ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA TOPRAKSIZ TARIMIN BİNALARA ENTEGRASYONUNUN ARAŞTIRILMASI

Şeyma Nur AYDIN

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA TOPRAKSIZ TARIMIN BİNALARA ENTEGRASYONUNUN ARAŞTIRILMASI

Şeyma Nur AYDIN
502212019

Prof. Dr. Nilüfer TAŞ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

BURSA – 2025
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Şeyma Nur AYDIN tarafından hazırlanan "ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA TOPRAKSIZ TARIMIN BİNALARA ENTEGRASYONUNUN ARAŞTIRILMASI" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Fakültesi Yapı Bilgisi Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Nilüfer TAŞ

Başkan	**:**	Prof. Dr. Nilüfer TAŞ 0000-0002-3627-2011 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Prof. Dr. Murat TAŞ 0000-0001-6152-5650 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Prof. Dr. Gül SAYAN ATANUR 0000-0001-7240-8839 Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Tasarımı Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali KARA
Enstitü Müdürü
../../….

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

13/01/2025

Şeyma Nur AYDIN

TEZ YAYINLANMA
FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Danışman Adı-Soyadı Tarih	Öğrencinin Adı-Soyadı Tarih
İmza Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.	İmza Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ TEZ TANITIMI **FR 3.4.6_27**
ÖĞRENCİ VE DANIŞMAN FORMU

ÖĞRENCİ
Adı SOYADI : Şeyma Nur AYDIN
ÜNVANI : Mimar
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ABD
E-POSTA : aydin.seyma@hotmail.com
PROGRAMI: YÜKSEK LİSANS
ORCID : 0000-0003-0040-3953
TÜBİTAK ID : TBTK-0170-9328
WOS RESEARCHER ID : LWK-2108-2024
SCOPUS AUTHOR ID :
Google Scholar ID : QBhfblQAAAAJ

DANIŞMAN
Adı SOYADI : Nilüfer TAŞ
ÜNVANI : Prof. Dr.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ABD
E-POSTA : nilufertas@uludag.edu.tr
YÖKSİS ARAŞTIRMACI ID : 104404
ORCID : 0000-0002-3627-2011
TÜBİTAK ID : TBTK-0013-4091
WOS RESEARCHER ID : AAA-9179-2021
SCOPUS AUTHOR ID : 16204352600
Google Scholar ID : GfeEOAAAAJ

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ YÜKSEK LİSANS EĞİTİMİ BOYUNCA BİLİMSEL ÇALIŞMALARI VE FAALİYETLERİ*

1. Aydın, Ş.N., Taş, N., Taş, M. (2024, Kasım 21-22). *Sürdürülebilir gelecek için yenilikçi bir yaklaşımla mimaride topraksız tarım olanaklarının araştırılması: Çatı üstü seralar* [Konferans sunum özeti]. II. Uluslararası Yaşam Kalitesi Konferansı, Çanakkale, Türkiye
2. ……
3. ……
4. ……
5. ……
6. ……
7. ……
8. ……
9. ……
10. ……
11. ……
12. ……

*Makaleler, Bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler, patentler, projeler, eğitimler vb. faaliyetler sıralanmalıdır.

BİRLEŞMİŞ MİLLETLER SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ

☐		
■		Urban Agriculture Greenhouse
☐		
☐		
☐		
☐		
■		Emergy
☐		
☐		
☐		
■		Modern Architecture Urban Heat Island Environmental Concern
■		Life Cycle Assessment
■		CO_2 Capture CO_2 Reduction Climate Change Adaptation
☐		
■		Water Governance Ecosystem Services
☐		
☐		

Anahtar kelimeler aşağıdaki bağlantı üzerinden seçilecektir.
https://incites.help.clarivate.com/Content/Resources/Docs/SDG2023.xlsx

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA TOPRAKSIZ TARIMIN BİNALARA ENTEGRASYONUNUN ARAŞTIRILMASI

Şeyma Nur AYDIN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nilüfer TAŞ

Artan dünya nüfusu, kentleşme, tarım arazilerinin azalması, doğal kaynakların tükenmesi, iklim değişikliği gibi küresel sorunlar, sürdürülebilir kent yaşamı ve gıda üretimi için yenilikçi çözümler gerektirmektedir. Bu bağlamda; topraksız tarım yöntemini kullanarak, kaynak verimliliği sağlayan ve çevresel etkisi düşük bir şekilde gıda üretmeyi hedefleyen binalar bir alternatif sunmaktadır. Bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik kapsamında, topraksız tarımın binalara entegrasyonunu, çatı üstü sera örnekleri üzerinden ele almaktadır.

Çalışmanın amacı, çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini ve potansiyelini araştırmak, mimari, tarım ve yapı teknolojisi arasındaki ilişkiyi ortaya koymak, tasarımda dikkat edilmesi gereken hususları belirlemektir. Çalışmada, çatı üstü seralarının tasarımı, bina sistemleri, bina ve tarım sistemleri etkileşimi, kullanılan teknik ve teknolojiler, tasarım/ yapım /kullanım süreçlerinde yaşanan zorluklar ele alınmıştır. Bu kapsamda, nitel bir literatür analizi yaklaşımı yöntemiyle, farklı coğrafi bölgelerde ve koşullarda inşa edilmiş çatı üstü sera örnekleri incelenmiş, elde edilen bulgular çevresel sürdürülebilirlik çerçevesinde değerlendirilmiştir. Bulgular, çatı üstü seraların çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağladığını, bununla birlikte bazı zorluklar ve çelişkiler de barındırdığını göstermektedir. Sonuç olarak, çatı üstü seralar, yenilenebilir enerji ve teknolojik gelişmelerle birlikte, gelecekte şehirlerdeki gıda üretimi için stratejik bir çözüm olabilir. Ancak, çevreye zarar vermeden sürdürülebilir bir uygulama için doğru tasarım ve uygulama yaklaşımları kritik öneme sahiptir.

Çatı üstü seraların potansiyelinin araştırılması, iklim krizine karşı dirençli ve sürdürülebilir kentler yaratma hedefi doğrultusunda önem taşımaktadır. Çalışma, bu seraların çeşitli yapı tiplerine uyarlanabileceğini göstererek, kentsel alanlarda sürdürülebilir tarım ve yapı tasarımı için yeni perspektifler sunmaktadır. Ayrıca, mimarlık, mühendislik ve tarım disiplinlerinin ortak noktasında yer alan bu konuda literatüre katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bina entegre tarım, bina sistemleri, çatı üstü sera, çevresel sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimari, topraksız tarım

2025, xvii + 139 sayfa.

ABSTRACT

MSc/PhD Thesis

RESEARCH ON THE INTEGRATION OF SOILLESS AGRICULTURE INTO BUILDINGS WITHIN THE SCOPE OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

Şeyma Nur AYDIN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture

Supervisor: Prof. Dr. Nilüfer TAŞ

Global problems such as increasing world population, urbanization, decreasing agricultural land, depletion of natural resources and climate change require innovative solutions for sustainable urban living and food production. In this framework, buildings that aim to produce food in a resource-efficient and low environmental impact way by using the soilless agriculture method offer an alternative. This thesis examines the integration of soilless agriculture into buildings in the context of environmental sustainability through the examples of rooftop greenhouses.

The aim of the thesis is to investigate the effects and potential of rooftop greenhouses on environmental sustainability, to reveal the relationship between architecture, agriculture and building technology, and to determine the design considerations. In the study, the design of rooftop greenhouses, building systems, the interaction between building and agricultural systems, the techniques and technologies used, and the difficulties experienced in the design / construction / utilization processes are discussed. In this context, through a qualitative literature analysis approach, examples of rooftop greenhouses built in different geographical regions and conditions were examined and the findings were evaluated within the framework of environmental sustainability. The findings show that rooftop greenhouses make significant contributions to environmental sustainability, they also present some challenges and contradictions. To sum up, rooftop greenhouses, together with renewable energy and technological advances, could be a strategic solution for food production in cities in the future. Yet, the right design and implementation approaches are critical for a sustainable implementation without harming the environment.

Investigating the potential of rooftop greenhouses, is important in line with the goal of creating sustainable cities that are resilient to the climate crisis. By showing that these greenhouses can be adapted to various building types, the study offers new perspectives for sustainable agriculture and building design in urban areas. It also contributes to the literature on this topic, which is at the crossroads of architecture, engineering and agriculture disciplines.

Key words: Building integrated agriculture, building systems, rooftop greenhouse, environmental sustainability, sustainable architecture, soilless agriculture

2025, xvii + 139 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında emeği geçen ve desteğini esirgemeyen birçok değerli kişiye teşekkürlerimi sunmak isterim.

Öncelikle, tez çalışmam boyunca akademik bilgi birikimi ve engin tecrübesiyle bana rehberlik eden, katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen, sonsuz sabrı ve anlayışıyla her zaman destek olan değerli danışmanım Prof. Dr. Nilüfer TAŞ'a en derin teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, kıymetli geri bildirimleri ve yönlendirmeleriyle çalışmanın gelişimine önemli katkılar sağlayan Prof. Dr. Murat TAŞ'a da içtenlikle teşekkür ederim.

Yüksek lisans yolculuğumda bana destek olan, zor zamanlarda moralimi yükselten tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Akademik çalışmalarım boyunca tecrübelerini benimle paylaşan, yol gösteren ve her ihtiyacım olduğunda yanımda olan canım abim Serdar Berat Aydın'a özel teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, hayatımın her döneminde olduğu gibi bu zorlu süreçte de maddi ve manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen, koşulsuz sevgileriyle bana her zaman güç veren ve bugünlere gelmemi sağlayan kıymetli aileme minnettarım. Babam Sedat Aydın'a, annem Filiz Aydın'a gösterdikleri sabır, anlayış ve destek için teşekkür ederim.

Bu tezi, bana olan inancını yitirmeyen ve bu dünyadaki en büyük destekçim olan canım babama ithaf ediyorum.

Şeyma Nur AYDIN
13/01/2025

İÇİNDEKİLER

Sayfa
ÖZET viii
ABSTRACT ix
TEŞEKKÜR x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ xvii
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 6
2.1. Çevresel Sürdürülebilirlik ve İlkeleri 6
2.2. Topraksız Tarım ve Kullanılan Teknikler 9
2.2.1. Hidroponik 11
2.2.2. Aeroponik 12
2.2.3. Akuaponik 13
2.3. Topraksız Tarımın Binalara Entegrasyonu 15
2.3.1. Bina Entegre Tarım 17
2.3.2. Bina Entegre Tarımda Kullanılan Sistemler 18
2.4. Topraksız Tarımın Binaya Entegre Edilme Yöntemleri 21
2.4.1. Bütüncül Tasarım Yöntemi 21
2.4.2. Dönüşüm Yöntemi 23
2.4.3. Mevcut Binaya Entegre Yöntemi 25
2.5. Topraksız Tarımın Binalarda Kullanıldığı Alanlar 25
2.5.1. Cephede Yer Alan Topraksız Tarım 26
2.5.2. İç Mekânda Yer Alan Topraksız Tarım 26
2.5.3. Yer Altında Yer Alan Topraksız Tarım 27
2.5.4. Çatıda Yer Alan Topraksız Tarım 28
3. MATERYAL ve YÖNTEM 30
3.1. Çatı Üstü Sera 30
3.2. Çatı Üstü Sera Örnekleri 32
3.2.1. Lufa Farms 33
3.2.2. Gotham Greens 40
3.2.3. Arbor House 48
3.2.4. Ecodome 50
3.2.5. ICTA – ICP Araştırma Merkezi 54
3.2.6. Uf 002 De Schilde 59
3.2.7. Ferme Abattoir 63
3.2.8. Altmarktgarten 66
3.2.9. Rewe Yeşil Çiftlik 69
3.2.10. Agrotopia 72
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 80
4.1. İncelenen Çatı Üstü Seralarına Ait Genel Özellikler 80
4.2. Çatı Üstü Seralarda Kullanılan Sistemler 89
4.2.1. Bitki yetiştirme sistemi 90
4.2.2. Yapısal sistem 93
4.2.3. İklimlendirme sistemi 107
4.2.4. Aydınlatma sistemi 112

4.2.5. Su yönetim sistemi 116
4.2.6. Yenilenebilir Enerji sistemi 119
4.2.7. Kontrol ve İzleme Sistemi 122
5. SONUÇ 124
KAYNAKLAR 132
ÖZGEÇMİŞ 139

