esirgemeyen doktora öğrencisi İsmail YILMAZ’a, doktora süresince hep özveride bulunan eşim Figen ÇOŞGUN’a, kızım Dilara ÇOŞGUN’a ve oğlum Cesur Egemen ÇOŞGUN’a, her zaman yanımda olan aileme, abim Harita ve Kad. Müh. Süleyman ÇOŞGUN’a canı gönülden çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. Seralarda İç Hava Kalitesi Üzerine Yapılan Uluslararası Çalışmaların Bibliyometrik Analiz İle Değerlendirilmesi.....	3
2.1.1. Seralarda iç hava kalitesi üzerine küresel araştırma eğilimleri	5
2.1.2. Seralarda iç hava kalitesi: Bibliyometrik haritalama.....	10
2.2. Seracılık ve İç Hava Kalitesi Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar	18
2.2.1. Genel çalışmalar	18
2.2.2. Tarımda Toz Partiküllerinin Sağlığa Etkisi	23
2.2.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu.....	28
3. MATERYAL VE METOT	30
3.1. Sera Özellikleri.....	30
3.2. Toprak Özellikleri	32
3.3. Ölçüm Cihazları	34
3.3.1. Partikül madde, sıcaklık ve bağıl nem ölçüm cihazı	34
3.3.2. Air 3D MAP cihazı.....	34
3.4. Mekansal Haritaların Oluşturulması	35
3.5. Ölçümlerin Yapılması	35
3.5.1. Toprak işleme ve dikim	37
3.5.2. Bakım İşlemleri	37
3.5.3. Hasat İşlemi	38
3.6. Ölçüm Verilerin İstatistiksel Analiz Yöntemi.....	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	40

4.1. Mekansal Haritalar	40
4.1.1. Toprak işleme ve dikim sırasında üretilen mekansal haritalar	40
4.1.2. Bakım sırasında üretilen mekânsal haritalar	47
4.1.3. Hasat sırasında üretilen mekânsal haritalar	54
4.2. İstatistiksel Analiz Bulguları	62
4.2.1. Ölçümlerin tanımlayıcı istatistikleri	62
4.2.2. Ölçümlerin Karşılaştırma Sonuçları	63
4.3. Ölçüm değerlerinin Uluslararası standart değerler ile karşılaştırılması	73
4.2.2. Ölçümlerin Karşılaştırma Sonuçları	73
5. SONUÇLAR	80
6. KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Sera İç Ortam Havaasının İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden Araştırılması**” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

06/02/2025

Ahmet ÇOŞGUN

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Sıcaklık (Santigrad Derece)
PM	: Toz Partikül Madde
CO ₂	: Karbondioksit
RH	: Bağıl Nem (%)

Kısaltmalar

ACGIH	: Amerikan Hükümeti Endüstriyel Hijyenistleri Topluluğu
ASHRAE	: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
BÜGEM	: Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CFD	: Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
ÇKS	: Çiftçi Kayıt Sistemi
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
ESD	: Eşik Sınır Değer (Threshold Limit Value-TLV),
GIS	: Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)
IDW	: Ters Mesafe Metodu
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
İSGM	: İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü
İSGÜM	: İş sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü
NIOSH	: İş Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration (İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UTM	: Evrensel Enine Mercator

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Seralarda iç hava kalitesi üzerine literatür taraması	4
Şekil 2.2. Sera İç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma bulunan dergiler.....	6
Şekil 2.3. Seralarda iç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma bulunan yayın türleri	6
Şekil 2.4. Seralarda İç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma bulunan alanlar	7
Şekil 2.5. Seralarda İç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma yayınlayan yayınevleri.....	8
Şekil 2.6. Seralarda İç hava kalitesi konusunda çalışmaların yıllara göre dağılımı	9
Şekil 2.7. Seralarda İç hava kalitesi üzerine ülkelerin Atıf Bağları görünümü	10
Şekil 2.8. Seralarda İç hava kalitesi üzerine yazarlar arası iş birliğini gösteren ortak yazar bağları görünümü	12
Şekil 2.9. Seralarda İç hava kalitesi kurumların atıf bağları görünümü	12
Şekil 2.10. Seralarda iç hava kalitesi en sık kullanılan anahtar kelime bağları görünümü	14
Şekil 2.11. İç hava kalitesi eserlerin bibliyografik eşleşme bağları görünümü	15
Şekil 2.12. Seralarda iç hava kalitesi eserlerin bibliyografik eşleşme bağları görünümü	16
Şekil 2.13. Seralarda iç hava kalitesi ortak atıf yapılan yazarlar arası bağların görünümü	17
Şekil 3.1. Sera alanlarının Google Earth görünümü	31
Şekil 3.2. Çalışmanın yapıldığı cam seraların boyutları	31
Şekil 3.3. Çalışmanın yapıldığı plastik sera boyutları	31
Şekil 3.4. Seralardan alınan özgün ve dinamik toprak göstergeleri.....	33
Şekil 3.5. Partikül ölçüm cihazı (PCE)	34
Şekil 3.6. Toprak işleme sırasındaki (a-çizel, b-toprak frezesi) ölçüm görünümleri.....	37
Şekil 3.7. Seralarda dikim işlemi sırasındaki ölçümler (a, b)	37
Şekil 3.8. Bakım işlemleri ve ölçümler (a, b, c, d, e, f)	38
Şekil 3.9. Hasat işlemleri ve ölçümler (a, b, c, d)	39

Şekil 4.1. CS1 (hıyar) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	40
Şekil 4.2. CS1 (hıyar) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	41
Şekil 4.3. CS2 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	42
Şekil 4.4. CS2 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	42
Şekil 4.5. CS3 (biber) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	43
Şekil 4.6. CS3 (biber) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	44
Şekil 4.7. CS4 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	45
Şekil 4.8. CS4 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	45
Şekil 4.9. PS1 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	46
Şekil 4.10. PS1 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	46
Şekil 4.11. CS1 (hıyar) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	48
Şekil 4.12. CS1 (hıyar) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	48
Şekil 4.13. CS2 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	49
Şekil 4.14. CS2 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	49
Şekil 4.15. CS3 (biber) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	50
Şekil 4.16. CS3 (biber) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	51
Şekil 4.17. CS4 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	52

Şekil 4. 18. CS4 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	52
Şekil 4.19. PS1 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	53
Şekil 4.20. PS1 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	54
Şekil 4.21. CS1 (hıyar) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	55
Şekil 4.22. CS1 (hıyar) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	55
Şekil 4.23. CS2 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	56
Şekil 4.24. CS2 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	57
Şekil 4.25. CS3 (biber) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	58
Şekil 4.26. CS3 (biber) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a), (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları	58
Şekil 4.27. CS4 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	59
Şekil 4.28. CS4 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	60
Şekil 4.29. PS1 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları	60
Şekil 4.30. PS1 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları.....	61
Şekil 4.31. PM1 ölçümünün gruplara göre 1. 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması	64
Şekil 4.32. PM2.5 Ölçümünün gruplara göre 1., 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması	65
Şekil 4.33. PM10 ölçümünün gruplara göre 1., 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması	66
Şekil 4.34. Sıcaklık (°C) ölçümünün gruplara göre 1., 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması.....	67

Şekil 4.35. Bağıl nem ölçümünün gruplara göre 1., 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması	68
Şekil 4.36. Antalya PM2.5 ölçüm ortalamasının diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması	75
Şekil 4.37. Antalya PM10 ölçüm ortalamasının diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması	76
Şekil 4.38. Antalya bağıl nem (%) ölçüm ortalamasının diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması	77
Şekil 4.39. Antalya sıcaklık (°C) ölçüm ortalamasının diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması	78



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Tek ürün yetiştiriciliğinde uygulanan tarımsal işlemler ve işlem sayıları.....	19
Çizelge 2.2. Sonbahar yetiştiriciliğinde uygulanan tarımsal işlemler ve işlem sayıları.....	20
Çizelge 2.3. İlkbahar yetiştiriciliğinde uygulanan tarımsal işlemler ve işlem sayıları.....	21
Çizelge 2.4. İç hava kalitesi ile ilgili değişik ülkelere ait standart değerler	22
Çizelge 2.5. Kirleticilerin İnsan sağlığına etkileri (Bulgurcu. vd. 2005).*	24
Çizelge 2.6. Bazı tarımsal kirleticiler için PM10 ve PM2.5 eşik sınır değerleri	24
Çizelge 2.7. EPA Hava kalitesi indeksi	25
Çizelge 2.8. Tarımda önerilen farklı ülkelerin maksimum maruziyet düzeyleri... ..	26
Çizelge 2.9. Tarımsal solunum yolu tehlikeleri ve hastalıkları	27
Çizelge 2.10. Yaygın tarımsal solunum yolu maruziyetleri ve etkileri	27
Çizelge 2.11. Temiz odalar için TS 11605 EN ISO 14644-1 standardı.....	28
Çizelge 3.1. Çalışmanın yapıldığı sera özellikleri	32
Çizelge 3.2. Seralardan alınan Toprak Analiz Raporu	32
Çizelge 3.3. Seralardan alınan toprak özgün, dinamik, bitki besin ölçüleri	33
Çizelge 3.4. Toz partikül ölçüm cihazının (PCE) teknik özellikleri.....	34
Çizelge 3.5. AIR 3D MAP cihazı teknik özellikleri.	35
Çizelge 3.6. Araştırma kapsamında yapılan ölçümler	36
Çizelge 3.7. Seralarda yetiştirilen ürünler ve dikim tarihleri.....	36
Çizelge 3.8. Araştırma kapsamında yapılan ölçüm yükseklikleri.....	36
Çizelge 4.1. Ölçümlerin ortalama ve standart sapma değerleri ile normal dağılım varsayımının incelenmesi.....	62
Çizelge 4.2. Ölçümlere göre gruplar ve aşamalar arasındaki farklılıkların incelenmesi.....	69
Çizelge 4.3. Antalya'daki bağıl nem ve sıcaklık ölçümlerinin diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması	74

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimdeki işlemler, teknolojik uygulamalara bağlı olarak insan işgücü ya da mekanizasyon araçları ile gerçekleştirilmektedir. Yapılan işin doğası gereği çalışanlar, farklı girdi kullanmak ve işlemler sırasında alet ve makinalardan yararlanmak zorundadırlar. Tarımsal üretimde çeşitli girdi ve araçların kullanımı, uygun şartlarda gerçekleştirilmediğinde iş sağlığı ve güvenliği açısından bazı riskleri barındırmaktadır. Bu özellikleri ile tarımsal üretim iş sağlığı ve güvenliği açısından madencilik ve inşaat ile birlikte en tehlikeli sektörler arasında değerlendirilmektedir (Molina-Guzman ve Ríos-Osorio 2018). Dünya’da ve Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli konuların belirlenmesi, istatistiklerin çıkarılması, iş kazalarının önlenmesine yönelik farkındalık oluşturulması, eğitim ve yasal yaptırımlar gibi farklı alanlarda çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda Türkiye’de de bu alanda son yıllarda yürütülen çalışmalar daha çok gündemde yer almaya başlamıştır.

Türkiye, gerek üretim alanı gerekse iklim ve coğrafik özellikler açısından tarımsal potansiyeli yüksek bir ülkedir ve toplam tarım alanı 23009000 ha’dır (TUİK 2024). Çiftçi Kayıt Sistemi’ne göre toplam çiftçi sayısı 2177000’dır (ÇKS 2024).

Tarımsal üretim farklı üretim kollarında yapılmaktadır. Sera yetiştiriciliği tarımsal üretim içerisinde özel bir yere sahiptir. Emek ve sermaye yoğun bir yetiştiricilik olmasının yanında üretimin bir yapı altında gerçekleştiriliyor olması seracılığı diğer üretim kollarından ayırmaktadır. Seralar, iklim koşullarının açıkta bitki yetiştirmeye elverişli olmadığı dönemlerde, kültür bitkilerinin ekonomik olarak yetiştirilmesini olanaklı kılan, bitkisel üretim için gerekli olan gelişim etmenlerini sağlayabilen içinde hareket edilebilir yapılardır (Sevgican vd. 2000). Seralar aynı zamanda tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini artıran, verimliliği yükselten ve iklim koşullarına bağlı riskleri azaltan ortamlardır.

Önemli bir seracılık merkezi olan Türkiye de toplam örtü altı alanı 77611 ha’dır. Toplam örtüaltı alanının yaklaşık %65’ini (50886 ha) sera alanları oluşturmaktadır. Toplam sera alanlarının 5595 ha’nı cam sera, 45291 ha’nı plastik sera alanları oluşturmaktadır (TUİK 2024). Sera yetiştiriciliği farklı şekillerde yapılmaktadır. Yetiştirilen ürünler (sebze, meyve, süs bitkileri, fide vb.), yetiştiricilik yapılan dönemler (ilkbahar, sonbahar, tüm sezon, yaz dönemi), kullanılan ısıtma sistemleri (jeotermal), teknolojik altyapı (modern ve geleneksel seralar) gibi özelliklere göre seracılık çeşitlilik göstermektedir. Sera yetiştiriciliği özellikle iklim koşullarının uygun olduğu Akdeniz sahil kuşağında gelişmiştir. Ülkemizde sera yetiştiriciliği, Antalya ili ve çevresinde yoğunlaşmaktadır. Sera yetiştiriciliği özellikle iklim koşullarının uygun olduğu Akdeniz sahil kuşağında gelişmiştir. Plastik seraların yaklaşık %55’i, cam seraların ise %85’i Antalya ilinde yer almaktadır. Toplam sera alanlarının ise yaklaşık %60’ı Antalya ilinde yer almaktadır. Uygun iklim ve coğrafi altyapısı ise günümüzde Antalya ili Türkiye’de seracılığın merkezi konumundadır. Sera yetiştiriciliğinde, aile işletmelerinde geleneksel seralarda yapılan sebze yetiştiriciliği en yaygın üretim şeklidir. Yetiştirilen ürünler bölge ve ülke içinde tüketildiği gibi yurtdışına da pazarlanmaktadır. Bu özelliği ile yerel halk için önemli bir geçim kaynağı olmasının yanında ülke ekonomisine de katkı sağlamaktadır.

Sera yetiştiriciliğinde altyapı özelliklerine bağlı olarak farklı düzeylerde mekanizasyon veya otomasyon sistemleri kullanılmasına rağmen, özellikle kültürel işlemler için yoğun bir insan işgücü kullanımı söz konusudur. Yetiştiricilik sırasında farklı makine/sistemlerle çalışmak durumunda olan sera çalışanları yıl içerisinde sera içinde uzun süre çalışmaktadırlar. Bu nedenle, sera yetiştiriciliğinde iş sağlığı ve güvenliği konularının önemi artmaktadır. Kullanılan mekanizasyon araçları, iklimlendirme sistemleri, kullanılan kimyasallar, bir kas gücü ve çalışma sırasında belirli bir duruş (posture) gerektiren işlemler, yüksekte çalışma, iç ortam havasının özellikleri gibi konular iş sağlığı ve güvenliği açısından başlıca dikkat edilmesi gereken konular arasında görülmektedir.

İç hava kalitesinin belirlenmesi iş sağlığı ve güvenliği kapsamında dikkate alınması gereken konular arasında yer almaktadır. Bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyüebilmesi ve sera içerisinde çalışanların sağlığı açısından, seralardaki iç hava kalitesinin düzeyi oldukça önemlidir. Sera içerisinde sıcaklık, nem, karbon dioksit (CO₂) seviyesi ve oksijen vb. gibi bileşenlerin doğru oranlarda olması beklenir.

Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde tarımsal alanda yapılan çalışmalar içerisinde sera yetiştiriciliğine yönelik yapılan çalışmaların diğer üretim kollarına göre daha sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların daha çok saha çalışması niteliğinde durum tespitine yönelik çalışmalardan oluştuğu görülmektedir. Yine Türkiye'deki çalışmalar incelendiğinde kapalı bir ortam olan seralardaki iç ortam havası ile ilgili bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu nedenle veri tabanının oluşturulmasına yönelik literatürdeki boşluğun doldurulmasına katkı sağlayacak çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada seralarda, iç ortam havasının iş sağlığı ve güvenliği açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada geleneksel yapıdaki seralarda, farklı ürünlerde pratik koşullarda toz olarak da adlandırılan partikül madde (PM), bağıl nem ve sıcaklık değerlerinin belirlenmesine yönelik ölçümler yapılmıştır. Ölçülen verilerin konu ile ilgili oluşacak veri tabanına katkı sağlaması hedeflenmiştir. Ölçüm sonuçları Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile IDW yöntemi ile analizler yapılarak mekânsal haritalar üretilmiş, SPSS de istatistiksel olarak da yorumlanmıştır. Ölçüm sonuçları toplanmış, İş Sağlığı ve Güvenliği açısından önerilen sınır değerler ile kıyaslanarak değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca, yapılan bu çalışma ile elde edilecek veriler neticesinde bir veri tabanı oluşturulması hedeflenmiştir.

2. KAYNAK TARAMASI

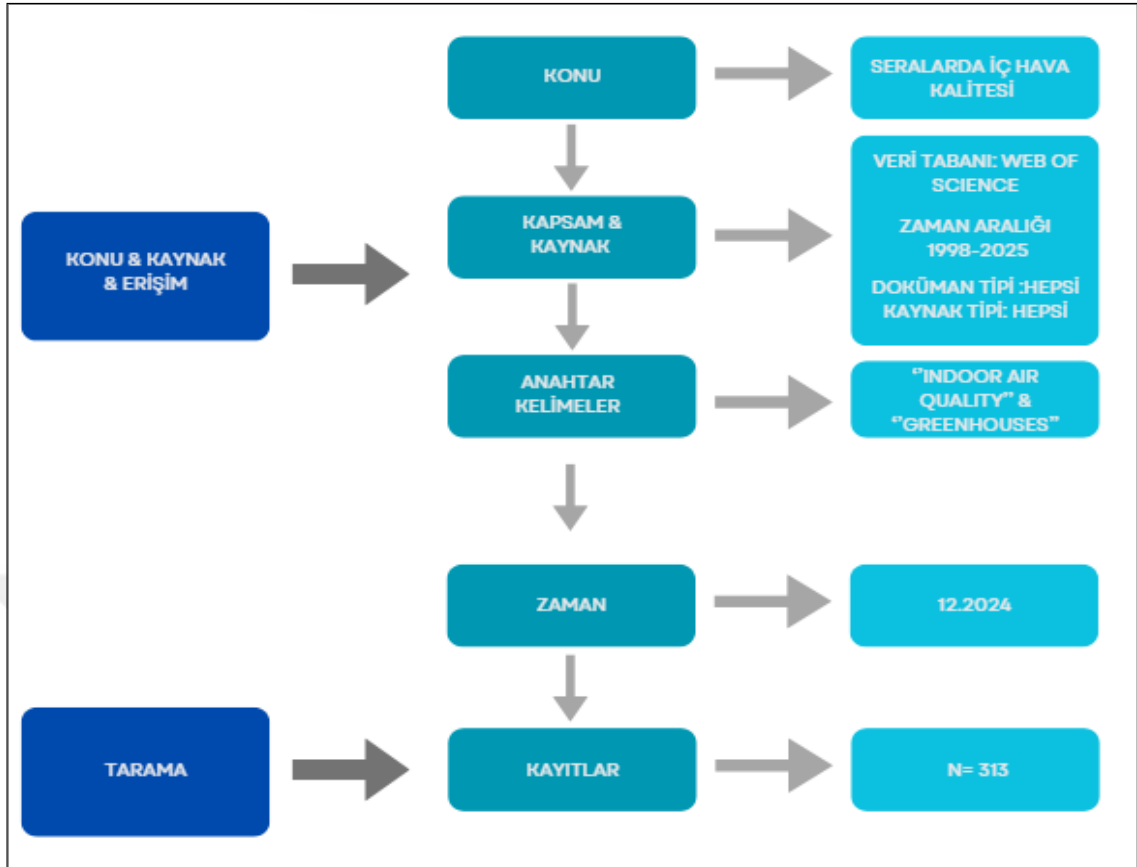
2.1. Seralarda İç Hava Kalitesi Üzerine Yapılan Uluslararası Çalışmaların Bibliyometrik Analiz İle Değerlendirilmesi

Seralarda iç hava kalitesi, diğer kapalı mekânlardan farklı olarak hem bitki sağlığı hem de çalışan sağlığı açısından çift yönlü bir öneme sahiptir. Sera ortamında sıcaklık, nem ve CO₂ konsantrasyonu gibi faktörler, bitkilerin optimal gelişimi için hayati önem taşımaktadır (Jin & He 2015). Seralardaki hava kalitesi koşulları, bitkilerin fotosentez oranını, su kullanım verimliliğini ve genel büyüme performansını doğrudan etkilemektedir. Seralarda etkili havalandırma sistemleri, bitki gelişimi ve çalışan sağlığı için temel bir gereksinimdir (Földvry vd. 2017). Modern sera sistemlerinde, doğal ve mekanik havalandırma yöntemleri ile ileri izleme teknolojileri birlikte kullanılarak optimal iç ortam koşulları sağlanmaya çalışılmaktadır (Conceio vd. 2022; Jo vd. 2020). Özellikle sıcak dönemlerde, bitkilerin konfor ortamını sağlamak için havalandırma ve gölgeleme sistemlerinin entegre kullanımı önem kazanmaktadır (Baytorun ve Abass 2022). Sera yapı malzemelerinin seçimi ve kullanılan ekipmanların emisyon özellikleri, iç hava kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir (Chi vd. 2016; Gao vd. 2017). Enerji geri kazanımlı havalandırma sistemleri gibi modern teknolojiler, sera içi hava kalitesinin iyileştirilmesinde etkili çözümler sunmaktadır (Jareemit vd. 2017). Sera çalışanlarının sağlığı açısından bakıldığında, uzun süre maruz kalınan yüksek nem ve sıcaklık gibi faktörler, çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Mfarrej vd. 2020). Bu nedenle, sera içi hava kalitesinin yönetiminde hem bitki gereksinimleri hem de insan sağlığı faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak, seralarda iç hava kalitesi yönetimi, sürdürülebilir tarımsal üretim ve çalışan sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Havalandırma sistemleri, yapı malzemeleri ve çevresel koşulların entegre yönetimi, sera ortamında optimal iç hava kalitesinin sağlanması için temel gereksinimdir. Bu alandaki araştırmalar ve teknolojik gelişmeler, sera üretim verimliliğinin artırılması ve çalışan sağlığının korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, seralarda iç hava kalitesi üzerine yapılan araştırmaların kapsamlı bir bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Veri toplama süreci, Web of Science veri tabanı kullanılarak Aralık 2024 tarihinde, 1996-2025 yılları arasındaki makalelerin sistematik bir şekilde taranmasını içermektedir. Çalışmanın arama stratejisinde kullanılan anahtar kelimeler aşağıdaki gibidir.

- "Sera İç Hava Kalitesi" (Greenhouse Indoor Air Quality),
- "Sera Havalandırması" (Greenhouse Ventilation),
- "Sera İklim Kontrolü" (Greenhouse Climate Control),
- "Sera Ortam Kalitesi" (Greenhouse Environmental Quality)

Analizde tarama kapsamı, hakemli makaleler, konferans bildirileri ve kitap bölümlerini içerecek şekilde genişletilmiştir. Bu tarama sonucunda, 313 akademik çalışma tespit edilmiş ve analiz için veri seti oluşturulmuştur. Çalışmaya ait şematik görüntü Şekil 2.1’de yer almaktadır.



Şekil 2.1. Seralarda iç hava kalitesi üzerine literatür taraması

Bibliyometrik analizin gerçekleştirilmesinde VOSviewer (sürüm 1.6.16) yazılımı kullanılmış ve analiz beş temel boyutta yürütülmüştür. İlk olarak, küresel araştırma eğilimleri kapsamında, sera iç hava kalitesi alanında yayınlanan çalışmaların yıllara göre dağılımı, yayın türleri ve araştırma konularındaki değişimler incelenmiştir.

İkinci aşamada, yazar analizi gerçekleştirilerek seracılık ve iç hava kalitesi alanında öncü araştırmacılar belirlenmiş ve en çok atıf alan 5 yayın değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, özellikle sera teknolojileri ve havalandırma sistemleri üzerine çalışan araştırmacıların katkıları analiz edilmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında, kurumsal ve coğrafi analiz yapılarak, sera iç hava kalitesi araştırmalarının hangi kurumlar ve ülkeler tarafından yönlendirildiği ortaya konmuştur. Özellikle seracılığın yaygın olduğu bölgelerdeki araştırma merkezleri ve üniversitelerin katkıları incelenmiştir.

Atıf analizi çalışmanın dördüncü boyutunu oluşturmuş ve bu kapsamda en etkili araştırmalar ile araştırmacılar belirlenmiş, özellikle sera tasarımı, otomasyon sistemleri ve hava kalitesi yönetimi konularındaki çalışmaların etki düzeyleri değerlendirilmiştir.

Beşinci aşamada anahtar kelime analizi gerçekleştirilerek, sera iç hava kalitesi alanındaki teknolojik gelişmelerin ve araştırma trendlerinin zamansal evölüsyonu ortaya

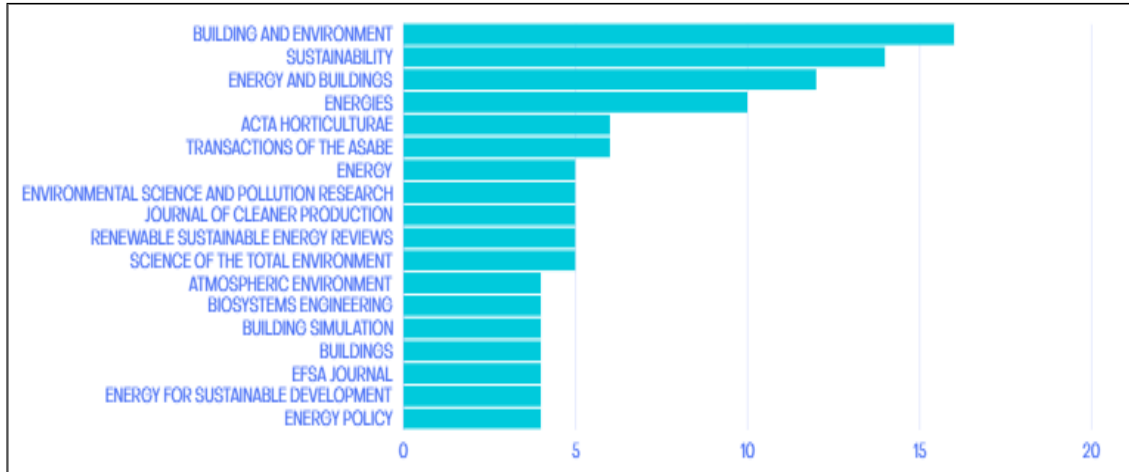
çıkarılmıştır. Bu analizde özellikle akıllı sera sistemleri, enerji verimliliği ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına yönelik trendler incelenmiştir. Bu metodolojik yaklaşım sayesinde, sera iç hava kalitesi alanındaki bilimsel gelişmelerin, teknolojik yeniliklerin ve uluslararası iş birliklerinin bütüncül bir resmi ortaya konmuştur.

Çalışmanın gelecekteki seracılık araştırmalarının yönlendirilmesi, modern sera teknolojilerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir tarım politikalarının oluşturulması için değerli bir kaynak teşkil etmesi düşünülmektedir. Çalışmada ayrıca pandemi sonrası dönemde sera işletmeciliğinde yaşanan dijital dönüşüm ve otomasyon süreçleri de detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bu bibliyometrik analiz çalışması, sera ortamlarında iç hava kalitesi yönetiminin temel araştırma alanlarını ve mevcut literatürdeki bilgi boşluklarını ortaya koymaktadır. Araştırma sonuçları, sera sistemlerinde hava kalitesi kontrolü, otomasyon teknolojileri ve sürdürülebilir üretim yöntemleri arasındaki ilişkileri açıkça göstermektedir. Çalışma kapsamında incelenen araştırmalar, modern seracılıkta iç hava kalitesi yönetiminin bitki sağlığı ve verimlilik üzerindeki kritik etkilerini vurgulamaktadır. Ayrıca, sera çalışanlarının sağlığı ve konforu açısından optimal iç ortam koşullarının sağlanmasının önemi de tespit edilmiştir. Bu alanda geliştirilen yöntemlerin ve elde edilen bulguların ışığında, hem sera iç hava kalitesini iyileştirmek hem de bunun bitki üretimi, çalışan sağlığı ve enerji verimliliği üzerindeki etkilerini optimize etmek için kapsamlı politika önerileri sunulmaktadır. Tarama sonuçlarının özellikle akıllı sera sistemleri, enerji tasarruflu havalandırma çözümleri ve sürdürülebilir üretim teknolojilerinin geliştirilmesi konularında yol gösterici nitelikte olduğu düşünülmektedir.

2.1.1. Seralarda iç hava kalitesi üzerine küresel araştırma eğilimleri

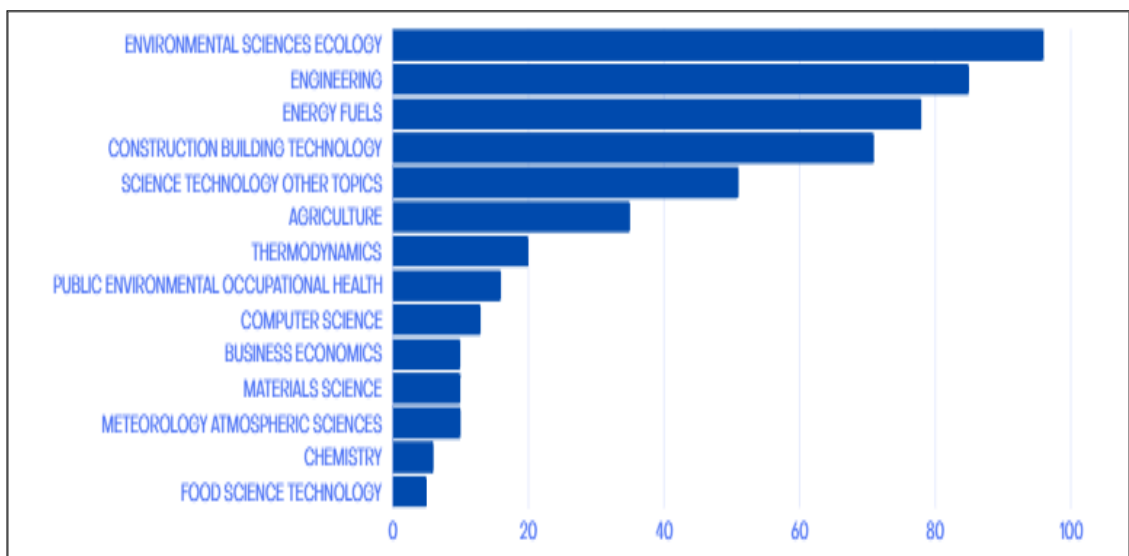
Bu bölümde, seralarda iç hava kalitesi üzerine yapılan araştırmaların eğilimleri; yıllara göre yayın sayısı, konu başlıkları, yazarların ülkelerle bağlantıları ve atıf performansı gibi ölçütler temelinde analiz edilerek, bu alandaki bilimsel literatürün gelişimi ve dağılımına dair ayrıntılı bir inceleme sunulmaktadır. Analiz sonuçları, sera iç hava kalitesinin çeşitli boyutlarını anlamaya yönelik araştırma eğilimlerini ortaya koymaktadır. Özellikle, sürdürülebilir sera tasarımları, enerji verimli havalandırma sistemleri ve sera içi partikül kontrolüne yönelik çalışmaların önemine dikkat çekilmektedir. Bu bağlamda çalışma, sera iç hava kalitesi ile ilgili mevcut literatürü değerlendirirken, ziraat mühendisliği, çevre bilimleri ve enerji yönetimi alanları arasındaki disiplinler arası iş birliğinin ve uluslararası bilgi paylaşımının alandaki gelişmeleri nasıl hızlandırabileceğine dair önemli veriler sunmaktadır.

Yapılan analiz sonucunda sera iç hava kalitesi araştırmalarına ilişkin yapılan bibliyometrik analizde belirlenen dergiler Şekil 2.2'de verilmiştir. Şekil 2.2'de "Building and Environment" dergisinin 16 yayınlı alandaki en üretken dergi olduğu görülmektedir. İkinci sırada yer alan "Sustainability" dergisi 14 yayınlı sürdürülebilir sera sistemleri ve çevre dostu uygulamalar konusunda önemli bir platform oluşturmaktadır. "Energy and Buildings" dergisi ise 12 yayınlı üçüncü sırada yer almakta ve özellikle sera enerji verimliliği ve iklimlendirme sistemleri konularındaki çalışmalara odaklanmaktadır. "Energies" dergisi 10 yayınlı dördüncü sırada yer alırken, "Acta Horticulturae" ve "Transactions of the ASABE" 6'şar yayınlı beşinci sırayı paylaşmıştır.



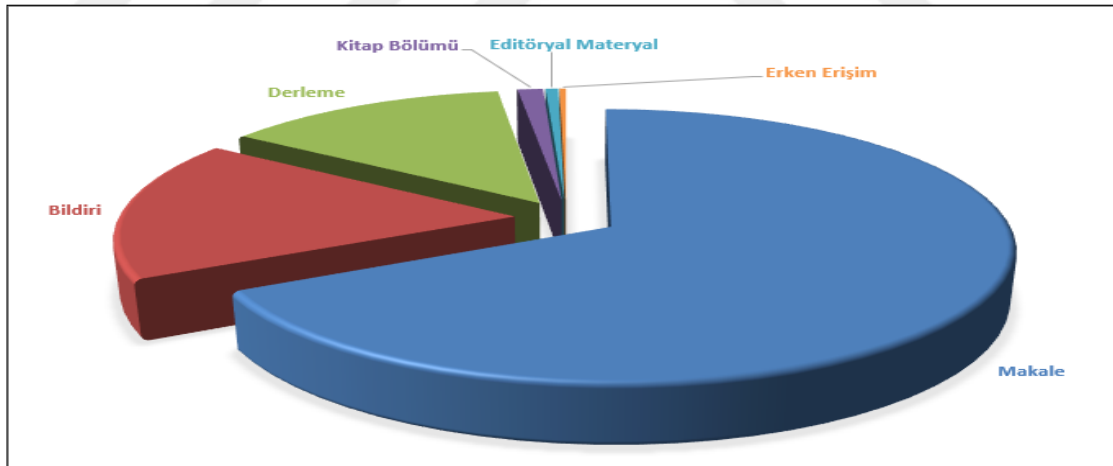
Şekil 2.2. Sera İç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma bulunan dergiler

Bu dergiler, sera teknolojileri, bitki üretimi ve tarımsal mühendislik konularında önemli araştırmalara ev sahipliği yapmaktadır. "Energy", "Environmental Science and Pollution Research", "Journal of Cleaner Production", "Renewable Sustainable Energy Reviews" ve "Science of the Total Environment" dergilerde 5'er yayın tespit edilmiştir. Diğer önemli dergiler arasında "Atmospheric Environment", "Biosystems Engineering", "Building Simulation", "Buildings", "EFSA Journal", "Energy for Sustainable Development" ve "Energy Policy" 4'er yayınlı yer almaktadır. Bu veriler, sera iç hava kalitesi araştırmalarının multidisipliner yapısını yansıtmakta olup, tarım, mühendislik, enerji ve çevre bilimleri alanlarındaki dergilerin konuya olan ilgisini göstermektedir. Yayın dağılımı, seralarda iç hava kalitesi araştırmalarının geniş bir disiplin yelpazesinde ele alındığını ve alanın sürdürülebilir tarım, enerji verimliliği ve çevre koruma hedefleriyle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 2.3'te sera iç hava kalitesi araştırmalarının disiplinler arası dağılımı, konunun çok boyutlu yapısı görülmektedir.



Şekil 2.3. Seralarda iç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma bulunan yayın türleri

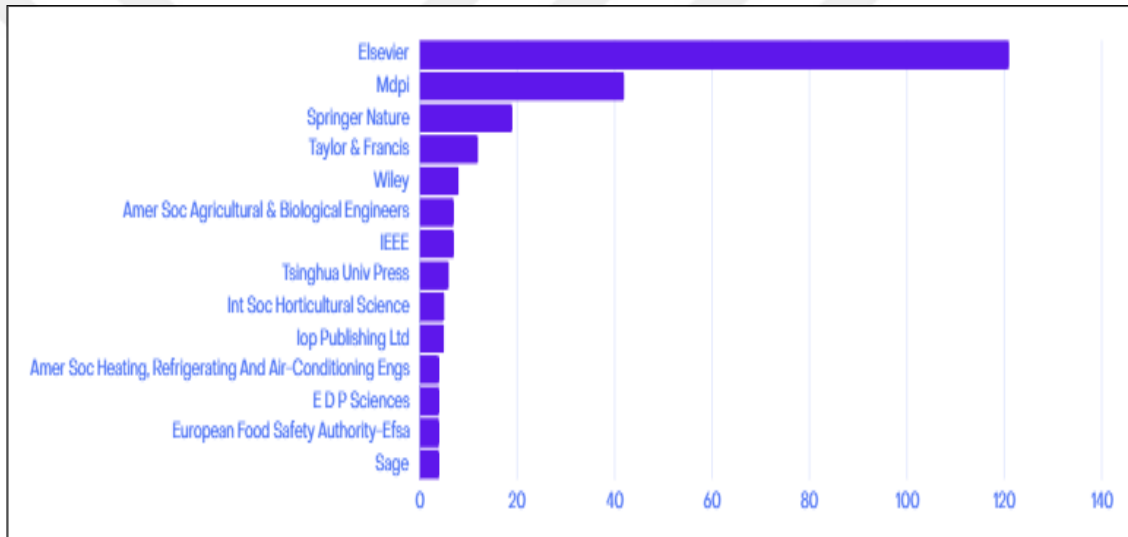
Şekil 2.3'te bu alandaki çalışmaların geniş bir akademik yelpazede gerçekleştirildiği görülmektedir. Çevre Bilimleri ve Ekoloji alanı 96 yayınlı lider konumdadır. Bu durum, sera ortamlarının ekolojik dengesinin ve çevresel etkilerinin önemini vurgulamaktadır. Bunu 85 yayınlı Mühendislik alanı takip etmektedir ki bu da sera tasarımı ve kontrol sistemlerinin teknik yönlerine verilen önemi göstermektedir. Enerji ve Yakıtlar alanı 78 yayınlı üçüncü sırada yer alırken, İnşaat ve Yapı Teknolojileri 71 yayınlı dördüncü sırayı almıştır. Bu iki alanın yüksek yayın sayısı, seralarda enerji verimliliği ve yapısal tasarımın önemini yansıtmaktadır. Bilim ve Teknoloji alanındaki 51 yayın, sera sistemlerinde yenilikçi çözümlere olan ilgiyi gösterirken, Tarım alanındaki 35 yayın, konunun temel üretim boyutunu vurgulamaktadır. Termodinamik alanındaki 20 yayın, sera iklimlendirme sistemlerinin önemini ortaya koyarken, Kamu Çevre ve Mesleki Sağlık alanındaki 16 yayın, sera çalışanlarının sağlığına verilen önemi göstermektedir. Bilgisayar Bilimi alanındaki 13 yayın, akıllı sera sistemleri ve otomasyon teknolojilerinin gelişimine işaret ederken, İşletme ve Ekonomi ile Malzeme Bilimi alanlarındaki 10'ar yayın, sera işletmeciliğinin ekonomik ve materyal boyutlarını yansıtmaktadır. Meteoroloji ve Atmosfer Bilimlerindeki 10 yayın, sera içi ve dışı hava koşulları arasındaki etkileşimin önemini vurgularken, Kimya alanındaki 6 yayın, sera ortamındaki kimyasal süreçlerin incelenmesine odaklanmaktadır. Bu disiplinler arası dağılım, sera iç hava kalitesi konusunun çevre bilimleri, mühendislik, enerji yönetimi ve tarım teknolojilerinin kesişimin de yer aldığını ve bütünlüklü bir yaklaşımla ele alınması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle sürdürülebilir sera sistemleri, enerji verimliliği ve akıllı kontrol teknolojileri gibi yenilikçi yaklaşımların, farklı disiplinlerin iş birliğiyle geliştirildiği görülmektedir. Seralarda iç hava kalitesi araştırmalarının yayın türlerine göre dağılımı, Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Seralarda İç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma bulunan alanlar

En yaygın yayın türü 227 yayın ile akademik makaleler olup, bu sayı alandaki bilimsel araştırmaların yoğunluğunu göstermektedir. Bu durum, sera iç hava kalitesi konusunun akademik literatürde ciddi bir yer tuttuğunu ve konunun bilimsel açıdan detaylı olarak incelendiğini ortaya koymaktadır. Konferans bildiri makaleleri 57 yayınlı ikinci sırada yer almakta, bu da sera iç hava kalitesi alanında bilimsel toplantıların ve konferansların önemli bir bilgi paylaşım platformu olduğunu göstermektedir. Derleme makaleleri 45 yayınlı üçüncü sırada yer alarak, alandaki bilgi birikiminin sistematik

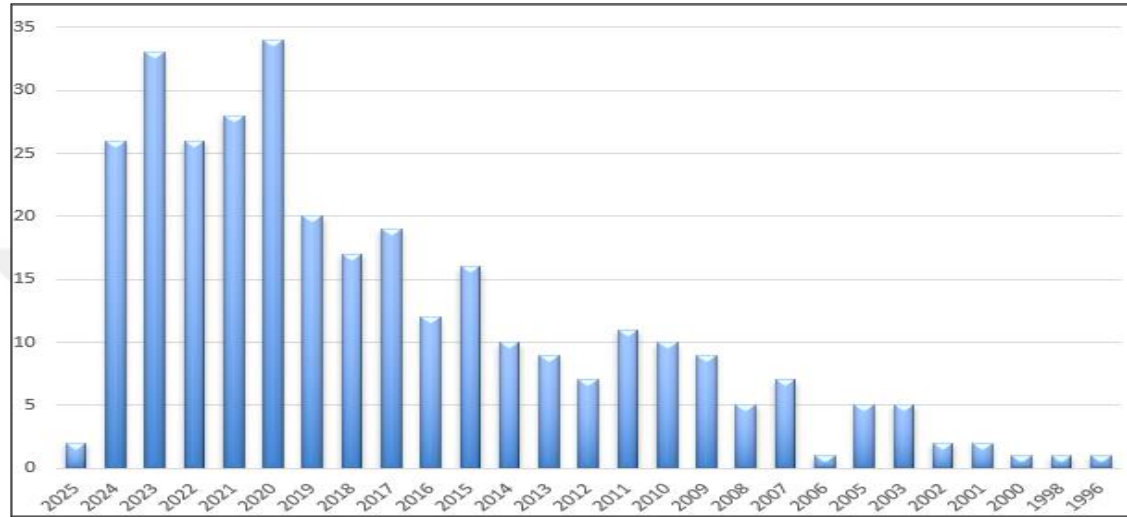
değerlendirmesine verilen önemi vurgulamaktadır. Bu derleme çalışmaları, sera iç hava kalitesi konusundaki mevcut bilgi birikiminin sentezlenmesi ve gelecek araştırmalara yön verilmesi açısından önemli bir rol oynamaktadır. Kitap bölümleri 4 yayımla dördüncü sırada yer almaktadır ve konunun daha kapsamlı ve derinlemesine incelenmesine olanak sağlamaktadır. Editöryal materyal kategorisinde 2 yayın bulunmakta, bu da alanın uzman görüşlerine ve yönlendirmelerine verilen önemi göstermektedir. Erken erişim kategorisinde 1 yayının bulunması, sera iç hava kalitesi alanındaki güncel araştırmaların hızlı bir şekilde bilim dünyasıyla paylaşılma eğilimini yansıtmaktadır. Bu yayın türü dağılımı, sera iç hava kalitesi araştırmalarının farklı bilimsel iletişim kanallarını etkin bir şekilde kullandığını göstermektedir. Akademik makalelerin baskın olması, alanın bilimsel temelini güçlü olduğunu, konferans bildirilerinin yüksek sayıda olması ise araştırmacılar arasındaki aktif bilgi paylaşımını vurgulamaktadır. Derleme makalelerinin önemli bir yer tutması da alandaki bilgi birikiminin sistematik olarak değerlendirildiğini ve gelecek araştırmalara yol gösterici nitelikte olduğunu ortaya koymaktadır. Sera iç hava kalitesi araştırmalarının yayıncı kuruluşlara göre dağılımı, Şekil 2.5'de yer almaktadır.