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
°C	Santigrad Derece
CO_2	Karbondioksit
kW	Kilowatt
m	Metre
m²	Metrekare
W	Watt
%	Yüzde

Kısaltmalar	**Açıklama**
BIA	Building Integrated Agriculture
CHP	Combined Heat and Power
CMH	Ceramic Metal Halide
GG	Gotham Greens
HPS	High Pressure Sodium
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
i-RTG	Integrated Roof Top Greenhouse
LED	Light Emitting Diode
LDPE	Low-density Polyethylene
LF	Lufa Farms
NYC	New York City
MEP	Mechanical, Electrical, Plumbing
PV	Photo Voltaic
RTG	Roof Top Greenhouse

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri (Kim & Rigdon, 1998) 7
Şekil 2.2. Kibert' in sürdürülebilirlik için kavramsal modeli (Kibert, 1994) 9
Şekil 2.3. Hidroponik üretim tekniği A) Hidroponik sistem örneği B) Hidroponik sistem şeması C) Hidroponik sistem şeması (Şeker, 2021) 11
Şekil 2.4. Aeroponik üretim tekniği A) Aeroponik sistem şeması (Bingöl, 2015) B) Aeroponik sistem örneği (Şeker, 2021) 12
Şekil 2.5. Akuaponik üretim tekniği sistem şeması (Şeker, 2021) 14
Şekil 2.6. Topraksız tarım için gereken unsurları karşılamak üzere bina alt sistemleri 18
Şekil 2.7. Jian Mu Tower (Parkes, 2021) 22
Şekil 2.8. The Plant çiftliği A) Dış görünüm (Marks, 2014) B) İç görünüm (Çelebi, 2019) C) Kapalı döngü şeması (Venie, 2012) 24
Şekil 2.9. Topraksız tarımın binalarda kullanıldığı alanlar 25
Şekil 2.10. Vertical Harvest (Hudson, 2015) 26
Şekil 2.11. Microsoft kampüsü içerisindeki kafe (Riordan, 2015) 27
Şekil 2.12. İstinye Park alışveriş merkezindeki dikey tarım tesisi (Plant Factory, t.y.) 27
Şekil 2.13. Kâğıthane Belediyesi dikey tarım uygulama merkezi (Kağıthane Belediyesi, 2022) 28
Şekil 3.1. Çatı üstü serasının kavramlaştırılması. Çatı üstü serası ile bina arasındaki su, enerji ve gaz akışlarının değişimi (Cerón Palma, 2012) 32
Şekil 3.2. Lufa Farms A) Şematik çatı planları (Rathwell, 2020) B) Venlo tipli çatı üstü sera kesitleri (Proksch & Ianchenko, 2023) 36
Şekil 3.3. Lufa Farms Ahuntsic çatı üstü serası, enerji ve kaynak akışları (Proksch, 2017) 37
Şekil 3.4. Lufa Farms Ahuntsic çatı üstü serası enerji perdesi (FDA Construction Inc., 2021) 38
Şekil 3.5. Lufa Farms çatı üstü seraları içten görünüm A) Ahuntsic B) Laval C) Anjou D) Ville Saint-Laurent (FDA Construction Inc., 2021; Lufa Farms, t.y.) 39
Şekil 3.6. Gotham Greens A) Venlo tipi çatı üstü sera kesiti (Proksch & Ianchenko, 2023) B) Greenpoint çatı üstü serası konstrüksiyonu (Puri, 2011) C) Gowanus çatı üstü sera cephesi (Bl Companies, 2014) D) Queens çatı üstü serası genel görünüm (Gotham Greens, t.y.) 43
Şekil 3.7. William McDonough'un geleneksel bir fabrika ve Method fabrikasının taslağı (Whalebone, 2019) 44
Şekil 3.8. Gotham Greens A) Greenpoint çatı üstü serası güneş panelleri (Puri, 2011) B) Gowanus çatı üstü serası rüzgâr tribünü (Bl Companies, 2014) C) Pullman çatı üstü serası rüzgâr tribünü ve güneş panelleri (Pierotti, 2017) 45

Şekil 3.9. Gotham Greens çatı üstü seraları içten görünüm A) Greenpoint (Puri, 2011) B) Gowanus C) Queens D) Pullman (Gotham Greens, t.y.) 46
Şekil 3.10. Arbor House genel görünüm (Serlin, 2013) (Reuben, 2016) 49
Şekil 3.11. Arbor House içten görünüm (Serlin, 2013) 50
Şekil 3.12. Ecodome eko kubbeli sera cephesi yakından görünüm (Wsp, 2024) 51
Şekil 3.13. Ecodome A) Atriumdan ulaşım B) İçten görünüm (Moxham, 2015) 52
Şekil 3.14. Ecodome A) Jeotermal sistem (Moxham, 2015) B) İçten görünüm (Tarricone, 2015) 52
Şekil 3.15. Ecodome A) Doğal havalandırma şeması B) Yağmur suyu toplama şeması (IES, 2013) C) Dış kabuk görünüşü (Loyola University Chicago, t.y.) 53
Şekil 3.16. ICTA – ICP Araştırma Merkezi A) Bina ve sera kesiti (Muñoz-Liesa vd., 2021) B) Çatı üstü sera kat planı (Sanyé-Mengual, Oliver-Solà, vd., 2015) 55
Şekil 3.17. ICTA – ICP Araştırma Merkezi binası su, atık ısı ve CO_2 akış şeması (Fertilecity, t.y.) 56
Şekil 3.18. ICTA – ICP Araştırma Merkezi A) Biyoklimatik dış kabuk B) Çatı üstü serası kısmi görünüşü C) Atrium boşluğu (ArchDaily, 2015) 56
Şekil 3.19. ICTA – ICP Araştırma Merkezi ve çatı üstü serası arasındaki ısı alışverişi için üç ana akış yolu (Nadal vd., 2017) 58
Şekil 3.20. ICTA – ICP Araştırma Merkezi pasif havalandırma şeması (ArchDaily, 2015) 58
Şekil 3.21. ICTA – ICP Araştırma Merkezi çatı üstü serası içten görünüm (ArchDaily, 2015; Fertilecity, t.y.) 59
Şekil 3.22. Uf 002 De Schilde A) Genel görünüm B) Cepheden görünüm (Space&Matter, 2024) 60
Şekil 3.23. Uf 002 De Schilde çatı üstü sera şematik kesiti (Space&Matter, 2024) 61
Şekil 3.24. Uf 002 De Schilde içten görünüm (Heijden & Negrao, 2018; Space&Matter, 2024) 62
Şekil 3.25. Ferme Abattoir şematik bina kesiti ve havadan görünümü (Proksch vd., 2023) 64
Şekil 3.26. Ferme Abattoir A) İçten görünüm (BIGH, t.y.) B) Balık yetiştirme havuzları (Beckers, 2019) 65
Şekil 3.27. Altmarktgarten A) Galvenizli çelik ve cam konstrüksiyonu B) Kısmi cephe ve kesit çizimi C) Dikey bahçe görünümü (Pintos, 2020) 67
Şekil 3.28. Altmarktgarten A) İçten görünüm (Hortidaily, 2022; Pintos, 2020) B) Su ve besin kanalları C) Led aydınlatma (Fraunhofer UMSICHT, 2019) 68
Şekil 3.29. Rewe Yeşil Çiftlik A) Çatı serası inşası (Wiens, 2022) B) Atrium boşluğu (BIG SEE, 2022; Knippershelbig, t.y.) 70
Şekil 3.30. Rewe Yeşil Çiftlik A) Ahşap modüler sistem B) Kat plan şeması C) Cepheden kısmi görününüş D) Kesit şeması (Acme, t.y.; BIG SEE, 2022) 70

Şekil 3.31. Rewe Yeşil Çiftlik içten görünüm (BIG SEE, 2022; Knippershelbig, t.y.) 71
Şekil 3.32. Agrotopia A) Genel görünüm B) Taşıyıcı sistem modeli C) Çelik konstrüksiyon (Pintos, 2022) 73
Şekil 3.33. Agrotopia kat planı (Abrahams, 2022) 73
Şekil 3.34. Agrotopia mekânsal mimari, işlev ve iklim bölgelemesi model şeması (Demeulemeester, 2019)..... 74
Şekil 3.35. Agrotopia döngüsel diyagram (Pintos, 2022)..... 75
Şekil 3.36. Agrotopia yetiştirme bölümleri kısmi kesiti ve iklimlendirme teknikleri (Pintos, 2022)..... 76
Şekil 3.37. Agrotopia A) Yağmur suyu toplama siloları üzeri dikey tarım serası B) Ziyaretçi ve çalışanlar için tasarlanan yalıtılmış kutu mekânlar C) Teknik koridor D) Ziyaretçi koridoru E) İçten görünüm (Pintos, 2022) 77
Şekil 4.1. Çatı üstü seraları zaman çizelgesi..... 82
Şekil 4.2. Çatı üstü seralarının üretim amacı ve bina işlevlerine göre dağılımı..... 83
Şekil 4.3. Çatı üstü seralarının entegrasyon yöntemi ve bina ile sera arasındaki bağlantısına göre dağılımları 84
Şekil 4.4. Çatı üstü seraları bina ile sera bağlantısı ve bina işlevine göre dağılımı 85

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 2.1.	Topraksız tarımın geleneksel tarıma kıyasla avantajları (Bingöl, 2015; Ulukent, 2021)	10
Çizelge 3.1.	Çatı üstü seraların potansiyel faydaları (Cerón-Palma vd., 2012; Sanyé-mengual vd., 2013; Specht vd., 2015)	31
Çizelge 3.3.	Laval çatı üstü serası künye bilgileri	34
Çizelge 3.4.	Anjou çatı üstü serası künye bilgileri	35
Çizelge 3.5.	Ville Saint-Laurent çatı üstü serası künye bilgileri	35
Çizelge 3.6.	Greenpoint çatı üstü serası künye bilgileri	41
Çizelge 3.7.	Gowanus çatı üstü serası künye bilgileri	41
Çizelge 3.8.	Queens çatı üstü serası künye bilgileri	42
Çizelge 3.9.	Pullman çatı üstü serası künye bilgileri	42
Çizelge 3.10.	Arbor House çatı üstü serası künye bilgileri	49
Çizelge 3.11.	Ecodome çatı üstü serası künye bilgileri	51
Çizelge 3.12.	ICTA – ICP Araştırma Merkezi çatı üstü serası künye bilgileri	54
Çizelge 3.13.	Uf 002 De Schilde çatı üstü serası künye bilgileri	60
Çizelge 3.14.	Ferme Abattoir çatı üstü serası künye bilgileri	63
Çizelge 3.15.	Altmarktgarten çatı serası künye bilgileri	66
Çizelge 3.16.	Rewe Yeşil Çiftlik çatı üstü serası künye bilgileri	69
Çizelge 3.17.	Agrotopia çatı üstü serası künye bilgileri	72
Çizelge 4.1.	İncelenen çatı üstü seralarına ait genel özellikler	81
Çizelge 4.2.	İncelenen çatı üstü seralarına ait bitki yetiştirme sistemi çizelgesi	90
Çizelge 4.3.	İncelenen çatı üstü seralarına ait yapısal sistem çizelgesi	94
Çizelge 4.4.	İncelenen çatı üstü seralarının iklimlendirme sistemine ait pasif stratejiler	108
Çizelge 4.5.	İncelenen çatı üstü seralarının iklimlendirme sistemine ait aktif stratejiler	110
Çizelge 4.6.	İncelenen çatı üstü seralarına ait aydınlatma sistemi çizelgesi	113
Çizelge 4.7.	İncelenen çatı üstü seralarına ait su yönetim sistemi çizelgesi	117
Çizelge 4.8.	İncelenen çatı üstü seralarına ait yenilenebilir enerji sistemi çizelgesi	120

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla artan dünya nüfusu, kentleşme hızı, kentleşme hızının yüksek olduğu kentsel alanlarda ekilebilir tarım arazilerinin azalması, iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi gibi küresel sorunlarla birlikte sürdürülebilir ve verimli yaşam alanları yaratmak, gıda üretimini sürdürülebilir hale getirmek giderek daha da önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda, çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yenilikçi çözümler geliştirmek hem mimarlık hem de tarım sektörleri için kaçınılmaz bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Birleşmiş Milletler' in raporlarına göre, 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 9,7 milyara ulaşması beklenmektedir. Bu nüfus artışı; kentleşmenin artması, tarım alanlarının azalması ve iklim değişikliği gibi faktörlerle birleştiğinde, gıda krizi sorunu gündeme gelmekte, geleneksel tarım yöntemlerinin sürdürülebilirliği sorgulanmaktadır. Bu nedenle, geleceğin gıda talebini karşılamak için yenilikçi ve sürdürülebilir tarım yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Topraksız tarım, geleneksel tarımın gerektirdiği geniş alanlara ihtiyaç duymadan, daha az su kullanarak ve çevresel etkiyi minimize ederek bitki yetiştirilmesine olanak tanımaktadır (Bingöl, 2015). Bu bağlamda, topraksız tarım teknikleri hem kaynakların verimli kullanımı hem de şehir içi tarım uygulamaları açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır.

Kentleşme, tarım arazilerinin azalmasına neden olurken, kentlerin tarımsal üretime olan ihtiyacı ve bu alanda sürdürülebilirlik arayışları da artmaktadır. Kentlerdeki yapılaşma arttıkça, geçirimsiz yüzeylerin çoğalması ve boş arazi kullanımının zorlaşması, geleneksel tarım biçimlerini zorlaştırmaktadır. Sürdürülebilir gıda üretimi ve kentsel yaşam kalitesinin iyileştirilmesi için yenilikçi çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Tarımsal alan sıkıntısı çekmekte olan kentler için; topraksız tarım yöntemini kullanarak, az kaynak kullanımı ve çevresel etkisi düşük bir şekilde sağlıklı besinler üretmeyi hedefleyen binalar, alan sorununu azaltan bir alternatif teşkil etmektedir (Despommier, 2012).

Topraksız tarımın binalara entegrasyonu, bina ve tarım sistemleri arasındaki enerji geçişiyle kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanarak kentin yeşillendirilmesine ve kentsel iklimin iyileştirilmesine katkıda bulunabilmektedir. Gelecekte topraksız tarımın yapılı çevreye entegre edilmesinin; fosil yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltma, kentsel ekolojiyi iyileştirme, gıda güvenliğini artırma, şehir sakinlerinin yaşamlarını zenginleştirme ve bina enerjisini koruma potansiyeline sahip olduğu öne sürülmektedir (Gould & Caplow, 2012). Nüfus ve inşaat artışı, tarım arazilerinin kaybı, iklim değişikliği nedeniyle gıda kıtlığının yaşanabileceği belirsiz bir gelecekte topraksız tarımın yapılı çevreye entegrasyonu, sürdürülebilir gıda üretimi ve kentsel yaşam kalitesinin artırılması açısından kilit bir rol oynayabilir. Bu bağlamda, topraksız tarımın binalara entegrasyonu, mimari ve tarım disiplinlerini birleştirerek, şehirlerde sürdürülebilir gıda üretimi ve yaşam alanları oluşturma potansiyeline sahiptir (Specht vd., 2014).

Topraksız tarımın binalara entegrasyonu, mimari unsurlar aracılığı ile insan-çevre etkileşimini iyileştirerek tarımın devamlılığını sağlamaktadır. Topraksız tarım etkinliklerinin bina ölçeğinde yaygınlaşması ise yeni mimari talepleri beraberinde getirecektir. Yeni bir oluşum olarak potansiyeli olan topraksız tarımın binalara entegrasyonu bilimsel tartışmalara açık olmakla birlikte hala geliştirilmekte ve araştırılmaktadır. Bu konu, mimarlık, tarım, mühendislik ve çevre bilimleri gibi birçok disiplini içeren disiplinler arası bir alandır. Ancak, mimarlık disiplininde bu konuyla ilgili araştırmaların henüz yeterli düzeyde olmadığı ve sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Özellikle, binaların tasarım ve yapım süreçlerine topraksız tarım sistemlerinin entegrasyonu konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Şehirlerdeki binalar göz önünde bulundurulduğunda, çatılar henüz kullanılmayan geniş potansiyel alanları temsil etmektedir. Çatılar; tam güneş ışığına maruz kalma, daha fazla yetiştirme alanı sağlama, yağmur suyunun etkin yönetimi ve kullanılmayan alanda kurulum kolaylığı gibi avantajlara sahip olduğundan topraksız tarım uygulamaları için binaların diğer alanlarına kıyasla daha fazla tercih edilmektedir. Bu bağlamda, çatı üstü sera, kentsel alanlarda gıda üretmeyi amaçlayan bir uygulama olarak öne çıkmaktadır (Sanyé-Mengual, Cerón-Palma, vd., 2015).

Çatı üstü sera, kentsel alanlarda gıda üretmeyi amaçlayan, genellikle bina üzerindeki yapısal yükü azaltmak için topraksız tarım sistemleri kullanan, bir binanın çatısına kurulmuş sera sistemidir. Geleneksel tarım yöntemlerinden farklı olarak, binaların sunduğu kaynakları ve altyapıyı kullanarak, yıl boyunca taze ve yerel gıda üretimini mümkün kılmaktadır (Cerón Palma, 2012). Ayrıca, üzerinde bulunduğu binaların enerji performansını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Çatı üstü seraları, özellikle kentsel alanlarda artan nüfus ve azalan tarım arazileri göz önüne alındığında, sürdürülebilir kentsel tarımı teşvik etmek, gıda güvenliğini artırmak, kaynak kullanımını optimize etmek, çevresel etkileri azaltmak ve toplulukları güçlendirmek için büyük bir potansiyele sahiptir. Çatı üstü seralar, sadece çevresel faydalar sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda yerel toplulukları bir araya getirerek sosyal etkileşimi artırmak ve ekonomik fırsatlar yaratmak gibi sosyal ve ekonomik boyutlara da sahiptir (Cerón-Palma vd., 2012).

Çatı üstü seraların, günümüzde sayıları sınırlı da olsa, dünya genelinde giderek daha fazla ülke, bu yenilikçi çözümü benimseyerek daha sürdürülebilir şehirler inşa etmek için çalışmaktadır. Kuzey Amerika'da New York, Chicago, Montreal gibi büyük şehirlerde ticari çatı üstü sera işletmeleri bulunmakta ve sayıları gün geçtikçe artmaktadır. Bu çiftliklerden elde edilen ürünler süpermarketlerde veya kendi özel mağazalarında satılmakta veya topluluk destekli tarım modeli aracılığıyla dağıtılmaktadır. Avrupa'daki ülkelerde de çatı üstü seralar yaygınlaşmaya başlamıştır fakat bir çoğu şu anda araştırma amacıyla işletilmektedir ve bu nedenle deneysel projeler olarak kalmaktadır (Sanyé-Mengual, Oliver-Solà, vd., 2015).

Çatı üstü seraların, topraksız tarımın binalara entegrasyon sürecinde önemli bir rol oynadığı göz önüne alındığında, dünya genelinde birçok ülkede bu konsept uygulanmaktadır. Türkiye'de ise yapılan literatür araştırmalarında, topraksız tarım uygulamalarının yapıldığı çatı üstü sera örneğine rastlanılmamıştır. Türkiye'de çatı üstü seralar konusunda akademik çalışmaların yetersiz olduğu ve bu alanda bilgi eksikliği bulunduğu görülmektedir. Bu tür binaların tasarımıyla ilgili olarak mimarlar ve mühendislerin mevcut araştırma ve bilgiye erişimi sınırlıdır. Bu binaların gereklilikleri ve çevresel faktörlere dair veriler de kısıtlıdır.

- **Çalışmanın Amacı:**

Topraksız tarımın binalara entegrasyonu, çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunan bir yaklaşım olarak görülmektedir. Bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik kapsamında, topraksız tarımın binalara entegrasyonunu, çatı üstü sera örnekleri üzerinden incelemektedir. Çalışmanın odak noktası olarak, henüz Türkiye'de bir örneğinin bulunmaması sebebiyle topraksız tarım uygulamalarının yapıldığı çatı üstü seralar seçilmiştir. Çalışmanın amacı çatı üstü seralarının;

- ✓ Çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini ve potansiyelini, kaynak verimliliğini araştırmak,
- ✓ Çevresel sürdürülebilirlik kapsamında nasıl bir etki yaratabileceğini değerlendirmek,
- ✓ Mimari, tarım ve yapı teknolojisi arasındaki ilişki ortaya konularak, tasarımında ve uygulamasında dikkat edilmesi gereken hususları belirlemek,
- ✓ Türkiye'de henüz yaygın olmayan çatı üstü seraların çevresel sürdürülebilirlik potansiyelini değerlendirmek ve gelecekteki projeler için bir çerçeve oluşturmak,
- ✓ Mimarlık, mühendislik ve tarım alanlarının kesişiminde yer alan bu konuda literatüre katkıda bulunmak,
- ✓ Gelecekteki araştırma ve uygulamalara zemin hazırlamaktır.

- **Çalışmanın Kapsamı:**

Bu çalışma, nitel bir literatür analizi yaklaşımını benimseyerek, akademik çalışmalardan ve internet kaynaklarından elde edilen verileri kullanmaktadır. Çalışmanın materyali, çevresel sürdürülebilirlik ve topraksız tarım uygulamalarının öncelikli olduğu alanlarda inşa edilmiş çatı üstü seralarına ait verilerden oluşmaktadır. İncelenen örnekler, farklı coğrafi bölgeleri, iklim koşullarını ve bina tiplerini kapsayacak şekilde belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında öncelikle, çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri, topraksız tarım ve topraksız tarımda kullanılan teknikler tanımlanmıştır. Ardından, topraksız tarımın

binalara entegrasyonundaki yaklaşımlar incelenerek, entegrasyon yöntemleri sınıflandırılmıştır. Topraksız tarımın binalara nasıl ve ne şekilde entegre edilebileceğini tanımlayarak, tezin sonraki bölümlerinde ele alınacak olan teorik çerçeve için gerekli altyapı sağlanmıştır. Çatı üstü sera kavramı tanımlanarak, çalışmanın odak noktası olan çatı üstü seralar incelenmiştir. Seçilen çatı üstü seraların genel özellikleri, mimarisi, tasarım süreci, bina sistemleri, bina ve tarım sistemleri etkileşimi, kullanılan teknik ve teknolojiler, tasarım, yapım ve kullanım süreçlerinde yaşanan zorluklar detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

İncelenen örnekler üzerinden elde edilen bulgular, çatı üstü seralarının genel özellikleri ve bina entegre tarımda kullanılan sistem başlıkları altında ortaya konularak, çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik kapsamında binalara entegre edilme uygulamalarındaki rolü tartışılmıştır. Ayrıca, tasarım, uygulama ve kullanım sürecinde yaşanan zorluklar, karşılaşılan engeller ve bu engellerin nasıl aşılabileceği ele alınarak, çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygun bir şekilde planlanması ve değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Bu çalışma, çatı üstü seralarının binalara entegrasyonunda kapsamlı bir kuramsal çerçeve sunarak, çevresel sürdürülebilirlik ve topraksız tarım uygulamalarının binalarda uygulanabilirliği konusunda bilgiler sağlamaktadır.

- **Çalışmanın Sınırlılıkları:**

Çalışmanın kapsamı topraksız tarım uygulamalarının yer aldığı çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik çerçevesinde incelenmesiyle sınırlandırılmıştır. Çatı üstü seralarının sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğe katkıları da önemli konular olmakla birlikte, bu tezde kapsam dışı bırakılmıştır. Bu karar, çalışmanın odağını daraltarak daha derinlemesine bir analiz yapılmasını sağlamak amacıyla alınmıştır. Bununla birlikte, gelecekteki araştırmalar için çatı üstü seralarının sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğe katkıları da dikkate alınması gereken önemli bir alan olarak önerilmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik kapsamında topraksız tarımın binalara entegrasyonunu, çatı üstü seraları üzerinden ele almaktadır. Bu bölümde; çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri, topraksız tarımın temel prensipleri, kullanılan teknikleri ve topraksız tarımın binalara entegrasyonunun kavramsal çerçevesi oluşturulacaktır. Literatür araştırmasında; Google Akademik, YÖK Akademik, ScienceDirect, ResearchGate, Dergipark, Uludağ Üniversitesi Merkez Kütüphanesi, Academia, YÖKTEZ gibi veri tabanları taranmış ve konu ile ilgili doktora tezleri, yüksek lisans tezleri, kitap bölümleri, dergi makaleleri ve sempozyum/konferans bildirileri gibi akademik çalışmalar incelenmiştir.