Şekil 2.5. Seralarda İç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma yayınlayan yayınevleri

Seralarda İç hava kalitesi konusunda en fazla çalışma yayınlayan yayınevleri incelendiğinde Elsevier'in 121 yayımla ara lider konumunda olduğu görülmektedir. Bu rakam, Elsevier'in sera iç hava kalitesi araştırmalarına verdiği önemi ve alandaki baskın konumunu göstermektedir. MDPI, 42 yayımla ikinci sırada yer alarak, özellikle açık erişim yayıncılık modeliyle bu alanda güçlü bir alternatif sunmaktadır. Springer Nature'ın 19 yayımla üçüncü sırada olması, köklü akademik yayıncılığın bu alandaki önemini vurgulamaktadır. Taylor & Francis (12 yayın) ve Wiley (8 yayın) gibi geleneksel yayınevleri de, sera iç hava kalitesi araştırmalarının yayınlanmasında önemli roller üstlenmektedir. American Society of Agricultural & Biological Engineers ve IEEE'nin 7'şer yayımla listedeki varlığı, konunun hem tarımsal teknolojiler hem de mühendislik boyutlarının önemini göstermektedir. Tsinghua University Press'in 6 yayımla listede yer alması, Asya bölgesindeki araştırma faaliyetlerinin yoğunluğuna işaret etmektedir. International Society of Horticultural Science ve IOP Publishing Ltd. 5'er yayımla önemli katkılar sağlarken, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning

Engineers ile E D P Sciences 4'er yayınlı listeye girmiştir. Bu kurumların varlığı, sera iç hava kalitesi araştırmalarının multidisipliner yapısını ve farklı uzmanlık alanlarının konuya olan ilgisini yansıtmaktadır. Bu yayıncı dağılımı, sera iç hava kalitesi araştırmalarının geniş bir akademik yelpazede ilgi gördüğünü ve farklı yayın platformlarında kendine yer bulduğunu göstermektedir. Özellikle önde gelen akademik yayınevlerinin konuya gösterdiği ilgi, alanın bilimsel önemini ve gelişim potansiyelini vurgulamaktadır. Sera iç hava kalitesi araştırmalarının 1996'dan 2025'e uzanan kronolojik gelişimi, Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Seralarda İç hava kalitesi konusunda çalışmaların yıllara göre dağılımı

Sera iç hava kalitesi araştırmalarının 1996'dan 2025'e uzanan kronolojik gelişim süreci, bu alandaki bilimsel üretimin özellikle son yıllarda etkileyici bir ivme kazandığını ortaya koymaktadır. 2025 yılına ait 2 erken yayın ve 2024 yılındaki 26 yayın, alandaki güncel araştırma dinamizmini göstermektedir. 2023 yılında 33 adet yayın mevcut iken 2022'de 26 ve 2021'de 28 yayın gerçekleştirilmiştir. En fazla makalenin 2020 yılında yayınlanmasında COVID-19 pandem sürecinin etkili olduğu düşünülmektedir. Zira bu dönemde iç hava kalitesinin sağlık üzerine etkileri akademisyenler ve halk tarafından ilgi çektiği bir dönemi içermektedir. 2015-2019 dönemi, alanda önemli bir gelişimin yaşandığı yıllar olmuştur. 2019'da 20, 2018'de 17, 2017'de 19, 2016'da 12 ve 2015'de 16 yayın yapılmıştır. 2010-2014 döneminde yıllık ortalama 9-11 yayın görülürken, 2005-2009 döneminde bu sayı yıllık 5-9 arasında değişmiştir. 2000'li yılların başında ve 1990'ların sonunda yayın sayıları daha düşük seviyelerde seyretmiştir. 2000-2004 arasında yıllık 1-5 yayın görülürken, 1996-1999 döneminde yıllık ortalama 1 yayın üretilmiştir. Bu erken dönemde yapılan temel araştırmalar, alanın bilimsel altyapısını oluşturmuştur. Son yıllardaki yüksek yayın sayıları, sürdürülebilir tarım uygulamalarına artan ilgi, teknolojik yenilikler ve enerji verimliliği konusundaki farkındalığın bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Sera iç hava kalitesi araştırmalarının giderek daha interdisipliner bir karakter kazanması ve akıllı tarım teknolojileriyle kesişmesi, yayın sayılarındaki artışın temel nedenleri arasındadır. Bu akım, alanın gelecekte de dinamik gelişimini sürdüreceğine işaret etmektedir.

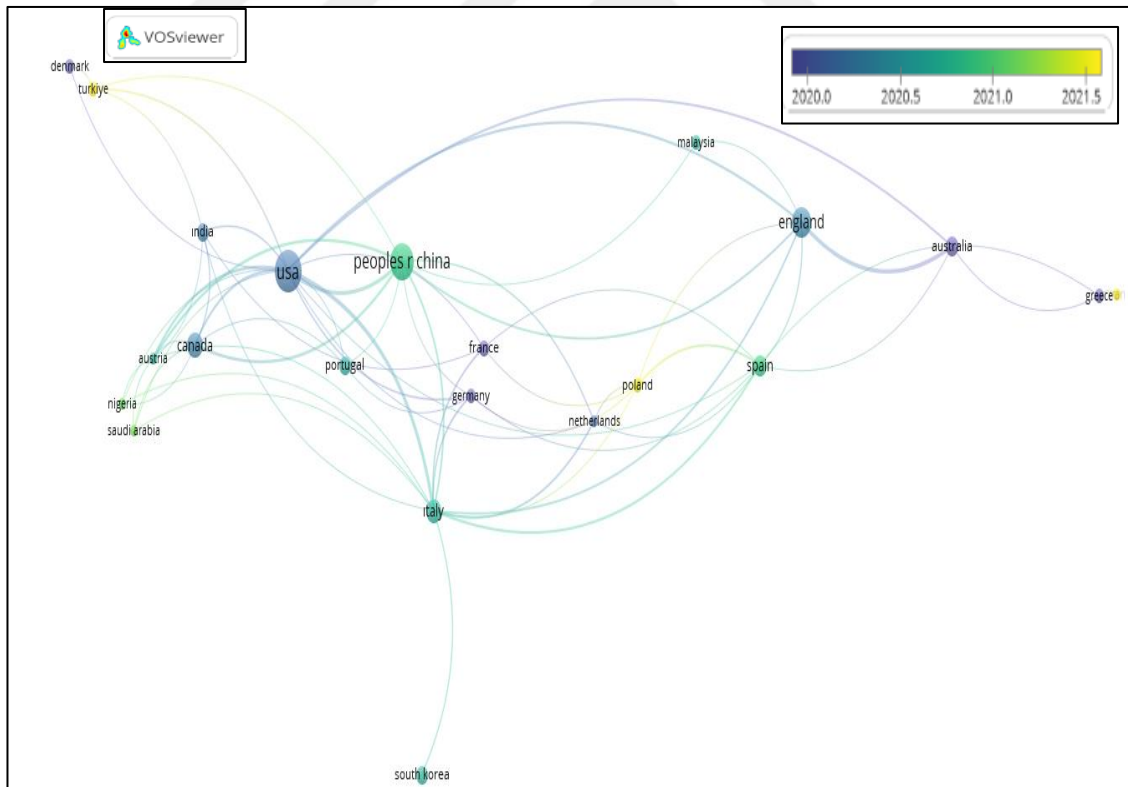
2.1.2. Seralarda iç hava kalitesi: Bibliyometrik haritalama

Bibliyometrik haritalandırma, iç hava kalitesi alanındaki akademik çalışmaların mevcut durumunu analiz etmek ve bu alandaki araştırmalar için bir yol haritası oluşturmak amacıyla yapılmıştır. Haritalandırma sürecinde, çalışmaların yayın yıllarına, yazarların ülkelerine, atıf alan makalelere, kullanılan anahtar kelimelere ve öne çıkan araştırma temalarına odaklanılmıştır. Bu yaklaşım, literatürdeki eğilimlerin ve bilgi eksikliklerinin daha net bir şekilde belirlenmesine olanak tanımıştır.

2.1.2.1. Seralarda iç hava kalitesi üzerine ülkelerin atıf analizi

Seralarda iç hava kalitesi üzerine yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımı, alanın küresel ölçekteki etkisini ve önemini ortaya koymaktadır. Analiz için belirlenen kriterler (en az 5 yazar ve 5 atıf), araştırma alanında belirli bir etki düzeyine ulaşmış ülkeleri tespit etmeyi amaçlamaktadır. Bu kriterlere göre, veri setindeki 65 ülkeden 27'sinin bu eşiği geçtiği görülmüştür. İç hava kalitesi araştırmalarının küresel dağılımı, alanın uluslararası etkisini ve ülkeler arası iş birliğinin kapsamını detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. VOSviewer ile oluşturulan görsel ağ analizi ve sayısal veriler, bu alandaki araştırma dinamiklerinin çok boyutlu bir resmini sunmaktadır.

Seralarda iç hava kalitesi üzerine yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımı, alanın küresel ölçekteki etkisini ve önemini ortaya koymaktadır (Şekil 2.7).



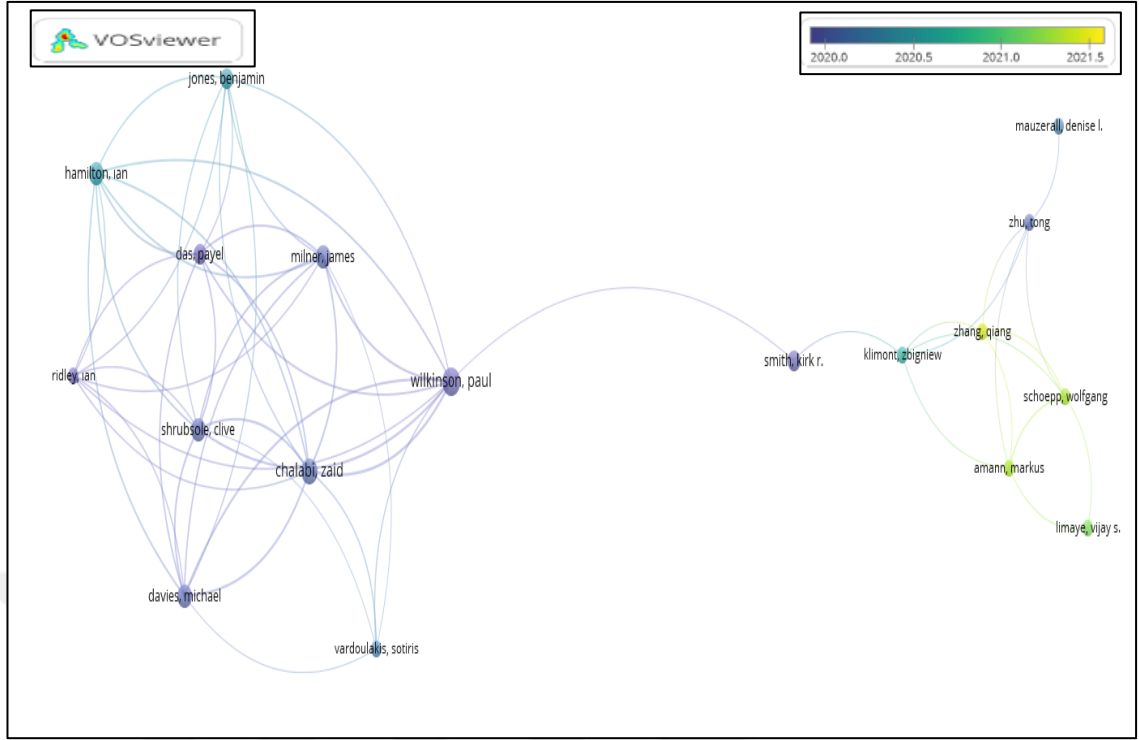
Şekil 2.7. Seralarda İç hava kalitesi üzerine ülkelerin Atıf Bağları görünümü

Şekil 2.7’de veriler incelendiğinde, Amerika Birleşik Devletleri’nin 62 yayın ve 2700 atıfla alanın lideri konumunda olduğu görülmektedir. Bu durum, ABD’nin sera teknolojileri ve iç hava kalitesi yönetimi konusundaki öncü rolünü yansıtmaktadır. Çin Halk Cumhuriyeti 46 yayın ve 1544 atıfla ikinci sırada yer alırken, İngiltere 33 yayın ve 1383 atıfla üçüncü sırayı almaktadır. Bu üç ülkenin yüksek atıf sayıları, yaptıkları araştırmaların bilimsel etkisini ve kalitesini göstermektedir. Kanada 22 yayın ve 941 atıfla dördüncü sırada yer alırken, İtalya 20 yayın ve 615 atıfla beşinci sırada bulunmaktadır. İspanya (16 yayın, 321 atıf) ve Avustralya (14 yayın, 373 atıf) gibi ülkeler, özellikle farklı iklim koşullarında sera yönetimi konusunda önemli katkılar sunmaktadır. Hindistan ve Portekiz 12’şer yayınlı dikkat çekerken, Güney Kore’nin de aynı sayıda yayınlı bu alanda aktif olduğu görülmektedir. Fransa (9 yayın), Yunanistan (8 yayın) ve Almanya (7 yayın) gibi Avrupa ülkeleri, sera teknolojileri ve sürdürülebilir tarım uygulamaları konusunda önemli araştırmalar yürütmektedir. Polonya, Türkiye ve Danimarka’nın 7’şer yayınlı listede yer alması, sera iç hava kalitesi araştırmalarının Avrupa genelinde yaygınlaştığını göstermektedir. Malezya ve Tayvan gibi Asya ülkelerinin de 7’şer yayınlı listeye girmiş olması, tropikal iklim koşullarında sera yönetimi konusundaki çalışmaların önemini vurgulamaktadır. Türkiye’nin 6 yayın ve 349 atıfla listede yer alması, ülkemizin bu alandaki araştırma potansiyelini göstermektedir. Bu uluslararası dağılım, sera iç hava kalitesi araştırmalarının küresel bir konu haline geldiğini ve farklı iklim koşulları ile yerel ihtiyaçlara göre şekillendiğini ortaya koymaktadır. Özellikle yüksek atıf sayıları, yapılan araştırmaların bilimsel değerini ve uluslararası etkisini göstermektedir.

2.1.2.2. Seralarda iç hava kalitesi üzerine ortak yazar analizi

Yazarların ortak yazarlık analizine göre, en fazla bağlantılı ve iş birliği yapan yazarları tespit etmek üzere en az 2 yayın ve en az 2 atıf kriteri belirlenerek ağ haritası oluşturulmuştur. Toplam 1261 yazar arasından bu şartı sağlayanların oluşturduğu en geniş ağ haritası Şekil 2.8’de verilmiştir.

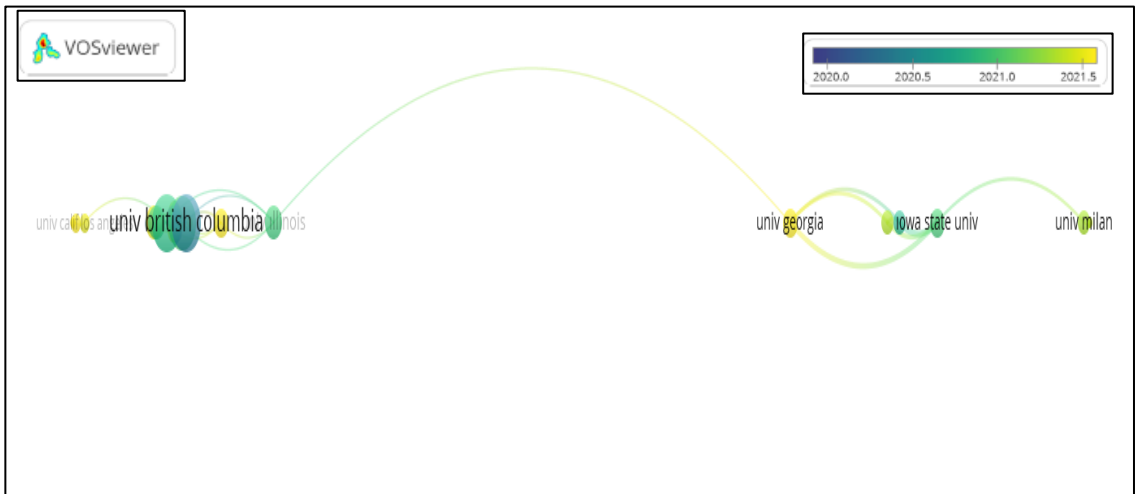
Araştırmacılar arasında Wilkinson Paul, 6 yayın ve 417 atıfla öne çıkarken, 30’luk toplam bağlantı gücü alandaki güçlü iş birliği ağını göstermektedir. Chalabi Zaid 5 yayın ve 295 atıfla ikinci sırada yer almakta, 29’luk bağlantı gücüyle etkin bir araştırma ağına sahip olduğu görülmektedir. Davies Michael ve Shrubsole Clive, 4’er yayın ve 289’ar atıfla önemli katkılar sunarken, her ikisinin de 26’lık bağlantı gücüne sahip olması, ortak araştırma projelerindeki aktif rollerini göstermektedir. Milner James ve Das Pavel de 4’er yayınlı dikkat çekerken, sırasıyla 128 ve 122 atıf almışlardır. Hamilton Ian ve Jones Benjamin’in çalışmaları da alan yazında önemli bir yer tutmaktadır. Hamilton’ın 4 yayın ve 126 atıfı, Jones’ un ise 3 yayın ve 137 atıfı bulunmaktadır. Ridley Ian’ın 3 yayın ve 114 atıfı, alandaki etkisini göstermektedir. Xin H. 5 yayın ve 189 atıfla, Li H. ise 4 yayın ve 170 atıfla Asya kökenli araştırmacılar arasında öne çıkmaktadır. Zhao Y.’nin 4 yayın ve 157 atıfı, Shepherd T.A.’nın 3 yayın ve 138 atıfı bulunmaktadır. Koziel Jacek A., Lee Myeongseong ve Li Peiyang gibi araştırmacıların 3’ er yayınlı alana katkı sağladıkları görülmektedir. Hayes M.D., Stinn J.P. ve Banik Chumki ise 2’ şer yayınlı listede yer almaktadırlar. Bu veriler, sera iç hava kalitesi alanındaki araştırmacıların hem yayın üretkenliğini hem de çalışmalarının etki düzeyini göstermektedir ve uluslararası iş birliklerinin önemini vurgulamaktadır. Yüksek atıf sayıları ve bağlantı güçleri, araştırmaların niteliğini ve alandaki etkin iş birliği ağlarının varlığını yansıtmaktadır.



Şekil 2.8. Seralarda İç hava kalitesi üzerine yazarlar arası iş birliğini gösteren ortak yazar bağları görünümü

2.1.2.3. Seralarda iç hava kalitesi üzerine kurumların atıf analizi

İç hava kalitesi araştırmalarında kurumlar arası iş birliği ve atıf ağlarının analizi, VOSviewer kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Minimum 2 yayın ve 2 atıf kriteri ile yapılan analizde, 534 kurum içerisinde 77 tanesinin birbiriyle etkileşim içinde olduğu belirlenmiştir. Seralarda iç hava kalitesi araştırmalarının kurumsal dağılımını gösteren veriler Şekil 2.9’da yer almaktadır.

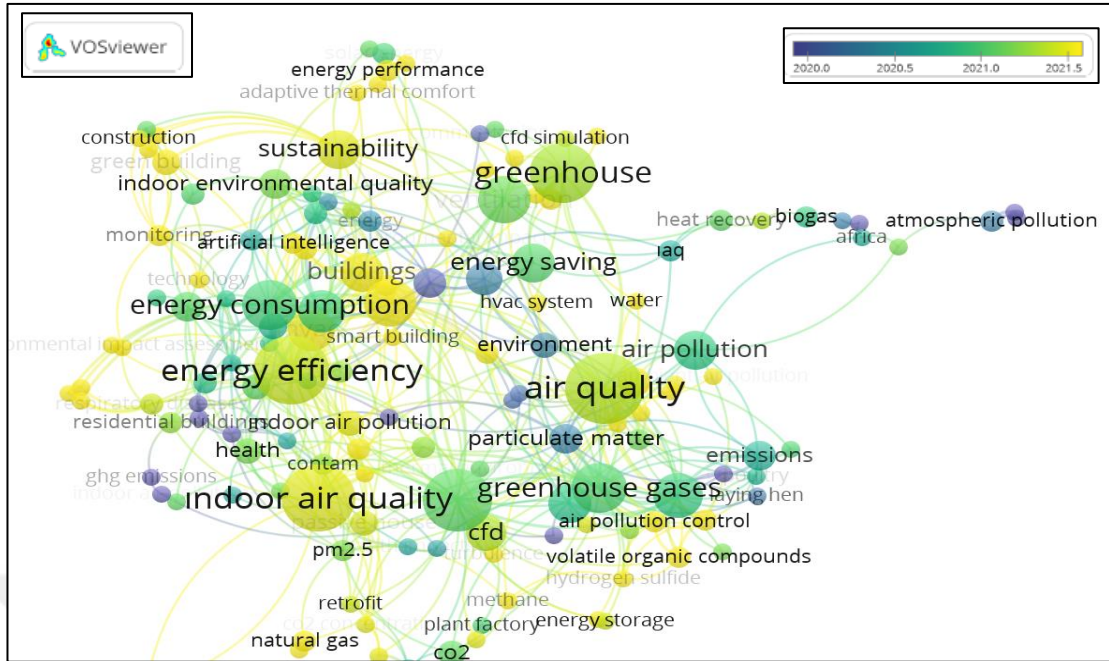


Şekil 2.9. Seralarda İç hava kalitesi kurumların atıf bağları görünümü

Şekil 2.9'da Berkeley Kaliforniya Üniversitesi'nin 10 yayın ve 834 atıfla önemli bir konumda olduğu görülmektedir. Bağlantı gücü değerinin yüksek olması, kurumun diğer araştırma merkezleriyle olan iş birliğini yansıtmaktadır. British Columbia Üniversitesi 7 yayın ve 565 atıfla ikinci sırada yer alırken, 14'lük bağlantı gücüyle güçlü bir araştırma ağına sahip olduğunu göstermektedir. Princeton Üniversitesi (3 yayın, 490 atıf) ve Peking Üniversitesi (3 yayın, 479 atıf) gibi prestijli kurumların yüksek atıf sayıları, yaptıkları araştırmaların kalitesini ve etkisini ortaya koymaktadır. New Jersey Tıp ve Diş Hekimliği Üniversitesi ve Harvard Üniversitesi 2' şer yayınla sırasıyla 397 ve 370 atıf almışlardır. UCL ve National Applied Systems Analysis Enstitüsü de 2' şer yayınla 363 ve 362 atıfa ulaşmışlardır. Iowa State Üniversitesi 10 yayın ve 268 atıfla dikkat çekerken, 28' lik bağlantı gücü kurumun güçlü iş birliği ağlarını göstermektedir. Tsinghua Üniversitesi 6 yayın ve 242 atıfla, NIST ise 2 yayın ve 220 atıfla önemli katkılar sunmaktadır. Imperial College London ve London School of Hygiene & Tropical Medicine gibi İngiliz kurumları da sırasıyla 214 ve 202 atıfla listede yer almaktadır. MIT Üniversitesi'nin 4 yayın ve 180 atıfla, 22'lik bağlantı gücüne sahip olması, kurumun aktif iş birliği ağlarını göstermektedir. Bu kurumsal dağılım, sera iç hava kalitesi araştırmalarının küresel karakterini ve kurumlar arası iş birliğinin önemini vurgulamaktadır. Özellikle Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'daki önde gelen kurumların aktif katılımı, alanın uluslararası boyutunu göstermektedir. Yüksek atıf sayıları ve bağlantı güçleri, kurumların araştırma kalitesini ve iş birliği ağlarının etkinliğini yansıtmaktadır. Ağ haritası, sera iç hava kalitesi araştırmalarında kurumlar arası iş birliği ağlarını görselleştirmektedir. Haritada üç ana grup görülmektedir: Sol küme: Berkeley Kaliforniya Üniversitesi ve British Columbia Üniversitesi'nin oluşturduğu güçlü bir iş birliği grubu. Illinois Üniversitesi ile de bağlantıları bulunmaktadır. Bu grup, özellikle sera sistemlerinde enerji verimliliği ve sürdürülebilir teknolojiler konularında çalışmalar yürütmektedir. Orta küme: Georgia Üniversitesi ve Iowa State Üniversitesi arasında kurulan iş birliği ağı. Bu iki kurum arasındaki güçlü bağlantı, tarımsal üretim sistemleri ve sera teknolojileri alanındaki ortak çalışmaları yansıtmaktadır. Sağ köşede: Milano Üniversitesi'nin konumlanması, Avrupa'daki araştırma perspektifini temsil etmektedir. Şekil 2.9'da yer alan atıf bağları görünümünde yeşil ve sarı tonlar, farklı araştırma odaklarını ve iş birliği kümelerini göstermektedir. Kurumlar arasındaki bağlantı çizgileri, ortak araştırma projelerinin ve bilgi paylaşımının yoğunluğunu temsil etmektedir. Bu görsel analiz, sera iç hava kalitesi araştırmalarının uluslararası karakterini ve kurumlar arası iş birliğinin önemini vurgulamaktadır.

2.1.2.4. Seralarda iç hava kalitesi üzerine anahtar kelime analizi

Çalışmalar toplam 2391 anahtar kelime ile ilişkilidir. "Indoor air quality" terimi 2264 kullanım ve 6091 toplam bağlantı gücüyle en merkezi konumda yer alırken, "thermal comfort" 1113 kullanım ve 3188 bağlantı gücüyle ikinci sıradadır. "Ventilation" (937 kullanım), "air quality" (844 kullanım) ve "particulate matter" (656 kullanım) gibi terimler, araştırmaların teknik boyutunu yansıtmaktadır. "Volatile organic compounds" (592 kullanım) ve "formaldehyde" (540 kullanım) gibi spesifik kirleticilere odaklanan terimler de sıklıkla kullanılmaktadır. Şekil 2.10'da Ağ haritasında görülen kümelenmeler, araştırma alanının farklı odak noktalarını ortaya koymaktadır. Merkezdeki "indoor air quality" terimi etrafında oluşan birinci küme, temel hava kalitesi parametrelerini ve ölçüm yöntemlerini içerirken, "thermal comfort" etrafındaki ikinci küme enerji verimliliği ve konfor koşullarına odaklanmaktadır.

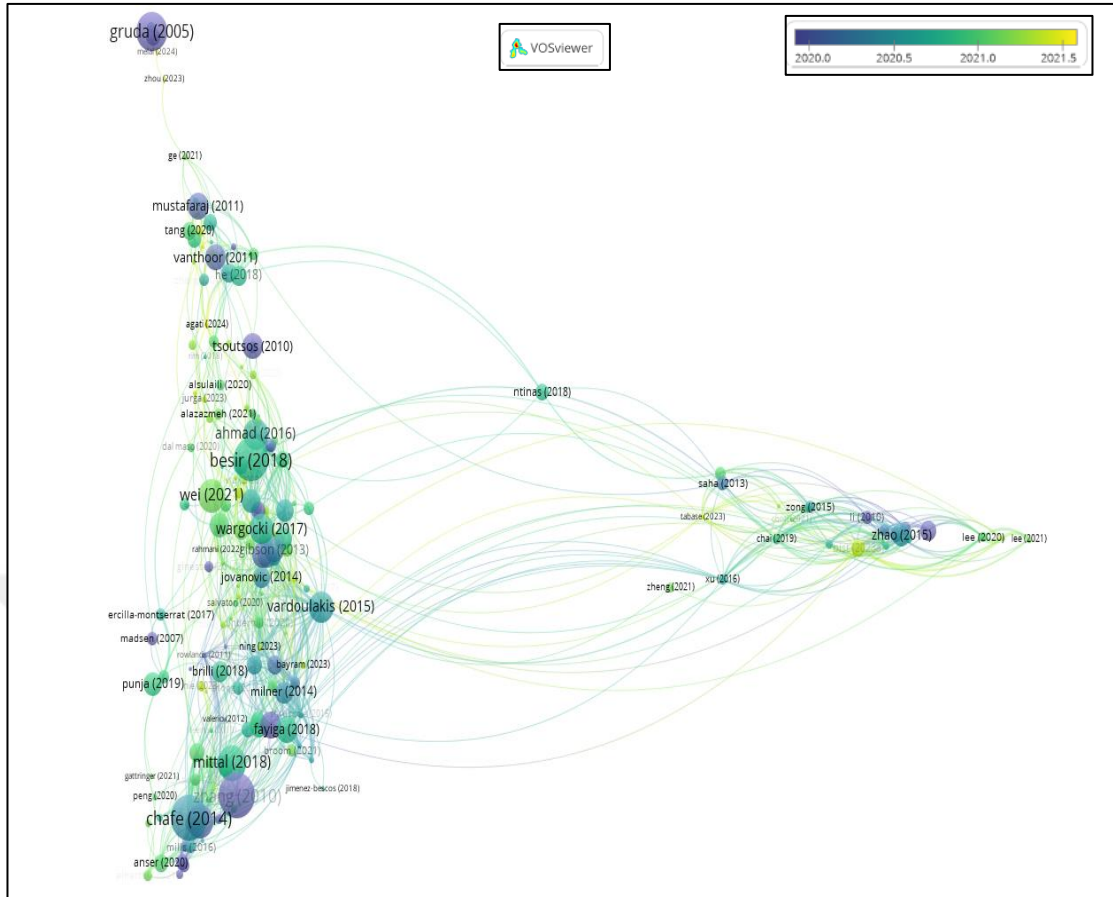


Şekil 2.10. Seralarda iç hava kalitesi en sık kullanılan anahtar kelime bağları görünümü

"Air pollution" ve "PM2.5" gibi terimlerden oluşan üçüncü küme, kirletici karakterizasyonu ve sağlık etkileri üzerine yoğunlaşmaktadır. Anahtar kelimelerin zamansal gelişimi (2012-2020), araştırma trendlerinin evrimini göstermektedir. Son yıllarda özellikle "COVID-19", "internet of things", "deep learning" ve "smart buildings" gibi terimlerin kullanımında artış gözlenmektedir. Bu durum, iç hava kalitesi araştırmalarının teknolojik gelişmelere ve güncel ihtiyaçlara adapte olduğunu göstermektedir. "Natural ventilation" (450 kullanım), "energy efficiency" (339 kullanım) ve "asthma" (283 kullanım) gibi terimlerin sıklığı, araştırmaların sürdürülebilirlik ve sağlık boyutlarını vurgulamaktadır. Ayrıca "CFD", "exposure" ve "VOCs" gibi teknik terimlerin yaygın kullanımı, alandaki bilimsel ve metodolojik yaklaşımların çeşitliliğini yansıtmaktadır.

2.1.2.5. Seralarda iç hava kalitesi metinlerinin bibliyografik eşleşme analizi

Bibliyografik eşleşme, birbirinden bağımsız iki kaynak tarafından alıntılanmış ortak bir esere atıf yapılması durumunu ifade eder. En az 2 atıf almış olmak kriteri 233 yayın ele alınmıştır. Çalışmada elde edilen eşleşmeler Şekil 2.11'de verilmiştir. Şekil 2.11'de yer alan veriler incelendiğinde, seralarda iç hava kalitesi alanında en çok atıf alan çalışmaların başında Omer (2008) gelmektedir. Bu çalışma 1245 atıfla alanın en etkili yayını olarak öne çıkmakta ve 12'lik bağlantı gücüyle diğer araştırmalarla güçlü bir ilişki ağına sahip olduğunu göstermektedir. Chafe (2014) çalışması 351 atıf ve 42'lik bağlantı gücüyle ikinci sırada yer alırken, Zhang (2010) araştırması 350 atıf ve 20'lik bağlantı gücüyle üçüncü sırada bulunmaktadır. Bu çalışmaların yüksek bağlantı güçleri, sera iç hava kalitesi literatürünün de önemli referans kaynakları olduklarını göstermektedir. Besir (2018) 325 atıf ve 20'lik bağlantı gücüyle dördüncü sırada yer alırken, Gruda (2005) çalışması 253 atıfla beşinci sırada bulunmaktadır. Mittal (2018) araştırması 219 atıf alırken, Wei (2021) çalışması 216 atıf almıştır.

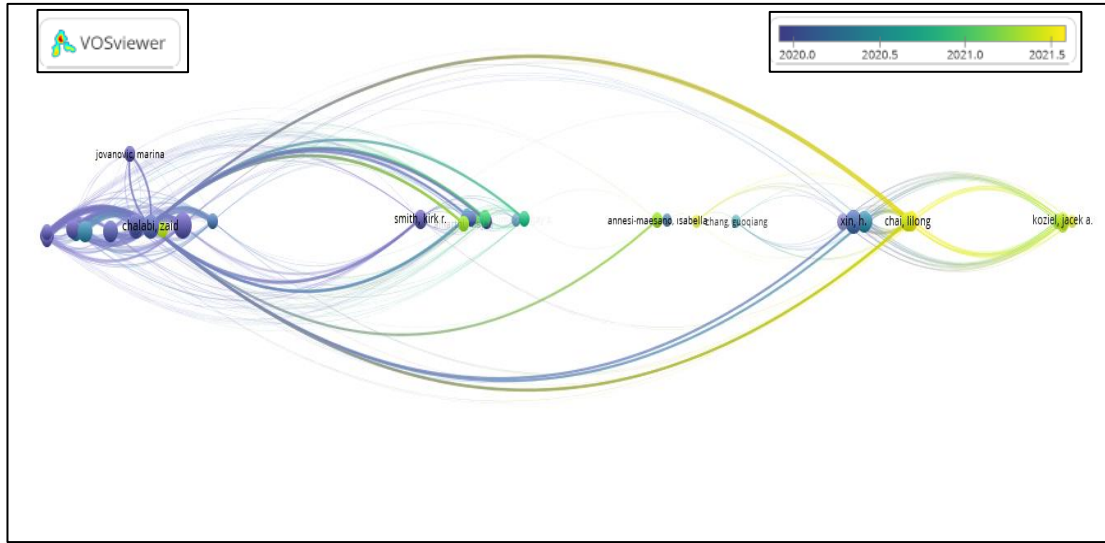


Şekil 2.11. İç hava kalitesi eserlerin bibliyografik eşleşme bağları görünümü

Yapılan atıf analizi, seralarda iç hava kalitesi araştırmalarının zaman içindeki etkisini ve bilimsel literatüre katkısını göstermektedir. Özellikle 2008-2021 yılları arasında yayınlanan çalışmaların yüksek atıf sayıları, bu dönemde alanın önemli gelişmeler kaydettiğini ve araştırma ilgisinin arttığını ortaya koymaktadır.

2.1.2.6. Seralarda iç hava kalitesi ile ilgili yazarların bibliyografik eşleşme analizi

Seralarda iç hava kalitesi ile ilgili yazarların bibliyografik eşleşme analizi Şekil 2.12'de görülmektedir. Bibliyografik eşleşme analizi, en az 5 yayın ve 5 atıf kriterini karşılayan 39 araştırmacı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, alandaki araştırmacıların iş birliği ağlarını, etkileşim düzeylerini ve akademik etkilerini detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. Seralarda iç hava kalitesi alanında araştırmacıların atıf performansları ve iş birliği ağları incelendiğinde, Omer Abdeen Mustafa'nın 3 yayın ve 1353 atıfı ile en yüksek atıf alan araştırmacı olduğu görülmektedir. Smith Kirk R. 3 yayın ve 527 atıfı, 369'luk bağlantı gücüyle önemli bir etki yaratmıştır. Klimont Zbigniew ve Zhu Tong ikişer yayınla sırasıyla 421 ve 420 atıf almış, 393 ve 376'lık bağlantı güçleriyle güçlü iş birliği ağları kurmuşlardır. Wilkinson Paul 6 yayın ve 417 atıfı ile dikkat çekerken, 3086'lık bağlantı gücü onun alandaki merkezi konumunu göstermektedir. Mauzerall Denise L. ve Chalabi Zaid sırasıyla 414 ve 295 atıf alırken, yüksek bağlantı güçleri (sırasıyla 116 ve 2890) ile etkin iş birliği ağlarına sahip olduklarını göstermişlerdir. Davies Michael ve Shrubsole Clive 4'er yayın ve 289'ar atıfı, 2624'er bağlantı gücüne sahiptir.



Şekil 2.12. Seralarda iç hava kalitesi eserlerin bibliyografik eşleşme bağları görünümü

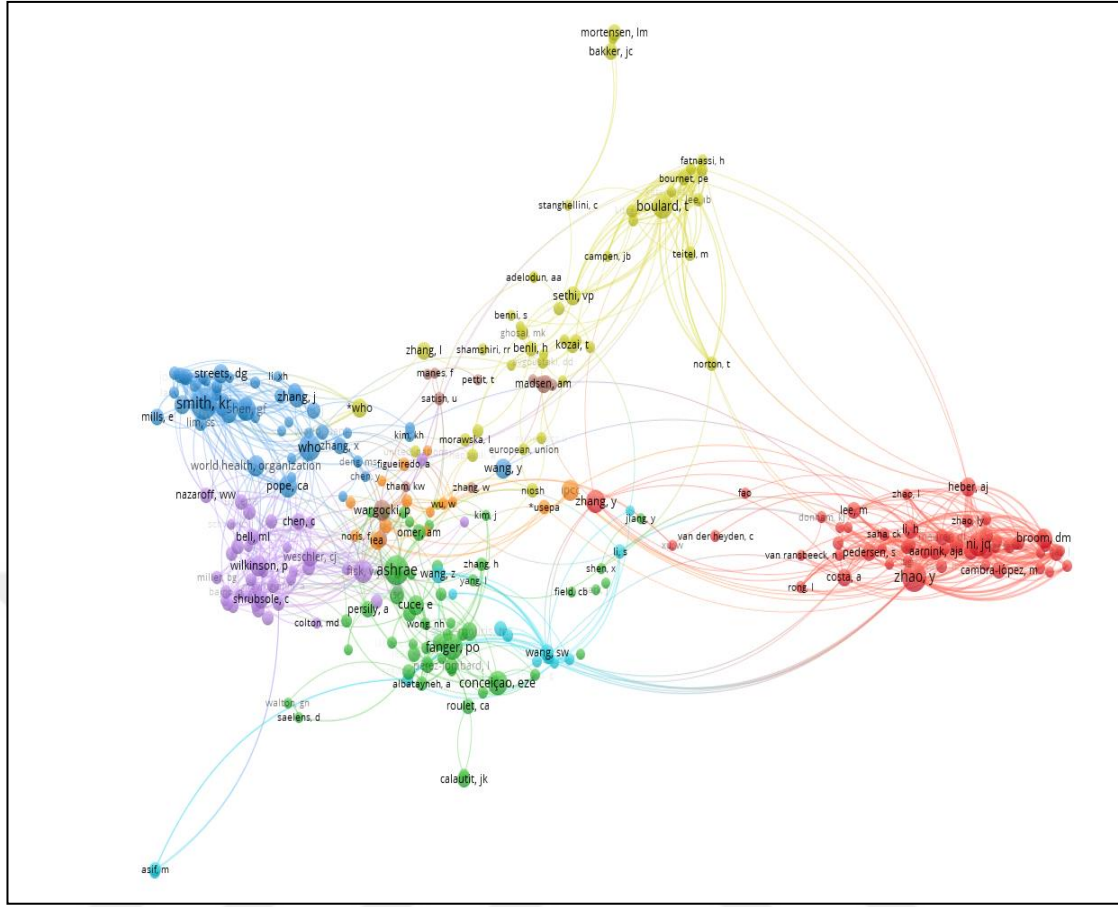
Araştırmacıların iş birliği ağlarındaki konumları incelendiğinde, özellikle Wilkinson Paul, Chalabi Zaid, Davies Michael ve Shrubsole Clive'in yüksek bağlantı güçleriyle alandaki araştırma iş birliklerinin merkezinde yer aldıkları görülmektedir. Li H. ve Zhao Y. gibi araştırmacıların da 680 ve 753'lük bağlantı güçleriyle önemli iş birliği ağları kurdukları anlaşılmaktadır. Bu analiz, seralarda iç hava kalitesi araştırmalarında güçlü bir uluslararası iş birliği ağının varlığını ve araştırmacılar arasındaki yoğun etkileşimi ortaya koymaktadır. Özellikle yüksek atıf sayıları ve bağlantı güçleri, alanın dinamik ve etkili bir araştırma topluluğuna sahip olduğunu göstermektedir. u ağ haritası, seralarda iç hava kalitesi alanında çalışan araştırmacılar arasındaki iş birliği ilişkilerini görselleştirmektedir. Harita üzerinde beş ana araştırma kümesi göze çarpmaktadır:

Sol küme (Mor tonlar): Jovanovic Marina, Hamilton Ian ve Wilkinson Paul etrafında oluşan güçlü bir iş birliği grubu görülmektedir. Bu grup özellikle sera sistemlerinin tasarımı ve performans analizi konularında çalışmaktadır. Orta-sol küme (Yeşil tonlar): Smith Kirk R. ve Kandikar Milind'in önderliğinde oluşan bu küme, sera havalandırma sistemleri ve enerji verimliliği üzerine odaklanmaktadır. Orta küme: Maesano Isabella ve Chang-Cojulan etrafında şekillenen grup, sera ortamında sağlık ve güvenlik konularına yoğunlaşmaktadır. Orta-sağ küme (Sarı tonlar): Xin H. ve Chai Lilong'un başını çektiği bu grup, sera otomasyonu ve kontrol sistemleri üzerine çalışmaktadır. Sağ küme: Koziel Jacek A. liderliğindeki grup, sera iç hava kalitesi ölçüm ve analiz yöntemleri konusunda uzmanlaşmıştır.

Şekil 2.12'de eserlerin bibliyografik bağlantı çizgilerinin yoğunluğu ve renk tonları, araştırma grupları arasındaki iş birliği düzeyini ve araştırma alanlarının kesişimi görülmektedir. Özellikle merkezdeki gruplar arasındaki yoğun bağlantılar, disiplinler arası çalışmaların önemini vurgulamaktadır.

2.1.2.7. Seralarda iç hava kalitesi ile ilgili yazarların ortak atıf analizi

Seralarda iç hava kalitesi araştırmalarında ortak atıf analizi Şekil 2.13'te yer almaktadır.



Şekil 2.13. Seralarda iç hava kalitesi ortak atıf yapılan yazarlar arası bağların görünümü

Şekil 2.13'te Smith KR 38 atıf ve 554 toplam bağlantı gücüyle en etkili araştırmacı olarak öne çıkmaktadır. Zhao Y 33 atıf ve 534 bağlantı gücüyle ikinci sırada yer alırken, ASHRAE 32 atıf ve 264 bağlantı gücüyle üçüncü sırayı almaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 25 atıf ve 272 bağlantı gücüyle önemli bir referans kaynağı olarak dikkat çekerken, Fanger PO 23 atıf ve 219 bağlantı gücüyle sera ortamındaki ısı konfor çalışmalarıyla öne çıkmaktadır. Ni JQ ve Boulard T sırasıyla 22 ve 21 atıfı, 438 ve 450 bağlantı güçlerine sahiptir, bu da sera teknolojileri alanındaki etkili çalışmalarını göstermektedir. Conceicao EZE (20 atıf, 146 bağlantı gücü) ve Fisk WJ (20 atıf, 357 bağlantı gücü) gibi araştırmacılar, özellikle sera havalandırma sistemleri konusunda önemli katkılar sunmaktadır. Shen GF ve Zhang Y'nin 20'şer atıfı listede yer alması, sera iç hava kalitesi ölçüm ve analiz yöntemlerindeki çalışmalarının etkisini göstermektedir. Wilkinson P ve IPCC'nin 16'şar atıfı listede yer alması, sera iç hava kalitesinin çevresel etkiler ve iklim değişikliği bağlamındaki önemini vurgulamaktadır. Bu ortak atıf analizi, seralarda iç hava kalitesi araştırmalarının çok disiplinli yapısını ve farklı uzmanlık alanlarının katkılarını açıkça ortaya koymaktadır. Yüksek bağlantı güçleri, araştırmacılar ve kurumlar arasındaki güçlü iş birliği ağlarını göstermektedir.

2.2. Seracılık ve İç Hava Kalitesi Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

2.2.1. Genel çalışmalar

Tarımsal üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sırasında çalışanlar iş sağlığı ve güvenliği açısından farklı düzeylerde tehlikelere maruz kalabilmektedirler. Bu nedenle faaliyetlerin büyük çoğunluğu “tehlikeli” sınıfında yer almaktadır. Bunun yanında gübre ve ilaç gibi kimyasallar ile yapılan faaliyetler ise “çok tehlikeli” sınıfında yer almaktadır (İSGTS 2013). İSG konularına dikkat etmemenin insan maruziyetinin yanında ayrıca maliyet yükü de bulunmaktadır (AÇSHB 2020). İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nun çıkmasıyla ülkemizde ortaya çıkan farkındalık tarım kesimini de etkilemeye başlamıştır. Gerek bitkisel üretim gerekse hayvansal üretim kapsamında gerçekleştirilen neredeyse tüm faaliyetlerin tehlikeli olarak tanımlanmasına rağmen risklerin giderilmesi ve gereken önlemlerin alınması istenildiği düzeyde gerçekleşmemektedir. Bu nedenle mevzuatla birlikte yapılan bilimsel ve yayım çalışmalarının önemi artmaktadır. Bu çalışmalar için ise sahaya özgü veri tabanlarının kullanılması önemlidir. Çalışmalarda İSG konularına etkili, üretim kollarındaki ve yetiştirme şekillerindeki farklılıkların da dikkate alınması gereklidir. Örneğin kuru tarla tarımı ile hayvan yetiştiriciliği arasında İSG risk faktörleri açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Sera yetiştiriciliği tarımsal üretimde özel bir yere sahip bir üretim koludur. Emek yoğun olmakla birlikte üretimin bir yapı altında gerçekleştirilmesi, farklı makine ve sistemlerle çalışmayı gerektirmesi, sera yetiştiriciliğinde İSG risk faktörlerini çeşitlendirmektedir. Yetiştiricilik sırasında farklı makine/sistemlerle çalışmak durumunda olan sera çalışanları yıl içerisinde sera içinde uzun süre çalışmaktadırlar. Antalya ili geleneksel sera işletmelerinde yapılan tek ürün yetiştiriciliğinde ürünlere (domates, biber, hıyar ve patlıcan) göre değişmekle birlikte yıllık insan işgücü ihtiyacı 1070-1747 h/da olarak belirlenmiştir (Çanakcı 2005). Modern seralarda ise sürekli istihdam edilen işçi sayısının 0.92 kişi/da olduğu belirtilmiştir (Çanakcı ve Akıncı 2007). Antalya ili’nde geleneksel sera sebze yetiştiriciliğinde uygulanan tarımsal işlemler ve işlem sayıları Çizelge 2.1-2.3’de verilmiştir (Çanakcı 2005).

Seralarda uygulanan tarımsal işlemler ve uygulanan yöntemler değerlendirildiğinde, seralarda İSG açısından dikkate alınması gereken başlıca konular; güvenlik davranışı, eğitim ve bilgilendirme, düzen ve temizlik, makine ve sistemler, nakliye ve iç ulaşım, iş hijyeni / termal konfor, ergonomi, yüksekte çalışma, kimyasallar, atıklar, acil durumlar, elektrik şeklinde sıralanabilir (AÇSHB 2020).

Bu özellikler dikkate alındığında, İSG açısından farklı risk faktörleri bulunan sera yetiştiriciliği ile ilgili çalışmaların yapılmasında yarar görülmektedir. Özellikle İSG Kanunu kapsamı dışında kalan geleneksel işletmeler üzerinde güvenlik kültürü oluşturulmasına yönelik çalışmaların gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle üretim alanlarından verilerin toplanması önemlidir.

Seracılık ile ilgili bitki isteklerine yönelik iklimlendirme ve mekanizasyon özellikleri ile ilgili farklı çalışmalar yürütülmüştür. Örneğin Özmerzi ve Kürklü (1989) tarafından yapılan çalışmada plastik ve cam seralarda doğal ve zorunlu havalandırma yöntemlerini incelemişlerdir. Sallanbaş (1992), çalışmasında Antalya bölgesi seralarında iklim kontrolünü araştırmıştır. Çanakcı ve Akıncı (2004), Antalya ili geleneksel sera sebzeciliği işletmelerinin mekanizasyon özelliklerini belirlemişlerdir.

Çizelge 2.1. Tek ürün yetiştiriciliğinde uygulanan tarımsal işlemler ve işlem sayıları

Tarımsal İşlem	Yöntem	İşlem Sayısı			
		Domates	Biber	Patlıcan	Hıyar
Dikim Hazırlığı ve Dikim					
Tavsuyu	Salma sulama	0-1	0-1	0-1	0-1
Nematod ilaçlaması	İnsan işg.-Makina	1	1	1	1
Gübreleme	İnsan işgücü	1	1	1	1
Toprak işleme	K. pulluk-Çizel	1-2	1-2	1-2	1-2
	T. frezesi-Kültüv.	1-2	1-2	1-2	1-2
Karık açma	İnsan işgücü	1	1	1	1
Damla sulama sist. kurma	İnsan işgücü	1	1	1	1
Dikim	İnsan işgücü	1	1	1	1
Bakım					
Çapalama	İnsan işgücü	1-2	1-2	1-2	1-2
Askıya alma	İnsan işgücü	1	2	2	1
Salma	İnsan işgücü	1-2	-	-	-
İpe sarma	İnsan işgücü	9-10	15-16	12-14	15-16
Budama	İnsan işgücü	12-18	4-5	4-5	10-12
İlaçlama	Pülverizatör	20-25	20-25	20-25	30-35
Sulama	Damla sulama sist.	50-60	45-55	45-55	55-65
Gübreleme	Damla sulama sist.	40-60	35-55	35-55	45-65
Hasat					
-	İnsan İşgücü	15-25	20-30	25-35	45-55
Taşıma					
-	T. arab-Diğ. araçlar	15-25	20-30	25-35	45-55
Temizlik	İnsan İşgücü	1	1	1	1
Toprak işleme	K. pulluk-Çizel	1	1	1	1
	T. frezesi-Kültüv.	1	1	1	1
Damla sulama sist. kurma	İnsan işgücü	1	1	1	1
Naylon çekme	İnsan işgücü	1	1	1	1
Sulama	Damla sulama sist.	1-4	1-4	1-4	1-4
Damla sul. sist. kaldırma	İnsan işgücü	1	1	1	1
Naylon kaldırma	İnsan işgücü	1	1	1	1
Çiftlik gübresi dağıtma					
-	İnsan işg.-Makina	1	1	1	1

Çizelge 2.2. Sonbahar yetiştiriciliğinde uygulanan tarımsal işlemler ve işlem sayıları

Tarımsal İşlem	Yöntem	İşlem Sayısı	
		Domates	Hıyar
Solarizasyon			
Damla sulama sist. kurma	İnsan işgücü	1	1
Naylon çekme	İnsan işgücü	1	1
Sulama	Damla sulama sistemi	1-4	1-4
Damlama sistemi kaldırma	İnsan işgücü	1	1
Naylon kaldırma	İnsan işgücü	1	1
Çiftlik gübresi dağıtma			
-	İnsan işgücü-Makina	1	1
Dikim Hazırlığı ve Dikim			
Tavsuyu	Salma sulama	0-1	0-1
Nematod ilaçlaması	İnsan işgücü-Makina	1	1
Gübreleme	İnsan işgücü	1	1
Toprak işleme	K. pulluk-Çizel	1-2	1-2
	T. frezesi-Kültüvator	1-2	1-2
Karık açma	İnsan işgücü	1	1
Damla sulama sist. kurma	İnsan işgücü	1	1
Dikim	İnsan işgücü	1	1
Bakım			
Çapalama	İnsan işgücü	1-2	1-2
Askıya alma	İnsan işgücü	1	1
İpe sarma	İnsan işgücü	5-7	10-12
Budama	İnsan işgücü	10-12	8-10
İlaçlama	Pülverizatör	10-15	15-20
Sulama	Damla sulama sistemi	25-35	35-45
Gübreleme	Damla sulama sistemi	20-35	30-45
Hasat			
-	İnsan İşgücü	12-15	30-35
Taşıma			
-	T. arabası-Diğer araçlar	12-15	30-35
Temizlik	İnsan işgücü	1	1

Çizelge 2.3. İlkbahar yetiştiriciliğinde uygulanan tarımsal işlemler ve işlem sayıları

Tarımsal İşlem	Yöntem	İşlem Sayısı			
		Domates	Hıyar	Fasulye	Kavun
Toprak işleme	K. pulluk-Çizel	1-2	1-2	1-2	1-2
	T. frezesi-Kültüvatör	1-2	1-2	1-2	1-2
Karık açma	İnsan işgücü	1	1	1	1
Damla sul. sist. kurma	İnsan işgücü	1	1	1	1
Dikim	İnsan işgücü	1	1	1	1
Bakım					
Çapalama	İnsan işgücü	1-2	1-2	1-2	1-2
Askıya alma	İnsan işgücü	1	1	1	1
İpe Sarma	İnsan işgücü	6-8	8-12	-	6-8
Budama	İnsan işgücü	8-12	10-14	3	4-6
İlaçlama	Pülverizatör	10-15	15-20	10-15	4-6
Sulama	Damla sulama sistemi	20-30	30-40	25-30	15-20
Gübreleme	Damla sulama sist.	18-30	25-40	15-20	15-20
Hasat					
-	İnsan işgücü	15-20	30-35	15-20	3-4
Taşıma					
-	T. arabası-Diğ. araçlar	15-20	30-35	15-20	3-4
Üretim Sezonu Sonrası Yapılan İşlemler					
Temizlik	İnsan işgücü	1	1	1	1
Toprak işleme	K. pulluk-Çizel	1	1	1	1
	T. Frezesi-Kültüvatör	1	1	1	1

Literatür incelendiğinde seralarda İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) ile ilgili yapılmış çalışma sayısının sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Turhanoğulları (2013), Antalya ilinde seralarda çalışanların; nitelikleri, davranışları, çalışma koşulları, sağlık ve güvenlik açısından karşılaşılabilecekleri riskler, risklerle ilgili bilgi düzeyleri ve korunma yöntemleri araştırmıştır. Özdemir (2016), çalışmasında sebze seralarında kullanılan bitki koruma kimyasallarıyla ilgili riskleri incelemiştir. Yazkılı (2022), seracılık sektöründe çalışan kişilerin İSG konularındaki farkındalığı ile birlikte karşılaştıkları riskler ve tehlikelerin test edilmesine yönelik Mersin İli'nde bir çalışma yürütmüştür. Ertop (2024), Antalya ili'nde yaptığı çalışmasında sera yetiştiriciliğindeki kirlenici faktörler ile birlikte iş sağlığı ve güvenliği konusundaki mevcut durumu anket çalışması ile belirlemiştir.

Mevcut durum ve konunun önemi dikkate alındığında, seralarda İSG yönelik çalışmaların çeşitlenerek, özellikle sahada ölçüm yapacak çalışmaların artmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda seralarda çalışan kişiler için dikkate alınması gereken konulardan birisi de iç ortam hava kalitesidir. İnsan ve çalıştığı makine/sistem ile birlikte ortamın insan isteklerine uygun (ergonomik) olması gereklidir. Sera içerisinde

uzun süre çalışan kişilerin hava ortamlarından olumsuz etkilenmeleri güvenlik, sağlık ve iş verimliliği açısından önemlidir. Çalışılan ortamlardaki kirli hava sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Farklı sektörlerde üretim sırasında bazı kirlilikler oluşmaktadır. Bunlar; tozlar, dumanlar, yağ ve diğer buharlar, gazlardır. Endüstriyel üretimde duman ve tozlar; solventler, kaynak dumanları, partiküller, gazlar, lehim dumanı ve kimyasal sıvı gibi farklı zararlılar oluşmaktadır. Bu zararlılar, insan vücudunda beyin, akciğerler, deri, kan, böbrekler, kol, bacak sinirleri, karaciğer gibi birçok organda hasara neden olmaktadır. Ayrıca bu zararlılar, soluk aldığımızda vücudumuza girmeye çalışır ve insan vücudu bunlar karşısında savunmasız kalır (Gökşin ve Stand 2001). Ülkemizde yapılan çalışmalarda bu durum belirtilmektedir. Örneğin Antalya ili'nde yürütülen bir çalışmada serada çalışanların %57'sinin sera içerisindeki tozdan rahatsız olduklarını ifade ettikleri belirtilmiştir (Ertop 2024). Mersin bölgesinde yapılan bir çalışmada, seralarda toz ölçümlerinin yapılmaması risk faktörleri arasında değerlendirilmiştir (Yazk1 2022).

Sera yetiştiriciliği için çalışma ortamı, kapalı olan seranın içerisidir. Bu nedenle serada çalışanlar için iç hava kalitesi ile ilgili değerlerin, ilgili standartları karşılanması önemlidir. Bu yaklaşım ile çalışanların İSG kapsamında iç hava kalitesi standartlarını belirleyen ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers) tarafından iç hava kalitesi değerlendirilmesinde, sıcaklık, bağıl nem, CO₂, partiküller madde miktarları çalışanlar için önemlidir. ASHRAE standartlarının yanında diğer ülke standartları da Çizelge 2.4' de verilmiştir.

Çizelge 2.4. İç hava kalitesi ile ilgili değişik ülkelere ait standart değerler (Kuş 2007)

Ülkeler	CO ₂	Partikül madde	Bağıl nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE	1000 ppm	PM ₁₀ <75 µg/m ³ (Yıllık ortalama)	%30-60	20-25.5 °C
ABD EPA/NAAQS	-	50 g/µm ³ (1 yıl için)	-	-
ABD NIOSH	5000 ppm - 30 000 ppm (15 dakika)	-	-	-
ABD OSHA	10 000 ppm 30 000 ppm (15 dakika)	5 mg/m ³ (8 saat) solunabilir toz	-	-
ABD ACGIH	5000 ppm 9000 ppm (15 dakika)	3 mg/m ³ (8 saat için)	-	-
ALMANYA MAK	5000 ppm 9000 ppm (15 dakika)	-	%30-70	20-26 °C
KANADA	3500 ppm	PM _{2.5} <40 µg/m ³ (8 saat) PM _{2.5} <100 µg/m ³ (1 saat)	%30-80 (yaz) %30-55 (kış)	
ÇİN	-	PM ₁₀ <150 µg/m ³	-	-
WHO	-	PM ₁₀ <20 µg/m ³ (yıllık ortalama) PM ₁₀ <50 µg/m ³ (24 saat)	-	-
İNGİLTERE	-	PM ₁₀ <50 µg/m ³	-	-
NORVEÇ	-	PM _{2.5} <20 µg/m ³	-	-
AVRUPA BİRLİĞİ	-	PM _{2.5} <35 µg/m ³	-	-
HONG KONG	800 ppm (1. düzey) 1000 pmm (2. düzey)	PM ₁₀ <20 µg/m ³ (1. düzey) PM ₁₀ <180 µg/m ³ (2. düzey) (8 saat ortalama)	%40-70	20-25.5 °C

Çizelge 2.4’de görülen karbondioksit tek başına iç hava kirleticisi olmamasına rağmen CO₂ tabanlı kontrol sistemlerinin kullanılması iç hava kalitesinin kontrolü için önerilmektedir. Karbondioksit gazı iç hava kalitesinin kontrolü için baz kabul edilebilmektedir. İnsanda vücut iç sıcaklığı 36-37 °C dar bir aralıkta tutulur. Vücut iç sıcaklığının 39.5°C üzerine çıkması önemli işlevsel hasarlara neden olabilirken 42°C üzerine çıkması ölümcül kabul edilir. Kabul edilebilecek alt sınır 35.5°C iken, 33°C kardiyak işlevlerde bozulmaya yol açar ve 25 °C altı ise ölümcüldür. İnsanların vücut sıcaklığı her zaman değişmez değildir. Sabahları yeni kalkıldığında ortalama sıcaklık değeri 36.7 derece santigrattır. Bireysel değerler 36 °C – 38 °C arasında değişim gösterir. Gün sırasında sıcaklık aşağı yukarı 0.8 °C artar ve akşamın geç saatlerinde en yüksek değerine ulaşır. Sirkadian ritme bağlı olarak sabaha kadar tekrar düşer. ASHRAE kabul edilebilir iç hava kalitesi için sıcaklık değerinin 20-25 °C, bağıl nemin de %30-60 arsında olduğu standart değerlerdir.

Tozlar (PM: partikül maddeler), tarımsal üretimde çalışanların maruz kaldıkları önemli konulardan birisidir. Özellikle toprak işleme, kültürel işlemler, hasat işlemleri ve soba yakma işlemleri sırasında çalışanlar toprak ve biyolojik toz gibi partikül maddeler ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Tozlar, parçacık boyutuna göre sınıflandırılmaktadır. Üst solunum yollarında tutulan parçacık boyutlarının sınıfı kaba tozlar olarak ifade edilmektedir, genellikle aerodinamik çapı 10 mikrondan küçük parçacıklardır ve PM₁₀ ile gösterilmektedir. Aerodinamik çapı 3-5 mikron olan parçacıklar insanların boğazında tutulmaktadır. Aerodinamik çapı 2.5 mikrondan küçük olan partiküller PM_{2.5} ile gösterilmektedir (EPA, 2024). Toz konsantrasyonunun yoğunluğu birim hacimdeki havada bulunan toz kütlesi (mg/m³, µg/m³, ng/m³) olarak ifade edilmektedir. Tarımsal işlemler sırasında ortaya çıkan çok ince partiküllerin (PM_{1.0}) konsantrasyonları ile ilgili araştırmalara çok az rastlanabilmektedir. Yapılan incelemelerde, herhangi bir kurum tarafın PM_{1.0} için belirlenen bir eşik değerine rastlanılamamıştır. İş yerlerinde çalışanların korunması gereken konulardan birisi de kirleticilerdir. Kirleticilerin insan sağlığına etkileri Çizelge 2.5’de verilmiştir.

2.2.2. Tarımda Toz Partiküllerinin Sağlığa Etkisi

Bitkisel üretimdeki faaliyetler ekim öncesi toprak işlemeden, hasat işlemlerine ve bazen de hasat sonrası işlemleri de kapsayacak şekilde devam etmektedir. Bu faaliyetlerde organik ve inorganik tozlar etrafa yayılmaktadır. Toz, solunum sistemi ile akciğerlere yerleşmekte, kana karışmakta ve insanları olumsuz etkilemektedir. Tozlar meslek hastalıklarına neden olmaktadır. Ortaya çıkan solunum yolu rahatsızlıkları ve hastalıklarına toz konsantrasyonu maruz kalma süreleri, yaş, cinsiyet, sigara alışkanlığı gibi faktörler etkilidir (Aslan ve Aybek 2016).

Organik tozlar bitkisel ve hayvansal kaynaklı iken inorganik tozların büyük bir kısmı silikatlar oluşturmaktadır. Açık havada tarımsal ortamlardaki tozlar yaklaşık %10-20 veya daha yüksek konsantrasyonlarda kristalin silikadan oluşmaktadır (Bhaves ve Pandya 2006). Amerika da yapılan bir araştırmada, solunabilir silikaya maruz kalma durumunda değişkenlik gösterdiği ve bazı tarımsal faaliyetler sırasında sınır değer olarak belirtilen 0.05 mg/m³ değerinin üzerine çıkma olasılığının bulunduğu belirtilmiştir (Archer vd. 2002).

Türkiye’ de tarımsal alanlarda çalışan işçilerin toz konsantrasyonu maruziyetine yönelik yapılan çalışma sayısı sınırlıdır. Bazı tarımsal kirleticiler için PM10 ve PM2.5 eşik sınır değerleri Çizelge 2.6’da verilmiştir (OSHA 2010).

Çizelge 2.5. Kirleticilerin İnsan sağlığına etkileri (Bulgurcu. vd. 2005).*

Kirletici	T	B	U	Z	P/A	K	Açıklamalar
Uçucu Organik Bileşikler	X	X	X	X		X	Bu kirleticilerin çoğu sinirsel/davranışsal zehirleyici, karaciğer zehirleyici ve kalbi etkileyicidir.
Formaldehit	X					X	Alerjik tepkiler meydana getirebilir.
Pestisitler	X			X		X	Bu kirleticilerin bir çoğu beyni ve karaciğeri zehirleyici, üretken zeh. ve hassas hale getiricidir.
Kurşun	X			X		X	Beyni zehirleyici ve geriye dönülmez davranışsal etkiler.
Karbon monoksit		X					Hastalarda boğulma (anjin) etkisini güçlendirir, frekansını artırır; sağlıklı yetişkin erkeklerde iş gücünü azaltır, bağ ağrıları, göz küçülmesi, sağlıklı yetişkinlerde değişken belirtiler gösterebilir; hastalarda kalp-akciğer uyumsuzluğunu şiddetlendirir.
Karbon dioksit		X					Solunum uyarıcı etki yapar; arttırılmış solunum ve insanlarda yorucu görevleri yapma kabiliyetini azaltır; kandaki pH ve pCO ₂ oranları değişir; böbreklerde kireçlenme ve akciğer alveollerinde yapısal değişiklikler.
Azot dioksit	X						Astımlılarda ciğer fonksiyonlarında azalma; çocuklarda ve yetişkinlerde akciğer fonksiyonlarını etkiler; hayvan ve çocuklarda diğer zehirleyicilerle birlikte etkileşimli hale gelir; hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar bağışıklık kabiliyetini azalttığını göstermiştir.
Kükürt dioksit	X						Normal erkeklerde ve astımlılarda ciğer fonksiyonlarını azaltır; hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda ciğer fonksiyonlarını azalttığı görülmüştür.
Biyolojik Kirlit.	X					X	Enfeksiyon hastalıkları; alerjik reaksiyonlar; zehirleyici etkiler.
Çevresel bütün dumanı	X					X	Mukoza zarlarını tahriş eder, kalp dolaşım sisteminde stres oluşturur, çocuklarda şiddetli ve ölümcül solunum etkileri
Polisilik Ar.Hdr. K.	X					X	Bazıları tahriş edicidir ve kalp dolaşım sistemini etkileyebilir
Asbest	X					X	Uzun süre teneffüs edenlerde asbest hastalığı olan mezotelizma oluşturur. (Asbestozis, Kanser)
Radon						X	

* T:Tahriş edici B: Boğucu (Kimyasal/Basit) U:Uyuşturucu Z: Zehirli P/A: Patolojik-alerjik, K:Kanserojen

Çizelge 2.6. Bazı tarımsal kirleticiler için PM10 ve PM2.5 eşik sınır değerleri (OSHA 2010).

Özellik	Sınır Değer (µg/m ³)	Parçacık Boyutu (µm)
Alt Solunum Yolu Rahatsızlık Değeri	5000	PM2.5
Toplam Rahatsızlık Sınırı	15000	PM10
Tahıl Tozu (Buğday, arpa, yulaf)	15000	PM10
	5000	PM2.5
Ham Pamuk	1000	PM10
İplik	200	PM2.5
Dokuma	750	PM2.5

Robert Bhavesh vd., (2006) havadaki mineral toz konsantrasyonları ve maruz kalma potansiyelinin bölgesel jeolojik yapı, iklim koşulları, yağış miktarı, yetiştirilen mahsulün türü, yapılan çalışmalarla bağlantılı olduğunu belirtmişler ve tarım alanlarının potansiyel olarak solunum yolu rahatsızlıkları/hastalıklarına neden olduğunu vurgulamışlardır.

Yapılan bir çalışmada toprak işleme makinalarından rotovator için $25770 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenen değer, sınır değerinin üzerinde tespit edilmiştir. Değerler, buğday hasadında $29300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, saman yapma işleminde $24640 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Denemelerde PM2.5 yoğunlukları da belirtilen işlemlerde sırasıyla 5888, 10560, 8470 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak sınır değer (5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) üzerinde ölçülmüştür. PM1 konsantrasyonu, özellikle buğday hasadında ve saman yapmada oldukça yüksek düzeylerde (sırasıyla 3130 ve 6026 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) olarak belirlenmiş ve saman yapma işlemindeki PM2.5 sınır değerini aşmıştır (Aslan vd. 2009).

Mesleki maruziyet, iş yerlerinde çalışma koşullarından kaynaklanan tozların sınırlandırılması için farklı düzenlemeleri gerektirmektedir. Konu ile ilgili tanımlamalardan Eşik Sınır Değer – ESD (Threshold Limit Value-TLV), 8 saatlik çalışma için belirlenmiş olan ortalama sınır değerdir ve bir insanın çalışma yaşamında sürekli maruz kalabileceği güvenli kişisel maruziyet seviyesini ifade etmektedir (OSHA 2023). ESD, çalışanların mesleki toz maruziyet sınır değeridir ve genel halk sağlığını ilgilendiren hava kalitesi indeksi değerlerinden farklıdır. Hava kalitesinin yükseltilmesi ile ilgili düzenlemeler, halk sağlığını koruma amacı ile havadaki belirli kirleticilerin yoğunluklarının sınırlandırılmasını amaçlamaktadır.

Bu amaçla yaygın olarak kullanılan EPA Hava Kalitesi İndeksi (Air Quality Index – AQI) günlük kirleticilere göre ölçülerek belirlenmekte ve sınıflandırılmaktadır. İlgili değerler Çizelge 2.7’de verilmiştir (EPA 2019).

Çizelge 2.7. EPA Hava kalitesi indeksi

AQI	Sağlığa Etkileri
0-50 μm^3	İyi
51-100 μm^3	Orta
101-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hassas Gruplar İçin Sağlığa Zararlı
151-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sağlığa Zararlı
201-300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sağlığa Çok Zararlı
301-500 μm^3	Tehlikeli

İngiltere’de HSE (Sağlık ve Güvenlik Kurulu) tahıl tozu için 8 saat zaman ağırlıklı ortalama değeri olmak üzere maksimum maruziyet sınırını 10 mg/m^3 olarak ifade etmektedir. OSHA dışında, Sağlığa Zararlı Maddelerin Kontrolü Düzenlemesi tahıl tozu için iş yeri maruziyet sınır değerini (WEL) belirlemiş ve WEL değerinin maksimum sınır olduğu belirtilmiştir. Ancak bu değer hedef değer olmadığı, mümkünse maruziyet

düzeyi WEL sınırlarının çok altında tutulmasının gerekli olduğu ifade edilmiştir (HSE 2002).

Ülkeler, ulusal kuruluşlar aracılığı ile işyeri çevresel faktörlerini değerlendirmek amacı ile farklı bazı kriterler geliştirmişlerdir. Çizelge 2.8’de ABD’deki kuruluşların (İş Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü (NIOSH), Amerikan Hükümeti Endüstriyel Hijyenistleri Topluluğu (ACGIH) ve İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı (OSHA)’nın uyguladıkları organik tozlara ilişkin bazı sınır değerler görülmektedir (Alayunt ve Tekin 2023). Tarımda partikül madde, farklı çalışma koşullarında yapılan işlemlerden ve çevreden kaynaklanan tozların birleşik etkisi ile oluşmaktadır. Bazı solunum yolu rahatsızlıkları ve hastalıkları ve bu hastalıklara hangi işlemlerin neden olduğu Çizelge 2.9 ve Çizelge 2.10’da verilmiştir.

Tarımda kapalı binalarda yapılan ölçümlerde olduğu kadar tarla işlemleri sırasında çıkan toz emisyonlarının ölçülmesinde de kirleticilerin mekânsal dağılımının belirlenmesi, ölçüm yapılacak noktaların belirlenmesi açısından önemlidir. Araştırmacılar kapalı alanlarda genellikle binanın ortasında veya soluma bölgesinde ölçüm yapma eğiliminde olmaktadır. Kirletici dağılımı, örnekleme hacmi içinde tekdüze ise örnekleme noktası rastgele olabilir. Değilse en doğru örnekleme noktasının belirlenmesi için öncelikle bina içinde kirleticilerin mekânsal dağılımı belirlenmelidir (Jerez vd. 2011).

Çizelge 2.8. Tarımda önerilen farklı ülkelerin maksimum maruziyet düzeyleri (Kirkhorn and Garry 2000).

Tehlike	OSHA İzin verilen Maruziyet Miktarı (Permissible Exposure Levels) (PEL)	NIOSH Önerilen maruziyet düzeyi (Recommended Exposure Limits-(REL)	ACGIH Eşlik sınır değerleri (Threshold Limit Values (TLV)	Kapalı ortamlarda yapılan hayvan yetiştiriciliği araştırmaları
Genel Rahatsızlık veren toplam toz	15 mg/m ³	-	10 mg/m ³	-
Rahatsızlık veren solunabilir toz	5 mg/m ³	-	3 mg/m ³	-
Tahıl tozu	10 mg/m ³	4 mg/m ³	4 mg/m ³	-
Organik toz	-	-	-	2.4-2.5 mg/m ³
Solunabilir organik toz	-	-	-	0.16-0.23 mg/m ³
Endotoksin	-	-	-	640-1000 ng/m ³
Amonyak	50 ppm	25 ppm	25 ppm	7.5 ppm

Çizelge 2.9. Tarımsal solunum yolu tehlikeleri ve hastalıkları (Kirkhorn and Garry 2000)

Sınıflar	Kaynaklar	Çevre	Koşullar
Organik tozlar	Tahıl, saman, endotoksin, silaj, pamuk, hayvan yemi, hayvan yan ürünleri, mikroorganizmalar	Kapalı ortam hayvan yetiştirme işlemleri, ahırlar, silolar, hasat ve ürün işleme işlemleri	Astım, astım benzerisendrom, Mesleki Toz, Toksik Sendromu (MTTS) kronik bronşit, akciğer hipersensitivites (Çiftçi Akciğeri)
İnorganik tozlar	Silikatlar	Hasat/toprak işleme	Akciğer fibrozu, kronik bronşit
Gazlar	Amonyak, hidrojen sülfat, nitrojen oksit, metan, CO	Kapalı hayvan binaları, Silolar, gübreler	Astım benzeri sendrom, trakeo bronşit silo-dolduran hastalığı, akciğer ödemi
Kimyasal Pestisitler Gübreler Dezenfektanlar	Paragat, organo fosfatlar Fumigantlar, Susuz amonyak Klorin, kuarternler bileşenler	Uygulayıcılar, tarla işçileri Depolama kısıtları Süt sığırcılığı, domuz yetiştirme alanları	Akciğer fibrozu, akciğer ödemi, bronşiyal spasm, Mukus membran tahrişi, trakeobronşit solunum irritantı, bronşiyal spasm
Diğer Çözücüler Kaynak Dumanı Zoonotik enfeksiyonlar	Motorin, pestisit solüsyonları, Nitrus oksitler, Ozon, Metaller, Mikroorganizmalar	Depolama kutuları Kaynak İşleri Hayvan yetiştirme, veterinerlik hizmetleri	Mukus membran İrritasyonu, Bronchitis, metal-dumanı ateşi, amfizem, Anthrax, Qateşi, pistakoz

Çizelge 2.10. Yaygın tarımsal solunum yolu maruziyetleri ve etkileri (Schenker 1998)

Solunum Bölgesi	Temel Maruziyet	Hastalıklar /Sendromlar
Burun ve nazofarenks	Sebze tozları Hava alejenleri Akarlar Endotoksinler Amonyak	Alerjik ve alarjik olmayan rinitler OrganikToz Toksik Sendromu (OTTS)
Havayı ileten yollar	-	Bronşit, Astım, Astım benzeri sendromu, OTTS
Terminal bronşiyal ve alviyolller	Sebze tozları Endotoksinler, Mikotoksinler Bakteri ve mantar, Hidrojen sülfat, Nitrojen oksitler, Paraquat, İnorganik tozlar (Silika, silikatlar)	OTTS Akciğer ödemi/yetişkin solunum bozukluğu sendromu Obliteratif bronşiolit Hipersensitivite pnömanisi (HP) İntersitesyel akciğer fibrozu

Türkiye’de 2013 yılında Tozla Mücadele Yönetmeliği çıkmıştır. Yönetmelikte çalışmaların sağlığını ve güvenliğinin korunması kapsamında, işletmelerde işveren tarafından tozla mücadele birimlerinin kurulması belirtilmektedir. Belirtilen birimin kurulmasının gerekli olmadığı şartlarda ise toz konsantrasyonlarının belirlenmesine

yönelik yapılacak ölçümlerin İSGM (İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü) veya konu ile ilgili akredite olan laboratuvarlar tarafından yapılmasının gerekli olduğu belirtilmiştir. Yönetmeliğe göre işletmelerde çalışan sayısı 300 kişiden az ise birer ay aralıkla en az 3 ölçüm yapılması konusu yer almaktadır.

Ülkemizdeki İş sağlığı ve Güvenliği (İSG) Kanunun'da işyeri tanımı yer almaktadır. Bununla birlikte tarım işletmeleri genellikle geleneksel yapıda aile işletmeleridir. İSG Kanunun da kendi nam ve hesabına çalışanlar yasa kapsamı dışında tutulmuştur. Bu nedenle çoğunluğu aile işletmesi olan tarım işletmeleri için toz ölçümü yapılmasına ilişkin bir düzenleme yoktur. Tarımsal alanda çalışanlar için hangi işlemler sırasında hangi maruziyetlerin söz konusu olduğuna yönelik bilimsel veriler konusunda eksiklikler bulunmaktadır. Bununla birlikte çalışma sırasında çalışanların toz maruziyetlerinin azaltılması tedbirlerinin alınması önemli bir konudur.

Kabul edilebilir iç hava kalitesi için Temiz odalar için TS 11605 EN ISO 14644-1 standardında toz partikül maddelerinin boyut çaplarına göre standart sınıfları Çizelge 2.11' de verilmiştir.

Çizelge 2.11. Temiz odalar için TS 11605 EN ISO 14644-1 standardı

ISO Sınıflandırma sayısı (N)	Aşağıda gösterilmiş (konsantrasyon düzeyleri madde 3.2'deki eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır) değerlendirmeye alınan boyutlardan daha büyük ve eşit partiküller için en yüksek konsantrasyon düzeyleri (partikül/m ³ hava)					
	0.1 µm	0.2 µm	0.3 µm	0.5 µm	1 µm	5 µm
ISO Sınıf 1	10	2				
ISO Sınıf 2	100	24	10	4		
ISO Sınıf 3	1000	237	102	35	8	
ISO Sınıf 4	10000	2370	1020	352	83	
ISO Sınıf 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO Sınıf 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO Sınıf 7				352000	83200	2930
ISO Sınıf 8				3520000	832000	29300
ISO Sınıf 9				35200000	8320000	293000
Not Ölçme işlemi ile ilgili belirsizlikler, sınıflandırma düzeyinin tayini için üç den fazla sayıda olmayan önemli şekiller kullanılarak gösterilen konsantrasyon verisini gerektirir.						