2.1. Çevresel Sürdürülebilirlik ve İlkeleri

"Sürdürülebilir mimarlık, içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümü" olarak ifade edilebilmektedir (Sev, 2009). Sürdürülebilir mimarlık, çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik prensiplerine dayalı olarak tasarlanmış, inşa edilmiş ve işletilen binaların tasarım yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, çevreye olumsuz etkileri en aza indirgemeyi, insan sağlığı ve konforunu artırmayı, ekonomik sürdürülebilirliği sağlamayı ve sosyal refahı artırmayı hedeflemektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik, insanların yaşam kalitesini ve refahını artırırken doğal kaynakları ve çevreyi koruyarak gelecek nesillerin de ihtiyaçlarını karşılayabileceği bir düzenin sürdürülmesidir. Bu kapsamda, doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde kullanımı, atık ve kirliliğin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi bir dizi ilke ve yöntem uygulanarak çevrenin korunması hedeflenmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik, sadece doğanın korunmasını değil aynı zamanda insan sağlığı, ekonomik kalkınma ve toplumsal adalet gibi alanları da içeren bütüncül bir yaklaşımdır.

Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların korunması, çevre kirliliğinin azaltılması ve iklim değişikliği ile mücadele edilmesi için bir dizi ilkeye dayanmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri, çevrenin korunması ve gelecek nesiller için sürdürülebilir bir dünya oluşturulması amacıyla geliştirilen ilkelerdir. Jong Jin Kim (1998), mimaride sürdürülebilirliğin sağlanması ve kirliliğin önlenmesi için kaynakların ekonomik kullanımı, yaşam döngüsü tasarımı ve insancıl tasarım olmak üzere üç temel ilkeden bahsetmekte olup her bir ilkenin kendine özgü strateji ve yöntemlerini ortaya koymaktadır (Şekil 2.1). Her biri farklı stratejileri kapsayan bu ilkeler, mimarlığın çevre ile etkileşimine odaklanmaktadır. Bu stratejilere bağlı yöntemler, mimarların tasarladıkları binaların çevresel etkilerini azaltmak için uygulayabilecekleri belirli metotları içermektedir.



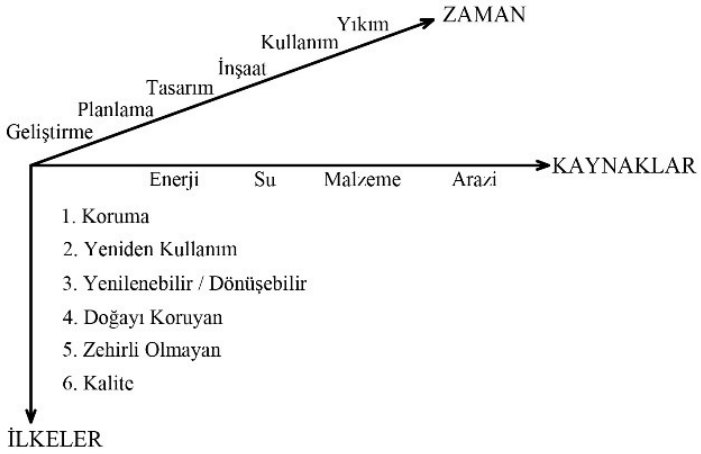
Şekil 2.1. Çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri (Kim & Rigdon, 1998)

Kaynak ekonomisi; kaynak kullanımının azaltılması, yeniden kullanımı ve geri dönüştürülmesi ile ilgili ilke ve stratejileri içermektedir. Bu ilkeler, yapılar için kullanılan kaynakların yönetiminde çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir yaklaşım benimsemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen stratejiler ise enerji, malzeme ve suyun etkin kullanımına yöneliktir. Bu stratejiler sayesinde, yapıların tüm yaşam döngüsü sürecinde doğal kaynakların etkin kullanımı ve geri dönüşümü sağlanmaktadır (Kim & Rigdon, 1998).

Yaşam döngüsü tasarımı, binaların inşaat süreçlerini ve çevreye olan etkilerini analiz etmek için kullanılan bir metodolojidir. Bir yapının inşa öncesi aşamasından yıkım veya geri dönüşüme kadar her aşamasında çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir olmasını sağlamak için geliştirilen stratejileri kapsamaktadır (Kim & Rigdon, 1998). Bu ilke, kaynakların ilk kullanımından sonra atık haline gelmek yerine, başka bir amaç için yeniden dönüştürülebileceği esasına dayanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen stratejiler; atık miktarını azaltılmasına ve kaynakların daha uzun süre ekonomik döngü içinde kalmasına katkıda bulunmaktadır (Sev, 2009).

İnsancıl tasarım ilkesi, insan ve doğal çevre arasındaki etkileşimi güçlendirmeyi amaçlamaktadır. İnsana odaklı tasarımın uygulanabilmesi için doğal koşulların korunması, kentsel tasarım ve arazi planlaması, insan konforu ve sağlığı için tasarım olmak üzere üç ana strateji geliştirilmiştir. Bu stratejiler ile insanlar, bitkiler ve yabani hayat dâhil olmak üzere diğer canlı türlerinin yaşam kalitesinin iyileştirmesi hedeflenmektedir. Tüm bu stratejiler, sürdürülebilirliğin sosyal boyutu ile doğrudan bağlantılıdır (Kim & Rigdon, 1998).

Kibert (1994) sürdürülebilir mimarlık ilkelerini koruma, yeniden kullanım, yenilenebilir/dönüşebilir, doğayı koruma ve kalite olmak üzere altı başlık altında toplamıştır. Koruma ilkesi kaynak kullanımının en aza indirgenmesini, yeniden kullanım ilkesi kaynakların yeniden kullanımının maksimize edilmesini, yenilebilir/ dönüşebilir ilkesi yenilenebilir ve ya dönüşebilir kaynakların kullanılmasını, doğayı koruyun ilkesi doğal çevrenin korunmasını, zehirli olmayan ilkesi zehirli olmayan sağlıklı bir çevre yaratmayı, kalite ilkesi ise oluşturulan çevrenin inşasında kaliteyi sürdürmeyi amaçlamaktadır. Bu ilkeleri kaynaklar ve zaman boyutuyla birleştirerek kavramsal bir model oluşturmuştur. Şekil 2.2'de gösterilen model; yapılı çevre oluşumundaki aşamaları, kullanılan kaynakları ve kaynak kullanımında izlenmesi gereken ilkeleri göstermektedir. Bu modelin temel amacı; inşaat sektörü için, sürdürülebilir inşaatın problemlerini ve ilkelerini tanımlamak, kaynak tüketiminin en aza indirgemek ve çevresel zararların önlenerek sağlıklı bir yapısal çevre elde etmektir (Kibert, 1994).



Şekil 2.2. Kibert' in sürdürülebilirlik için kavramsal modeli (Kibert, 1994)

2.2. Topraksız Tarım ve Kullanılan Teknikler

Ulukent (2021) topraksız tarımı; ''Geleneksel tarımdaki gibi geniş tarlalara, toprağa ve iklimsel döngülere ihtiyaç duymadan ürün yetiştirmeye olanak sağlayan teknolojik bir tarım yöntemi'' olarak tanımlamaktadır.

Dünya genelinde artan nüfus, değişen iklim koşulları, ekilebilir arazilerin azalması, su kaynaklarının tükenmesi, tarım kimyasalları kullanımı, ekonomik sıkıntılar ve kırsaldan kente göç gibi faktörler, giderek artan bir gıda kıtlığı ve güvenliği sorunu oluşturmaktadır (Ulukent, 2021). Kentleşme ile meydana gelen arazi kayıplarını gidermek, ürünlerin verimliliğini artırmak, ürün nakil sorunlarını gidermek, iklim değişikliğinden kaynaklanan riskleri önlemek, zirai kalıntılardan kaynaklanan toprak kirliliğinin önüne geçmek ve sınırlı olan su kaynaklarının tüketiminin optimize etmek topraksız tarımın ortaya çıkmasındaki temel ilkelerdir (Bingöl, 2015).

Topraksız tarım, çevre dostu bir üretim yaklaşımı sunmaktadır. Bu sistemde, bitkilerin yetiştirilmesi için gerekli olan su ve besinlerin kontrollü olarak sağlanması, sızıntı ve israfı minimize etmektedir. Dolayısıyla, bu yöntem hem su kaybını azaltmakta hem de kimyasal ve pestisit kullanımını düşürerek çevresel etkileri en aza indirmektedir. Topraksız tarımın geleneksel tarım yöntemine kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır (Çizelge 2.1).

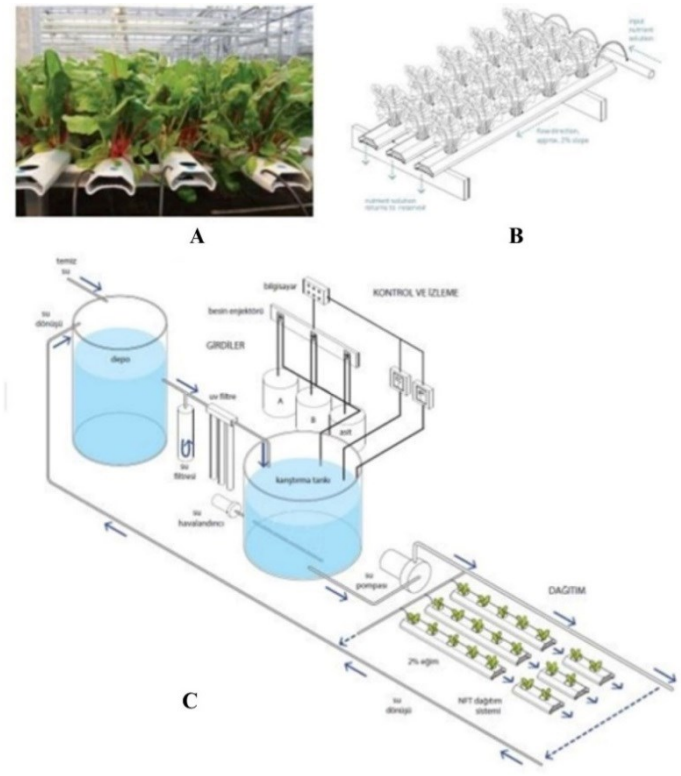
Çizelge 2.1. Topraksız tarımın geleneksel tarıma kıyasla avantajları (Bingöl, 2015; Ulukent, 2021)

Su Ekonomisi	-Normal tarıma oranla %70-95 su tasarrufu sağlaması ve temiz su kaynaklarının korunması -Gübre fazlalığıyla gelişen ötrifikasyonun neden olduğu yosun, bakteri artışının oksijensizliğin önlenmesi ile ölü su alanlarının oluşmasına engel olunması
İklim Kontrolü	-Sel, kuraklık, don, dolu, toprak kayması gibi olumsuz iklimsel değişikliklerden ürünlerin korunması ve iklimden bağımsız sürekli üretimin sağlanması -Beraberinde erkencilik, verim ve kalite artışı getirmesi
Toprak Ekonomisi	-Toprağa bağımlı olmadan her yerde tarımsal üretim olanağı sağlaması -Birim alandan daha fazla verim alınması -Kentlerin farklı yapısal alanlarında tarıma olanak sağlaması
Pazara Yakınlık	-Yerel üretim olanağı sağlaması ve mevsimsel pazar fırsatları sunması -Yerinde üretimle taze ve güvenilir gıdaya ulaşımın sağlanması -Yerinde üretim ile işçilik ve nakliye giderlerinin azalması
Hastalık Zararlı ve Yabancı Ot Kontrolü	-Geleneksel tarımdaki gibi böcek ilacı kullanılmaması
Optimize Edilmiş Üretim	-Sistemde kullanılan teknikler ekilen ürünlerden %90 oranında hasat almayı ve mahsul kayıplarının önüne geçilmesini sağlaması -Beraberinde su ve kara hayvancılığı yapılabilmesi -Daha fazla bitki çeşitliliğinin sağlanabilmesi
Çevre Dostu	-Biyo-çeşitlilik ve çevre üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmaması -Organik atıkların az ve geri dönüşümünün mümkün olması

Topraksız tarımda; hidroponik, aeroponik ve akuaponik olmak üzere temelde 3 üretim tekniği bulunmaktadır.