2.2.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu

Türkiye de 12.06.2012 tarihinde 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu kapsamda İSG konuları her alandan daha çok gündeme gelmeye başlamıştır. Bununla birlikte kanunun 4. maddesinin ç bendine göre kendi nam ve hesabına tarım ile uğraşan geleneksel tarım işletmeler, kanun kapsamı dışında kalmaktadır. Bu nedenle tarımsal üretimde güvenlik kültürünün oluşturulması konusu öne çıkmaktadır ve bu kültürün oluşmasına yönelik çalışmaların gerekliliği farklı platformlarda vurgulanmaktadır. Özellikle diğer üretim kollarına göre daha yoğun insan işgücü kullanımının olduğu ve üretim alanlarının sürekli arttığı seralarda, İSG ile çalışmaların sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Çalışma, Türkiye de veri eksikliği bulunan sera alanlarında yürütülmüştür. Bu nedenle elde edilecek bulgular, seralarda iş sağlığı ve güvenliğine yönelik sahadan alınan bilimsel verilerin belirlenmesi yönünden

önemlidir. Bu açıdan literatürde önemli bir boşluğu doldurması beklenmektedir. Çalışmadan elde edilen ölçüme dayalı bulguların akademik olarak konu ile ilgili veri tabanının oluşmasına katkı sağlamasını yanında; eğitim, yayım vb. farklı alanlarda kullanım potansiyelinin olduğu öngörülmektedir.



3. MATERYAL VE METOT

Seralarda iç ortam havası özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan bu araştırmada; hava kalitesini etkileyen farklı parametrelerin, farklı ürünler ve farklı işlemler sırasında pratik çalışma koşullarındaki değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) IDW yöntemi ile analiz edilerek mekânsal haritalar oluşturulmuştur. Belirlenen değerler Uluslararası standartlarda belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

Saha denemeleri Akdeniz Üniversitesi Kampus alanında yer alan Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde yürütülmüştür. Çalışmada iç ortam hava kalitesine yönelik partiküle madde, sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçülmüştür. Diğer bir parametre olan CO₂ düzeyi, CO₂ gübrelemesi yapılmayan sera iç ortamların ASHRAE tarafından bildirilen 1000 ppm sınır değerinin altında olduğu için öncelikli risk unsurları arasında değerlendirilmemektedir. Farklı yapılardaki seralarda yılın farklı dönemlerinde yapay CO₂ gübrelemesi yapılmayan seralarda CO₂ düzeylerinin yaklaşık 400-500 ppm seviyelerinde olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada CO₂ ölçümleri dikkate alınmamıştır (Chowdhury vd. 2023).

İç ortam kalitesine Dikkate alınan parametreler ve serada uygulanan tarımsal işlemler aşağıda verilmiştir.

İç Ortam Havası Parametreleri

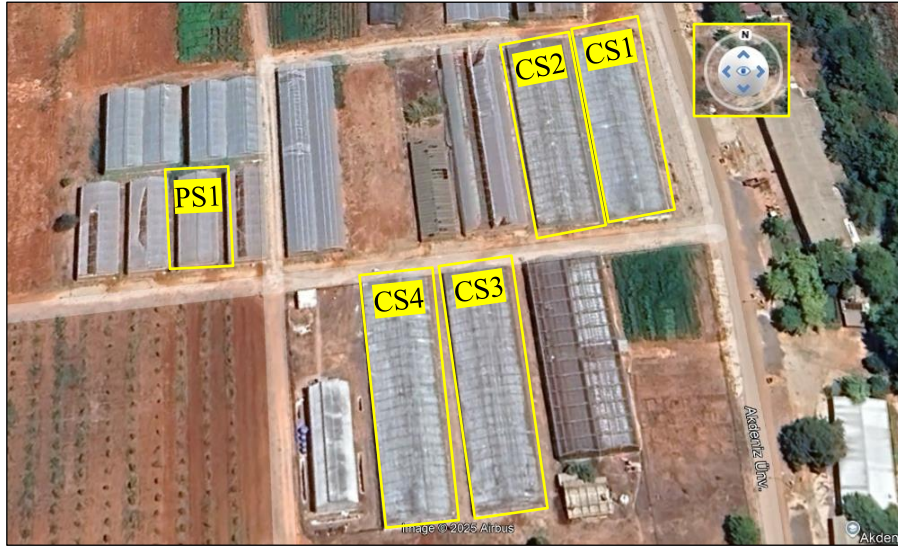
- Toz partikülleri PM (PM1, PM2.5, PM10),
- Sıcaklık (°C),
- Bağıl nem (%),

Tarımsal İşlemler

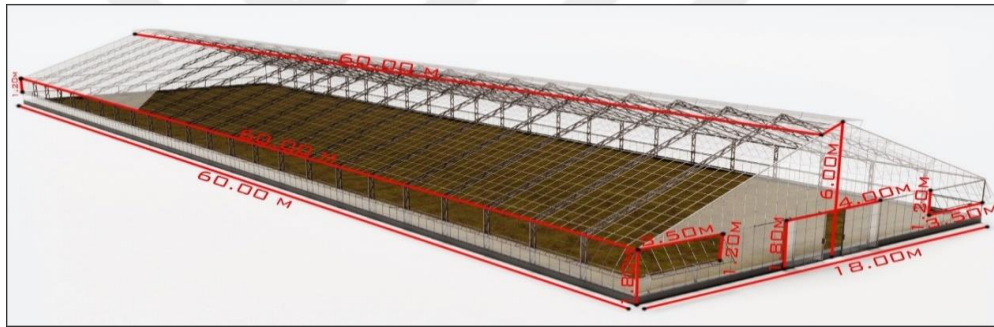
- Toprak işleme ve dikim
- Bakım
- Hasat

3.1. Sera Özellikleri

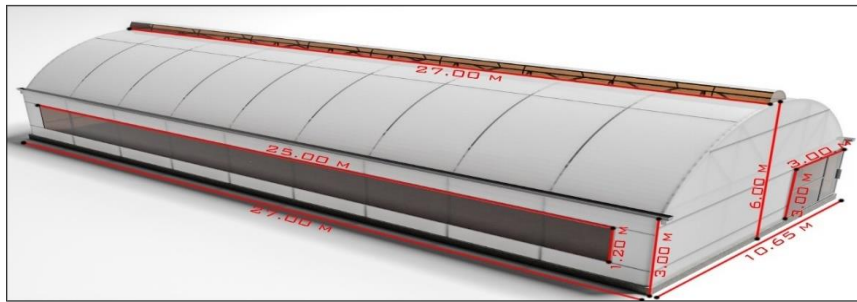
Araştırma denemeleri 4 adet cam ve 1 adet plastik olmak üzere toplam toplam 5 adet serada 2024-2025 üretim sezonu güz döneminde yürütülmüştür. Ölçümler Eylül 2024-Ocak 2025 döneminde yapılmıştır. Tüm cam seraların boyutları aynıdır. Çalışmanın yapıldığı sera alanlarının google earth görünümü Şekil 3.1'de verilmiştir. Cam seralar ve plastik seraların teknik çizimi Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te, seralara ait bazı özellikler Çizele 3.1'de yer almaktadır.



Şekil 3.1. Sera alanlarının Google Earth görünümü



Şekil 3.2. Çalışmanın yapıldığı cam seraların boyutları



Şekil 3.3. Çalışmanın yapıldığı plastik sera boyutları

Çizelge 3.1. Çalışmanın yapıldığı sera özellikleri

Sera No	Kodlama	Ürün	Örtü Malzemesi	Uzunluk	Genişlik	Yan Yükseklik	Mahya Yükseklik	Alan (m ²)
1	CS1	Hıyar	Cam	60.00	18.00	1.80	6.00	960
2	CS2	Domates	Cam	60.00	18.00	1.80	6.00	960
3	CS3	Biber	Cam	60.00	18.00	1.80	6.00	960
4	CS4	Domates	Cam	60.00	18.00	1.80	6.00	960
5	PS1	Domates	Plastik	27.00	10.65	3.00	6.00	283.5

Kuzey-güney doğrultusunda kurulan seralarda yer alan ürünler domates, biber ve hıyardır. Havalandırma işlemleri yan cepheler ile çatıda bulunan ve elektrik motorları ile kontrol edilen pencereler yardımıyla doğal yollardan sağlanmaktadır. Isıtma işlemi için elektrikli ısıtıcılar kullanılmaktadır. Sulama işlemi damlama sulama sistemi ile gerçekleştirilmekte ve su sondaj kuyusundan temin edilmektedir.

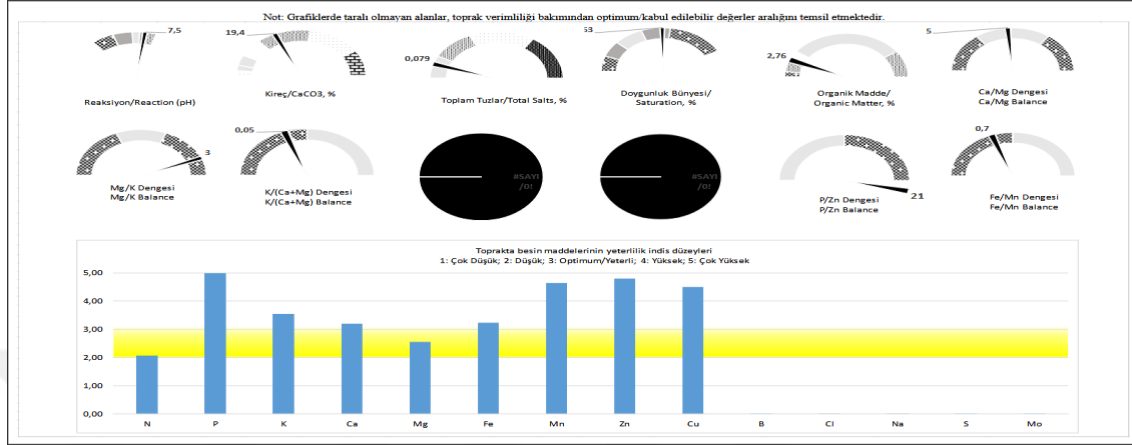
3.2. Toprak Özellikleri

Seraların toprak analizi TÜRKAK'dan (AB-0437-T) ile (TS EN ISO /IEC 17025:2017) standardına göre akredite edilmiş özel bir laboratuvar (agriLabEN) yaptırılmıştır (Çizelge 3.2). Toprak analiz raporuna göre Toprağın pH değerinin hafif alkali reaksiyonda olduğu, çok kireçli düzeyinde olduğunu, minimal tuz düzeyinin olduğu, toprağın tuzsuz olduğu, Su doygunluğunun orta ağır düzeyde olduğu, orta düzeyde organik maddesinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Seralardan alınan Toprak Analiz Raporu

Analiz Parametreleri	Birim	Metodlar	Analiz Sonucu	Değerlendirme
pH	-	Saturasyon	7.5	Hafif alkali reaksiyon
Kireç	(%)	Kalsimetrik	19.4	Çok fazla
Tuz	(%)	Saturasyon	0.079	Tuzsuz
Doygunluk	(%)	Saturasyon	63	Orta ıslak bünyeye
Org. Mad.	(%)	TS 8336	2.76	Orta
Toplam N	(%)	Kjeldahl	0.095	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı P	(kg P ₂ O ₅ /da)	İşletme içi metot- 'SOPT-13 Rev. No: 04' (TS 8340)	76.12	Çok yüksek
Bitkiye Yarayışlı K	(kg K ₂ O/da)	A.Asetat-ICP	203.3	Yüksek
Ekstrakte Edilebilir Ca	(kg CaO/da)	A.Asetat-ICP	1650.6	Yeterli
Ekstrakte Edilebilir Mg	(kg MgO/da)	A.Asetat-ICP	215.8	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı Fe	(ppm)	DTPA-ICP	5.83	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı Mn	(ppm)	DTPA-ICP	7.38	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı Zn	(ppm)	DTPA-ICP	14.44	Çok yüksek
Bitkiye Yarayışlı Cu	(ppm)	DTPA-ICP	6.40	Yüksek

Çizelge 3.2’de yer alan toprak analiz sonucuna göre toprağın %63’ü su doygunluğunda orta ağır bünyeli bir toprak yapısına sahip olduğu belirlenmiştir. Doğal bitki türleri için yeterli olabileceği, yetiştirilecek kültür bitkisinin gereksinimine göre toprağa organik madde ilavesi yararlı olacağı belirlenmiştir. Özgün ve dinamik toprak göstergeleri Şekil 3.4 ve Çizelge 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.4. Seralardan alınan özgün ve dinamik toprak göstergeleri

Çizelge 3.3. Seralardan alınan toprak özgün, dinamik, bitki besin ölçüleri

Değerlendirme (Potansiyel etkiler ve/veya muhtemel sonuçlar), 0-30 cm		
Toprak Özgün ve Dinamik Ölçütleri	pH	Hafif alkalin reaksiyon. Asit reaksiyonda gelişmeyen bir çok bitki türü için optimum. Toprakta P, Fe ve Mn mikro besinlerinin yayarışlılığında kısmen azalışlar görülebilir.
	Kireç (%)	Çok kireçli düzey. Fosfor ve bazı mikroelementlerde kuvvetle muhtemel yayarışlılık sorunları görülebilir.
	Tuz, %	Tuzsuz, minimal düzey. Bitkilerde olumsuz etki beklenmemektedir. Toprak yukama gereksinimi bulunmamaktadır.
	Su Doymunluğ (‰)	Orta ağır bünye. Su yayarışlılığı ve toprak işleme direncinde kısmen sınırlama görülebilir.
	Top. Organik M. (%)	Orta düzeyde organik madde. Doğal bitki türleri için yeterli olabilir. Yetiştirilecek kültür bitkisinin gereksinimine göre toprağa organik madde ilavesi yararlı olur.
Toprak Bitki Besin Ölçütleri	Toplam N (%)	Yeterli düzey. Bir çok doğal bitki türü için yeterli düzeyde N birikimi mevcut. Yetiştirilecek kültür bitkisinin türüne göre azotlu gübre uygulaması gerekli olabilir.
	Yayarışlı P (mg/kg)	Çok yüksek düzey. P interaksyonu nedeniyle sıklıkla bazı mikrobesinlerde yayarışlılık sorunları görülebilir.
	Değişebilir K (kg/da)	Yüksek düzey. Mükemmel düzeyde K rezervi mevcut.
	Değişebilir Ca (kg/da)	Yüksek düzey. Toprakta mükemmel düzeyde Ca rezervi mevcut.
	Değişebilir Mg (kg/da)	Yeterli düzey. Bitkilerde olumsuz etki ya da eksiklik beklenmemektedir.
	Yayarışlı Fe (mg/kg)	Yeterli düzey. Bitkide olumsuz etki ya da eksiklik beklenmemektedir.
	Yayarışlı Mn (mg/kg)	Çok yüksek düzey. Muhtemel mikrobesin interaksyonları ve Mn iyonuna duyarlı bitkilerde olumsuz etkiler görülebilir.
	Yayarışlı Zn (mg/kg)	Çok yüksek düzey. Muhtemel mikrobesin ve P interaksyonları ve Zn iyonuna duyarlı bitkilerde olumsuz etkiler görülebilir.
	Yayarışlı Cu (mg/kg)	Yüksek düzey. Toprakta muhtemel mikrobesin interaksyonları ve duyarlı bitkilerde toksisite etkileri görülebilir.
	Yayarışlı B (mg/kg)	Analiz istemi bulunmamaktadır
	Yayarışlı Cl (mg/kg)	Analiz istemi bulunmamaktadır
	Yayarışlı Na (mg/kg)	Analiz istemi bulunmamaktadır
	Yayarışlı SO4 (mg/kg)	Analiz istemi bulunmamaktadır
	Yayarışlı Mo (mg/kg)	Analiz istemi bulunmamaktadır
Toprak/Bitki Besleme Analiz ve Saygım Ölçütleri	Ca/Mg Dengesi*	İdeal oranda
	Mg/K Dengesi*	İdeal oranda
	(Ca+Mg)/K Dengesi*	Düşük (Ca ya da Mg eksikliği görülebilir)
	K/Na Dengesi*	--
	P/S Dengesi*	--
	P/Zn Dengesi*	P/Zn dengesizliği (Fazla P, Zn noksanlığı görülebilir)
	Fe/Mn Dengesi*	Fe/Mn dengesizliği (Fe eksikliği görülebilir)

*: Bu ölçütler ideal toprak koşullarında ve optimum bitki besin düzeylerinde önerilen referans değerlere göre düzenlenmiş olup, farklı toprak ve iklim koşullarında değerlendirmelerde farklılıklar olabilmektedir.

3.3. Ölçüm Cihazları

3.3.1. Partikül madde, sıcaklık ve bağıl nem ölçüm cihazı

Denemelerde elle taşınabilir partikül ölçüm cihazı (PCE) kullanılmıştır. Cihaz ile aynı zamanda bağıl nem ve sıcaklık değerleri de ölçülebilmektedir. Cihaza ait görüntü Şekil 3.5'te, teknik özellikler Çizelge 3.4'te yer almaktadır.



Şekil 3.5. Partikül ölçüm cihazı (PCE)

Çizelge 3.4. Toz partikül ölçüm cihazının (PCE) teknik özellikleri

Cihaz Özellikleri	Değer Aralıkları
Ortam koşulları	0...50 °C - 10...90 % RH
Ekran	2.8/ 320x240 piksel/renkli
Batarya	Şarj edilebilir batarya 4 saat kullanımlı
Hafıza kartı	80 MB, SD card 8 GB
Partikül Sayımı	
Ölçülebilen partikül boyutu/birim	0.3/0.5/1.0/2.5/5.0 ve 10 µm adet, (µg/m ³)
Akış oranı	2.83l/min
Veri kaydı	5000 kayıt
Sayma modu	Kümülatif, diferansiyel, Konsantrasyon
Hava Sıcaklık ve Nem	0...+50°C 0%RH 100%RH

3.3.2. Air 3D MAP cihazı

Çalışmada ölçüm koordinatları dikkate alınarak mekansal haritalar oluşturulmuştur. Koordinatların belirlenmesinde AIR 3D MAP cihazı kullanılmıştır. Cihaz Tübitak Bigg 2022-2 yeşil çağrı projesi kapsamında, Hava Kirleticisi Ölçen İnsansız Hava Aracı Tasarımı ve 3D Hava Modellemesi başlıklı proje kapsamında geliştirilen bir cihazdır (Güllüdağ ve Aksoy 2022). AIR 3D MAP cihazın teknik özellikleri Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. AIR 3D MAP cihazı teknik özellikleri (Güllüdağ ve Aksoy 2022).

Sensör Kodları	Modül Bilgileri ve Geliştirme Kartı
DHT11	Sıcaklık Nem Sensörü: Mini Arduino Mega2560 Pro
MQ-135	Hava Kalitesi Ölçüm Modülü
MQ-131	Ozon Ölçümleme Modülü
MH-Z19	Kızılötesi Karbondioksit Ölçme Sensör Modülü
BME280 12C	Sıcaklık Basınç Nem Sensörü
MICS-6814	Gaz Sensörü - Karbon Monoksit/Azot /Amonyak
MICS-6814:	Gaz Sensörü
Arduino	Hafıza Kartı Modülü
GY-NEO6MV2: GPS Modülü	Uçuş Kontrol Sistem GPS

3.4. Mekansal Haritaların Oluşturulması

Çalışmada mekansal haritaların oluşturulmasında, jeoistatistik yöntemlerden IDW (Inverse Distance Weight) Ters Mesafe Yöntemi kullanılmıştır. Ters Mesafe Metodu (IDW) kullanılarak QGIS yazılımı ile mekânsal haritalar oluşturulmuştur. Mekânsal çalışmalarda sahadan örneklem alınması ve bu örneklemin haritalanması işlemi birçok alanda olduğu gibi seralar da kullanılmaktadır. Ters Mesafe ağırlıklandırma (IDW) ve Kriging metodu uzamsal enterpolasyon metotlarından en çok kullanılanlar arasındadır (Sekulic 2020).

IDW metodunda örneklemelerin ağırlıklı ortalamasına dayandırılarak enterpolasyon işlemi yapılır. İşlem, noktalara olan mesafe uzunluklarına dayandırılarak yapılan bir yöntemdir. Enterpolasyon (Taşıma) metodunun tahmin doğruluğunun yüksek olduğu birçok çalışmada elde edilmiştir (Wong 2016).

IDW metodun da değeri bilinen noktaların, değerleri ile bilenen mesafe kullanılarak orantılanması ile bilinmeyen ara değerler elde edilmesi şeklinde işlem gerçekleştirilmektedir. Ölçümlerde X ve Y koordinatları arası 3 m olarak belirlenmiş bu aralıkta cihazdan değerler alınmıştır.

Örneklem noktalarının koordinat sistemi WGS UTM 36N projeksiyon sistemindedir.

3.5. Ölçümlerin Yapılması

Araştırmada veriler, pratik koşullarda yapılan ölçümler ile elde edilmiştir. Yapılan ölçümler Çizelge 3.6'da özetlenmiştir. Seralarda yetiştirilen ürünler ve dikim zamanları Çizelge 3.7'de görülmektedir.

Çizelge 3.6. Araştırma kapsamında yapılan ölçümler

Tarımsal İşlemler	Ölçüm	Sera				
		CS1	CS2	CS3	CS4	PS1
Toprak İşleme-Dikim	Partikül Madde	X	X	X	X	X
	Bağıl Nem	X	X	X	X	X
	Sıcaklık	X	X	X	X	X
Bakım	Partikül Madde	X	X	X	X	X
	Bağıl Nem	X	X	X	X	X
	Sıcaklık	X	X	X	X	X
Hasat	Partikül Madde	X	X	X	X	X
	Bağıl Nem	X	X	X	X	X
	Sıcaklık	X	X	X	X	X

Çizelge 3.7. Seralarda yetiştirilen ürünler ve dikim tarihleri

Kriter	Sera				
	CS1	CS2	CS3	CS4	PS1
Ürün	Hıyar	Domates	Biber	Domates	Domates
Yetiştiricilik Şekli	Çift ürün /Güzlük	Çift ürün /Güzlük	Tek ürün	Çift ürün /Güzlük	Tek ürün
Dikim Tarihi	20 Eylül 2024	20 Eylül 2024	20 Eylül 2024	20 Eylül 2024	21 Ekim 2024

Denemeler sırasında ölçüm yükseklikleri, çalışanların çalışma sırasındaki duruşları (postür) dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışan duruşları sırasında baş yüksekliği esas alınmıştır. Ölçümler sırasında Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde çalışan toplam 8 tarım işçisi görev yapmıştır. Her bir ölçüm noktasında verinin alınması yaklaşık 5 saniye sürmektedir. Her bir ölçüm cam seralarda 30 dakikada, plastik serada 6 dakikada tamamlanmıştır. Denemeler sırasında dikkate alınan ölçüm yükseklikleri ve süreleri Çizelge 3.8'de yer almaktadır.

Çizelge 3.8. Araştırma kapsamında yapılan ölçüm yükseklikleri

İşlem	Ölçüm Yüksekliği (cm)
	Domates
Toprak İşleme	140
Dikim	60
Bakım	150
Hasat	100

3.5.1. Toprak işleme ve dikim

Sera yetiştiriciliğinde üretim faaliyetleri dikim işlemi ile başlamaktadır. Dikim yatağı hazırlığından önce toprak işlenmektedir. Toprak işlemede sırasıyla çizel ve toprak frezesi kullanılmıştır. Belirtilen uygulama Antalya ilinde yaygın bir uygulama şeklidir (Çanakçı 2005). Ölçümler sırasında güç kaynağı olarak bir bahçe traktörü (New Holland-T4.90B) kullanılmıştır. Belirtilen işlemlerin ardışık olması ve ölçülen değerlerin birbirine çok yakın değerlerde ölçülmesi nedeniyle toprak işleme ve dikim aynı grupta değerlendirilmiştir ve çalışmada ortalama değerler kullanılmıştır. Toprak işleme ve dikim işlemleri sırasında yapılan ölçümlere ait görüntüler Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de yer almaktadır.



Şekil 3.6. Toprak işleme sırasındaki (a-çizel, b-toprak frezesi) ölçüm görüntüleri



Şekil 3.7. Seralarda dikim işlemi sırasındaki ölçümler (a, b)

3.5.2. Bakım İşlemleri

Sera yetiştiriciliğinde dikim işleminden sonra bitki boyu belirli bir yüksekliğe ulaştığında bitkiler askıya alınmakta ve sıra üzerinde bulunan tellere bağlanmakta ve bitki boyu büyüdükçe ipe dolama işlemi yapılmaktadır. Gelişme döneminde bitki üzerinde bulunan bazı dal ve yapraklar belirli aralıklarla temizlenmektedir. Bölgede bu işlem budama, koltuk alma, filiz kırma, fisil alma, yaprak arası açma gibi terimlerle adlandırılmaktadır (Çanakçı 2005). Belirtilen işlemler bakım işlemleri olarak adlandırılır ve belirli periyotlarda yapılan bu işlemler sera yetiştiriciliğinde yoğun emek gerektirmektedir. Örneğin ipe dolama işleminin bir üretim sezonunda hıyar ve biberde 15 kez domatestede 5 kez yapılmaktadır. Filiz alım işlemi ise biberde 12 kez, domates ve

hıyarda 5 kez yapılmaktadır. Çalışmada bakım işlemleri sırasında yapılan ölçümlere ait görüntüler Şekil 3.8’de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 3.8. Bakım işlemleri ve ölçümler (a, b, c, d, e, f)

3.5.3. Hasat İşlemi

Hasat olgunluğuna gelmiş sebzeler belirli aralıklarla insan işgücü ile toplanmaktadır. El ile toplanan ürünler sera içerisinde kasa ile taşınarak, sera dışında veya kenarında sınıflandırılmaktadır. Bu işlemler yoğun iş gücü gerektirmektedir (Şekil 3.9). Ölçümler toplama işlemi sırasında alınmıştır. Hasat sırasındaki duruş dikkate alındığında yüksekliklerin 50 cm, 100 cm ve 120 cm olduğu gözlenmiştir. Ölçümlerde yükseklik 100 cm olarak dikkate alınmıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.9. Hasat işlemleri ve ölçümler (a, b, c, d)

3.6. Ölçüm Verilerin İstatistiksel Analiz Yöntemi

Çalışma verileri IBM SPSS İstatistik 26.0 (IBM, Armonk, NY, USA) programına aktarılarak analizler tamamlanmıştır. Veriler değerlendirilirken sayısal değişkenler için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, medyan) verilmiştir. Uygulanacak analizlere karar verebilmek için öncelikle tüm ölçümlere normal dağılım varsayımı için Kolmogorow Smirnov Testi ($n > 30$) uygulanmıştır. Test sonucunda ölçümlerin normal dağılım varsayımını sağladığı görülmüştür. Bu nedenle karşılaştırmalarda parametrik testler kullanılmıştır. İki den fazla bağımsız grup (ürünler) arasında ölçümlere göre farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans Analizi (ANOVA) ile incelenmiştir ve gruplar arasında farklılık olduğuna ise Tukey Testi uygulanmıştır. İki den fazla bağımlı grup (aşamalar) arasında farklılık olup olmadığı, tekrarlı ölçümlerde (Repeated Measures) ile incelenmiş olup hangi gruplar arasında farklılık olduğuna ise Bonferroni testi ile bakılmıştır. Değerlendirmelerde tarımsal işlemler “Aşamalar” (1. Aşama: toprak işleme-dikim, 2. Aşama: bakım, 3. Aşama: hasat) olarak tanımlanmıştır.

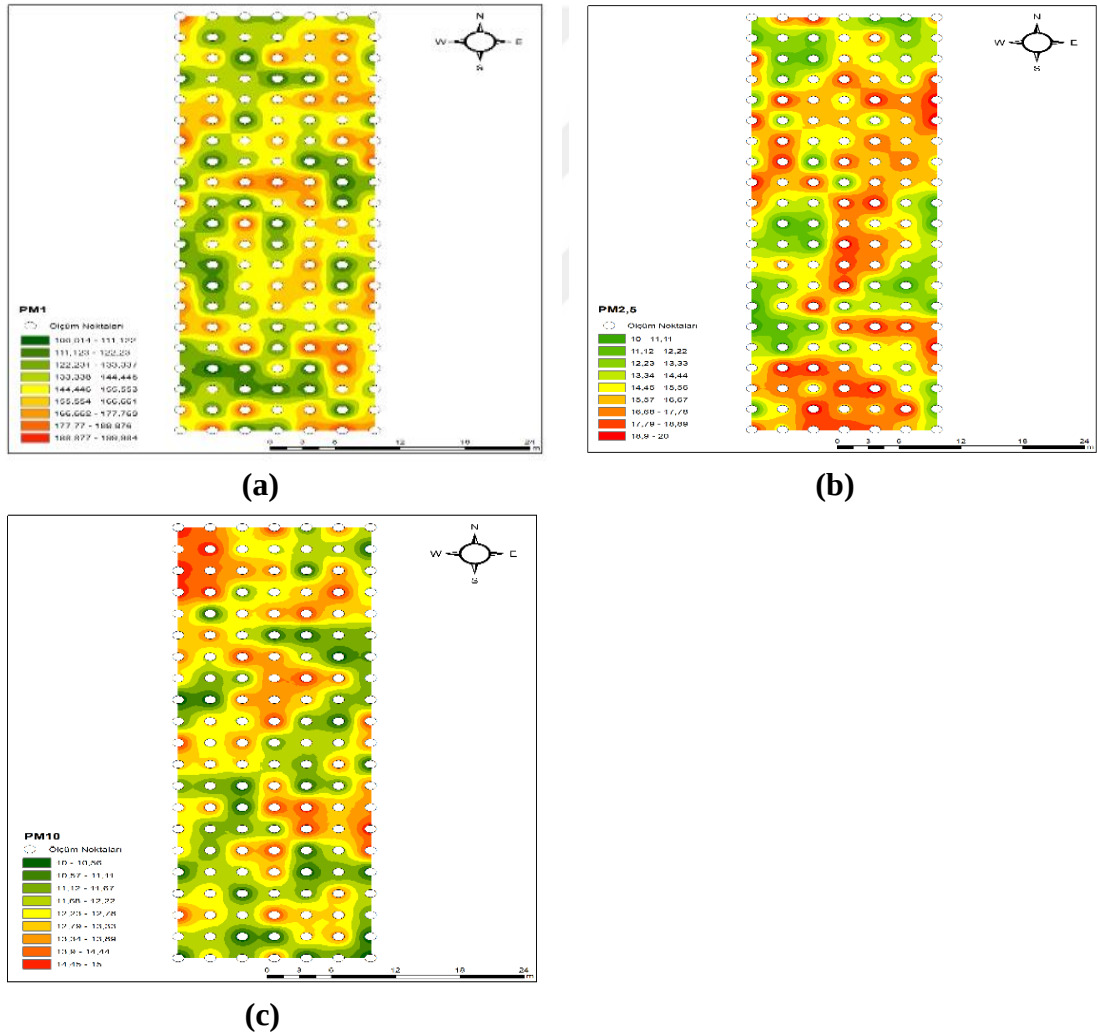
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma kapsamında seralarda yetiştirilen farklı ürünlere uygulanan toprak işleme-dikim, bakım ve hasat işlemleri sırasında ölçülen iç hava kalitesi ile ilgili değerler için oluşturulan mekânsal haritalar, istatistiksel analiz ve uluslararası standartlar ile yapılan karşılaştırmalar aşağıdaki başlıklarda yer almaktadır.

4.1. Mekansal Haritalar

4.1.1. Toprak işleme ve dikim sırasında üretilen mekansal haritalar

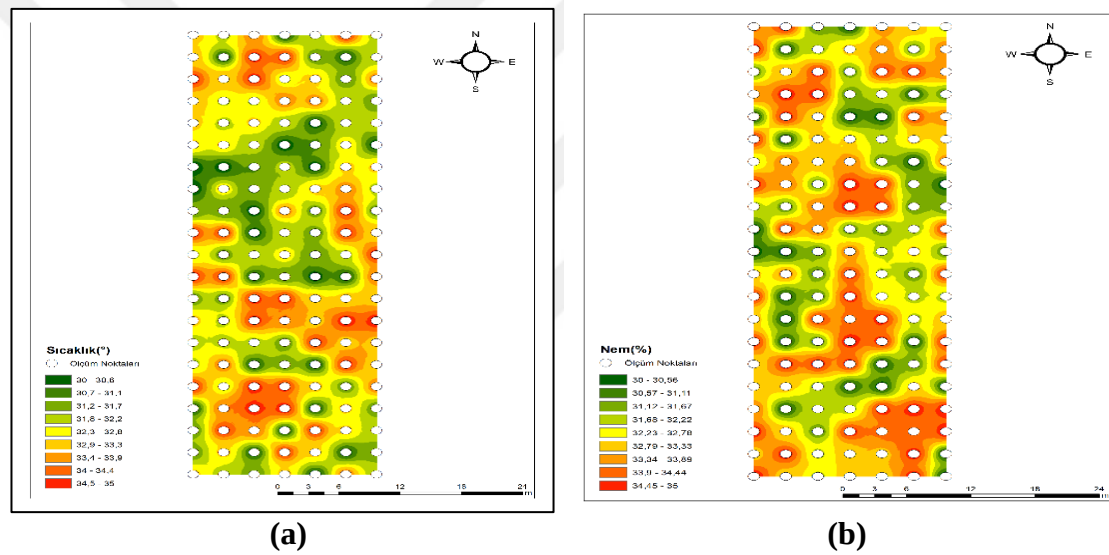
Araştırma kapsamında yapılan toprak işleme ve dikim işlemleri sırasında yapılan ölçümler ve koordinatlar dikkate alınarak oluşturulan, partikül madde miktarı (PM1, PM2.5 ve PM10), sıcaklık ve bağıl nem değerlerine ait mekânsal haritalar Şekil 4.1-Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.1. CS1 (hıyar) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları

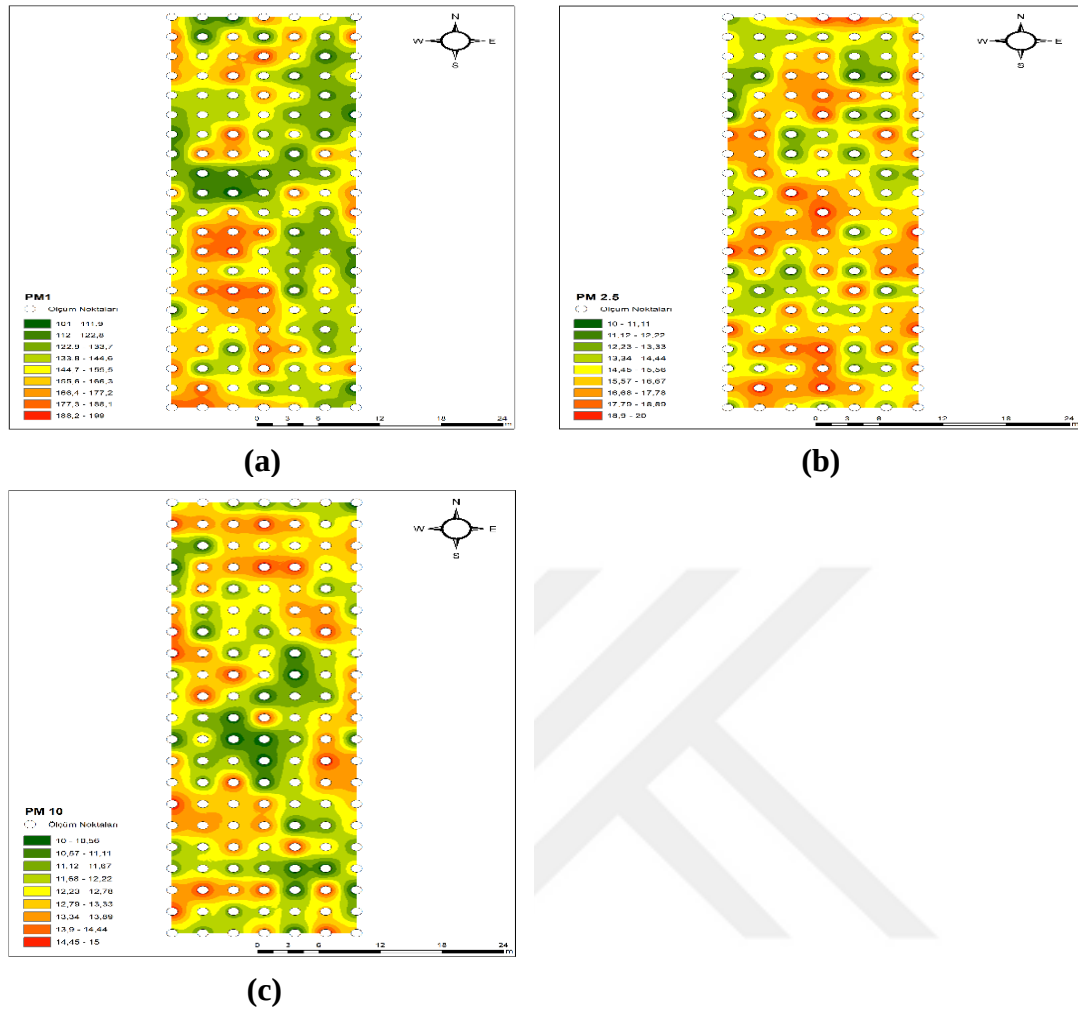
Şekil 4.1'e göre, CS1 hıyar serasında sera içinde değişkenlik göstermekle birlikte ortalama partikül madde değerleri PM1 için $147.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için $15.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için $12.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Havada daha uzun süre kalan en küçük partikül madde grubuna ait PM1 değerleri diğer gruplara göre daha yüksek çıkmıştır. PM1'e ait değerlerin TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO sınıf 5 grubunda yer aldığı, EPA standardına göre insan sağlığı yönünden orta zararlı seviyede olduğu görülmektedir. PM2.5 için standart Avrupa Birliği (AB) standart sınır değeri $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ belirtilmiştir. PM10 için ise sınır değer Dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bildirilmiştir. Çalışmada ölçülen değerler bu değerlerin altında kalmaktadır.

Sera içerisindeki koordinat değerleri farklı değerlerin olduğu görülmektedir. Ancak PM2.5 değerlerinin seranın güney kısmında arttığı görülmektedir. Bu artışa belirtilen konumda yer alan ve seraya giriş çıkışların kullanıldığı kapının neden olduğu söylenebilir. Bu işlemler sırasında havalandırma ve yan pencerelerin tamamı açık konumdadır (Şekil 4.1).

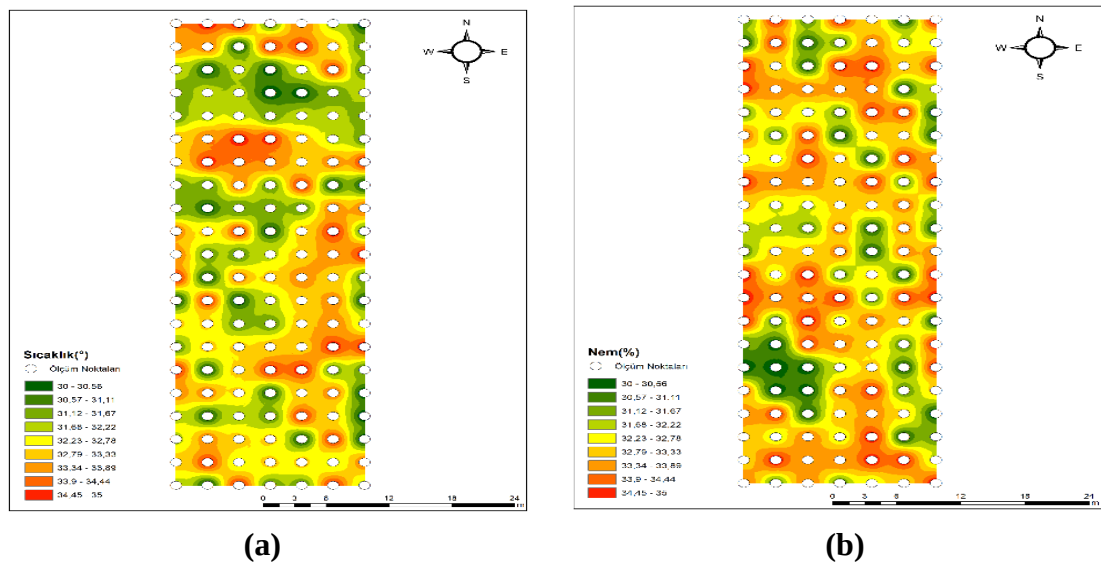


Şekil 4.2. CS1 (hıyar) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

Şekil 4.2'ye göre hıyar yetiştirilen CS1 serasına ait toprak işleme ve dikim işlemleri sırasında ortalama sıcaklık değeri 32.46°C olarak hesaplanmaktadır. Mekansal harita incelendiğinde en düşük sıcaklığın 30°C olduğu görülmektedir. Bu değerler ASHRAE standartında yer alan alt standart değerinin (20°C) üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %32.8'dir ve ASHRAE sınır değeri olarak verilen %50 bağıl nem değerinin altındadır.