2.2.1. Hidroponik

Topraksız tarım uygulamalarında kullanılan en eski yöntemlerden biri hidroponik üretim tekniğidir. Bu teknik, topraksız tarımda en fazla tercih edilen yöntemdir. Hidroponik sistemler, bitkilerin köklerinin besin çözeltisinde yetiştirilmesi esasına dayanmaktadır. Bitkinin büyümesi için gerekli olan besin maddelerinden oluşan besin çözeltisi su ile doğrudan bitkinin köklerine verilmektedir (Şekil 2.3). Bitkilerin sağlıklı büyümesi için gerekli olan minerallerle zenginleştirilmiş su, kesintisiz bir döngüyle bitki köklerine ulaştırılmaktadır. Bu sayede geleneksel tarım yöntemlerine göre önemli ölçüde yer ve su tasarrufu sağlanmaktır. Ayrıca, besin çözeltisinin doğrudan köklere verilmesi, bitki büyümesini hızlandırmakta ve bir yılda normal bitki döngüsünün dışında ek mahsul elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Bu faktörlerin birleşimi, hidroponik sistemlerin geleneksel toprak tabanlı tarıma göre on kat daha fazla verim sağlayabileceğini göstermektedir (Şeker, 2021).



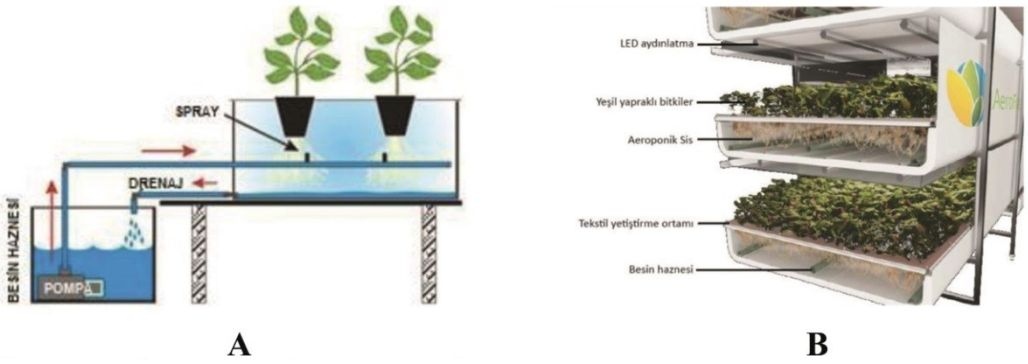
Şekil 2.3. Hidroponik üretim tekniği A) Hidroponik sistem örneği B) Hidroponik sistem şeması C) Hidroponik sistem şeması (Şeker, 2021)

Hidroponik sistemler yetiştirme ortamına göre genellikle sıvı ve agregat olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Sıvı sistemlerde bitki kökleri, herhangi bir katı destekleyici malzeme olmaksızın besin çözeltisi içinde yetiştirilmektedir. Agregat sistemlerde ise bitki kökleri, bir katı ortam desteği içinde tutulmaktadır (Bingöl, 2015).

Hidroponik sistemler, kolay ve uygun maliyetli bir sistem olarak kabul edilmektedir. Yapılara entegrasyonda yüksek miktarda sermayeye ihtiyaç duymaz ve işletme maliyeti de diğer tekniklere göre daha düşüktür. Bu nedenle, en uygun ve pratik seçenek olarak öne çıkmaktadır (Sengodan, 2022). Ayrıca, bitki beslenmesi ve büyümesinin daha iyi kontrol edilebilir olması diğer sistemlere göre bu tekniği cazip kılmaktadır.

2.2.2. Aeroponik

Aeroponik, hidroponik üretim tekniğinin daha gelişmiş bir versiyonu olarak kabul edilmektedir. Aeroponik sistemler temelde çıplak kök sistemine, besin çözeltisinin sis halinde verilmesi esasına dayanan kapalı bir hava, su, besin ortamı ile bitki yetiştirilen tarım biçimi olarak tanımlanmaktadır. Yetiştirilecek bitki türüne göre hazırlanmış olan besin çözeltisi su havzasından zamanlayıcıya bağlı pompa kanalıyla bitki gereksinimlerini karşılamak için kök sistemine püskürtülmektedir (Şekil 2.4) (Bingöl, 2015).



Şekil 2.4. Aeroponik üretim tekniği A) Aeroponik sistem şeması (Bingöl, 2015) B) Aeroponik sistem örneği (Şeker, 2021)

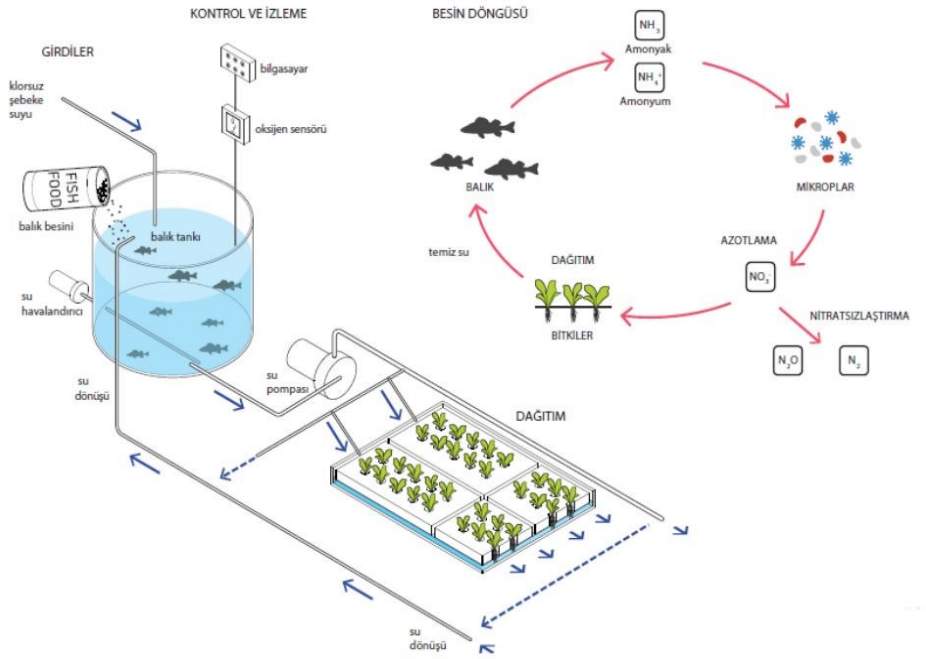
Hidroponik sistem yetiştirme ortamı olarak suyu kullanılırken, aeroponik sistemlerde yetiştirme ortamı bulunmamakta ve bitkinin kökleri havada asılı olarak durmaktadır. Hidroponik sistemlere göre daha az su kullanmaktadır. Düşük kalitedeki sularda bu sistemde kullanılabildiği için su kalitesinin düşük, miktarının az olduğu yerlerde bu sistem tercih edilmektedir. Bitki yetiştirmenin en verimli ve etkili yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bitki kökleri ışık sevmediği için köklerin asılı olduğu hazne kapalı ve ışık geçirmez olmalıdır. Bu sistemlerde gün ışığı kullanılmamakta, bitki büyümesi enerji tasarrufu sağlayan LED aydınlatmalarla sağlanmaktadır. Bu sayede bodrum katı veya depo gibi kapalı alanlarda aeroponik sistem ile kolayca bitki yetiştirile bilinmektedir (Bingöl, 2015). Bitki kutularının düzeni, bitkilerin hem üst hem de alt kısımlarının serbest bir şekilde havada asılı olduğu bir yapıya sahiptir. Bu düzen (Şekil 2.4), bitkilerin köklerinin serbestçe aşağıya doğru uzanmasına ve bitkilerin üst kısımlarının yukarı doğru büyümesine olanak tanımaktadır. Bu sistem kapalı olduğundan, besin çözeltisi tamamen geri dönüştürülerek önemli miktarda su tasarrufu sağlanır, bu da özellikle su sıkıntısı yaşanan bölgeler için oldukça uygundur. Aeroponik yöntemin ek bir avantajı, gübre veya böcek ilacı kullanmadan üretim yapma olanağı sunmasıdır (Şeker, 2021).

Aeroponik, yüksek maliyeti ve karmaşıklığı nedeniyle genellikle tercih edilmeyen bir üretim tekniğidir. Ancak, bu teknoloji sayesinde bitki kökleri diğer tekniklere kıyasla daha fazla oksijen alır, bu da daha yüksek ve sağlıklı bir verim sağlamaktadır. Aeroponik sistemler, oldukça cazip olsa da, sisi püskürten küçük kanalların besin tortuları ile tıkanması ve sık bakım gerektirmesi dezavantajları arasındadır (Sengodan, 2022).

2.2.3. Akuaponik

Akuaponik üretim tekniği balıkların yaşadığı bir su ortamının, bitkilerle birlikte çalışarak simbiyotik bir yaşam alanı oluşturduğu sistemlerdir (Şekil 2.5). Bu sistemlerde balıklar, bitkiler ve mikrobiyal organizmalar bir ekosistem oluşturmaktadır (Şeker, 2021). Kısaca akuaponik sistem, balık yetiştirme ve bitki üretimini birleştiren bir tarım yöntemidir. Bu sistem, balıkların atıklarının bitkiler için biyolojik gübre kaynağı

olmasını ve bitkilerin de balık havuzları için doğal bir filtrasyon görevi görmesini temel almaktadır. Balıkların yaşadığı su, bitki köklerinin büyümesi için gerekli besin maddelerini içermektedir. Balık atıkları, suyun mineral içeriğini artırmaktadır, ancak bu su bakteri ve virüslerden arındırıldıktan sonra hidroponik sisteme yönlendirilmektedir. Hidroponik sistemdeki bitki kökleri, suyun içindeki zararlı elementleri alırken kendileri için gerekli besin maddelerini elde etmektedirler. Bu sayede bitkiler, suyun filtrelenmesine yardımcı olarak balıkların temiz suya ihtiyacını karşılamaktadır. Bu simbiyotik ilişkinin sürekli devam edebilmesi için suyun dolaşımını sağlayan bir sistem ve bir pompalama mekanizması gereklidir (Çelebi, 2019).



Şekil 2.5. Akuaponik üretim tekniği sistem şeması (Şeker, 2021)

Akuaponik sistemin en önemli avantajlarından biri, balık yetiştiriciliğinde balıkların metabolik aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan atık ürünlerin doğal ortama doğrudan karışmasını engellemek veya azaltmak amacıyla kullanılmasıdır. Bir diğer avantajı, bu sistemde yetiştirilebilecek gıda ürünlerinin çeşitliliğinin fazla olmasıdır ve bitki köklerinin besin ihtiyacını karşılamak için özel bir besin çözeltisine ihtiyaç duyulmamasıdır. Akuaponik sistem, iki ayrı tarımsal ürünün birbirine bağımlı olduğu bir yapıya sahip olduğundan, diğer üretim sistemlerine göre daha karmaşık bir teknoloji

gerektirmektedir. Bununla birlikte, bu sistemin kurulum maliyeti, diğer sistemlere kıyasla genellikle daha yüksek olduğundan, daha az tercih edilmesine neden olmaktadır. Diğer bir dezavantajı ise sürekli kontrol ve gözlem gerektirmesidir (Bingöl, 2015). Balıkların sağlıklı bir şekilde yaşayabilmesi için su sıcaklığı ve oksijen seviyeleri sürekli olarak gözlemlenmektedir. Aynı şekilde, başarılı bitki yetiştiriciliği için suyun besin karışımı da düzenli olarak izlenmekte ve eksik olan besin maddeleri eklenmektedir. Sağlıklı bitki ve balık yetiştirilmesi için bu üç kritik faktör, sürekli gözlemlenerek denge içinde tutulmaktadır. Sistemin bu dengeyi koruması için, tankın uygun büyüklüğü, seçilen balık türleri, büyüme alanının balık sayısı ile orantılı olması, yetiştirilen bitki türleri ve bitki sayısı gibi faktörlerin dikkatle düşünülmesi gerekmektedir (Şeker, 2021).

2.3. Topraksız Tarımın Binalara Entegrasyonu

Binalarda topraksız tarım uygulamaları akademik kaynaklarda araştırıldığında ‘’Dikey Çiftlik (The Vertical Farm)’’, ‘’Bina Entegre Tarım (BIA)’’, ‘’Sıfır Dönümlü Tarım (ZFarming)’’ kavramları ile karşılaşılmaktadır.

2030 yılına kadar hızlı nüfus artışı ve kentleşmeyle birlikte şehir merkezlerinde gıda güvenliği sorununun en büyük zorluklardan biri haline gelmesi öngörüsünde bulunan Columbia Üniversitesi Kamu Sağlığı Bilimleri profesörü Dickinson Despommier, şehirlerde dikey tarım uygulamalarının alternatif çözümler olabileceğine inanarak **"Dikey Çiftlik (The Vertical Farm)"** terimini ortaya koymuştur. Dikey çiftliği yüksek katlı yapılarda bitki veya hayvan yetiştirilmesi olarak tanımlamaktadır. Dikey çiftlik uygulamalarının kent merkezlerinde birçok potansiyel fayda sağlayabileceğini belirtmektedir. Bu faydalar arasında; öngörülen gelecekte tüm insanların yeterli miktarda gıdaya sürdürülebilir bir şekilde erişebilmesi, büyük arazi parçalarının korunması ve ekosistemlerin restore edilerek doğal peyzajın bir parçası haline gelmesi ile insan ve tarımsal atıkların organik kısmının metan üretimi yoluyla enerji elde etmek için kullanılmasıdır. Haşeratların kontrol altına alınması, içme suyunun korunması için yeni stratejilerin geliştirilmesi, terk edilmiş kentsel alanların kullanımı, kirlenmiş ortamlarla ilişkili hastalık ajanlarının yayılma döngüsünün kırılması ise diğer faydaları

arasındadır. Yıl boyunca verimli gıda üretimi, pestisit ve herbisit kullanımının azaltılması, zirai kimya endüstrisine yeni bir rol sağlanması ve sürdürülebilir kentsel yaşam koşullarının teşvik edilmesi önemli noktalardandır. Bu hedeflerin gerçekçi ve ulaşılabilir olduğunu, birçok yeni teknolojinin gelişimiyle mümkün olabileceğini belirtmektedir. Böylece, dikey tarımın büyük ölçekte uygulanması, sadece gıda güvenliği sorunlarına çözüm sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda sağlıklı ve sürdürülebilir bir yaşam ortamı yaratmaya da yardımcı olacaktır (Despommier, 2012).

Binalarda topraksız tarım uygulamaları araştırıldığında karşımıza çıkan diğer bir kavram ise **‘’Bina Entegre Tarım (Building Integrated Agriculture)’**dır. Bina entegre tarım, yüksek performanslı topraksız tarım sistemlerinin, binaların üzerine veya içine yerleştirilmesi fikrine dayanan gıda üretimi yaklaşımıdır. Bina entegre tarım, teknik ve ticari olarak kanıtlanmış topraksız tarım uygulamalarını; bina sistemleri ile birleştiren, kentsel tarıma dengeli ve uygulanabilir bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bina entegre tarım, yapılı çevrede bina ile tarım arasındaki sinerjiyi en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmaktadır (Gould & Caplow, 2012).

Yeşil kentsel mimarinin yeni yaklaşımları, kentsel alanlardaki binalarda ve yapıların tasarımında gıda, mimari ve üretimi bir araya getirerek daha büyük ölçekte gıda üretmeyi hedeflemektedir. Bu inovatif yaklaşım, sıfır dönümlü tarım (ZFarming) olarak adlandırılan bir yöntemin geliştirilmesine yol açmıştır. **‘’Sıfır Dönümlü Tarım (ZFarming)’’**; tarım arazilerinin veya açık alanların kullanılmamasıyla karakterize edilen her türlü kentsel tarım olarak tanımlanmaktadır. Kentsel alanlarda, sınırlı arazi kaynaklarının olduğu yoğun nüfuslu bölgelerde dahi, bir binanın içinde farklı kullanımları ve işlevleri bir araya getirerek çok yönlü bir arazi kullanımını ifade etmektedir. Sıfır dönümlü tarım, özellikle tarım ve binalar arasındaki sinerjiden kaynaklanan fırsatları kullanarak kaynakları geri dönüştürmek amacıyla gıda üretimini binalarla birleştirmektedir. Bu yöntem, konut veya endüstriyel atık kaynaklarının (örneğin atık su, atık ısı ve organik atık) çoklu kullanımıyla gıda üretimini ve binaları birbirine bağlayarak küçük ölçekli bir kaynak tasarrufu sistemi oluşturmaktadır (Specht vd., 2014).

Bu kavramlar, günümüzde modern kentsel yaşamın taleplerini karşılamak amacıyla geleceğin tarım yöntemlerini temsil etmektedir. Bununla birlikte, bu yaklaşımların bazı uygulamaları, yüksek teknoloji, yatırım, bakım ve işletme standartlarına ihtiyaç duyabilmektedir. Bu nedenle gelişme aşamasında özel bir dikkat gerektirmektedir. Bu yaklaşımların dünyada yaygınlaşmaması ve kabul görmemesinin başlıca sebepleri; yüksek maliyetler, bakım ve işletme zorluğu, yüksek enerji tüketimi ve kısıtlı bitki çeşitliliğidir. Yapıların tarım amaçlı kullanılması için özel tasarımlar yapılması ve çeşitli teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Dolayısıyla bu sistemlerin kurulum maliyetleri yüksek olmaktadır. Bunlara ek olarak, bu sistemler düzenli bakım gerektirmektedir. Yüksek enerji tüketimi işletme maliyetlerini artırabilmektedir. Teknolojik yatırımlar ve işletme gibi maliyetler, bu tarım yönteminin dezavantajları olarak görülmektedir. Ancak, bu üretim şekli açlık riskine karşı uzun vadede sağlayacağı yararlar ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki gelişmeler ile birlikte düşünüldüğünde, başlangıç maliyetleri göz ardı edilebilir düzeydedir. Ayrıca, bu maliyetler, sürdürülebilir bir tarım sistemi kurulduktan sonra uzun vadede geri kazanılabilir ve hatta tasarruf edilebilir (Ulukent, 2021).

2.3.1. Bina Entegre Tarım

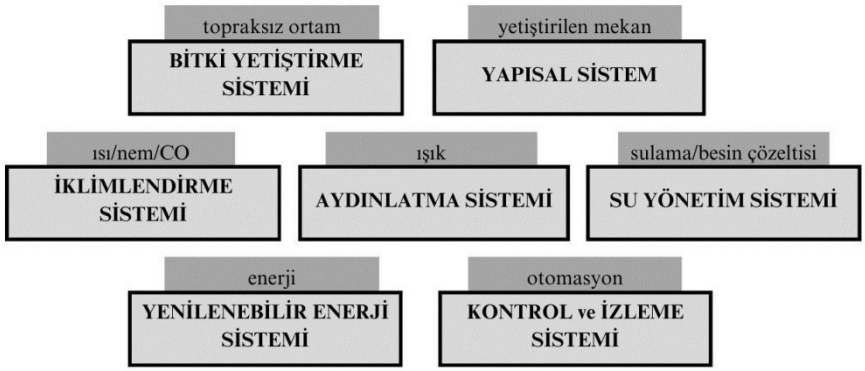
Bina entegre tarım, bina ortamı ile tarım arasındaki sinerjiyi artırmak için topraksız bitki yetiştirme teknolojilerini bina sistemleri ile birleştirerek, karma kullanımlı binalara yerleştirilmesini ifade etmektedir. Bu yaklaşım, geleneksel tarım yöntemlerinden farklı olarak, binaların sunduğu kaynakları ve altyapıyı kullanarak, yıl boyunca taze ve yerel gıda üretimini mümkün kılmaktadır (Gould & Caplow, 2012). Bina entegre tarımın temel hedefleri, enerji, su, atık ve CO_2 döngülerini optimize ederek kaynakların verimli kullanımını sağlamak, yeşil alanları artırarak ve biyoçeşitliliği destekleyerek kentsel yaşam kalitesini iyileştirmektir (Proksch, 2017).

Bina entegre tarımın en belirgin özelliği binalar ile kurduğu simbiyotik ilişkidir. Bu karşılıklı fayda sağlayan ilişki, hem binaların hem de bitkilerin performansını optimize etmektedir. Topraksız tarım teknolojilerini binaya entegre ederken, binanın mevcut sistemleri ile uyumlu ve sürdürülebilir çözümler geliştirmeyi hedeflemektedir. Yaşayan,

üretken sistemlerin kentsel altyapı ve bina sistemlerine entegrasyonu, mimarlık, tarım, mühendislik ve yapı teknolojileri gibi farklı disiplinlerden gelen uzmanları bir araya getiren karmaşık bir süreçtir (Proksch, 2017). Topraksız tarımın binalara başarılı bir şekilde entegrasyonu, bitkilerin sağlıklı ve verimli bir şekilde yetişmesini sağlamak için özel olarak tasarlanmış bina alt sistemlerini gerektirmektedir.

2.3.2. Bina Entegre Tarımda Kullanılan Sistemler

Topraksız tarım; ışık, sulama, besin çözeltisi, CO_2, ısı/nem, topraksız ortam, yetiştirilen mekân, kontrol ve izleme sistemleri gibi ana bileşenlerden oluşmaktadır (Sengodan, 2022). Tez kapsamında topraksız tarım için gereken bileşenleri karşılamak üzere tasarlanan bina alt sistemleri (Şekil 2.6); bitki yetiştirme, yapısal, iklimlendirme, su yönetim, aydınlatma, yenilenebilir enerji, kontrol ve izleme sistemi başlığı altında ele alınmıştır. Bu sistemlerin amacı, bitkilerin ideal büyüme koşullarında yetiştirilmesini sağlamaktır.



Şekil 2.6. Topraksız tarım için gereken unsurları karşılamak üzere bina alt sistemleri

Bitki Yetiştirme Sistemi: Binalarda yetiştirilen bitki ve yetiştirmek için kullanılan üretim tekniğini içermektedir. Bina entegre tarım, modern şehirlerde gıda üretiminin önemli bir bileşeni haline gelirken, bitki seçimi ve kullanılan üretim tekniği bu başarıyı etkileyen kritik faktörlerdir. Hangi bitkilerin yetiştirileceği; pazar talepleri, iklim koşulları ve büyüme ortamı gibi etkenlere bağlıdır. Üretim tekniği seçimi de yetiştirme siteminde hayati bir rol oynamaktadır. Hidroponik, aeroponik, akuaponik gibi topraksız tarım üretim teknikleri, bitkilerin büyümesini desteklemek için kullanılmaktadır.

Seçilen üretim tekniğinin bitkilerin ihtiyaçlarına ve mekâna uygun olması önemlidir. Doğru bir sistem tasarımı, bitkilerinizin başarılı bir şekilde büyümesini ve verimli bir şekilde yetiştirilmesini sağlamaktadır.

Yapısal Sistem: Yapısal sistem; binanın taşıyıcı ögeleri olan yapısal elemanları, mekânsal düzenlemeleri, cepheleri, yapı malzemelerini içermektedir. Bina entegre tarımda yapısal sistemlerin tasarımı son derece önemlidir. Yapısal sistem tasarımı; bitki sağlığı ve büyümesi, enerji ve kaynak verimliliği, bina dayanıklılığı, işlevsellik, işletme verimliliği ve uzun vadeli sürdürülebilirlik gibi bir dizi faktörü etkilemektedir. Ayrıca bu sistem, bitkiler için gerekli olan çevresel koşulların sağlanması amacıyla kullanılan diğer sistemlerin entegrasyonunu mümkün kılmaktadır. Doğru tasarım, enerji tüketiminin azaltılmasına ve doğal kaynakların korunmasına katkı sağlamaktadır.

İklimlendirme Sistemi: İklim, bitkinin büyümesi için ihtiyaç duyduğu faktörler olan sıcaklık, ışık ve nem arasındaki etkileşimdir. İklimlendirme, bitki yetiştirme ortamının sıcaklık, nem, ışık, CO_2 seviyeleri, hava kalitesi ve diğer çevresel faktörler gibi iklim şartlarını kontrol etmek veya düzenlemek amacıyla tasarlanmış sistemlerin kullanılmasıdır. İklimlendirme sistemleri; çevresel koşulları optimize etmek, enerji verimliliğini sağlamak, konforu artırmak ve bitkilerin büyümeleri için gerekli iklim koşullarını yaratmak amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle seralarda veya kapalı yetiştirme ortamlarında, mevsimsel değişikliklerden etkilenmeden yıl boyunca bitki üretebilmek bu sistemlerin doğru bir şekilde tasarlanmasına bağlıdır. Bina entegre tarımda iklimlendirme sistemleri genellikle ısıtma, soğutma, havalandırma, gölgelendirme ve nem kontrolünü içermektedir (Proksch, 2017).