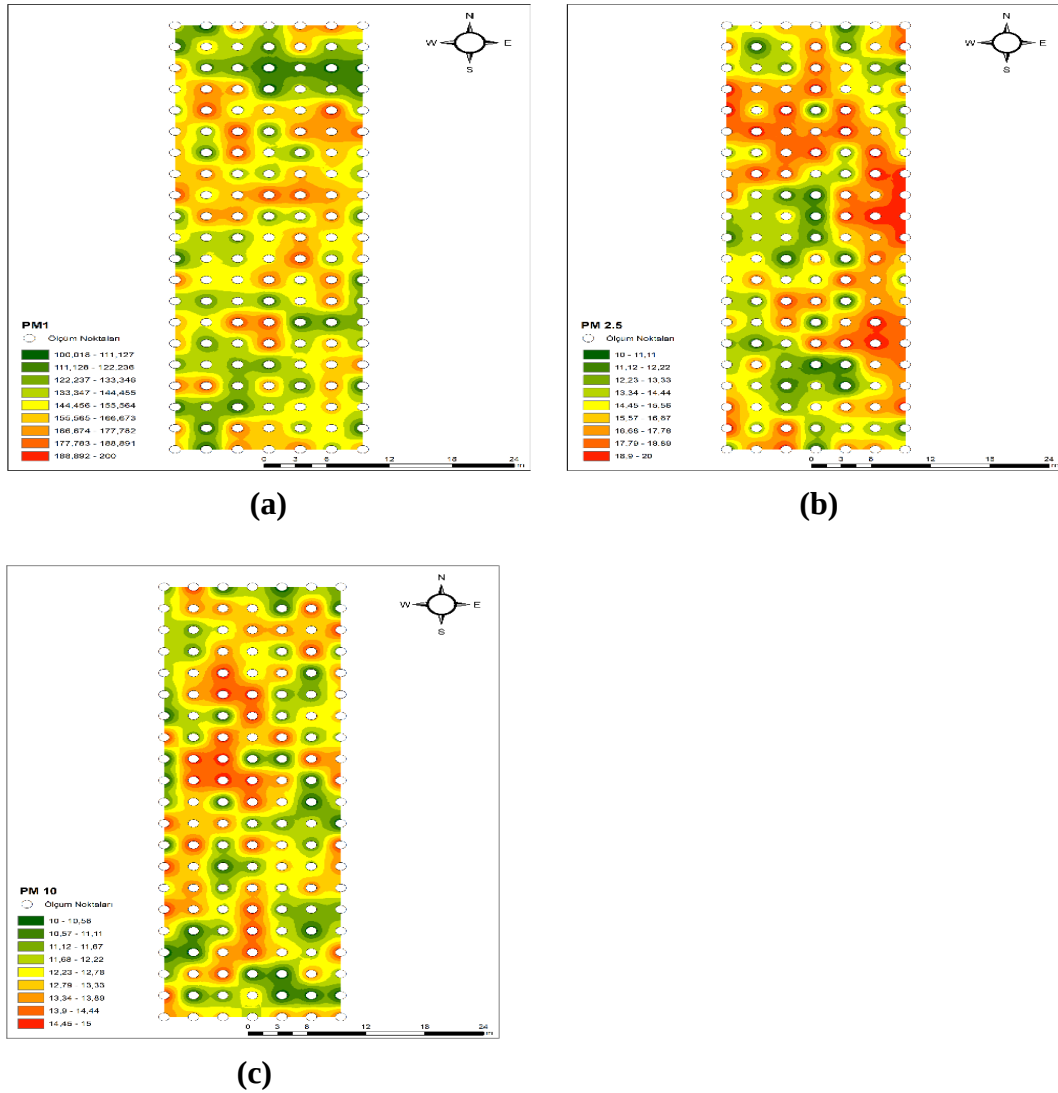
Şekil 4.3. CS2 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



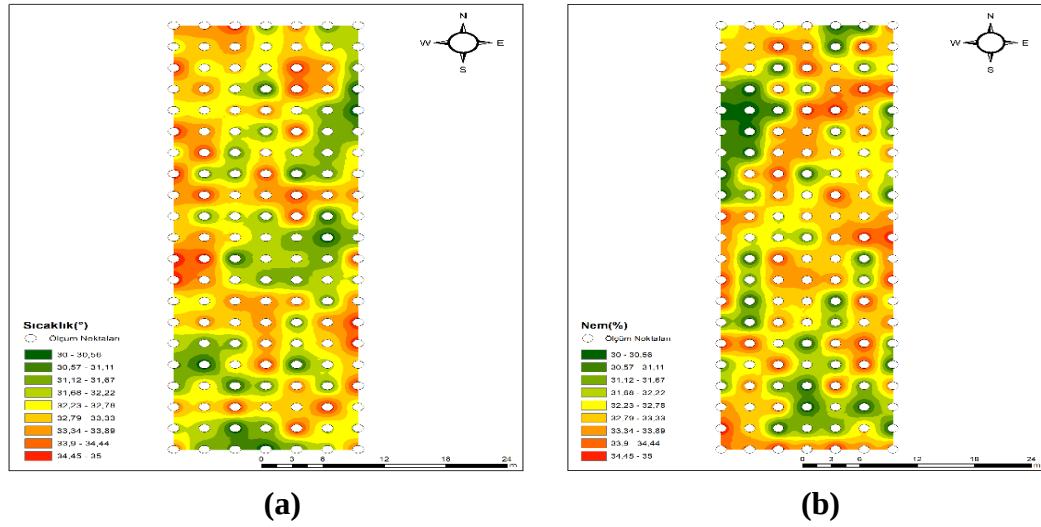
Şekil 4.4. CS2 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

CS2 domates serasında toprak işleme ve dikim sırasında belirlenen ortalama partikül madde değerleri PM1, PM2.5 ve PM10 sırasıyla $147.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $15.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $12.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir (Şekil 4.3). PM1 değerleri diğer gruplara göre daha yüksektir. PM1'e ait değerlerin TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO sınıf 5 grubunda yer aldığı, EPA standardına göre insan sağlığı yönünden hassas gruplar içerisinde zararlı seviyededir. PM2.5 için ölçüm değeri $15.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Bu değer AB standartlarında bildirilen sınır değerin ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) altındadır. Çalışmada PM10 için belirlenen sınır değer WHO tarafından bildirilen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altındadır.

Toprak işleme ve dikim işlemleri sırasında domates yetiştirilen CS2 serasına ait ölçülen ortalama sıcaklık değeri 32.52°C 'dir. Mekansal harita incelendiğinde en düşük sıcaklığın 30°C olduğu görülmektedir. Bu değer ASHRAE standartının da 20°C olarak bildirilen alt sınır değerinin üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %32.8 olarak belirlenmiştir. ASHRAE standartları dikkate alındığında bağıl nem değerinin (%50) sınır değerinin altında olduğu görülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.5. CS3 (biber) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları

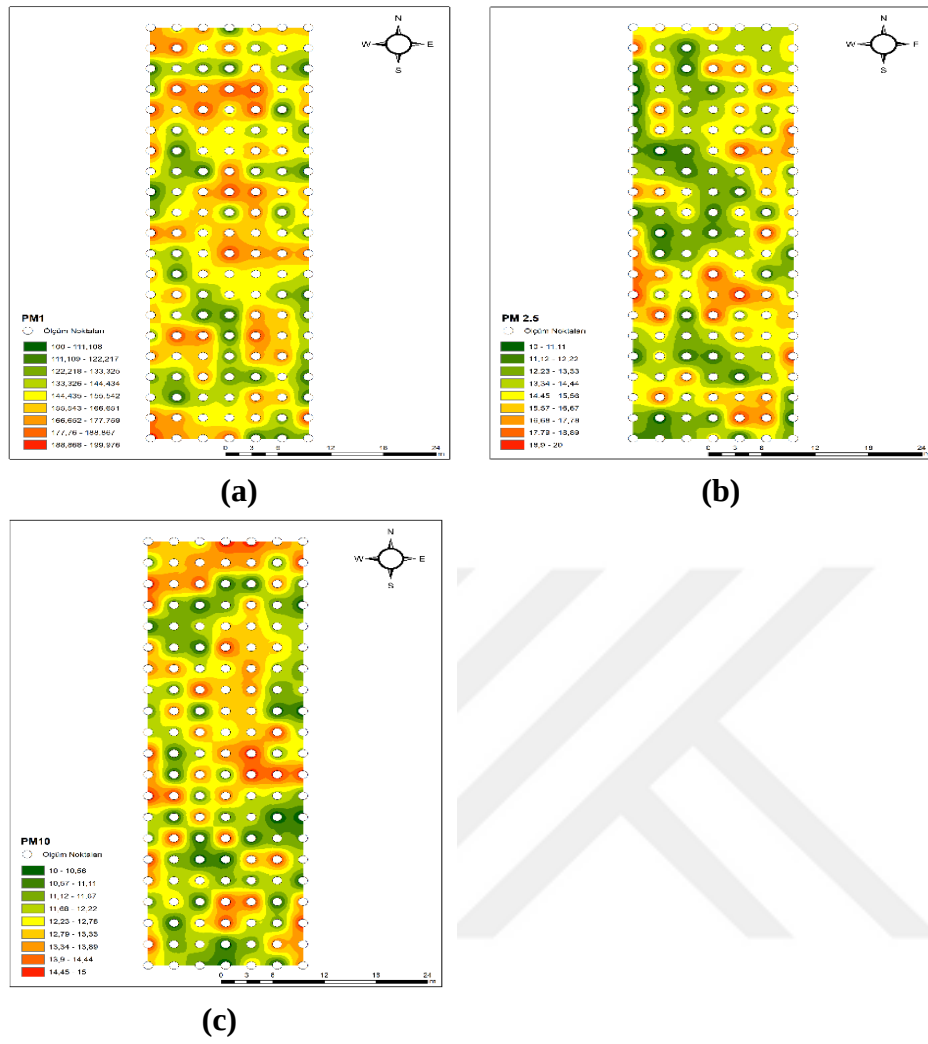


Şekil 4.6. CS3 (biber) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

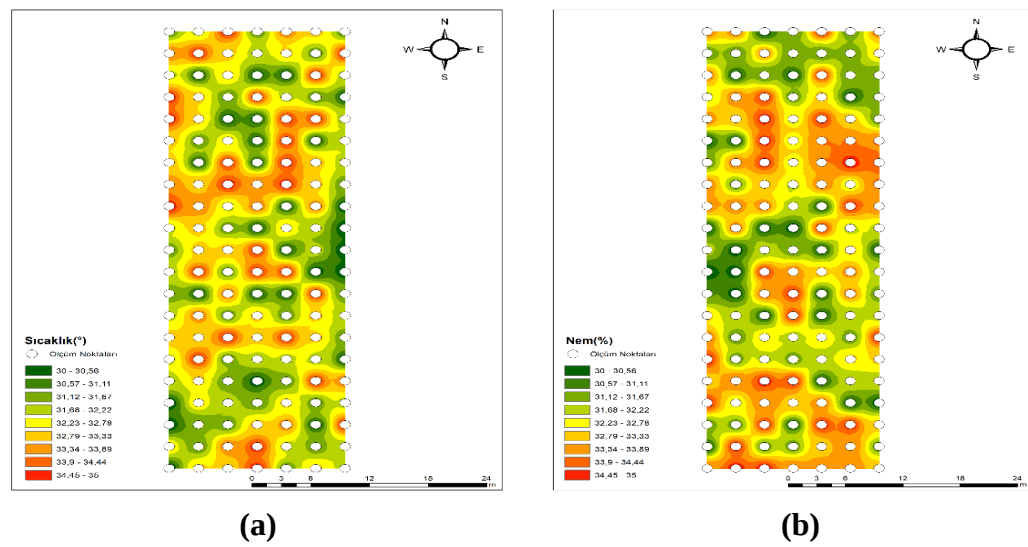
Şekil 4.5'te CS3 biber serasında toprak işleme ve dikim işlemlerinde belirlenen ortalama PM1 değeri $148.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir. Bu değerin TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO sınıf 5 grubunda yer aldığı tespit edilmiştir. Aynı değer EPA standardına göre insan sağlığı yönünden zararlı seviyededir. Ortalama $15.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenen PM2.5 değeri, $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bildirilen AB standart sınır değerinin altındadır. PM10 için belirlenen ortalama değer ($12.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$), WHO tarafından bildirilen sınır değer ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) altında kalmıştır.

Şekil 4.6'da biber yetiştirilen 3 No'lu cam seraya ait mekansal haritalarda sera için sıcaklık değerlerinin 30°C - 35°C arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama sıcaklık 32.61°C 'dir. Bu değerlerler ASHRAE standarttın da kapalı ortamlar için 20°C olarak belirtilen alt sınır değerinin üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değerleri %30-35 arasında değişiklik göstermiştir. Bu değerler ASHRAE tarafından belirtilen %50 bağıl nem sınır değerinin altındadır.

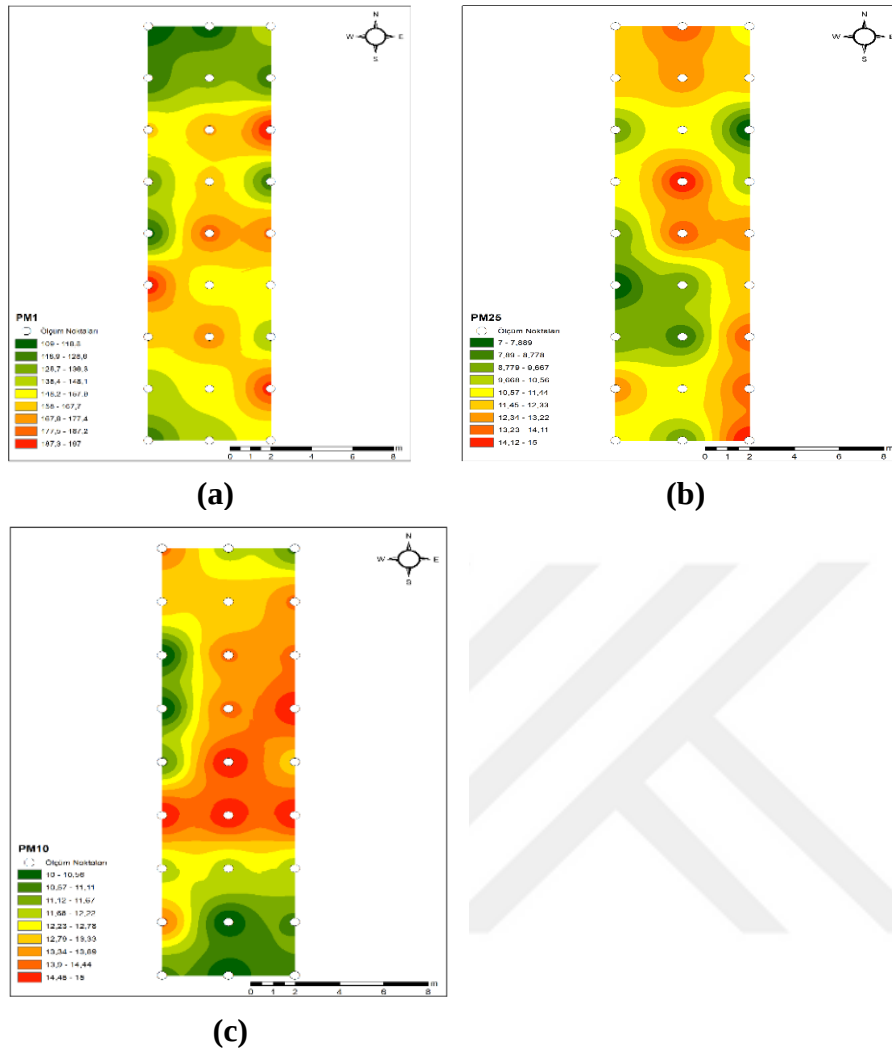
Şekil 4.7'e göre CS4 domates serasında toprak işleme ve dikim sırasında ortalama PM değerleri; PM1 için $150.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için $14.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için $12.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. En küçük partikül madde grubuna ait PM1 değerleri diğer gruplara göre daha yüksek çıkmıştır. PM1'e ait değerleri TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO sınıf 5 grubunda yer almaktadır. Belirlenen değerler EPA standardına göre insan sağlığı yönünden zararlı seviyededir. PM2.5 için standart AB standart sınır değeri $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ belirtilmiştir. PM2.5 için ölçüm değeri $14.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur ve bu değer AB sınır değerinin altındadır. PM10 için sınır değer WHO tarafından $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bildirilmiştir. Çalışmada belirlenen PM10 değerleri WHO değerinin altındadır. Şekil 4.8'de domates yetiştirilen CS4 serasında ait toprak işleme ve dikim işlemleri sırasında ölçülen sıcaklık değerlerinin 30°C - 35°C arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama sıcaklık değeri 32.37°C 'dir. Bu değerler ASHRAE standarttın da yer alan alt sınır standart değerin (20°C) üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %32.56'dır ve ASHRAE tarafından belirtilen sınır değerin (%50 bağıl nem) altındadır.



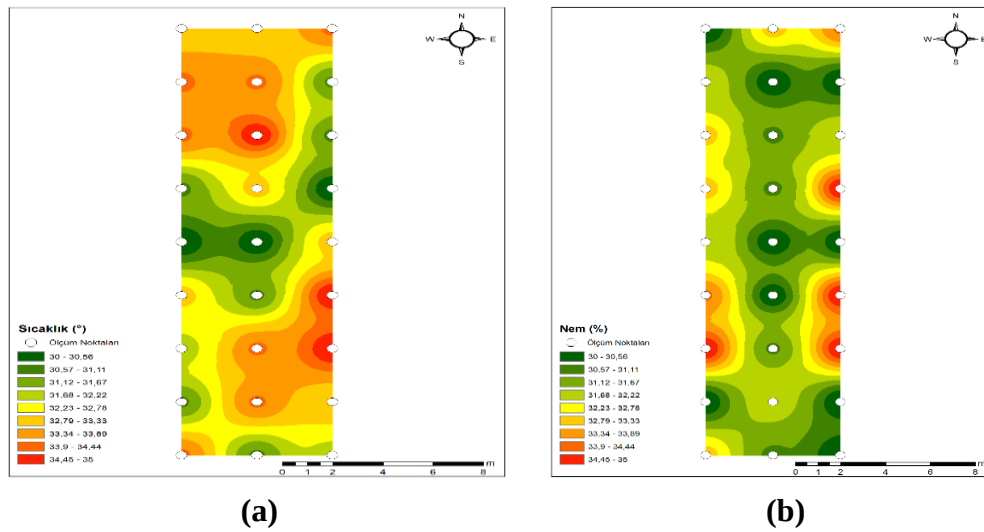
Şekil 4.7. CS4 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.8. CS4 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.9. PS1 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.10. PS1 (domates) IDW metoduyla toprak işleme ve dikim (1. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

Plastik serada yapılan toprak işleme ve dikim işlemleri sırasında ortalama partikül madde değerleri PM1 için $149.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için $14.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için $12.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9). PM1 değerlerinin ISO standardına göre sınıf 5'te yer aldığı, EPA standartlarına göre insan sağlığı yönünden zararlı seviyede olduğu görülmektedir. PM2.5 için bu çalışmada belirlenen değerler AB tarafından bildirilen $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lik değerin altında kalmıştır. Bu çalışmada ölçülen PM10 değerleri WHO tarafından bildirilen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altında kalmıştır.

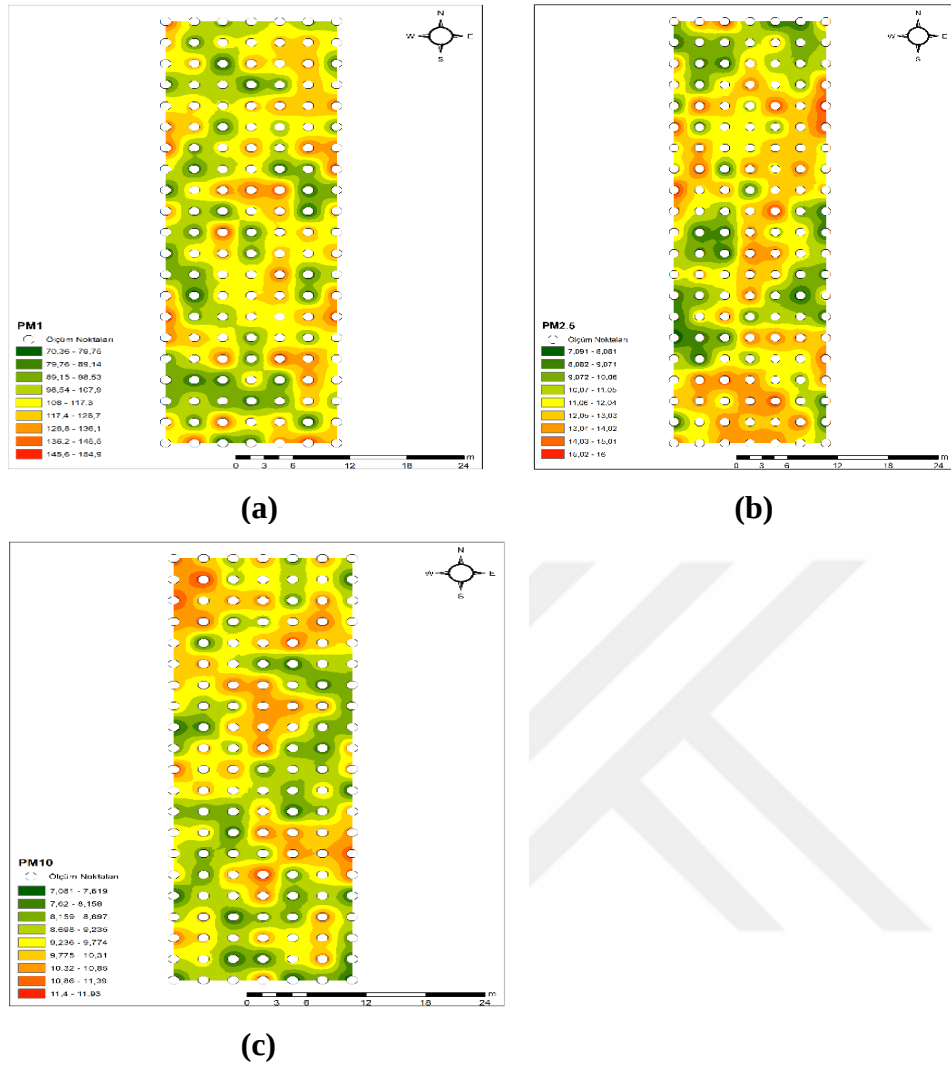
Şekil 4.10'a göre domates yetiştirilen plastik serada (PS1) toprak işleme ve dikim işlemleri sırasında sera içinde değişkenlik gösteren sıcaklık değerlerinin ortalaması 32.63°C 'dir. Mekansal harita incelendiğinde en düşük sıcaklığın $30-35^\circ\text{C}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler ASHRAE standartının da yer alan standart alt değerinin (20°C) üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içerisinde %30-35 arasında değişkenlik gösteren bağıl nem değerinin ortalaması %31.93'dür. Bu değer ASHRAE sınır değeri olarak verilen %50 bağıl nem değerinin altındadır.

4.1.2. Bakım sırasında üretilen mekânsal haritalar

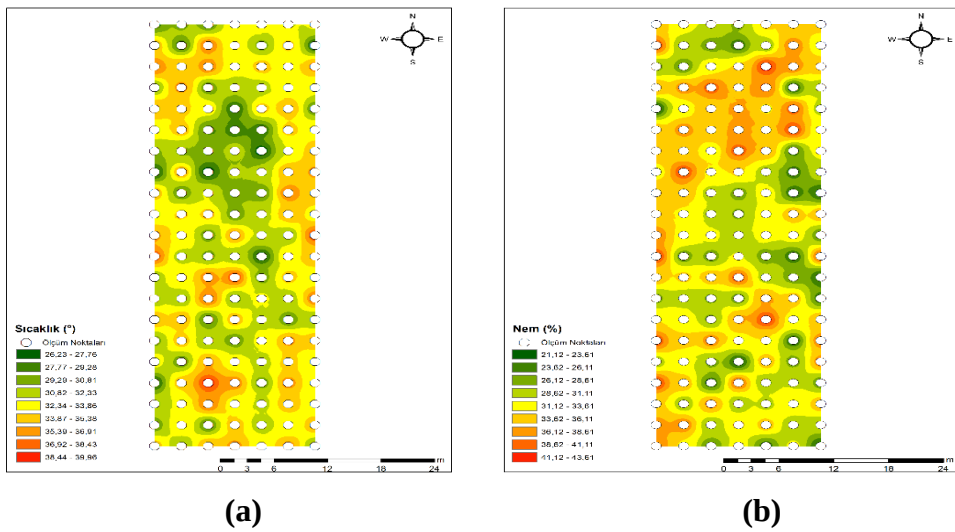
Çalışma kapsamında yapılan bakım işlemleri sırasında yapılan ölçümler ve koordinatlar dikkate alınarak oluşturulan, partikül madde miktarı (PM1, PM2.5 ve PM10), sıcaklık ve bağıl nem değerlerine ait mekânsal haritalar Şekil 4.11-Şekil 4.20'de verilmiştir.

Şekil 4.11'de CS1 hıyar serasında ölçülen ortalama partikül madde değerleri PM1, PM2.5 ve PM10 için sırasıyla $110.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $11.46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $9.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Toprak işleme ve dikim işlemlerinde olduğu gibi bakım işlemlerinde de en küçük partikül madde grubuna ait PM1 değerleri diğer PM2.5 ve PM10 değerlerinden daha yüksektir. PM1'e ait değerler ISO Sınıf 5'de yer almaktadır ve EPA'ya göre zararlı düzeydedir. PM2.5 değeri AB ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$), PM10 değeri WHO tarafından belirtilen sınır değerinin ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) altındadır.

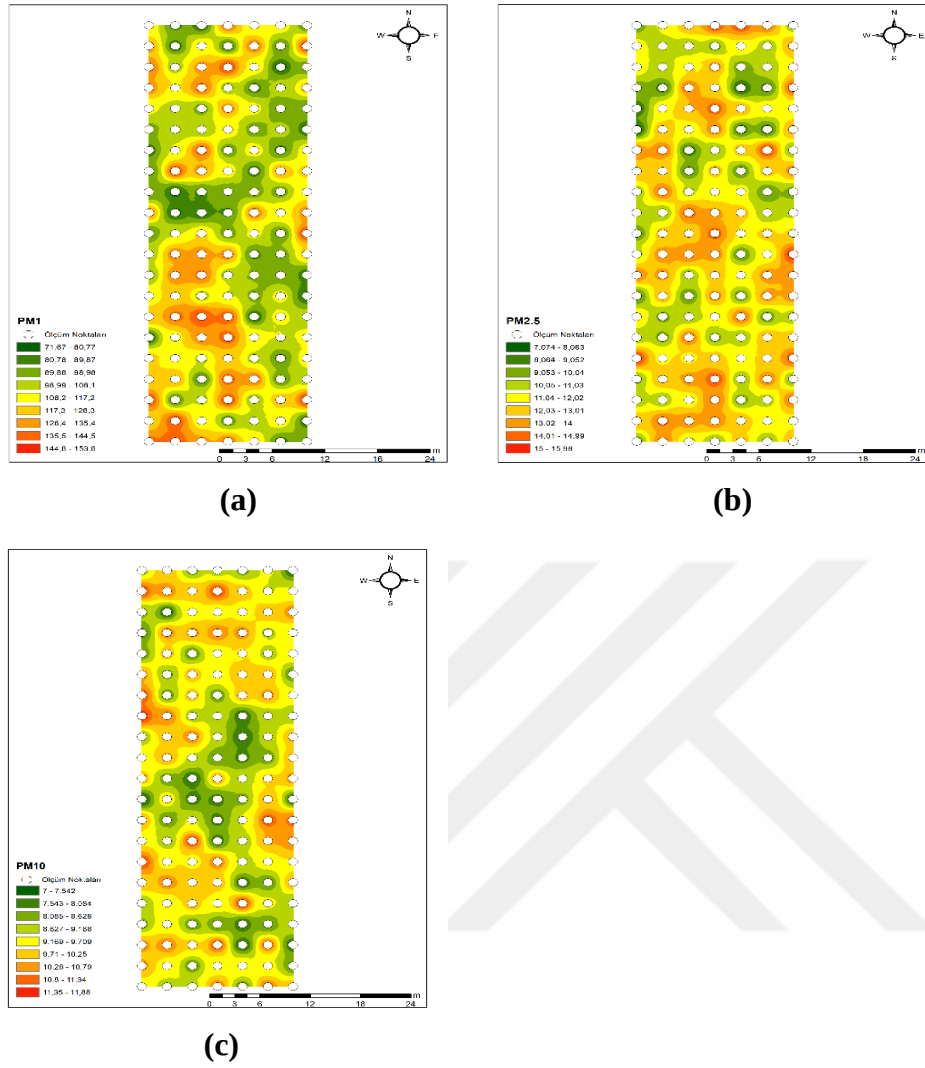
Şekil 4.12'ye göre hıyar yetiştirilen CS1 serasına ait bakım işlemleri sırasında belirlenen ortalama sıcaklık değeri 32.74°C 'dir. Mekansal harita incelendiğinde sıcaklık değerlerinin $26-40^\circ\text{C}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler ASHRAE tarafından bildirilen 20°C alt sınır değerinin üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %32.48 olarak belirlenmiştir ve bu değer ASHRAE sınır değerinin (%50) altındadır.



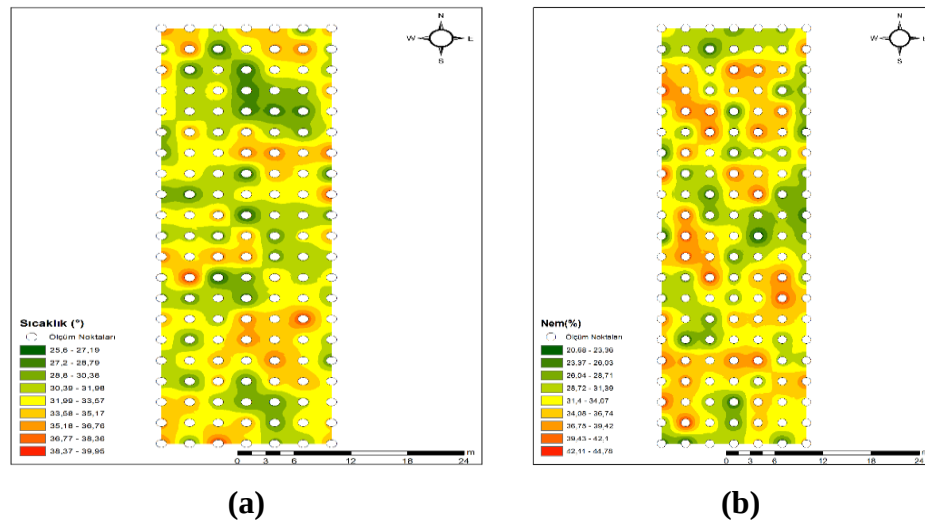
Şekil 4.11. CS1 (hıyar) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.12. CS1 (hıyar) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları



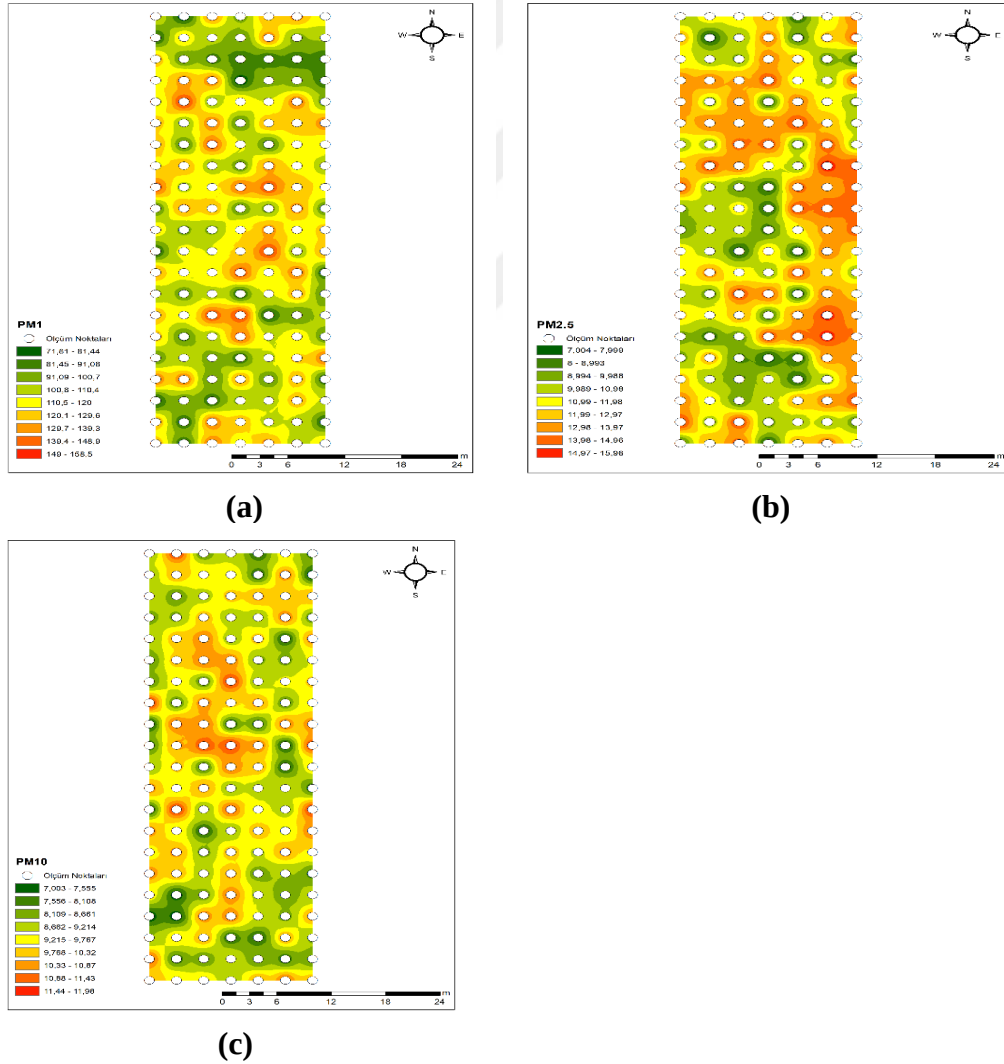
Şekil 4.13. CS2 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.14. CS2 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

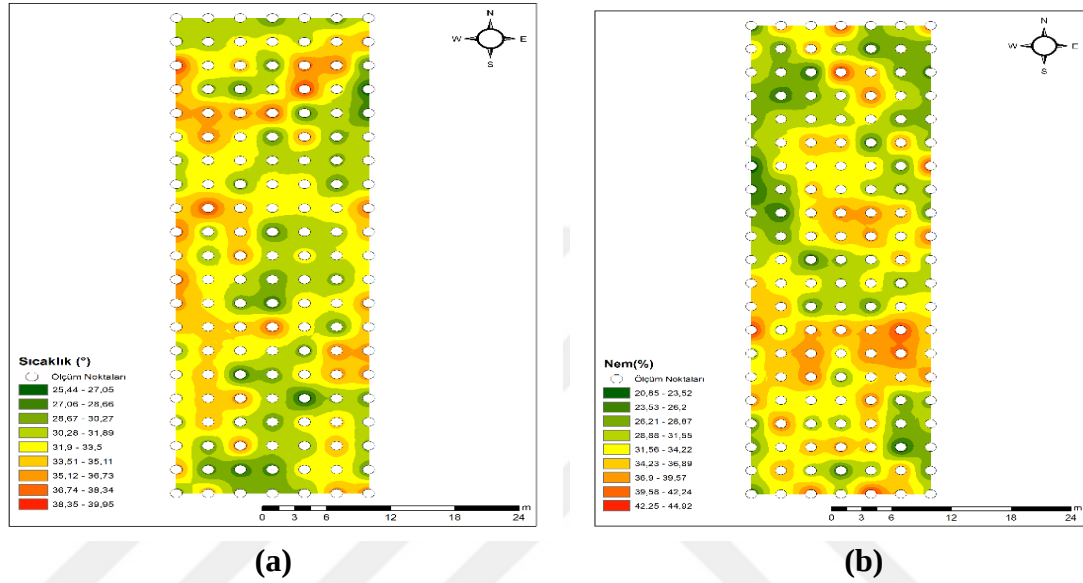
CS2 domates serasında bakım işlemi sırasında ortalama partikül madde değerleri PM1 için $110.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için $11.75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için $9.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. PM1 sınır değerleri $72\text{-}154 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmiştir. Bu değerler TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO sınıf 5 grubunda yer almaktadır ve EPA standardına göre insan sağlığı yönünden zararlı seviyededir. PM2.5 için belirlenen ve mekansal haritada görülen $7\text{-}16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerleri AB standart sınır değerinin ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) değerinin altında kalmıştır (Şekil 4.13). Çalışmada sera içerisinde değişkenlik gösteren PM10 değerleri $7\text{-}12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında ölçülmüştür. Bu değerler WHO tarafından bildirilen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sınır değerinin altında kalmaktadır.

Şekil 4.14'e göre domates yetiştirilen CS2 serasına ait bakım işlemleri sırasında ortalama sıcaklık değeri 32.39°C olarak hesaplanmıştır. Mekansal harita incelendiğinde sıcaklık değerlerinin $26\text{-}40^\circ\text{C}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler ASHRAE standarttın da yer alan alt standart değer (20°C) üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içinde %21-45 arasında değişkenlik gösteren bağıl nem değeri %50 olarak belirlen ASHRAE sınır değerinin altında kalmaktadır.



Şekil 4.15. CS3 (biber) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları

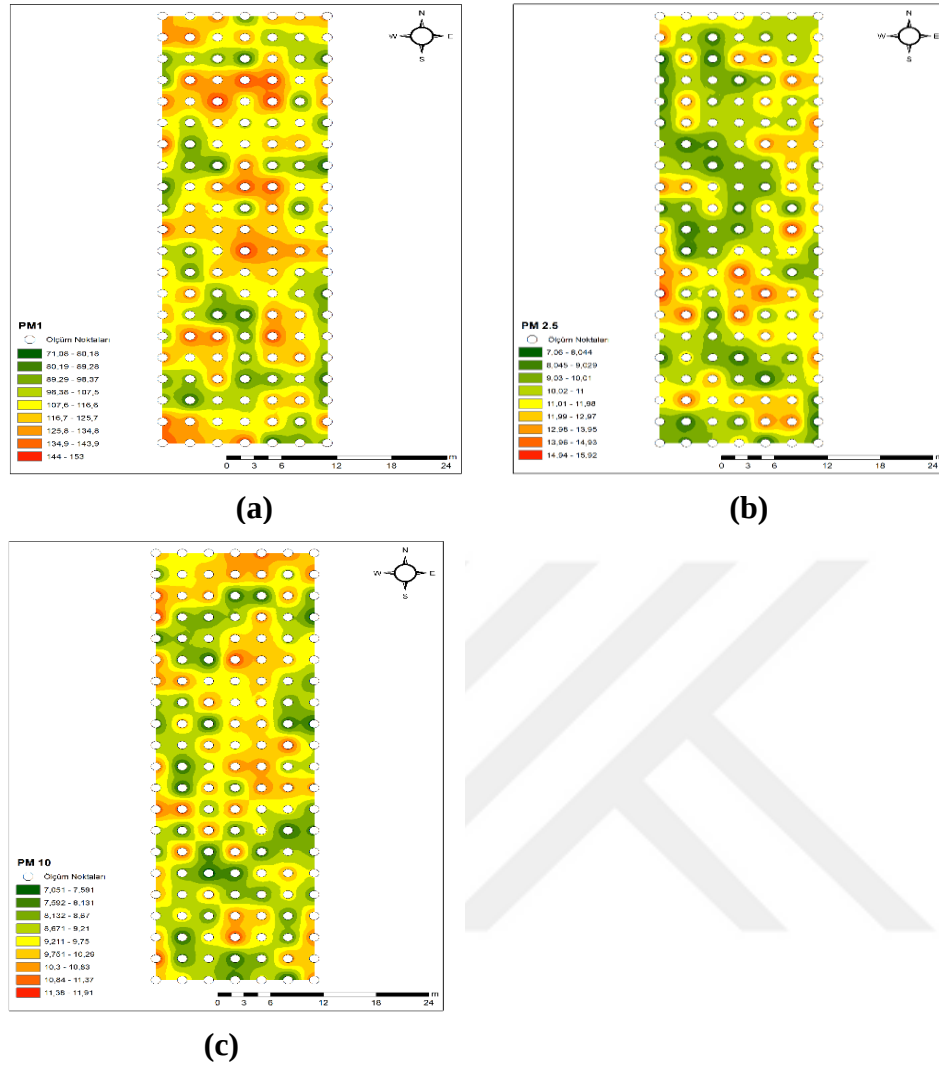
CS3 biber serasında bakım işlemleri sırasında ölçülen ve sera içerisinde farklı noktalarda değişkenlik gösteren partikül madde ortalama değerleri PM1, PM2.5 ve PM10 için sırasıyla $111.79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $11.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $9.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. PM1 değerlerinin diğer gruplara göre daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 4.15). PM1'e ait ISO sınıf 5 grubunda yer aldığı ve EPA standardına göre insan sağlığı yönünden zararlı düzeyde olduğu görülmektedir. PM2.5 için belirlenen değer AB standart sınır değerinden ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) daha düşüktür. PM10 için belirlenen ortalama değer WHO tarafından $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bildirilen sınır değerden daha düşüktür.