Aydınlatma Sistemi: Bitkiler için ışık, hayatta kalabilmeleri ve büyümeleri için hayati önem taşımaktadır. Bitkilerin fotosentez yoluyla besin üretebilmeleri, ışığın varlığına bağlıdır. Aydınlatma sistemi, doğal ışığın etkin kullanımını, yapay aydınlatma teknolojilerini ve gölgelendirme gibi ışık kontrol yöntemlerini kapsamakta olup, bitkilerin fotosentez sürecini destekleyerek optimal büyüme koşullarını sağlamaktadır. Doğal ışık, bitkiler için en ideal ışık kaynağıdır. Güneş ışığı, bitkilerin ihtiyaç duyduğu tüm spektrumda ışığı sağlamaktadır. Bu nedenle, seralar gibi kontrollü tarım

ortamlarının tasarımında doğal ışığın maksimum düzeyde kullanımı esastır. Ancak, doğal ışığın yetersiz olduğu veya tamamen mevcut olmadığı durumlarda, yapay aydınlatma sistemleri devreye girmektedir. Bu sistemler, bitkilerin ihtiyaç duyduğu ışık spektrumunu, yoğunluğunu ve süresini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Doğru aydınlatma stratejileri, bitki büyümesini optimize ederken enerji tüketimini de en aza indirmektedir (Proksch, 2017). Bu sayede, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik ilkeleri gözetilerek, bitkilerin sağlıklı ve verimli bir şekilde büyümesi için ideal ışık koşulları sağlanmaktadır.

Su Yönetim Sistemi: Su, bitkilerin ihtiyaç duyduğu birincil kaynak olmakla birlikte besin maddelerini taşınmasını ve bitki büyümesini etkileyen temel faktördür. Su kıtlığı gelecekte dünyayı bekleyen en kritik çevresel sorunlardan biridir. Tarım, dünya genelinde tatlı suyun büyük bir bölümünü tüketmekte, bu da su tasarrufunu sürdürülebilir gıda üretimi için kritik hale getirmektedir. Suyun etkin kullanımı bina entegre tarım yapılarının başlıca çevresel hedeflerindendir (Gould & Caplow, 2012). Bina entegre tarım sistemlerinin temel özelliklerinden biri, topraksız tarım teknolojisini kullanarak su yönetimini sağlamaktır. Su yönetim sistemi, kapalı devre sistemler aracılığıyla alternatif su kaynaklarını kullanarak suyun etkin kullanılmasıdır. Bu kapalı devre sistemler; sulama, toplama, devridaim ve artırma işlemlerini içermektedir. Bitkilerin yetiştirilmesi için; yağmur suyu, yer altı suyu, gri su, arıtılmış su, bina atık suları (temel drenaj suyu ve klimalardan gelen su) ve buharlaşmadan kaynaklanan hava atık suları gibi alternatif su kaynakları kullanılmaktadır (Proksch, 2017).

Yenilenebilir Enerji Sistemi: Topraksız tarım teknolojik alt yapısı nedeniyle aşırı enerji tüketimine sebep olmaktadır. Bu durum çevresel endişeleri de artırmaktadır. Dolayısıyla enerji talebini yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılamak bina entegre tarım için önem taşımaktadır. Ayrıca, enerjinin geri kazanımı gibi pasif enerji sistemleri de önemlidir. Enerjinin geri kazanımı, enerji kullanımı sırasında oluşan atık enerjinin yakalanarak tekrar kullanılabilir hale getirilmesini ifade etmektedir. Bu yaklaşımlar, kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılmasına ve enerji ihtiyaçlarının sürdürülebilir bir şekilde karşılanmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemlerin kullanılması enerji ve işletme maliyetlerinin azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Kontrol ve İzleme Sistemi: Bina entegre tarımda kontrol ve izleme sistemleri önemlidir. Kontrol ve izleme sistemleri; bitki büyümesi, sulama, ışık, sıcaklık ve besin maddeleri gibi faktörleri izleyerek ve ayarlayarak bitki yetiştirme sürecini optimize etmektedir. Bu sistemler, mahsul verimliliğini ve kalitesini artırmaktadır. Aynı zamanda kaynakların ve enerjinin etkin kullanılmasını sağlamaktadır. Su ve enerji tasarrufu, daha etkin kaynak yönetimi gibi avantajlarıyla bu sistemler, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunmaktadır.

2.4. Topraksız Tarımın Binaya Entegre Edilme Yöntemleri

Topraksız tarım, geleneksel toprak tabanlı tarım yöntemlerinden farklı olarak toprak kullanmadan bitki yetiştirme tekniğidir. Binaya entegre edilmesi ise; binanın mimari tasarım aşamasından itibaren topraksız tarımın entegrasyonunu planlanmasını içeren bütüncül tasarım yöntemi, işlevini kaybetmiş binaların topraksız tarım için kullanılmasını içeren dönüşüm yöntemi ve halihazırda kullanımı devam eden binalara topraksız tarım sistemlerinin uygun hale getirilmesini içeren mevcut binaya entegrasyon yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlerin her biri, topraksız tarımın özellikle binalarda daha yaygın ve etkili bir şekilde uygulanabilmesi için farklı stratejiler ve yaklaşımlar sunmaktadır.

2.4.1. Bütüncül Tasarım Yöntemi

Bütüncül tasarım yönteminde, topraksız tarım için gerekli olan bileşenler planlama ve konsept aşamasında, bütüncül bir yaklaşımla bina sistemine entegre edilmektedir. Mimar ve mühendisler başta olmak üzere farklı disiplindeki birçok insanın karşılıklı iş birliği ile bu yapıların mekânsal kurguları, üretim süreci, inşaat teknolojileri, sürdürülebilirlik özellikleri, maliyet ve piyasa analizi bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktadır (Çelebi, 2019). Bu yöntem, alan ve kaynak kullanımını optimize ederek kentsel yaşam alanlarının sürdürülebilirliği için birçok fonksiyonu bir arada barındıran çok işlevli yapılar tasarlamayı amaçlamaktadır.

Çin'in Shenzhen kentinde yer alan Jian Mu Tower (Şekil 2.7), Carlo Ratti Associati tarafından bütüncül bir yaklaşım ile tasarlanan yenilikçi bir ofis kulesidir. 51 katlı ve 218 metre yüksekliğindeki binanın, tüm cephesi hidroponik bir dikey çiftlik ile kaplıdır. Binanın cephesinin 10.000 metrekarelik bir alanı, mahsul yetiştirmek için ayrılmıştır ve bu tasarım yaklaşımıyla yılda yaklaşık 40.000 kişinin gıda ihtiyacının karşılanması hedeflenmektedir. Mahsullerin yetiştirilmesi, hasadı, satışı ve tüketimi gibi gıda tedarik zinciri adımları bu binanın içinde gerçekleşmektedir. Bu yaklaşım, kendi kendini idame ettiren bir gıda tedarik zinciri oluşturarak, yerel gıda üretimini ve tüketimini teşvik etmektedir. Jian Mu Tower, gıda üretimi dışında diğer işlevleri de barındırmaktadır. Bina içinde ofisler, bir süpermarket ve bir yemek alanı gibi ticari alanlar bulunmaktadır. Bu, binanın sadece gıda üretimi ve tüketimi için değil, aynı zamanda ticari ve ofis amaçları için de kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Bu yenilikçi yaklaşım, şehirlerin sürdürülebilirlik, gıda güvencesi ve çevresel etki konularında daha sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerlemesine önemli bir katkı sağlamaktadır (Parkes, 2021).



Şekil 2.7. Jian Mu Tower (Parkes, 2021)

Bütüncül tasarım yöntemi, kentlerdeki sınırlı alanın en verimli şekilde kullanılmasını sağlarken, çevre dostu çözümler üreterek doğal kaynakların korunmasını hedeflemektedir. Ayrıca, kentsel yaşam alanlarını hem insanlar hem de doğa için daha yaşanabilir hale getirmeyi, yaşam koşullarını iyileştirerek ekonomik ve sosyal gelişmeyi

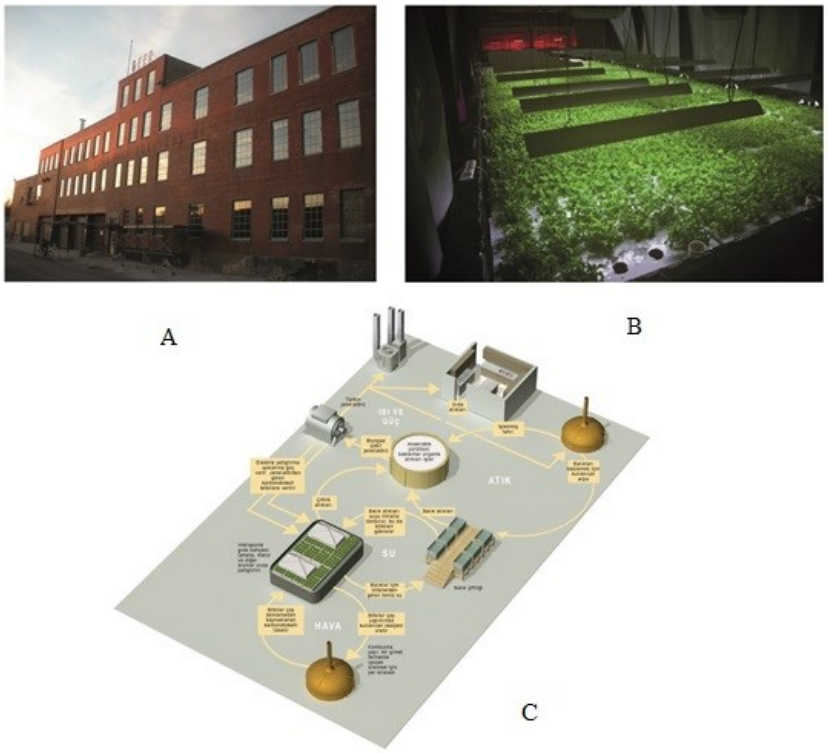
desteklemeyi amaçlamaktadır. Ancak, bu yöntemle geliştirilen binaların çoğunluğu, yüksek maliyetlerinden dolayı hayata geçirilememektedir. Buna rağmen, yenilenebilir enerji ve diğer sistemlerin tasarım aşamasında entegrasyonu sayesinde, işletme maliyetleri diğer yöntemlere göre daha düşük olabilmektedir (Sengodan, 2022).

2.4.2. Dönüşüm Yöntemi

Dönüşüm yöntemi, ekonomik ömrü devam eden fakat işlev olarak ömrünü tamamlamış binalara topraksız tarım sistemlerinin entegre edilmesidir. Terk edilmiş binaların, depoların veya fabrikaların dönüştürülmesi, şehir içinde büyük ölçekli dikey çiftlikler oluşturmanın başka bir yoludur. Japonya'da, 2011 yılındaki yaşanan büyük deprem sonrası nükleer reaktörlerin erimesi sonucunda ortaya çıkan radyasyonla kirlenmiş gıdalara maruz kalma korkusu gıda krizine yol açmıştır. Bu olay, Japonya hükümetini farklı yatırımlar yapmak isteyen Toshiba, Panasonic, Fujitsu, Mitsubishi, Toyota gibi sanayi topluluklarıyla işbirliği yapmaya teşvik etmiş ve bu kuruluşlar, terk edilmiş depo gibi mekânlarda dönüşüm yöntemi ile dikey çiftlikler kurmaya başlamıştır. Sonuç olarak, Japonya'da büyük miktarlarda sebze üretimi sağlanmış, bu da ülkenin gıda üretimini olumlu bir şekilde etkilemiştir**.**

Kentleşme ile birlikte şehir içerisinde kalan işlevini yitirmiş sanayi yapıları ve depolar, kat yüksekliklerinin fazla olması ve çok az sayıda iç bölücü duvarlara sahip olması gibi mekânsal ve yapısal özelliklerinden dolayı, topraksız tarım için tercih edilmektedir. Chicago'daki The Plant binası dönüşüm yöntemi ile oluşturulan bir dikey çiftlik örneğidir. 2011 yılında kurulan The Plant çiftliği, eski bir et paketleme tesisinin dönüşümüyle hayata geçirilmiştir. Bu atıl durumdaki bina, yeniden kullanım için gereken revizyon planları ile üç katlı bir dikey çiftliğe dönüştürülmüş ve toplamda 93.000 metrekarelik bir üretim alanı oluşturulmuştur. Bu çiftlik, yüksek verimlilik hedeflerine ek olarak düşük enerji maliyetlerini amaçlayarak yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı bir enerji tedarikine odaklanmaktadır. Dönüşüm süreci sırasında mimari ekip, dikey çiftliğin tüm faaliyetlerini bina içinde entegre etmek ve sıfır enerji tüketimini sağlamak için planlamalar yapmıştır (Çelebi, 2019). Tesisin her bileşeni, diğer bileşenlerin ürettiği atıkları kullanarak, kendi elektriğini sağlayan kapalı bir

döngüsel sistem oluşturarak, kendi atıklarının tamamını kullanarak tüketicilere, restoranlara ve marketlere yönelik çok çeşitli yiyecek ve içecek üretmektedir (Şekil 2.8). Örneğin; elektrik enerjisi, yiyecek atıklarının biyogaza dönüştürülmesi ile elde edilmekte ve anaerobik çürütücüler kullanılarak üretilen metan gazı, ısıtma sistemini besleyerek enerji ihtiyacını karşılamaktadır (Venie, 2012).