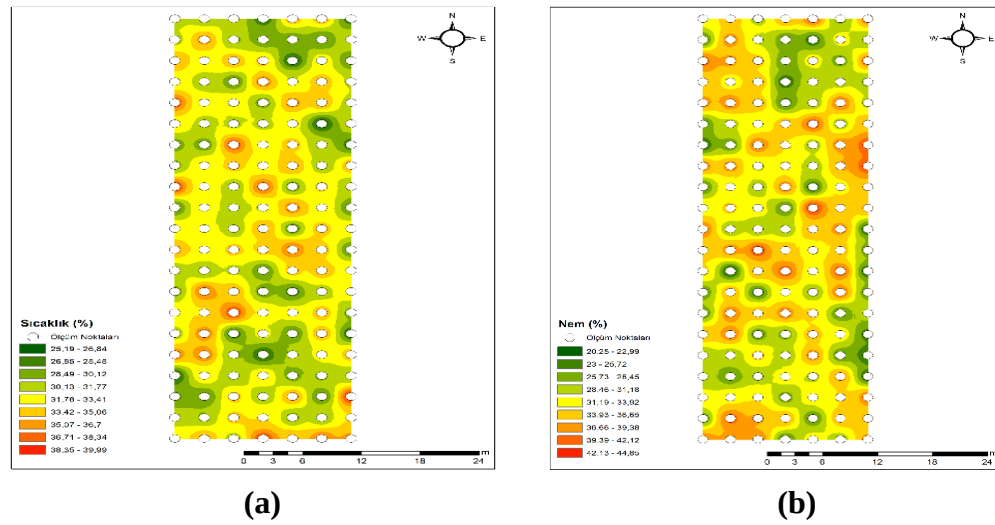
Şekil 4.16. CS3 (biber) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

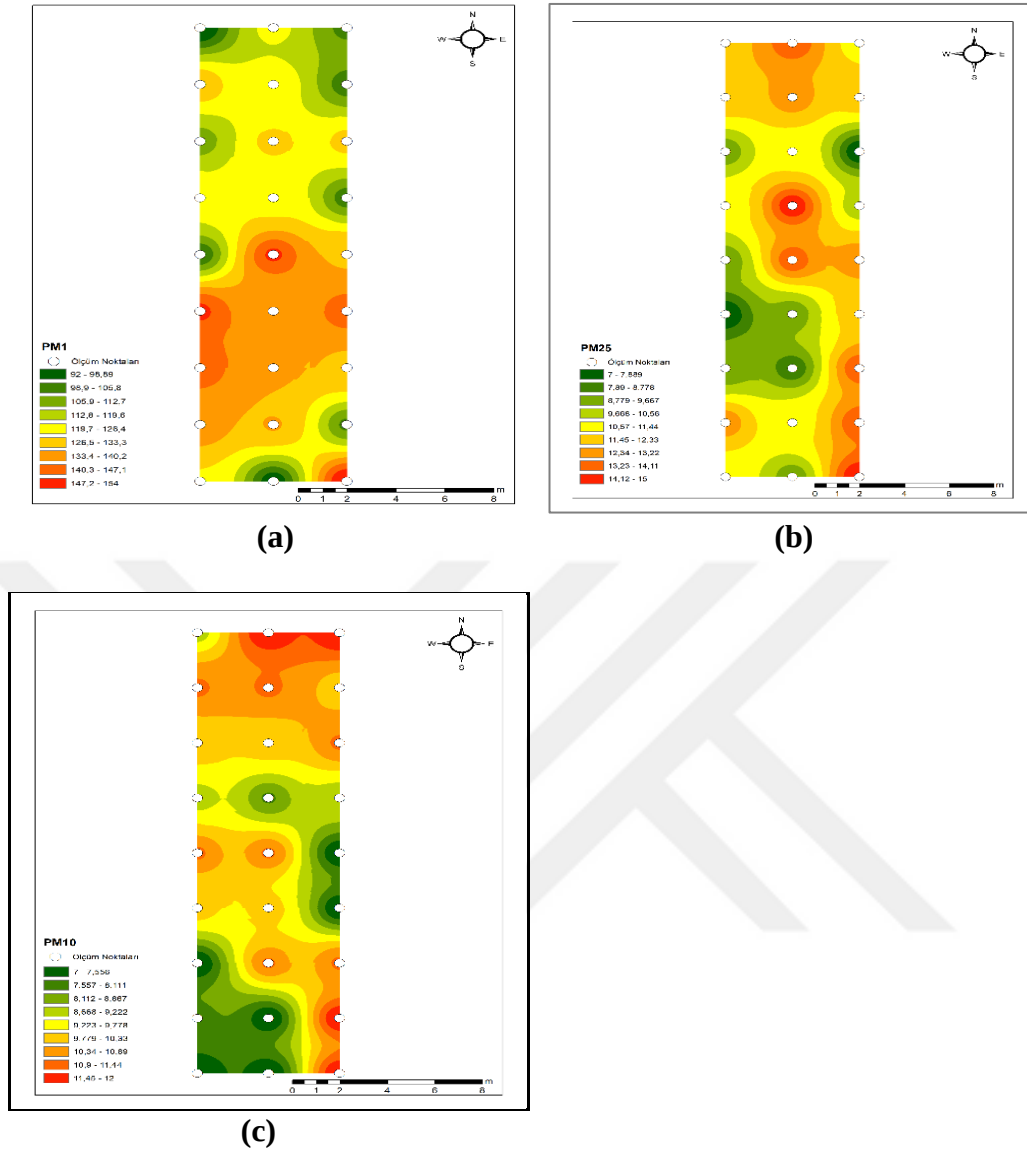
Şekil 4.16'ya göre biber yetiştirilen CS3 serasına ait bakım işlemleri sırasında sıcaklık değerlerinin $26-40^{\circ}\text{C}$ arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler ASHRAE standartının da yer alan standart alt değerinin (20°C) üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içinde $\%21-45$ arasında değişkenlik gösteren bağıl nem değeri $\%50$ olarak belirlenen ASHRAE sınır değerinin altında kalmaktadır.

Şekil 4.17'e göre CS4 domates serasında bakım sırasında ortalama partikül madde değerleri PM1 için $113.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için $10.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için $9.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak saptanmıştır. Mekansal haritaya göre sera içerisinde $71-153 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişim gösteren PM1 değerleri ISO sınıf 5 grubunda yer almaktadır. Aynı değerlerin EPA standartlarına göre insan sağlığı yönünden zararlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada PM2.5 için ölçülen değerler ($7-16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) AB standart sınır değerinin ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) altında kalmıştır. PM10 için değişkenlik gösteren $7-12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerleri Dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından bildirilen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altında kalmıştır.



Şekil 4.17. CS4 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları

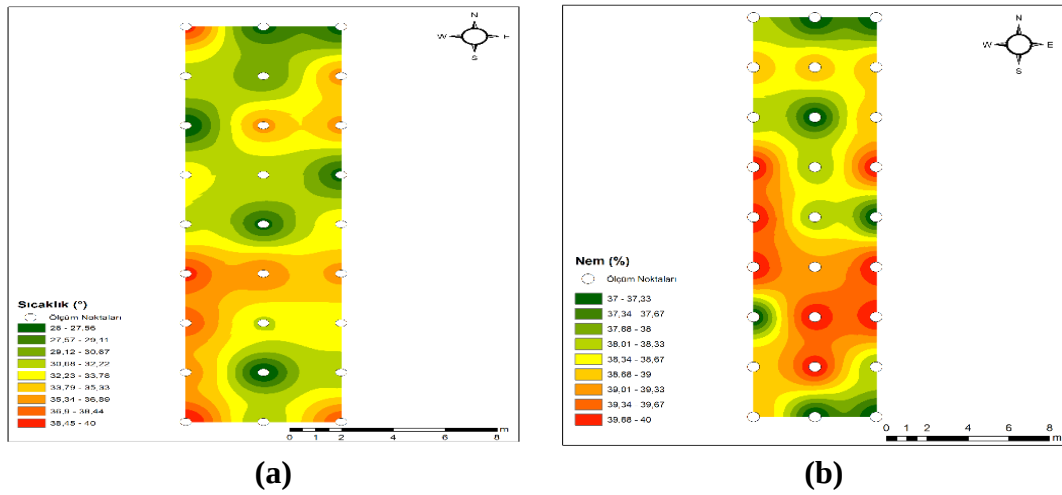




Şekil 4.19. PS1 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları

CS4 (domates) serasında bakım işlemleri sırasında ortalama sıcaklık değeri 32.13 °C olarak hesaplanmıştır. Bu değer ASHRAE standarttın da yer alan ve 20°C olarak belirtilen alt sınır değerinin üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %32.62'dir ve ASHRAE sınır değeri olarak verilen %50 bağıl nem değerinin altındadır.

Şekil 4.19'a göre PS1 domates serasında bakım sırasında ortalama partikül madde değerleri PM1, PM2.5 ve PM10 için sırasıyla 124.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 11.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 9.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. PM1 değerleri diğer gruplara göre daha yüksek düzeydedir. PM1 için ölçülen değerlerin TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO sınıf 5 grubunda yer aldığı ve EPA standardına göre insan sağlığı yönünden zararlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. PM2.5 için ölçülen değerler, AB standart sınır olarak belirtilen 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinden daha düşük düzeydedir. PM10 için belirlenen ortalama değer, WHO tarafından bildirilen 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük değerin altında kalmıştır.



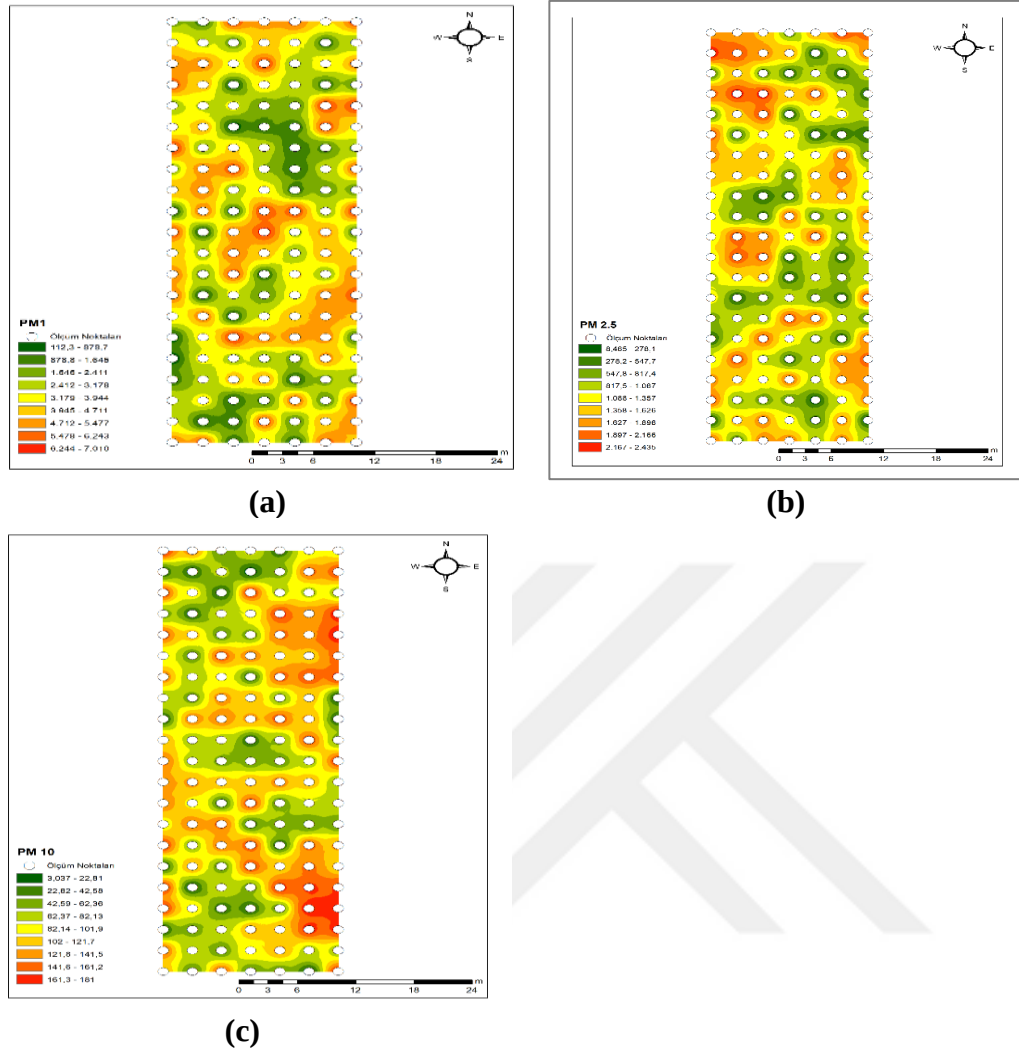
Şekil 4.20. PS1 (domates) IDW metoduyla bakım işlemleri (2. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

Domates yetiştirilen plastik serada (PS1) yapılan bakım işlemleri sırasında ortalama sıcaklık değeri 32.93 °C olarak belirlenmiştir. Mekansal harita incelendiğinde en düşük sıcaklığın 26°C olduğu görülmektedir. Bu değerler ASHRAE standartının da yer alan alt standart değerinin (20°C) üzerindedir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %38.59'dur ve ASHRAE sınır değeri olarak verilen %50 bağıl nem değerinin altındadır.

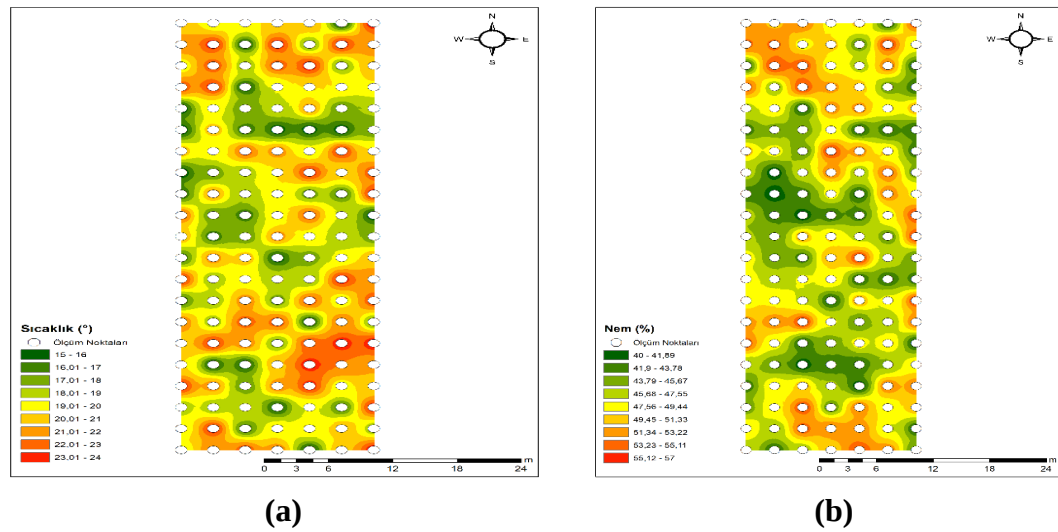
4.1.3. Hasat sırasında üretilen mekânsal haritalar

Çalışma kapsamında incelenen hasat işlemleri sırasında yapılan ölçümler ve koordinatlar dikkate alınarak oluşturulan, partikül madde miktarı (PM1, PM2.5 ve PM10), sıcaklık ve bağıl nem değerleri mekânsal haritaları Şekil 4.21-Şekil 4.30'da verilmiştir.

Şekil 4.21'de görüldüğü gibi hıyar yetiştirilen CS1 serasında yapılan hasat işlemleri sırasında farklı koordinatlardaki partikül madde miktarları değişkenlik göstermektedir. PM1 değerleri 112-7010 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişkenlik göstermektedir ve ortalama değer 3541.37 olarak belirlenmiştir. PM1 için belirlenen değerler ISO Sınıf 6 grubunda yer almaktadır ve EPA standartlarına göre insan sağlığı yönünden çok zararlı düzeydedir. PM2.5 için ölçülen sınır değerler 8-2435 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasındadır ve ortalama 1227.65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. PM2.5 için belirlenen ortalama değer AB standart sınır değerinden (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) yüksektir. Çalışmada PM10 için ölçülen değerler 3-181 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir ve ortalama 97.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Hesaplanan ortalama değer WHO tarafından 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bildirilen değerden daha yüksektir.

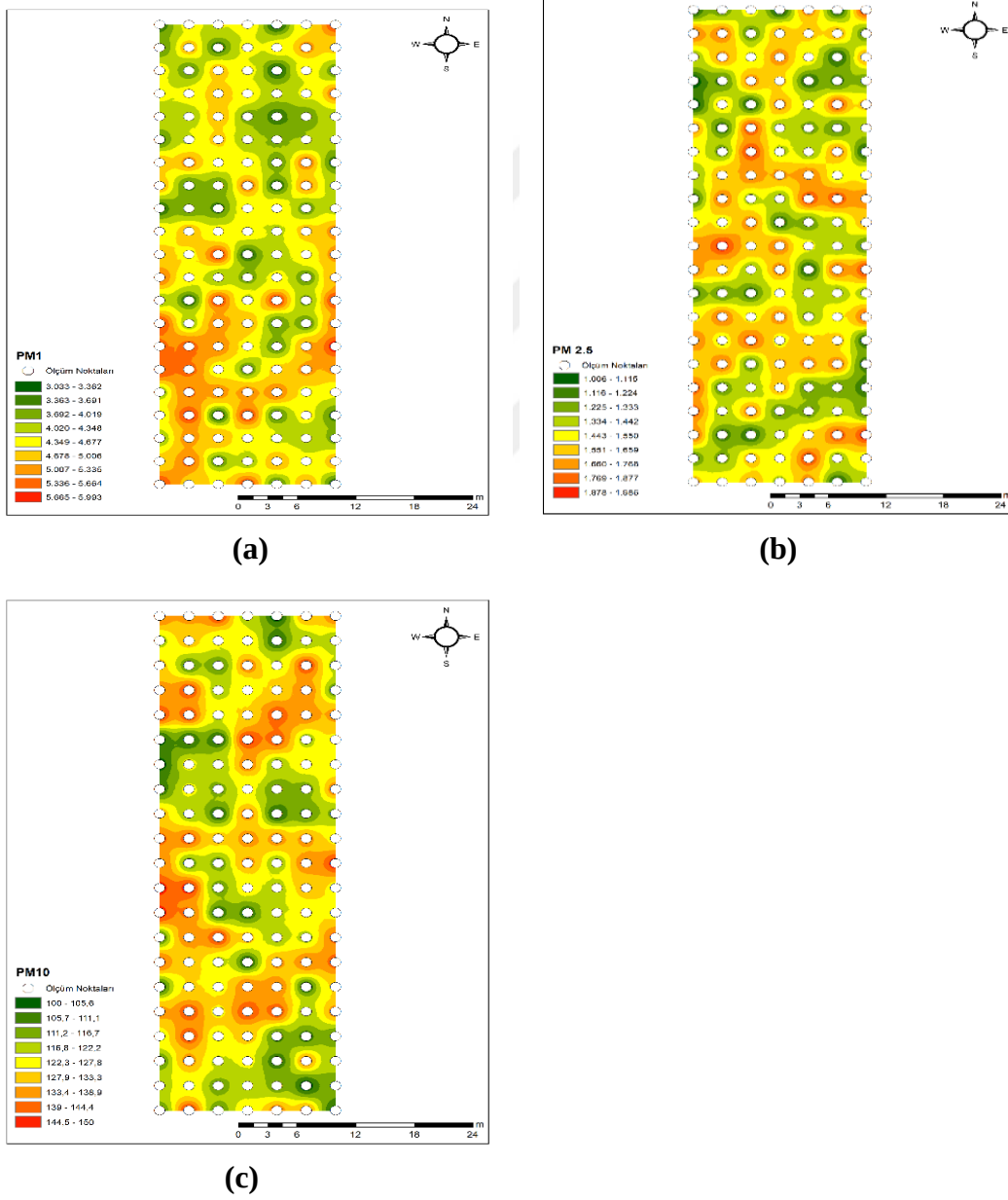


Şekil 4.21. CS1 (hıyar) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.22. CS1 (hıyar) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

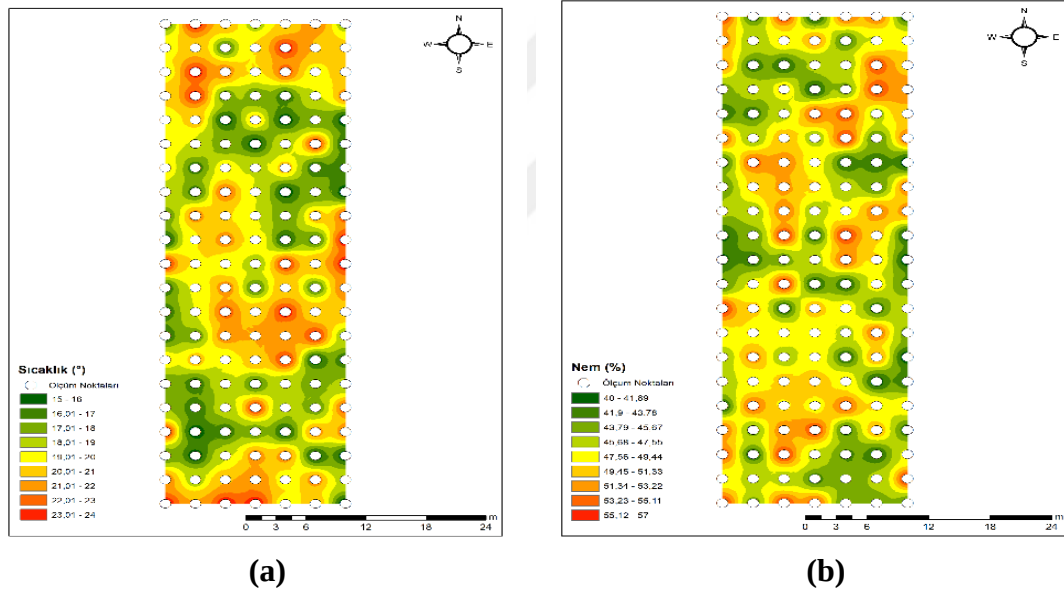
Çalışmada ölçülen özellikle PM1 olmak üzere partikül madde miktarları diğer işlemlere (toprak işleme, dikim ve bakım) göre yüksek çıkmıştır. Ölçümler sabah saatlerinde yapılan hasat işlemleri sırasında yapılmıştır. Diğer işlemlerden farklı olarak dış ortam hava sıcaklığının düşük olması (10°C) nedeniyle kapı ve havalandırma pencerelerinin tamamının kapalı tutulmuştur. Bu nedenle içerideki hava hareketi kısıtlanmıştır. Seralarda tozlama işlemi için kullanılan bambus arıları kullanılmaktadır. Hasat işlemi sırasında bitki üzerindeki meyvelerle birlikte çiçekler de bulunmaktadır. Meyve toplanırken aynı zamanda arıların çalışmasının ve çiçekler üzerinde hareket etmesinin sera içerisindeki polen hareketliliğini artırdığı, buna bağlı olarak iç ortamda partikül madde miktarının arttığı düşünülmektedir.



Şekil 4.23. CS2 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları

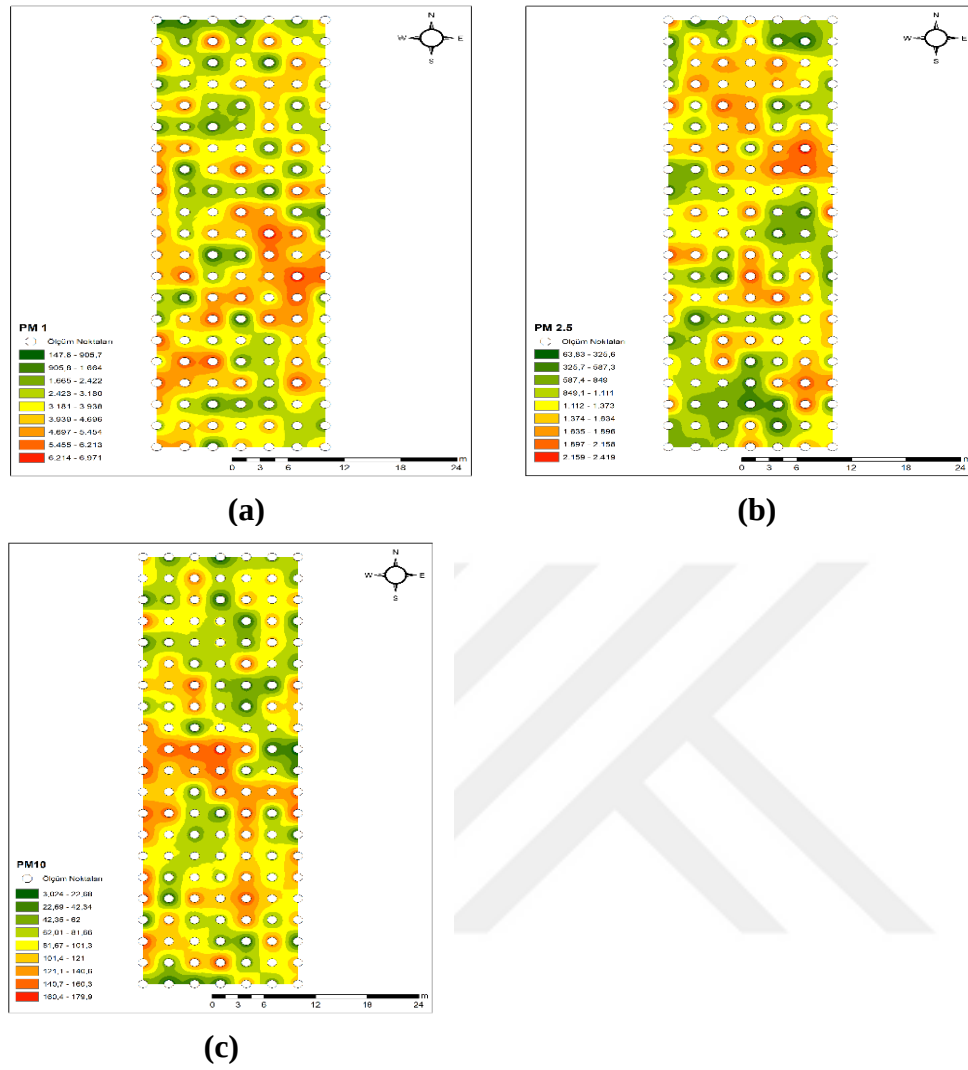
Şekil 4.22'ye göre hıyar yetiştirilen CS1 serasına ait hasat işlemleri sırasında ortalama sıcaklık değeri 19.76 °C olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler ASHRAE standartının da yer alan alt standart değeri (20°C) ile örtüşmektedir. Bu işlem sırasında çalışanların ideal bir sıcaklık düzeyinde hasat işlemi yaptıkları belirlenmiştir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %47.79'dır. Bağıl nem sınır nem değeri ASHRAE tarafından %50 olarak bildirilmiştir. Çalışanların ideal değere yakın nem düzeyinde çalıştıkları söylenebilir. Bu değerler ile çalışanların hasat işlemleri sırasında diğer işlemlere göre daha konforlu bir ortamda çalıştığı söylenebilir.

Şekil 4.23'e göre CS2 domates serasında hasat işlemi sırasında ortalama partikül madde değerleri; PM1 için 4513.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için 1487.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için 125.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. PM1'e ait değerlerin TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO sınıf 6 grubunda yer aldığı, EPA standardına göre insan sağlığı yönünden çok zararlı seviyede olduğu belirlenmiştir. PM2.5 için ölçüm değeri 1487.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir ve bu değer AB tarafından belirtilen değerin (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) çok üzerindedir. PM10 için belirlene değer WHO tarafından bildirilen 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerden yüksektir.

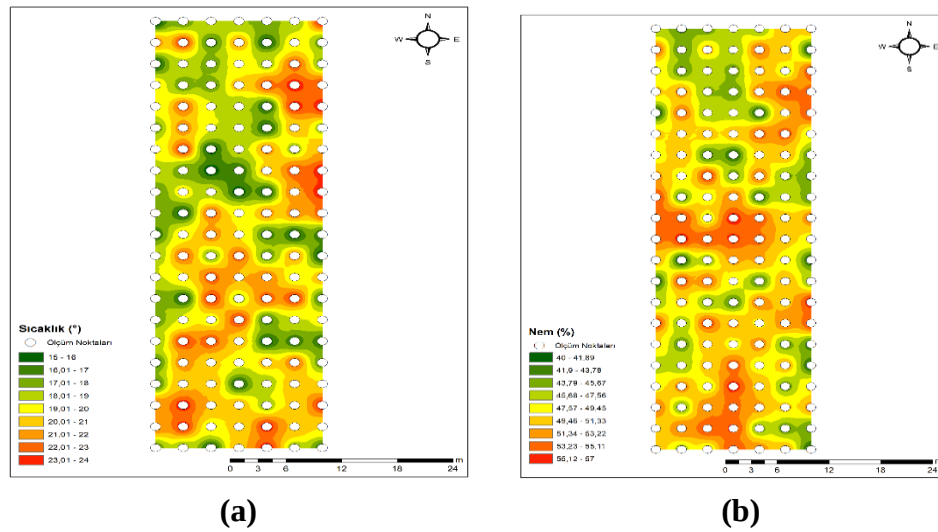


Şekil 4.24. CS2 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

Şekil 4.24'e göre domates yetiştirilen CS2 serasındaki hasat işlemleri sırasında ortalama sıcaklık değeri 19.34 °C olarak belirlenmiştir. Mekansal harita incelendiğinde sıcaklık alt ve üst sınır değerlerinin 15-24°C olduğu görülmektedir. Ortalama değer ASHRAE standartının da belirtilen alt sınır değere (20°C) yakın bir değerdir. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %47.93'dür ve ASHRAE sınır değeri olarak verilen %50 bağıl nem değerine yakındır.



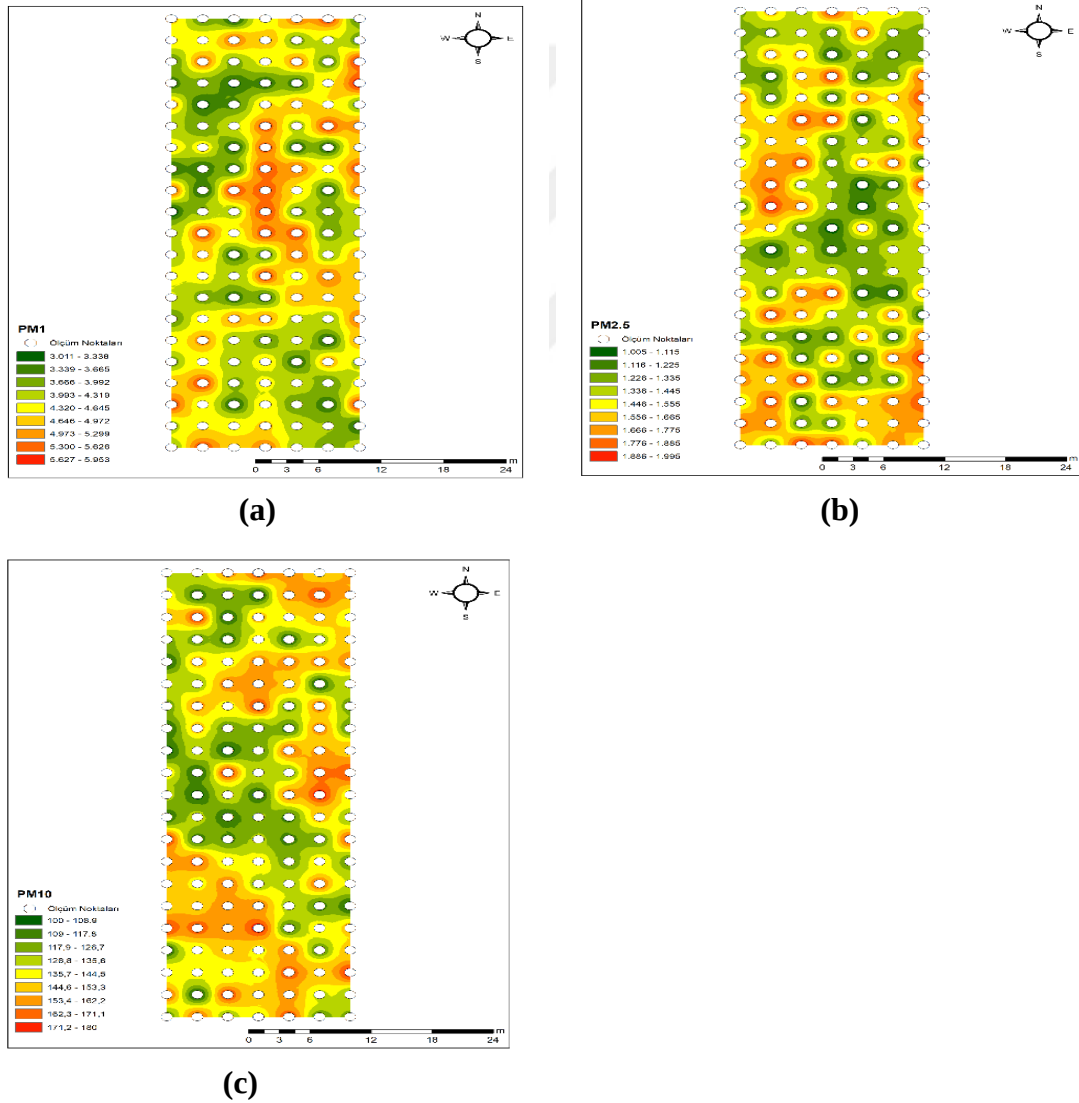
Şekil 4.25. CS3 (biber) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



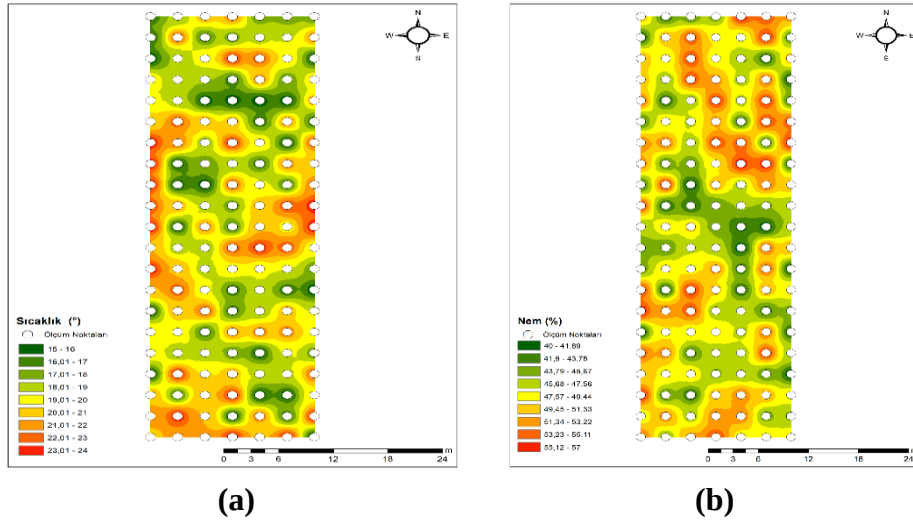
Şekil 4.26. CS3 (biber) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a), (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

Mekansal harita incelendiğinde CS3 biber serasında hasat sırasında partikül madde miktarları sınır değerleri; PM1, PM2.5 ve PM10 için sırasıyla 147-6971 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 64-2419 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 3-180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmiştir (Şekil 4.25). Ortalama değerler PM1 için 3629.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için 1198.49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için 90.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. PM1 değerleri, TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre iç ortam Sınıf 6 grubundadır. EPA standardına göre ise insan sağlığı yönünden çok zararlıdır. PM2.5 ve PM10 değerleri, sırasıyla EPA ve WHO standart sınır değerlerinin üzerindedir.

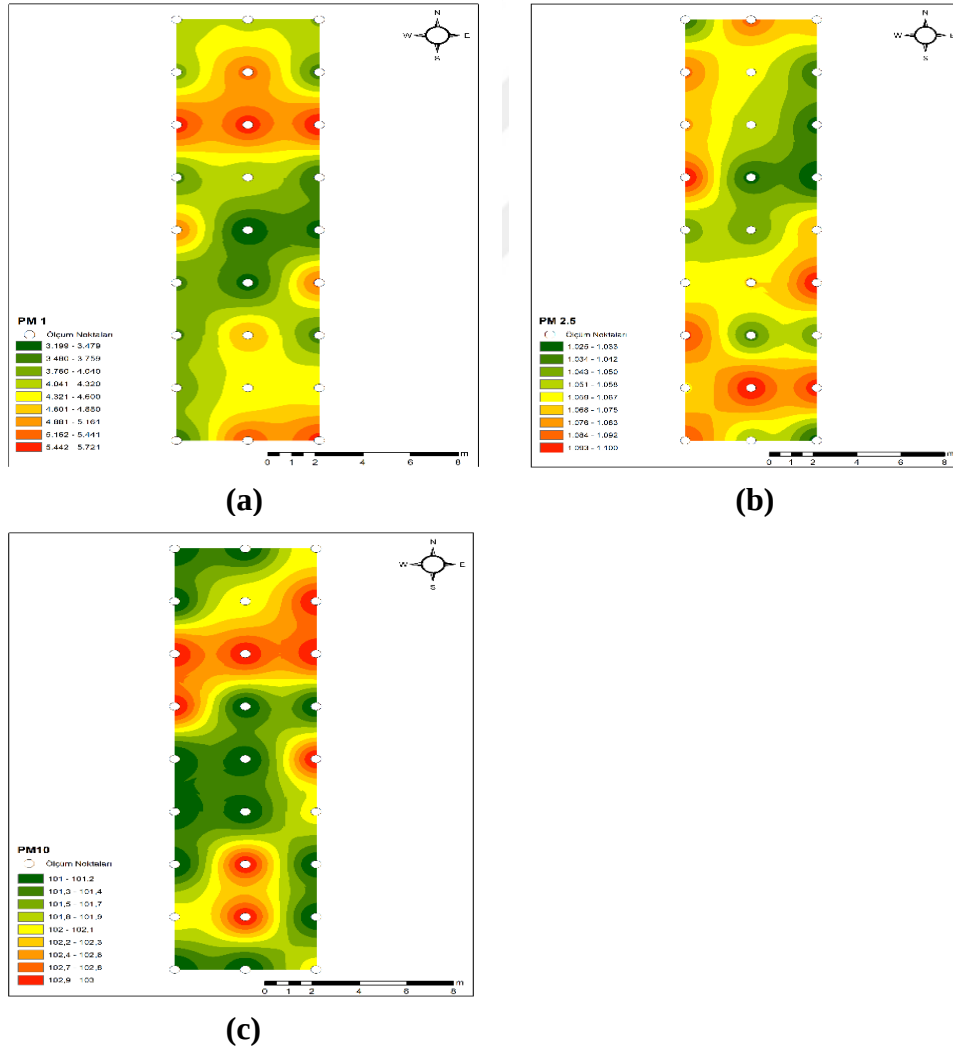
Şekil 4.26'ya göre biber yetiştirilen CS3 serasına ait hasat işlemleri sırasında ortalama sıcaklık değeri 19.50 °C olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler ASHRAE standartının da yer alan alt standart değere yakındır. Aynı işlemler sırasında sera içindeki ortalama bağıl nem değeri %49.36'dır ve bu değer de ASHRAE standartlarında sınır değer olarak belirtilen %50 bağıl nem değerine çok yakındır.



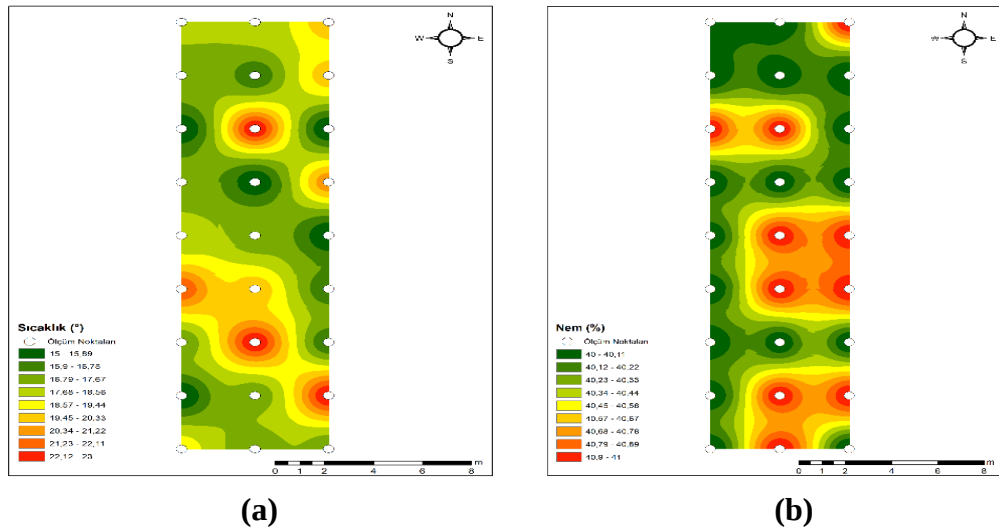
Şekil 4.27. CS4 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.28. CS4 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.29. PS1 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında PM1 (a), PM2.5 (b) ve PM10 (c) değerleri mekansal haritaları



Şekil 4.30. PS1 (domates) IDW metoduyla hasat işlemleri (3. Aşama) sırasında sıcaklık (a) ve bağıl nem (b) değerleri mekansal haritaları

Hasat işlemi sırasında CS4 domates serasında partikül madde miktarlarının iç ortamda değişkenlik gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.27). Ortalama partikül madde değerleri PM1 için $4402.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için $1479.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için $139.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. PM1 değerleri diğer gruplara göre daha yüksek çıkmıştır. PM1'e ait değerlerin TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO sınıf 6 grubunda yer aldığı görülmektedir. Aynı değerler EPA standardına göre insan sağlığı yönünden çok zararlı seviyededir. PM2.5 için standart AB standart sınır değeri $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ belirtilmiştir. PM2.5 için hesaplanan ortalama değer standart değer üstündedir. PM10 için ise sınır değer Dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bildirilmiştir ve bu hesaplanan ortalama değer sınır değer üstündedir.

Şekil 4.28'e göre domates yetiştirilen CS4 serasına ait hasat işlemleri sırasında ortalama sıcaklık değeri 19.46°C olarak hesaplanmaktadır. Bu değerler ASHRAE standartının da yer alan alt standart değere çok yakındır. Çalışmada sera içindeki ortalama bağıl nem düzeyi $\%48.50$ olarak belirlenmiştir. Bu değer ASHRAE tarafından bildirilen sınır değer altındaki olmakla birlikte yakın bir değerdir.

Şekil 4.29'daki mekansal harita incelendiğinde sera içerisinde partikül madde miktarlarının değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Hasat sırasında hesaplanan ortalama partikül madde miktarları sınır değerleri; PM1 için $4330.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 için $1062.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM10 için $101.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. PM1 değerleri, TS11605 EN ISO 14644-1 standardına göre iç ortam Sınıf 6 grubundadır ve EPA standardına göre insan sağlığı yönünden çok zararlıdır. PM2.5 için belirlenen ortalama değer EPA, PM10 için belirlenen ortalama değer WHO standart sınır değerlerinin üzerindedir.

Domates yetiştirilen plastik sera içinde (PS1) sıcaklık düzeylerinin $15-23^\circ\text{C}$ arasında değişkenlik gösterdiği görülmektedir ve ortalama sıcaklık değeri 18.04°C 'dir. Bu değerler ASHRAE tarafından bildirilen alt sınır değerin (20°C) altındadır. Hasat işlemleri sırasında belirlenen bağıl nem düzeyi $\%40.37$ 'dir. Bu değer ASHRAE sınır değerinin ($\%50$) altındadır (Şekil 4.30).

4.2. İstatistiksel Analiz Bulguları

Araştırma verilerinin analiz süreci iki başlık altında incelenmiştir. İlk aşamada ölçümlerin tanımlayıcı istatistikleri verilmiş ve normal dağılım varsayımları incelenmiştir. İkinci aşamada gruplar arasında ölçümlere göre ve ölçümlerin aşamaları arasında farklılık olup olmadığına bakılmıştır.

4.2.1. Ölçümlerin tanımlayıcı istatistikleri

Bu bölümde ilk olarak ölçümlerin ortalama, standart sapma ve medyan değerleri verilmiştir. Daha sonra ölçümlerin normal dağılım varsayımı sağlayıp sağlamadığı incelenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Ölçümlerin ortalama ve standart sapma değerleri ile normal dağılım varsayımının incelenmesi

Ölçümler	Ort±SS	Medyan	Min-Maks	Çarpıklık	Basıklık	Kolmogorov Smirnov (p)
1. Aşama						
PM1	148.52±29.69	149	100-200	0.40	-6.08	0.000
PM2.5	15.22±3.19	15	10-20	-0.14	-6.15	0.000
PM10	12.48±1.71	12	10-15	0.30	-6.58	0.000
Sıcaklık	32.50±1.66	32	30-35	0.66	-6.04	0.000
Bağıl Nem	32.67±1.80	33	30-35	-1.56	-7.00	0.000
2. Aşama						
PM1	112.06±22.88	113	70-159	0.37	-5.76	0.000
PM2.5	11.45±2.46	12	7-16	-0.09	-5.77	0.000
PM10	9.38±1.36	9	7-12	-0.23	-5.65	0.000
Sıcaklık	32.42±3.31	33	25-40	0.41	-3.79	0.000
Bağıl Nem	32.70±5.88	33	20-45	-0.31	-4.88	0.000
3. Aşama						
PM1	4035.20±1603.26	4256	109-7013	-6.12	-0.80	0.000
PM2.5	1335.79±540.37	1348	8-2436	-3.69	-2.02	0.000
PM10	112.83±44.51	121	3-181	-7.76	-0.70	0.000
Sıcaklık	19.45±2.90	19	15-24	0.16	-6.08	0.000
Bağıl Nem	48.04±5.36	48	40-57	0.66	-6.45	0.000

Ort=Ortalama, SS=Standart Sapma, Min=Minimum, Maks=Maksimum

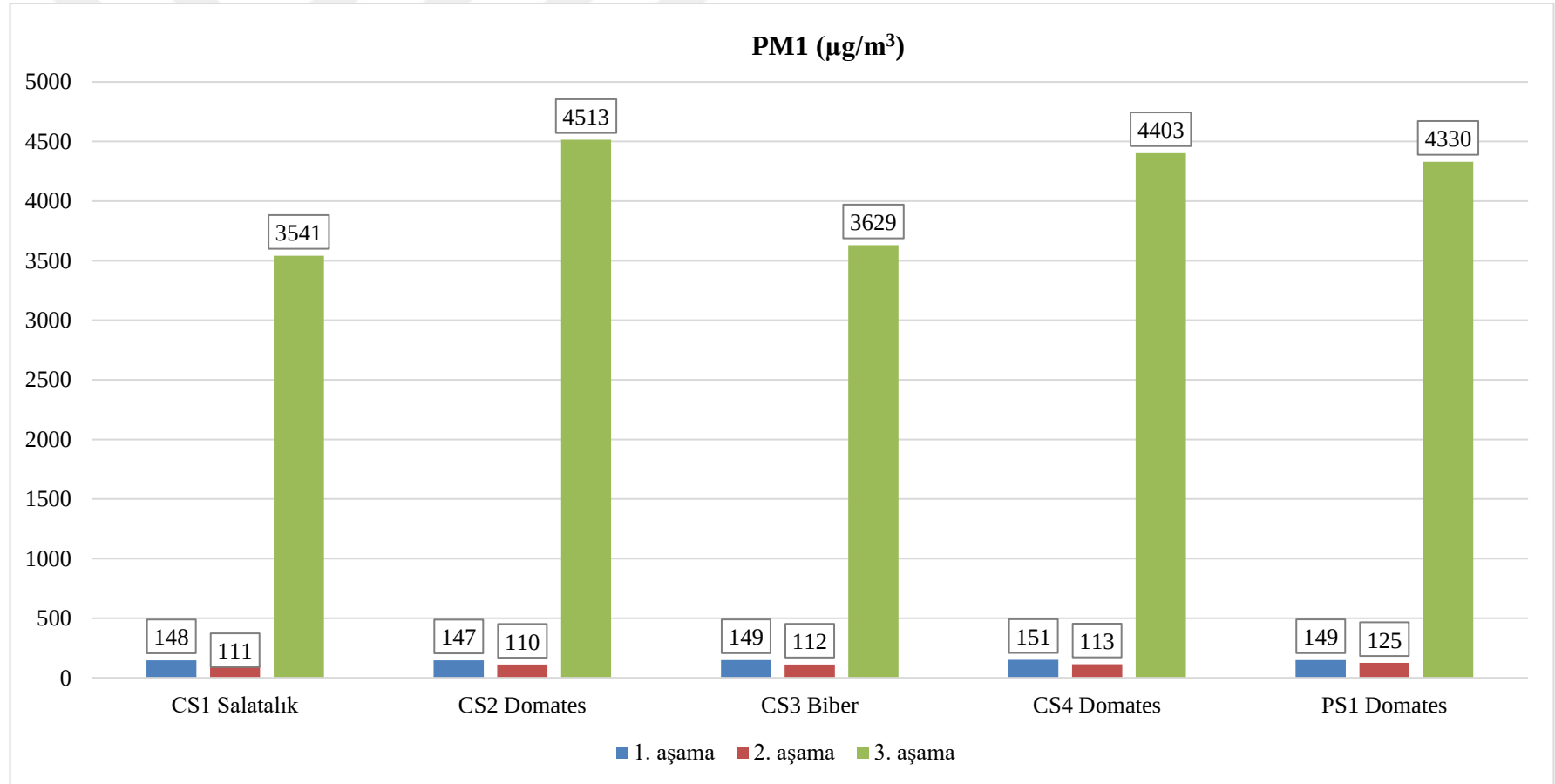
Çizelge 4.1 incelendiğinde, 1. Aşama (toprak işleme ve dikim) PM₁ ölçümünün ortalaması 148.52 µg/m³ (±29,69) iken PM2.5 ölçümünün ortalaması 15.22 µg/m³ (±3.19), PM10 ölçümünün ortalaması 12.48 µg/m³ (±1.71), sıcaklık ölçümünün

ortalaması 32.50 °C (± 1.66), nem ölçümünün ortalaması %32.67 ($\pm 1,80$)’dir. İkinci aşama PM1 ölçümünün ortalaması 112.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 22.88) iken PM2.5 ölçümünün ortalaması 11.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 2.46), PM10 ölçümünün ortalaması 9.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 1.36), sıcaklık ölçümünün ortalaması 32.42 °C (± 3.31), nem ölçümünün ortalaması %32.70 (± 5.88)’tür. 3. aşama PM₁ ölçümünün ortalaması 4035.20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 1603.26) iken PM2.5 ölçümünün ortalaması 1335.79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\pm 540,37$), PM10 ölçümünün ortalaması 112.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (± 44.51), sıcaklık ölçümünün ortalaması 19.45°C (± 2.90), nem ölçümünün ortalaması %48.04 (± 5.36)’tür.

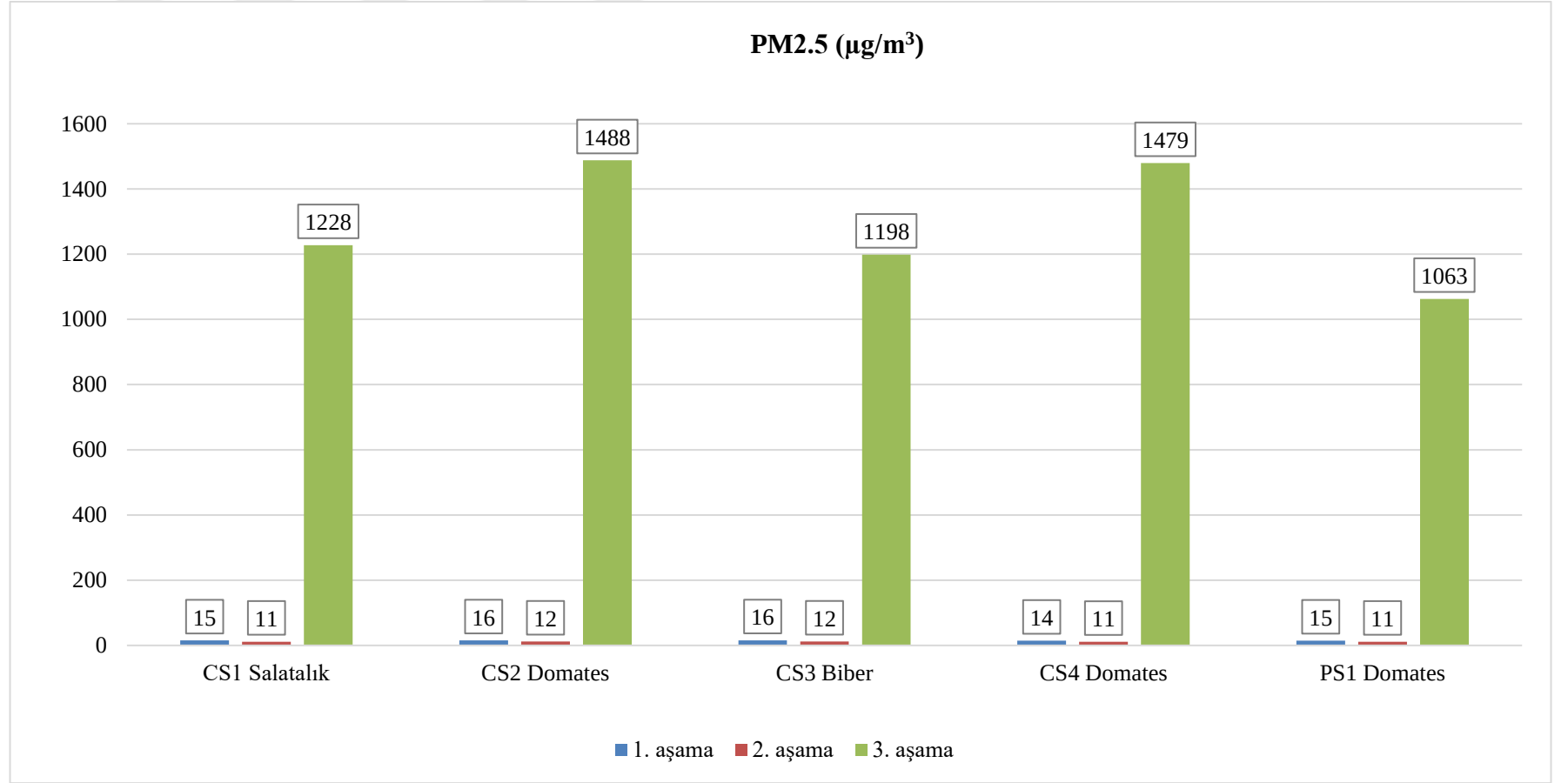
Ölçümlerin normal dağılım varsayımını sağlayıp sağlamadığını belirleyebilmek için Kolmogorow Smirnov Testi ($n > 30$) uygulanmıştır. Test sonucunda ölçümlerin normal dağılım varsayımını sağlamadığı görülmüştür ($p < 0.05$). Ancak, p anlamlılık düzeyi tek başına yeterli bir sonuç değildir. Anlamlılık düzeyi ile çarpıklık-basıklık değerleri ve histogram grafiklerinin de incelenmesi gerekmektedir. Çizelge 4.1’de Çarpıklık ve Basıklık değerlerinin ± 3 değerinin arasında yer aldığı görülmektedir. Bu değerler SPSS’te standart hataları ile verilir ki, kendi standart hatasına bölünmesi ile elde edilen standartlaştırılmış değer eğer -1.96 ile +1.96 arasında ise dağılımın normalliğinden bahsedilir. Ancak çoğu kaynağa göre çarpıklık ve basıklık katsayısının ± 3 arasında olması dağılımın normal olduğunu göstermektedir (Alpar, 2020). Son olarak histogram grafikleri de incelendiğinde ölçümlerin normal dağılıma uyduğunu söyleyebiliriz. Ölçümlerin karşılaştırmalarında parametrik testler kullanılmıştır.

4.2.2. Ölçümlerin Karşılaştırma Sonuçları

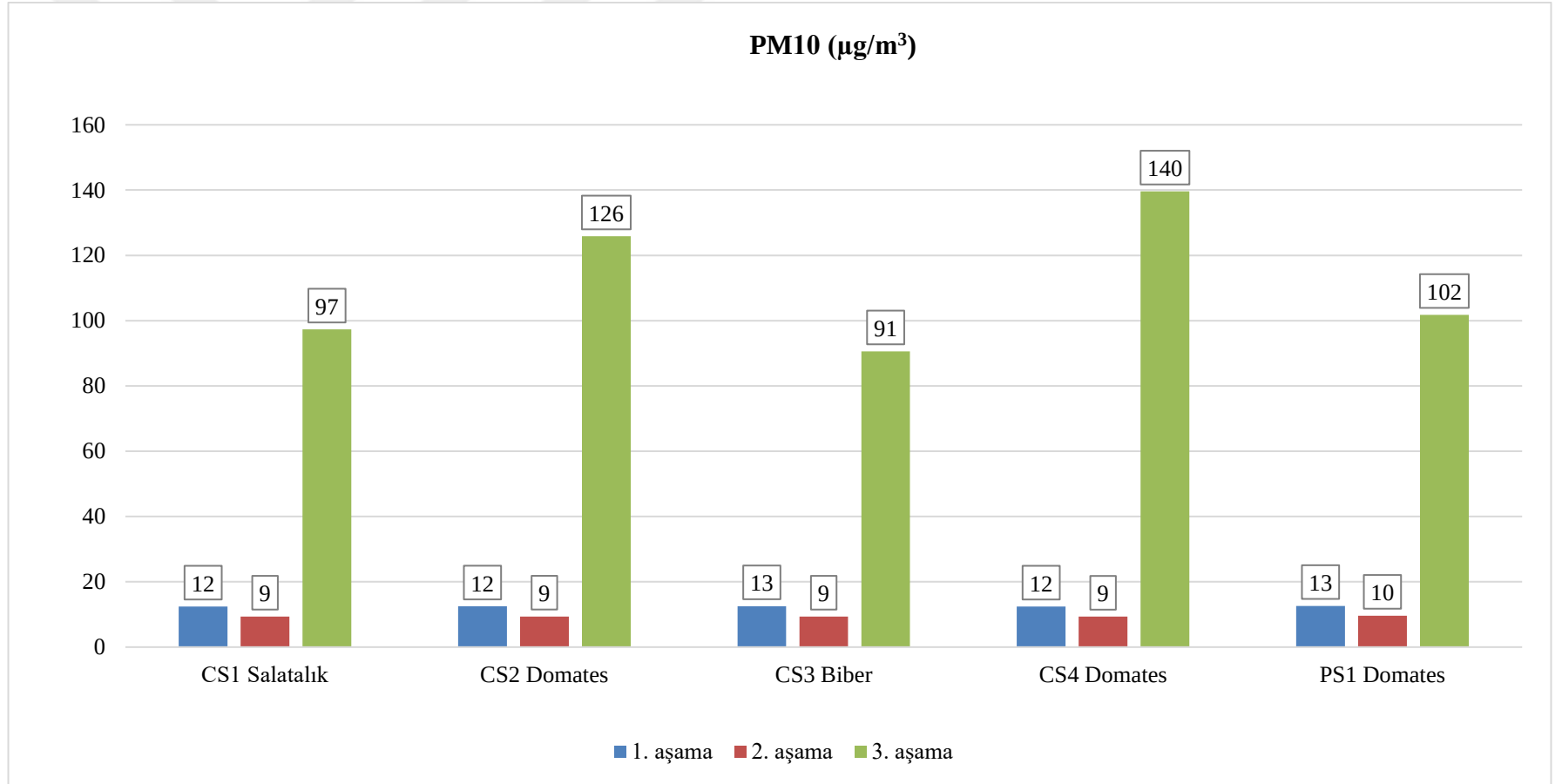
Araştırma kapsamında alınan ölçümlerin ortalama değerlerinin karşılaştırmalı olarak daha kolay görülebilmesi için hazırlanan grafikler Şekil 4.31-4.36’da yer almaktadır. Ölçüm yapılan hıyar, domates ve biber ürünleri arasında PM1, PM2.5, PM10, sıcaklık ve nem ölçüm değerlerine göre farklılık olup olmadığına ve, PM1, PM2.5, PM10, sıcaklık ve nem ölçümlerinin 1., 2. ve 3. aşamaları (işlemler) arasında farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Karşılaştırma sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.2’de verilmiştir.



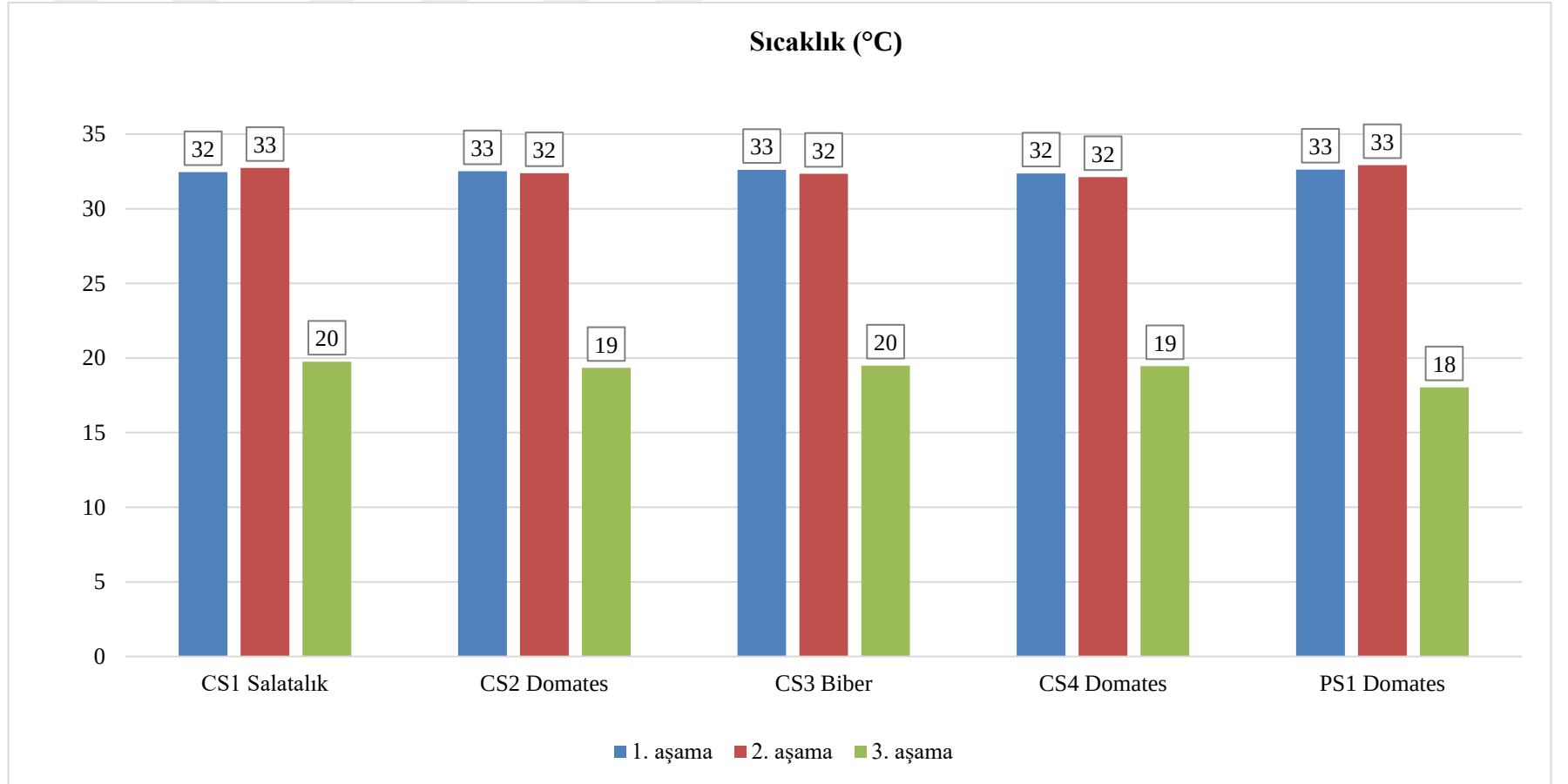
Şekil 4.31. PM1 ölçümünün gruplara göre 1. 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması



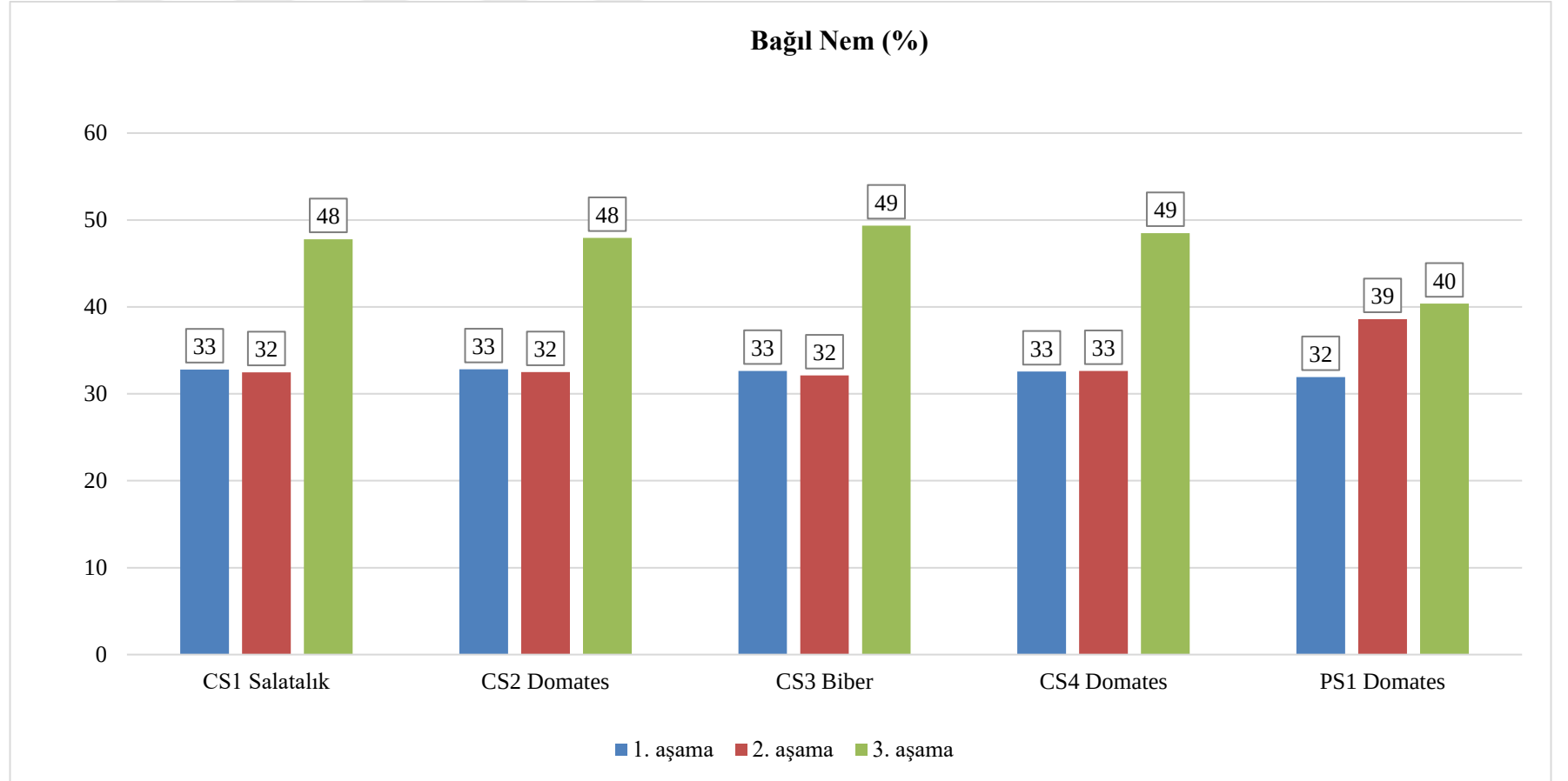
Şekil 4.32. PM2.5 Ölçümünün gruplara göre 1., 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması



Şekil 4.33. PM10 ölçümünün gruplara göre 1., 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması



Şekil 4.34. Sıcaklık (°C) ölçümünün gruplara göre 1., 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması



Şekil 4.35. Bağıl nem ölçümünün gruplara göre 1., 2. ve 3. aşama ortalamalarının karşılaştırılması

Çizelge 4.2. Ölçümlere göre gruplar ve aşamalar arasındaki farklılıkların incelenmesi

Ölçümler	Grup	n	1. Aşama (Toprak işleme-dikim)	2. Aşama (Bakım)	3. Aşama (Hasat)	^a F	p	^a Fark
			Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS			
PM ₁	1.CS1 Hıyar	147	147.71±30.98	110.68±23.19	3541.37±2132.75	377.37	0.000***	1-2-3
	2.CS2 Domates	147	147.03±29.01	110.39±22.83	4513.32±781.15	4641.54	0.000***	1-2-3
	3.CS3 Biber	147	148.54±30.35	111.79±23.05	3629.04±1997.91	451.44	0.000***	1-2-3
	4.CS4 Domates	147	150.71±29.36	113.06±22.77	4402.85±864.29	3566.10	0.000***	1-2-3
	5.PS1 Domates	27	149.00±25.50	124.78±17.97	4330.41±815.62	715.02	0.000***	1-2-3
	^b F		0.32	2.52	12.089			
	P		0.86	0.04*	0.000***			
	^b Fark		-	1,2-5	2,4-1,3			
PM _{2.5}	1.CS1 Hıyar	147	15.28±3.26	11.46±2.52	1227.65±723.72	413.72	0.000***	1-2-3
	2.CS2 Domates	147	15.56±2.96	11.75±2.27	1487.82±286.29	3902.88	0.000***	1-2-3
	3.CS3 Biber	147	15.69±3.38	11.80±2.62	1198.49±663.77	468.20	0.000***	1-2-3--
	4.CS4 Domates	147	14.39±2.98	10.85±2.34	1479.35±304.89	3406.15	0.000***	1-2-3
	5.PS1 Domates	27	14.85±3.35	11.30±2.35	1062.81±24.75	47272.71	0.000***	1-2-3
	^b F		3.88	3.56	11.85			
	p		0.004**	0.007**	0.000***			
	^b Fark		2,3-4	2,3-4	2,4-1,3,5			

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, Ort=Ortalama, SS=Standart Sapma; Min=Minimum, Maks=Maksimum

^aF=Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi, ^aFark=Bonferroni Testi, ^bF=Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), ^bFark=Tukey Testi, p=Anlamlılık Düzeyi

Çizelge 4.2'nin devamı,

Ölçümler	Grup	n	1. Aşama (Toprak işleme- dikim)	2. Aşama (Bakım)	3. Aşama (Hasat)	^a F	p	^a Fark
			Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS			
PM ₁₀	1.CS1 Hıyar	147	12.45±1.68	9.37±1.33	97.32±56.54	342.13	0.000***	1-2-3
	2.CS2 Domates	147	12.48±1.61	9.38±1.28	125.84±14.58	9170.64	0.000***	1-2-3
	3.CS3 Biber	147	12.54±1.81	9.37±1.38	90.62±52.34	341.60	0.000***	1-2-3
	4.CS4 Domates	147	12.45±1.75	9.34±1.37	139.59±23.01	4586.24	0.000***	1-2-3
	5.PS1 Domates	27	12.63±1.78	9.63±1.80	101.78±0.89	29097.37	0.000***	1-2-3
	^b F		0.12	0.26	37.75			
Sıcaklık	p		0.98	0.90	0.000***			
	^b Fark		-	-	1,3,5-2,4			
	1.CS1 Hıyar	147	32.46±1.68	32.74±3.12	19.76±2.93	1327.07	0.000***	1.2-3
	2.CS2 Domates	147	32.52±1.70	32.39±3.26	19.34±2.84	2300.65	0.000***	1.2-3
	3.CS3 Biber	147	32.61±1.57	32.35±3.30	19.50±2.91	1214.10	0.000***	1.2-3
	4.CS4 Domates	147	32.37±1.73	32.13±3.35	19.46±2.95	1234.03	0.000***	1.2-3
	5.PS1 Domates	27	32.63±1.62	32.93±4.39	18.04±2.61	214.48	0.000***	1.2-3
	^b F		0.44	0.81	2.10			
	p		0.78	0.52	0.08			

***p<0,001, Ort=Ortalama, SS=Standart Sapma; Min=Minimum, Maks=Maksimum

^aF=Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi, ^aFark=Bonferroni Testi, ^bF=Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), ^bFark=Tukey Testi, p=Anlamlılık Düzeyi

Çizelge 4.2'nin devamı,

Ölçümler	Grup	n	1. Aşama (Toprak işleme- dikim)	2. Aşama (Bakım)	3. Aşama (Hasat)	^a F	p	^a Fark
			Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS			
Bağıl Nem	1.CS1 Hıyar	147	32.80±1.83	32.48±5.51	47.79±5.09	601.94	0.000***	1.2-3
	2.CS2 Domates	147	32.82±1.81	32.49±6.06	47.93±5.32	491.62	0.000***	1.2-3
	3.CS3 Biber	147	32.64±1.80	32.11±5.83	49.36±4.96	732.30	0.000***	1.2-3
	4.CS4 Domates	147	32.56±1.75	32.62±6.11	48.50±5.40	581.74	0.000***	1.2-3
	5.PS1 Domates	27	31.93±1.84	38.59±1.19	40.37±0.49	340.26	0.000***	1-2-3
	^b F		1.74	615.54	18.26			
	p		0.14	0.000***	0.000***			
	^b Fark		-	5-1,2,3,4	5-1,2,3,4			

***p<0,001, Ort=Ortalama, SS=Standart Sapma; Min=Minimum, Maks=Maksimum

^aF=Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi, ^aFark=Bonferroni Testi, ^bF=Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA), ^bFark=Tukey Testi, p=Anlamlılık Düzeyi

Çizelge 4.2'ye göre PM1, PM2.5, PM10, sıcaklık ve bağıl nem ölçümlerinin 1., 2. ve 3. aşama ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Hıyar, domates ve biber ürünleri arasında PM1, 2. aşama ve 3. aşama, PM2.5 1. aşama, 2. aşama ve 3. aşama, PM10, 3. aşama ve Bağıl nem 2. aşama ve 3. aşama ölçümlerinin ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Farklılık görülen sonuçlar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

PM1 ölçümü için; gruplar arasında 2. aşama ve 3. aşama ölçümlerinin ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Buna göre; CS1 hıyar ve CS2 domates gruplarının 2. aşama PM1 ortalamalarının, PS1 domates grubundaki PM1 ortalamasından anlamlı derecede daha düşük; CS2 domates ve CS4 domates gruplarının 3. aşama PM1 ortalamalarının ise CS1 hıyar ve CS3 biber gruplarındaki PM1 ortalamalarından anlamlı derecede daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu durum, domateste hasat işlemi sırasında iç ortamda bulunan polenlerle ilişkilendirilebilir. Bu konuda gelecekte detaylı çalışmalar yürütülebilir. Gruplara göre PM1 ölçümünün 1., 2. ve 3. aşama ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,001$). Buna göre; 1. aşama PM1 ölçümünün ortalamaları 2. aşama PM1 ölçümünün ortalamalarına göre anlamlı derecede daha yüksek iken 2. aşama PM1 ölçümünün ortalamaları ise 3. aşama PM1 ölçümünün ortalamalarına göre anlamlı derecede daha düşüktür.

PM2.5 ölçümü için; gruplar arasında 1. aşama, 2. aşama ve 3. aşama ölçümlerinin ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p<0.05$). Buna göre; CS2 domates ve CS3 biber gruplarının 1. ve 2. aşama PM_{2.5} ortalamalarının, CS6 domates grubundaki PM25 ortalamalarından anlamlı derecede daha yüksek; CS2 domates ve CS4 domates gruplarının 3. aşama PM2.5 ortalamalarının ise CS1 hıyar, CS3 biber ve PS1 domates gruplarındaki PM2.5 ortalamalarından anlamlı derecede daha yüksek olduğu söylenebilir. Gruplara göre PM2.5 ölçümünün 1., 2. ve 3. aşama ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.001$). Buna göre; 1. aşama PM2.5 ölçümünün ortalamaları 2. aşama PM2.5 ölçümünün ortalamalarına göre anlamlı derecede daha yüksek iken 2. aşama PM2.5 ölçümünün ortalamaları ise 3. aşama PM2.5 ölçümünün ortalamalarına göre anlamlı derecede daha düşüktür.

PM10 ölçümü için; gruplar arasında 3. aşama ölçümlerinin ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Buna göre; CS1 hıyar, CS3 biber ve PS1 domates gruplarının 3. aşama PM₁₀ ortalamalarının, CS2 domates ve CS4 domates grubundaki PM10 ortalamalarından anlamlı derecede daha düşük olduğu söylenebilir. Gruplara göre PM10 ölçümünün 1., 2. ve 3. aşama ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.001$). Buna göre; 1. aşama PM10 ölçümünün ortalamaları 2. aşama PM10 ölçümünün ortalamalarına göre anlamlı derecede daha yüksek iken 2. aşama PM10 ölçümünün ortalamaları ise 3. aşama PM10 ölçümünün ortalamalarına göre anlamlı derecede daha düşüktür.

Sıcaklık ölçümü için; gruplar arasında 1. 2. ve 3. aşama ölçümlerinin ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$). Gruplara göre sıcaklık ölçümünün 1., 2. ve 3. aşama ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.001$). Buna göre; 1. aşama ve 2. aşama sıcaklık ölçümünün ortalamaları, 3. aşama sıcaklık ölçümünün ortalamalarına göre anlamlı derecede daha yüksektir.

Bağıl nem ölçümü için; gruplar arasında 2. aşama ve 3. aşama ölçümlerinin ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Buna göre; PS1 domates grubunun 2. aşama bağıl nem ortalamasının CS1 hıyar, CS2 domates, CS3 biber ve CS4 domates gruplarındaki bağıl nem ortalamalarından anlamlı derecede daha yüksek; PS1 domates grubunun 3. aşama bağıl nem ortalamasının ise CS1 hıyar, CS2 domates, CS3 biber ve CS4 domates gruplarındaki bağıl nem ortalamalarından anlamlı derecede daha düşük olduğu söylenebilir. Gruplara göre nem ölçümünün 1., 2. ve 3. aşama ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. ($p<0.001$). Buna göre; CS1 hıyar, CS2 domates, CS3 biber ve CS4 domates gruplarında 1. aşama ve 2. aşama bağıl nem ölçümünün ortalamaları, 3. aşama bağıl nem ölçümünün ortalamalarına göre anlamlı derecede daha düşük iken PS1 domates grubunda ise 1. aşama bağıl nem ölçümünün ortalaması 2. aşama bağıl nem ölçümünün ortalamasına göre anlamlı derecede daha düşük iken 2. aşama bağıl nem ölçümünün ortalaması ise 3. aşama bağıl nem ölçümünün ortalamasına göre anlamlı derecede daha düşüktür.

4.3. Ölçüm değerlerinin Uluslararası standart değerler ile karşılaştırılması

Araştırma kapsamında yapılan ölçüm sonucunda elde edilen tüm değerler ile uluslararası standartlarda belirtilen sınır değerleri Çizelge 4.3'te toplu bir şekilde sunulmuştur. İşlemlere bağlı olarak farklı seralarda elde edilen ortalama değerler ile uluslararası standartlarda bildirilen değerlerin birlikte yer aldığı grafikler Şekil 4.37-4.41'de verilmiştir. Yapılan incelemelerde PM1 için Uluslararası yayınlanmış ve sayısal değerleri belirten bir standart bulunamamıştır. Bu nedenle bu bölümde yer alan çizelge ve şekillerde PM değerlerine yer verilmemiştir.

Çizelge 4.3'te PM2.5 değerleri ile ilgili 5 adet standart bulunmaktadır. Standartların 2'si Kanada, 1'i ABD, 1'i Norveç ve 1'i de Avrupa Birliği tarafından yayınlanmıştır. PM10 değerleri için 2 adet Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 2 adet Hong Kong ve 1 adet İngiltere tarafından bildirilmiş olmak üzere toplam 5 adet standartta yer verilmiştir. Bağıl nem için 2 adet Kanada, 1 adet ABD, 1 adet Almanya ve 1 adet Hong Kong tarafından hazırlanmış standart bulunmaktadır. Sıcaklık değerleri için ABD, Almanya ve Hong Kong tarafından yayınlanmış toplam 3 adet standartta yer verilmiştir.

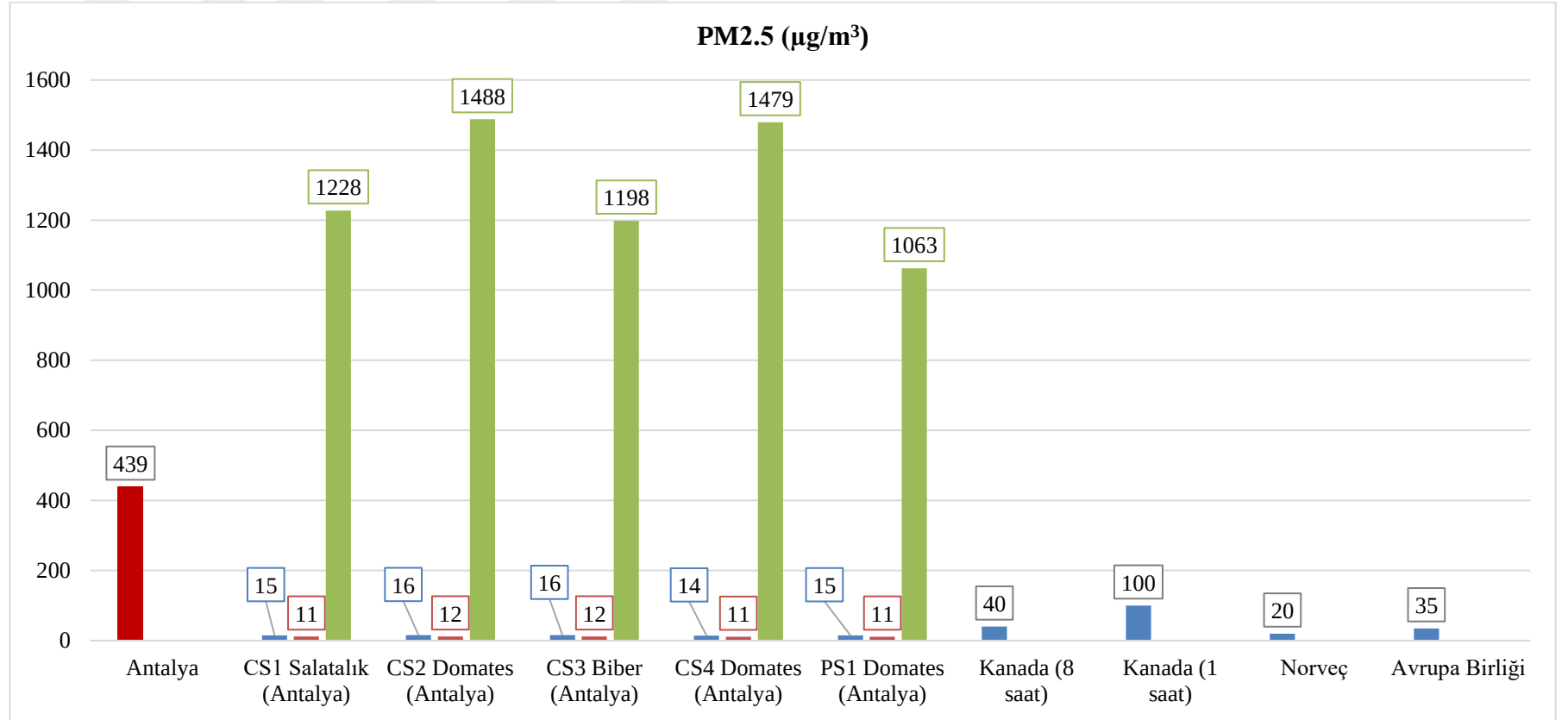
Aynı gruptaki bulunan bazı standartlarda yer alan değerler arasındaki farklılık dikkat çekmektedir. Örneğin PM10 değerleri için sınır değer Çin'de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, İngiltere'de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak verilmiştir.

4.2.2. Ölçümlerin Karşılaştırma Sonuçları

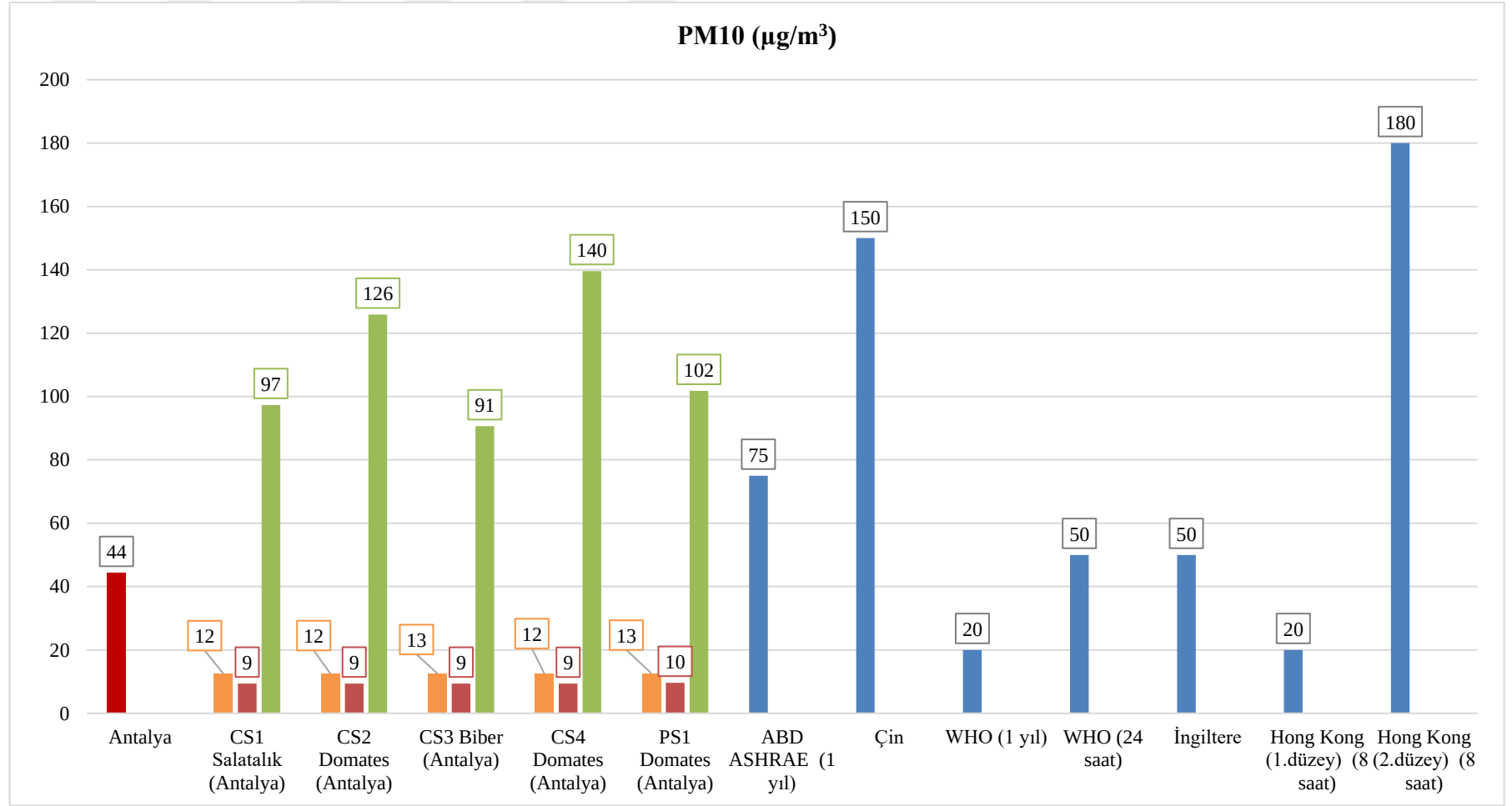
Araştırma kapsamında alınan ölçümlerin ortalama değerlerinin karşılaştırmalı olarak daha kolay görülebilmesi için hazırlanan grafikler Şekil 4.31-4.36'da yer almaktadır. Ölçüm yapılan hıyar, domates ve biber ürünleri arasında PM1, PM2.5, PM10, sıcaklık ve nem ölçüm değerlerine göre farklılık olup olmadığına ve, PM1, PM2.5, PM10, sıcaklık ve nem ölçümlerinin 1., 2. ve 3. aşamaları (işlemler) arasında farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Karşılaştırma sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Antalya'daki bağıl nem ve sıcaklık ölçümlerinin diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması

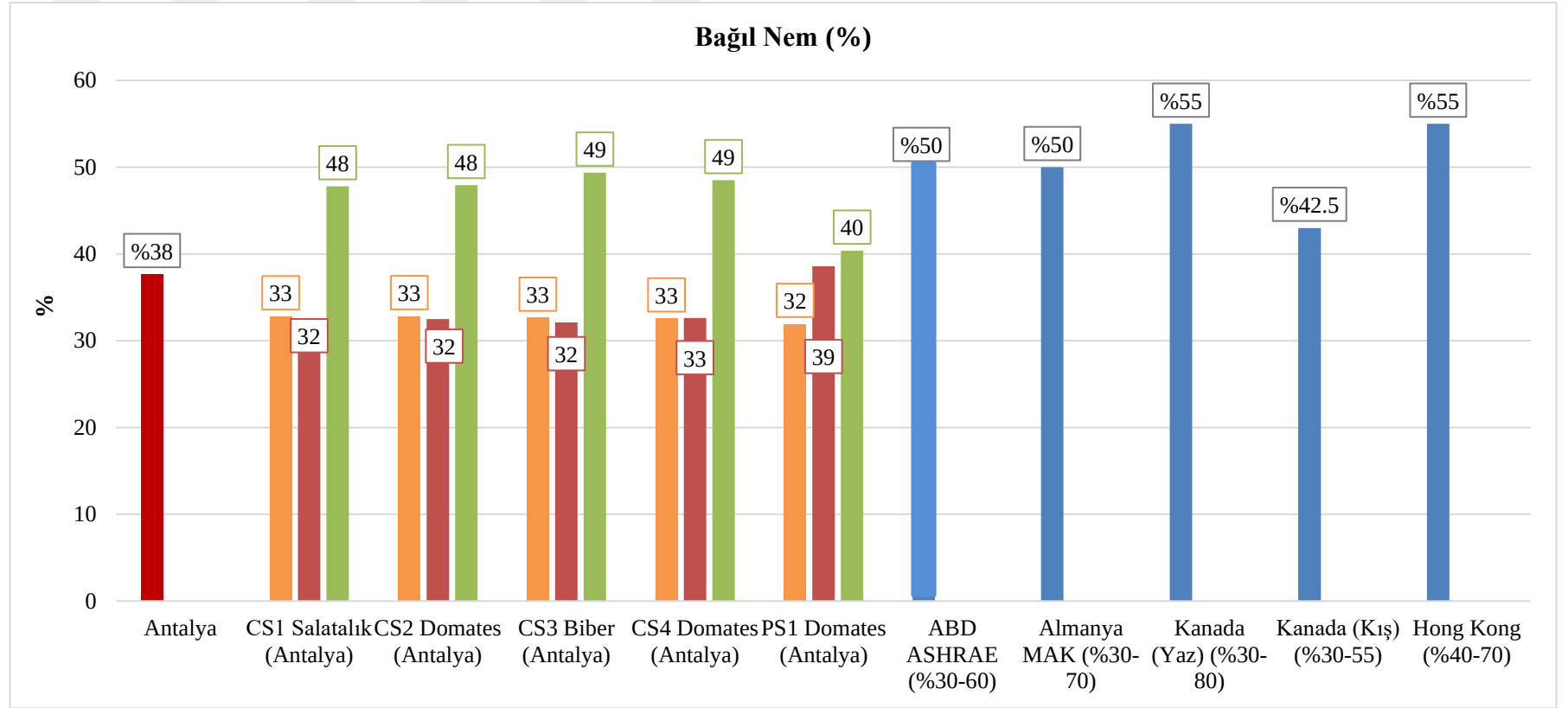
PM2.5 (µg/m³)		PM10 (µg/m³)		Bağıl Nem (%)		Sıcaklık (°C)	
Antalya	439.27	Antalya	44.32	Antalya	37.67	Antalya	28..08
1. Aşama							
CS1 Hıyar (Antalya)	15.28	CS1 Hıyar (Antalya)	12.45	CS1 Hıyar (Antalya)	32.80	CS1 Hıyar (Antalya)	32.46
CS2 Domates (Antalya)	15.56	CS2 Domates (Antalya)	12.48	CS2 Domates (Antalya)	32.82	CS2 Domates (Antalya)	32.52
CS3 Biber (Antalya)	15.69	CS3 Biber (Antalya)	12.54	CS3 Biber (Antalya)	32.64	CS3 Biber (Antalya)	32.61
CS4 Domates (Antalya)	14.39	CS4 Domates (Antalya)	12.45	CS4 Domates (Antalya)	32.56	CS4 Domates (Antalya)	32.37
PS1 Domates (Antalya)	14.85	PS1 Domates (Antalya)	12.63	PS1 Domates (Antalya)	31.93	PS1 Domates (Antalya)	32.63
2. Aşama							
CS1 Hıyar (Antalya)	11.46	CS1 Hıyar (Antalya)	9.37	CS1 Hıyar (Antalya)	32.48	CS1 Hıyar (Antalya)	32.74
CS2 Domates (Antalya)	11.75	CS2 Domates (Antalya)	9.38	CS2 Domates (Antalya)	32.49	CS2 Domates (Antalya)	32.39
CS3 Biber (Antalya)	11.80	CS3 Biber (Antalya)	9.37	CS3 Biber (Antalya)	32.11	CS3 Biber (Antalya)	32.35
CS4 Domates (Antalya)	10.85	CS4 Domates (Antalya)	9.34	CS4 Domates (Antalya)	32.62	CS4 Domates (Antalya)	32.13
PS1 Domates (Antalya)	11.30	PS1 Domates (Antalya)	9.63	PS1 Domates (Antalya)	38.59	PS1 Domates (Antalya)	32.93
3. Aşama							
CS1 Hıyar (Antalya)	1227.65	CS1 Hıyar (Antalya)	97.32	CS1 Hıyar (Antalya)	47.79	CS1 Hıyar (Antalya)	19.76
CS2 Domates (Antalya)	1487.82	CS2 Domates (Antalya)	125.84	CS2 Domates (Antalya)	47.93	CS2 Domates (Antalya)	19.34
CS3 Biber (Antalya)	1198.49	CS3 Biber (Antalya)	90.62	CS3 Biber (Antalya)	49.36	CS3 Biber (Antalya)	19.50
CS4 Domates (Antalya)	1479.35	CS4 Domates (Antalya)	139.59	CS4 Domates (Antalya)	48.50	CS4 Domates (Antalya)	19.46
PS1 Domates (Antalya)	1062.81	PS1 Domates (Antalya)	101.78	PS1 Domates (Antalya)	40.37	PS1 Domates (Antalya)	18.04
ABD ASHRAE (1 yıl)	75	Çin	150	ABD ASHRAE (%30-60)	50	ABD ASHRAE (20-25.5 °C)	22.8
Kanada (8 saat)	40	WHO (1 yıl)	20	Almanya MAK (%30-70)	50	Almanya MAK (20-26 °C)	23.0
Kanada (1 saat)	100	WHO (24 saat)	50	Kanada (Yaz) (%30-80)	55	Hong Kong (20-25.5 °C)	22.8
Norveç	20	İngiltere	50	Kanada (Kış) (%30-55)	43		
Avrupa Birliği	35	Hong Kong (1.düzey) (8 saat)	20	Hong Kong (%40-70)	55		
		Hong Kong (2.düzey) (8 saat)	180				



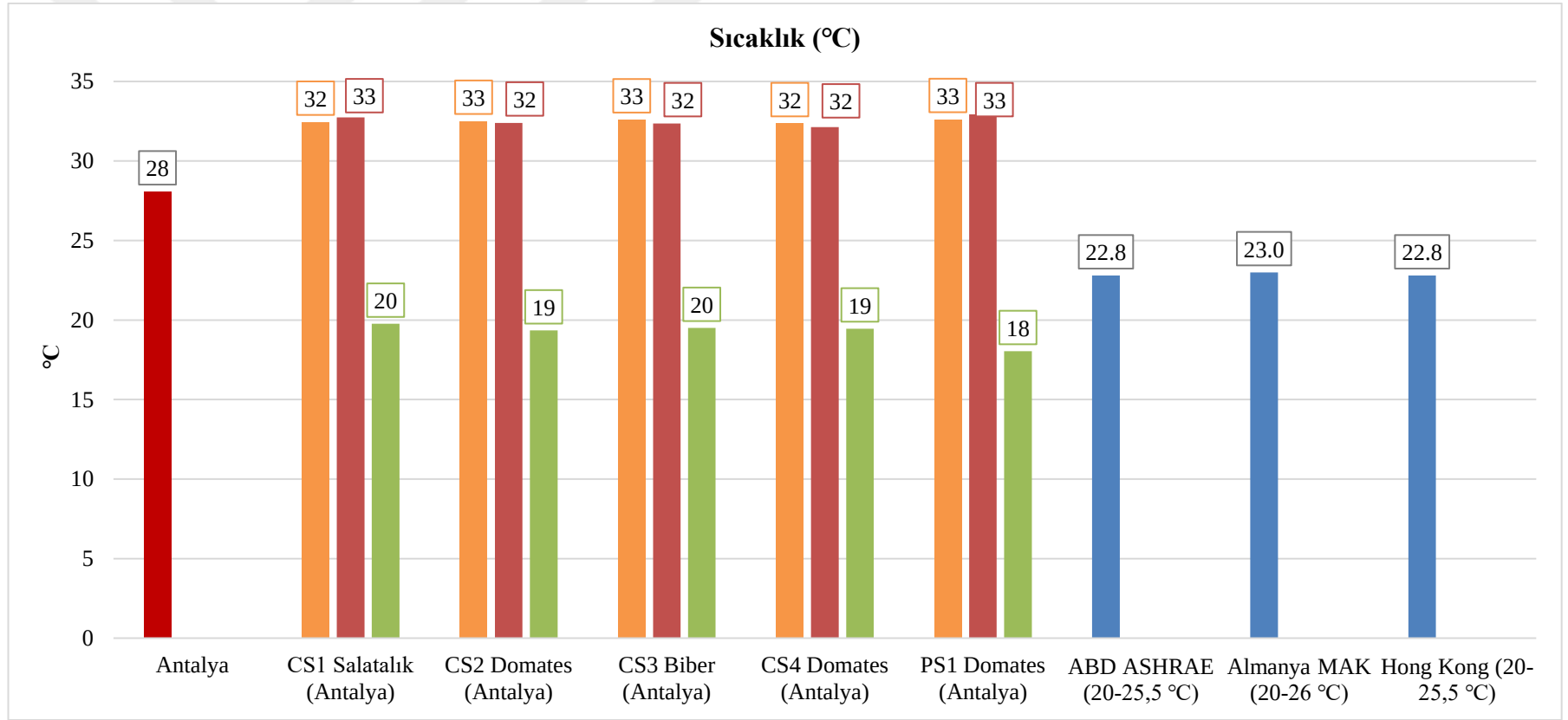
şekil 4.36. Antalya PM_{2.5} ölçüm ortalamasının diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması



Şekil 4.37. Antalya PM10 ölçüm ortalamasının diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması



Şekil 4.38. Antalya bağıl nem (%) ölçüm ortalamasının diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması



Şekil 4.39. Antalya sıcaklık (°C) ölçüm ortalamasının diğer ülkelerdeki sınır değerlere göre karşılaştırılması

Şekil 4.38’de gibi araştırmada ölçülen ortalama PM2.5 miktarı $439 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama değer incelenen tüm standart değerleri üzerindedir. Ancak işlemler dikkate alındığında hasat işlemleri sırasındaki PM2.5 değerlerinin standart değerlere göre çok yüksek olduğu görülmektedir. Toprak işleme-dikim ve bakım işlemleri sırasında ölçülen değerler standartlarda yer alan sınır değerlerin altında kalmıştır.

PM10 için hesaplanan ortalama değer $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Ancak hasat işlemleri sırasındaki değerler diğer işlemlere göre daha yüksektir. Diğer işlem gruplarında ölçülen ortalama değerler $9\text{-}13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında iken hasat işlemlerinde $91\text{-}140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerleri arasında değişmektedir. Daha yaygın olarak kullanılan WHO sınır değerleri ($9\text{-}13 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dikkate alındığında hasat işlemlerinin sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.39).

Seralarda ölçülen ortalama bağıl nem değeri %38’dir. Tüm standart değerlerden daha düşüktür. İşlemler dikkate alındığında hasat sırasındaki bağıl nem değerlerinin sınır değere yaklaştığı görülmektedir (Şekil 4.40).

Şekil 4.41’de seralarda çalışma sırasında ölçülen ortalama sıcaklığın 28°C olduğu görülmektedir. Bu değer yer alan şekilde yer alan standart değerden de yüksektir. İşlemler dikkate alındığında hasat sırasındaki sıcaklık değerlerinin diğer işlemlere göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Ortalama seralara göre $18\text{-}20^\circ\text{C}$ arasında değişen hasat sıcaklıkları, düşük olmakla birlikte standartlarda istenilen ortalama değerlere ($22.8\text{-}23.0^\circ\text{C}$) yakındır.

5. SONUÇLAR

Sera iç ortam havası özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan bu araştırmada yapısal olarak geleneksel özellik gösteren 5 adet serada çalışılmıştır. Ülkemiz seracılığının merkezi olan Antalya’da toplam sera alanlarının yaklaşık %90’ını geleneksel yapıdaki üretici seraları oluşturmaktadır. Uygulama koşullarında 2024 Eylül-2025 Ocak döneminde toprak işleme-dikim, bakım ve hasat işlemleri sırasında sera içerisindeki sıcaklık, bağıl nem ve partiküler madde (PM1, PM2.5, PM10) değerleri ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen değerlerin mekansal haritaları oluşturulmuş, ortalama değerleri hesaplanmış, istatistiksel analizi yapılmış ve farklı ülke/kuruluşlar tarafından yayınlanmış standart değerler ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada Türkiye’de eksikliği bilinen sahadan ölçümlere dayalı çalışma yapılarak veri tabanı ve risk analizleri için altyapı oluşmasına katkı sağlayacak değerler elde edilmeye çalışılmıştır. Özellikle bitki sağlığı açısından iklimlendirme amaçlı sıcaklık ve bağıl nem düzeyleri gibi parametrelerin belirlenmesine yönelik araştırma ve uygulama çalışmaları yapılmaktadır. Ancak partikül madde miktarlarına ait ölçümlere dayalı verilerin eksik olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ölçülen partikül madde değerlerinin çalışmanın özgün yönünü güçlendirdiği düşünülmektedir.

Çalışanlar için sağlık açısından farklı maruziyetleri bulunan partikül madde için yapılan ölçümlerde PM1 değerlerinin tüm işlemlerde TS 11605 EN ISO 14644-1 standardına göre ISO Sınıf 5 veya Sınıf 6 düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Aynı değerler, EPA standartları tarafından insan sağlığı yönünden çok zararlı seviyede görülmektedir. PM2.5 ve PM10 ölçümlerinde hasat işlemleri için belirlenen değerler, standartlarda belirtilen sınır değerlerin çok üzerinde çıkmıştır. Bu durumda, özellikle seralarda yoğun işgücü gerektiren işlemlerde kişisel koruyucu donanım (maske) kullanımının ve çalışanların sağlık muayenesinden geçirilmesinin gerekliliğini ortaya çıkmaktadır. Çalışmada hasat sırasında polenlerden kaynaklandığı düşünülen PM1 değerlerinin çok yüksek değerlerde çıkması dikkat çekicidir.

Seralar kapalı ortamlardır. Kapalı ortamlarda çalışma sırasında özellikle toprak işleme (çizel, toprak frezesi), dikim, bakım, hasat ve hasat sonrası seralarda çalışma sırasında insanların soluma sonucunda oluşan havadaki tüm tozlar (PM) çalışanların üst ve alt solunum yollarına ulaşmaktadır. On mikrondan küçük partiküller (PM10) üst solunum yollarına, 2.5 mikrondan küçük partiküller (PM2.5) ise alt solunum yollarına kadar girebilmektedir. Partikül maddeler iş ortamında kişiler üzerinde organik veya inorganik kökenli olmalarına bağlı olarak farklı etkiler yaratabilmektedir. Partikül maddelerin çalışanların sağlığı üzerine etkileri, üst ve alt solunum yolu rahatsızlıklarından başlayıp astım ve diğer hastalık türlerinin oluşmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, çalışanların toz maruziyeti belirli sınır konsantrasyonların üzerine çıkmamalıdır. Sınır değerler tozun kaynağına bağlı olarak değiştiğinden sınır konsantrasyon değerleri belirlenirken maruz kalınan maddeler dikkate alınmaktadır. Diğer taraftan tarımda çok farklı çalışma ortamlarında görülen etken maddelerle insan sağlığı arasında neden-sonuç ilişkileri henüz çok iyi anlaşılmış değildir. Bu nedenle, farklı ülkelerde, farklı bölgelerde, tarımın farklı alt sektörlerinde partikül madde düzeyi, maruziyet süresi, kişisel faktörler ve diğer faktörler üzerine daha fazla araştırmalar yapılması gerekmektedir. Araştırmalar, partikül maddelerin kaynağında azaltılması, tarım iş kollarında çalışanların maruz kaldığı konsantrasyon düzeylerinin ve partikül

madde fraksiyonlarının belirlenmesi, risk faktörlerinin ve risk seviyelerinin anlaşılması, kişisel koruyucuların kullanılması, yönetmelik ve mevzuatın bilimsel gelişmeler ışığında güncellenmesi gerekmektedir. İlgili standartlarda özellikle PM1 için sayısal değerlerin verilmemesi bir eksiklik olarak değerlendirilebilir. Bu kapsamda PM1 değerlerinin sayısal olarak ifade edilmesine yönelik ölçüm metodu ve standartların geliştirilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Tüm işlemler için hesaplanan bağıl nem değerleri (%40) farklı standartlarda önerilen yaklaşık %50 değerinden daha düşüktür. İşlemler dikkate alındığında hasat işlemleri sırasında ölçülen sıcaklık değerlerinin önerilen konfor değerlerine yakın olduğu görülmektedir.

Sıcaklık değerleri dikkate alındığında, toprak işleme ve ekim, bakım ve hasat işlemleri sırasında hesaplanan ortalama 28°C değerinin standartlarda belirtilen değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İşlem esaslı değerlendirme yapıldığında ise hasat işlemi sırasındaki değerlerin, çalışanların konforu için belirtilen alt sınır değerlerine yakın iken diğer işlemler sırasındaki sıcaklığın önerilen değerden yaklaşık 10°C daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Sonbahar döneminde özellikle sabah erken saatlerde havalandırma pencereleri kapalı iken yapılan hasat işlemlerinin çalışanlara bağıl nem ve sıcaklık yönünden konforlu bir ortam sunduğu anlaşılmaktadır. Çalışmada ölçümler sonbahar-kış (Eylül-Ocak) döneminde gerçekleştirilmiştir. Seralarda üretim faaliyetleri Haziran ayı sonuna kadar devam etmektedir. Antalya koşullarında özellikle ilkbahar ve yaz aylarında daha yüksek düzeylerde gerçekleşen bağıl nem ve sıcaklık değerlerinin daha konforsuz ve sağlıksız bir iç ortam sunacağı beklenmektedir. Yüksek sıcaklık değerlerinin çalışanlarda sıcak çarpması, ısı yorgunluğu, ısı krampı ve tetanisi, ısı Senkopu (sıcaklık bayılması), ısı ödemi ve kaşıntısı, kardiyovasküler yükte artış, elektrolit bozuklukları, dehidratasyon gibi rahatsızlıklara neden olma potansiyeli bulunmaktadır. Bu nedenle gelecekte, zorunlu havalandırma ve serinletme sistemlerinin olmadığı geleneksel yapılarıdaki seralara yönelik yıl boyunca yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu öngörülmektedir.

Türkiye’de 2012 yılında çıkan İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nda “işyeri” tanımı yapılmaktadır. Bununla birlikte Türkiye’de tarım sektöründe kendi nam ve hesabına çalışanların işletmelerin çoğunluğu oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle Kanun’daki tanım gereği tarımsal işletmelerin çoğu iş sağlığı ve güvenliği açısından kapsam dışı kalmaktadır. Türkiye’de Tozla Mücadele Yönetmeliği’ne göre, çalışanların sağlığını ve güvenliğini sağlamak işverenin görevi olup gerekli olduğu durumlarda tozla mücadele birimi kurulması, bu birimin kurulmasının gerekli olmadığı durumlarda ise tozla ilgili ölçümlerin akredite laboratuvarlara veya İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü (ISGUM)’ne yaptırılması gerekmektedir. Buna göre, çalışan sayısının 300’den az olduğu işletmelerde birer ay aralıkla en az üç ölçüm yaptırılması öngörülmektedir. Yönetmelikte yapılan değerlendirmeler daha çok madencilik, kimya ve imalat endüstrisiyle ilişkilidir. Ancak, işletme başına az sayıda işçi çalıştıran veya büyük çoğunluğu aile işletmesi olan tarım işletmelerinde toz ölçümü yapılmasına ilişkin bir düzenleme bulunmamaktadır. Mevcut durumda tarım sektöründe çalışanların hangi risklere maruz kaldıklarına ilişkin bilimsel verilerin eksik olduğu bilinmektedir. Hava kirliliğinin veya iş ortamında tozlara ve mikroorganizmalara maruziyetin azaltılması için geliştirilen politikalar çok önemlidir. Halk sağlığının gelişmesi için tüm sektörlerde üretilen emisyonların mümkün olduğu

kadar azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle sahadan veri toplayacak çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada elde edilen veriler ve gözlemler dikkate alınarak aşağıdaki önerilerin yapılması uygun görülmüştür.

Sonraki yapılacak çalışmalarda, anlık ölçümler yerine sera içerisinde kayıt yapabilen, sabit ölçüm cihazları ile sürekli ölçümler yapılmalıdır. Ölçümlerin daha iyi yorumlanmasına imkan vermek için sera dış ortamından da veri alınmalıdır.

Seralardaki iş sağlığı ve güvenliği risk faktörlerinin belirlenmesine yönelik daha kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır. Örneğin partikül madde ölçümlerinde değişkenlik gösterebilecek, toz kaynağının da belirleneceği organik ve inorganik madde tayinini de içeren (toprak tipi, bitkisel kökenli tozlar, polen vb. konular) araştırmaların yapılması önerilir. Yapılacak çalışmalarda parametre olarak hava hızı da ölçülmelidir.

Çalışmalarda kullanılacak kapalı ortamlar için geliştirilmiş ölçüm cihazlarının sera iç ortam koşullarına uygun olup olmadığı yapılacak ön çalışmalarla önceden tespit edilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- AÇSHB. 2020. Örtü altı yetiştiriciliğinde iş sağlığı ve güvenliği rehberi. <https://www.csgb.gov.tr/media/4612/rehber21.pdf>
- Alayunt. F., Tekin.C.,2023, İş Sağlığı ve Güvenliğinde Güncel Araştırmalar. Tarımsal Alanlarda Toz, 1-28s.
- Anonim, 2012. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. 30.06.2012 tarih ve 28339 sayılı Resmi Gazete.
- Anonim 2013. Tozla Mücadele Yönetmeliği,, 05.11.2013 tarih ve 28812 sayılı Resmi Gazete
- Archer JD, Cooper GS, Reist PC, Storm JF, Nylander-French LA. 2002, Exposure to respirable crystalline silica in eastern North Carolina farm workers. *AIHA J* (Fairfax, Va).63(6):750-5
- Arslan C, Hamarta E, Uslu M. 2009. The relationship between conflict communication, selfesteem and life satisfaction in university students. *Educational Research and Reviews* Vol. 5(01):31-34.
- Aslan S, Aybek A. 2016. Tarımda Partikül Madde Maruziyetinin Sağlık Üzerine Etkileri, Araştırma Konuları ve Politikalar. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*.177-89.
- Güllüdağ B, Aksoy E. 2022. Hava Kirleticisi Ölçen İnsansız Hava Aracı Tasarımı ve 3D Hava Modellemesi. *Tübitak Bigg 2022-2 Yeşil Çağrı Projesi*
- Bhaves, R, Pandya, J.2006. *Agricultural medicine: a practical guide*. New York: Springer; 541 s. (Agricultural Respiratory Diseases).
- Baytorun, A. N. and ABASS, M. A. M. (2022). Determination of natural ventilation openings in greenhouses. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(1):67-78. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1094980>
- Bulgurcu, H., İlten, N., ve Çoşgun, A., 2005. Okullarda İç Hava Kalitesi Problemleri ve Çözümler, VII. Ulusal Tesisat Kongresi ve Sergisi, İzmir, 601-615 ss.
- BÜGEM. 2023. Örtü Altı Yetiştiriciliğinde Üretim Modellerinin ve Pazar Kanallarının Geliştirilmesi Projesi, “Yurt içi örtü altı yatırımlarına yönelik envanter raporu”, Aralık, 2023
- Chi, C., Chen, W., Guo, M., Weng, M., Yan, G., & Shen, X. 2016. Law and features of tvoc and formaldehyde pollution in urban indoor air. *Atmospheric Environment*, 132, 85-90. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.02.043>
- Chowdhury M., Ahsan T.M.A, Ahamed M.S. 2023. Assessment of health hazards of greenhouse workers considering UV exposure and thermal comfort. *Smart Agricultural Technology* 5 (2023) 100319
- Conceição, E., Conceição, M. I., Lúcio, M. M., Gomes, J., & Awbi, H. 2022. Numerical simulation of the human microenvironment around the occupants. *E3S Web of Conferences*, 356, 02049. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235602049>.
- Çanakcı, M., 2005. Antalya İli Sera Sebzeçiliğinde Mekanizasyon İşletmeciliği Verilerinin Belirlenmesi ve Optimum Seçim Modellerinin Oluşturulması Üzerine

- Bir Araştırma. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları 188s.
- Çanakçı, M., Akıncı, İ., 2007. Antalya ili Seralarında Kullanılan Havalandırma ve Isıtma Sistemleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2):241-252.
- Çanakçı M., Akıncı İ., 2004. Antalya Bölgesi Sera Sebzeciliği İşletmelerinde Tarımsal Altyapı Ve Mekanizasyonu Özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1):101-108.
- ÇKS. 2019. Çiftçi Kayıt Sistemi verileri, Tarım İl Müdürlüğü, Antalya. <https://www.verikaynagi.com/grafik/cksde-kayitli-ciftci-sayisi>
- ÇKS 2024.Çiftçi kayıt Sistemi verileri. Tarım İl Müdürlüğü, Antalya <https://www.verikaynagi.com/grafik/cksde-kayitli-ciftci-sayisi>
- EPA. 2019. Indoor Air Quality Index. Criteria Air Pollutants. America's Children and the Environment. 2018;(3. Edition). <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-04/ace3-criteria-air-pollutants-report-section.pdf>.
- EPA. 2024. Particulate Matter. <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- Földvály, V., Bekö, G., Langer, S., Arrhenius, K., & Petráš, D. (2017). Effect of energy renovation on indoor air quality in multifamily residential buildings in slovakia. Building and Environment, 122, 363-372. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.009>
- Ertop H. 2024. Sera Yetiştiriciliğinde Kirletici Faktörler ile İş Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesi: Antalya Örneği. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Isparta, 129 s.
- HSE 2022. Control of substances hazardous to health regulations 2002 (as amended in 2004) - General enforcement guidance and advice - OC 273/20 [13 Ağustos 2023]. https://www.hse.gov.uk/foi/internalops/ocs/200-299/273_20
- Gao, Z. J., Jiang, Y., Ouyang, K., Hu, H., Zhang, S., & Ma, J. (2017). Numerical and experimental study on indoor air distribution and quality. Proceedings of the 2017 6th International Conference on Energy, Environment and Sustainable Development (ICEESD 2017). <https://doi.org/10.2991/iceesd-17.2017.142>
- Gökşin, H, A., Stand, A. 2001. Endüstride Oluşan Duman ve Tozların Kaynağından Emilmesi Teknikleri, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, ss. 263-272.
- İSGTS. 2013. İş Yerleri Tehlike Sınıfları Listesi (Ek-1). İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Tehlike Sınıfları Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ. Sayı: 28602 Tarih: 29 Mart 2013.Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. İş Yerleri Tehlike Sınıfları Listesi (Ek-1)
- Jareemit, D., Julpanwattana, P., & Choruengwiwat, J. 2017. Impact of outdoor air exchange rates on sleep quality and the next-day performance with application of energy recovery ventilator. Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS), 14(1), 21-32. <https://doi.org/10.56261/jars.v14i1.104443>.

- Jerez, S. B., Y. Zhang, X. Wang, 2011. Spatial and temporal distributions of dust and ammonia concentrations in a swine building. *Transactions of the ASABE* 54(5): 1873-1891.
- Jin, W. , He, J. 2015. Experimental study on the influence of a ventilated window for indoor air quality and indoor thermal environment. *Procedia Engineering*, 121, 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.1058>.
- Jo, J. H., Jo, B., Kim, J. H., Kim, S. J., & Han, W. Y. 2020. Development of an iot-based indoor air quality monitoring platform. *Journal of Sensors*, 2020, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2020/8749764>
- Kirkhorn, S. R., V. F. Garry, 2000. Agricultural lung diseases. *Environmental Health Perspectives* Vol. 108, Supplement (4):705-712.
- Kuş, M., 2007. Şanlıurfa ilindeki yüksek öğretim kurumları dersliklerinde iç hava kalitesinin incelenmesi ve modellenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 197 s.
- Molina-Guzman, L.P., Rios-Ororio, L.A. 2020. Occupational health and safety in agriculture. A systematic review. *Rev. Fac. Med.* 68(4):625-38
- Mfarrej, M. F. B., Qafisheh, N., & Bahloul, M. 2020. Investigation of indoor air quality inside houses from uae. *Air, Soil and Water Research*, 13. <https://doi.org/10.1177/1178622120928912>
- OSHA, 2010. Occupational Safety and Health Standards. <http://www.osha.gov> [20.06.2024].
- OSHA, 2023. Occupational Safety and Health Standards. <https://www.osha.gov/annotated-pels/note>. [20.06.2024].
- OSHA, 2024. Permissible Exposure Limits – Important Note Regarding the ACGIH TLV | Occupational Safety and Health Administration, <https://www.osha.gov/annotated-pels/note> [20.06.2024].
- Özdemir A.B, . 2016. Sebze seralarında kullanılan bitki koruma kimyasallarıyla ilgili risklerin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İSGÜM Uzmanlık Tezi, 89s.
- Özmerzi, A., Kürklü, A. 1989. Seralarda Havalandırma Yöntemleri ve Zorunlu Havalandırma Sistemlerinin Hesaplanması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2) 101-120
- Sallanbaş, H. 1992. Climate control in the greenhouses of the region. Expert Consultation Workshop on Greenhouses in the Antalya Regions, Greenhouse Crops Research Institute, 63-80. Antalya, Turkey.
- Schenker, M. B. 1998. Supplement: American Thoracic Society. Respiratory Health Hazards in Agriculture. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 158(5) Part 2: 1-76.
- Sekulić, A., Kilibarda, M., Heuvelink, G. B., Nikolić, M., & Bajat, B. 2020. Random forest spatial interpolation. *Remote Sensing*, 12(10):1687.
- Sevgican, A., Tüzel, Y., Gül, A., Eltez, R.Z. 2000. Türkiye’de Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliği. V. Türkiye Ziraat Teknik Kongresi, Cilt II: TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, ss. 679-707, 17-21.01.2000. Ankara.

- Tezcan, A., Atılgan, A., Öz, H., 2011. Seralarda Karbondioksit Düzeyi, Karbondioksit Gübrelemesi ve olası etkileri Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 6(1):44-51 ISSN 1304-9984, Derleme, Isparta.
- TUİK. 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. İstatistiksel Veriler, Ankara.
- TUİK. 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. İstatistiksel Veriler, Ankara.
- Turhanoğulları, Z., 2013. “Antalya ilinde sera işletmelerinde çalışma koşullarının, İşçi sağlığı ve iş güvenliği açısından değerlendirilmesi”, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, Antalya, 125s.
- Wong, D. W. (2016). Interpolation: Inverse-distance weighting. International encyclopedia of geography: People, the earth, environment and technology: People, the earth, environment and technology, 1-7.
- Yazk B. 2022. Mersin İli Seracılık Sektöründe Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalığı, Karşılaştıkları Tehlikeler ve Risklerin Saptanması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Adana, 77 s.

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet ÇOŞGUN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2018-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Doktora 2008-2012	Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir
Yüksek Lisans 2006-2008	Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya
Lisans 1995-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Dr. Öğr. Üyesi. 2022-devam ediyor	Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Termodinamik Bilim Dalı, Antalya.
Öğretim Görevlisi 2005-2012	Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme Soğutma Programı, Antalya.
Uzman 2000-2005	Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İklimlendirme Soğutma Programı, Antalya.

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- oşgun A., anakcı M. (2024). In Traditional Greenhouses A field Research in Terms of Occupational Health and Safety (Antalya Example), 10(2):150-159. doi: 10.22399/ijcesen.314.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- oşgun A., anakcı M. (2022). Geleneksel Sera İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliğı Üzerine Bir Alan Araştırması: Antalya İli Örneğı, 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi. (Özet Bildiri/Sözlü)
- 2- oşgun A., anakcı M. (2024). Plastik Seralarda İç Ortam Havaşının İş Sağlığı ve Güvenliğı Yönünden Araştırılması: Antalya Örneğı, 5.Ulusal İklimlendirme Kongresi, İklim 2024. (Tam Bildiri/Sözlü)