Şekil 2.8. The Plant çiftliği A) Dış görünüm (Marks, 2014) B) İç görünüm (Çelebi, 2019) C) Kapalı döngü şeması (Venie, 2012)

Topraksız tarım için terk edilmiş ve işlevini yitirmiş yapıları dönüştürmek, kentsel gayrimenkul fazlasının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu yöntem, inşaat maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilir, ancak bina yenileme ve işletme maliyetleri, tarım teknolojilerinin entegre edilmesi gerektiğinden yüksektir. Bu maliyet artışının temel nedeni, bu binaların başlangıçta tarım amaçlı tasarlanmamış olmalarıdır. Yüksek yenileme maliyetleri genellikle sıhhi tesisat, yapısal düzenlemeler, havalandırma, termal koşullar, aydınlatma ve mekânsal düzenleme gereksinimlerinden kaynaklanmaktadır (Sengodan, 2022).

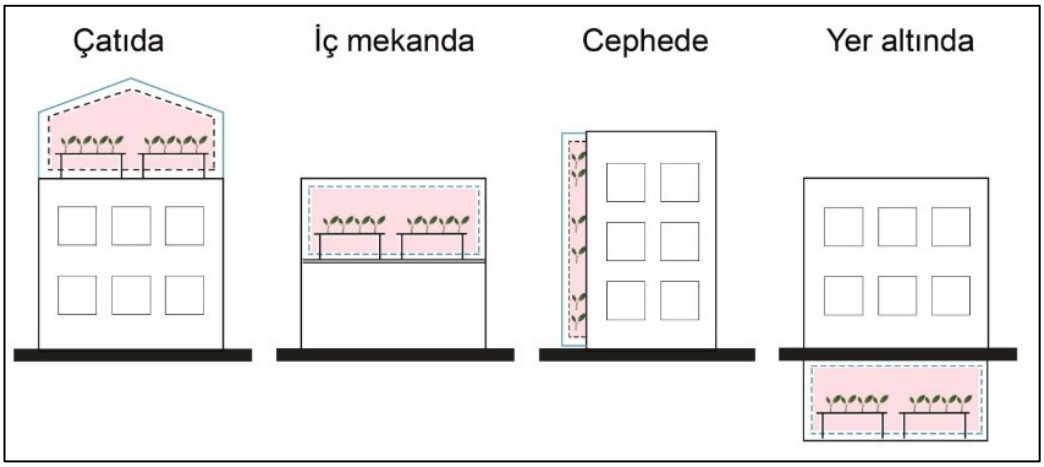
2.4.3. Mevcut Binaya Entegre Yöntemi

Mevcut binaya entegre yöntemi, hâlihazırda kullanımda olan binaların işlevselliğini korurken, mekânsal olarak uygun bölümlerine topraksız tarımın dahil edilmesini ifade etmektedir. Ancak, bu tür bir entegrasyon süreci, bina tasarımının temel prensipleri göz önüne alındığında, dikkatli bir planlama ve uygulama aşamasını zorunlu kılmaktadır.

Binalar, belirli bir işlevi yerine getirmek üzere tasarlanmakta, inşa edilirken bu işlev için öngörülen yükler ve kapasite sınırlamaları dikkate alınmaktadır. Sonradan yapılan herhangi bir değişiklik, binanın yapısal bütünlüğünü, teknik altyapısını ve genel kullanımını etkileyebilecek yeni yükler ve gereksinimler doğurmaktadır. Bu nedenle, topraksız tarımın entegrasyonu öncesinde, bina yük kapasitesinin ve işlevsel gereksinimlerin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Öncelikli hedef, her zaman bina güvenliğinin ve bütünlüğünün sağlanmasıdır. Ayrıca, gerçekleştirilen tüm değişikliklerin ilgili imar mevzuatlarına uygunluğunun sağlanması da büyük önem taşımaktadır.

2.5. Topraksız Tarımın Binalarda Kullanıldığı Alanlar

Binaların çatısında, cephesinde, iç mekânında ve yer altında topraksız tarım uygulanabilmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Topraksız tarımın binalarda kullanıldığı alanlar

2.5.1. Cephede Yer Alan Topraksız Tarım

Cephelerin kullanılmayan geniş yüzey alanı ve güneş ışığına doğrudan maruz kalması, bina cephelerini topraksız tarım için ideal hale getirmektedir. Bu bağlamda, Vertical Harvest, cephede topraksız tarım uygulamalarının somut bir örneğini sunmaktadır. Kuzey Amerika'da yer alan Vertical Harvest, üç katlı otopark binasının cephesinde yer alan hidroponik bir dikey çiftliktir (Şekil 2.10). Çiftliğin tasarımı, cephe boyunca geniş bir yüzey alanını güneş ışığına maruz bırakacak şekilde optimize edilmiştir. Her iki uçta yer alan sirkülasyon kuleleri ile birlikte otopark binasını kullanan çiftlik, binanın cephesini verimli bir üretim yüzeyine dönüştürmektedir (Hudson, 2015)



Şekil 2.10. Vertical Harvest (Hudson, 2015)

2.5.2. İç Mekânda Yer Alan Topraksız Tarım

Topraksız tarım tekniklerinin gelişimi ve yaygınlaşması, binaların iç mekânlarını da verimli ve sürdürülebilir tarım alanı olarak kullanma potansiyelini ortaya çıkarmıştır. Karma kullanımlı binaların iç mekânında oluşturulan çiftlikler kullanıcıların konfor koşullarını iyileştirirken gıda ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlamaktadır (Çelebi, 2019). Örneğin, Microsoft, bu yaklaşımı kendi kampüsünün farklı bölgelerinde konumlanan aeroponik ve hidroponik yetiştirme kulelerinde şirketin kafeteryasında kullanılmak üzere mikro yeşillikler ve marullar üreterek uygulamaktadır (Şekil 2.11). Microsoft, kampüsü bir şehir olarak kabul etmekte ve bu perspektiften hareketle, çalışanlarının mutluluğuna, üretkenliğine katkı sağlayacak sağlıklı yiyecekler sunarak topluluk ihtiyaçlarını karşılamayı hedeflemektedir (Riordan, 2015).



Şekil 2.11. Microsoft kampüsü içerisindeki kafe (Riordan, 2015)

2.5.3. Yer Altında Yer Alan Topraksız Tarım

Binaların bodrum katlarında yer alan otopark, sığınak gibi ortak kullanım alanları, dış dünya koşullarından bağımsız ve kontrollü bir ortam sunarak topraksız tarım uygulamaları için uygun bir alan sağlamaktadır. Bu alanlar, genellikle güneş ışığına ihtiyaç duymayan veya az ışık gerektiren bitkilerin yetiştirilmesine olanak tanımaktadır. Türkiye'de de son yıllarda, bodrum katların topraksız tarım için değerlendirildiği örnekler mevcuttur. Bu uygulamalar, şehir içinde sürdürülebilir tarımı teşvik ederek yerel üretimi artırmayı ve topluma gıda sağlamayı hedeflemektedir. İstanbul'da bulunan İstinye Park alışveriş merkezinin-4. katında, dikey tarım teknolojileri kullanan bir tesis kurulmuştur (Şekil 2.12). Yıllık 900.000 adet üretim kapasitesine sahip olan bu tesis, alışveriş merkezi içinde yer alan dünyanın ilk dikey tarım tesisi olma özelliğini taşımaktadır (Plant Factory, t.y.).



Şekil 2.12. İstinye Park alışveriş merkezindeki dikey tarım tesisi (Plant Factory, t.y.)

Kağıthane Belediyesi, İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ve İĞSAŞ (İstanbul Gübre Sanayi Anonim Şirketi) iş birliğiyle, İstanbul'da bulunan Kağıthane Kültür Merkezi'nin-8. katında, Dünya'nın en derin ikinci dikey tarım alanı olan "Dikey Tarım Uygulama Merkezi" kurulmuştur (Şekil 2.13). Bu merkez 275 metrekarelik alana sahip olup, 20 dekarlık bir tarım alanına eşdeğer üretim kapasitesine sahiptir. Merkezde, yıl boyunca %95 su tasarrufu sağlayan bir sistemle, minimal zirai ilaç kullanılarak kıvırcık, fesleğen gibi ürünler yetiştirilmektedir. Proje, tarımsal üretimi teknolojiyle birleştirerek verimliliği artırmayı vatandaşların daha uygun fiyatlı gıdalara kolay erişimini sağlamayı amaçlamaktadır (Kağıthane Belediyesi, 2022).



Şekil 2.13. Kâğıthane Belediyesi dikey tarım uygulama merkezi (Kağıthane Belediyesi, 2022)

2.5.4. Çatıda Yer Alan Topraksız Tarım

Şehirlerdeki geniş ve atıl durumda olan çatı alanları, kent ekosistemine ve sürdürülebilirliğine katkı sağlamak amacıyla topraksız tarım uygulamaları için değerlendirilmektedir. Özellikle süpermarketler, oteller, kongre merkezleri, hastaneler, okullar, konutlar, hapishaneler, depolar, alışveriş merkezleri ve endüstriyel tesisler gibi yapılar, sahip oldukları geniş çatı yüzeyleri nedeniyle topraksız tarım için elverişli alanlar sunmaktadır. Çatılardaki topraksız tarım, kentsel tarımın önemli bir bileşeni olarak kabul edilmekte ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Specht vd., 2014)

Çatılar; tam güneş ışığına maruz kalma, daha fazla yetiştirme alanı sağlama, yağmur suyunun etkin yönetimi ve kullanılmayan alanda kurulum kolaylığı gibi avantajlara

sahiptir (Sanyé-Mengual, Cerón-Palma, vd., 2015; Thomaier vd., 2015). Bu nedenle, topraksız tarım uygulamaları için diğer alanlara kıyasla çatılar daha fazla tercih edilmektedir. Ayrıca, çatıda yer alan topraksız tarım uygulamalarına sahip seralar, üzerinde bulunduğu binaların enerji performansını iyileştirme potansiyeline sahiptir (Sanyé-Mengual, Cerón-Palma, vd., 2015). Binalarda, kışın sera etkisi yaratarak ısı yalıtımını artırırken, yazın gölgeleme sağlayarak soğutma yükünü azaltmaktadır. Kentsel ısı adası etkisini azaltmaya yardımcı olmakta ve yerel mikro klimayı iyileştirmektedir (Specht vd., 2014).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, nitel bir literatür analizi yaklaşımını benimsemektedir. Çalışmanın materyali, akademik çalışmalardan ve internet kaynaklarından elde edilen inşa edilmiş çatı üstü seralarına ait verilerinden oluşmaktadır. Çalışmanın odaklandığı çatı üstü seralarının seçimi, çevresel sürdürülebilirlik ve topraksız tarım uygulamalarının öncelikli olduğu alanlarda inşa edilmiş örnek binalara dayanmaktadır. Bu örnekler; farklı coğrafi bölgeleri, iklim koşullarını ve bina tiplerini kapsayacak şekilde seçilmiştir. İlgili literatür ve internet kaynaklarından elde edilen veriler; çeşitli çatı üstü seralarının tasarım süreci, bina sistemleri, bina ve tarım sistemleri etkileşimi, kullanılan teknik ve teknolojiler, tasarım, yapım ve kullanım süreçlerinde yaşanan zorluklar üzerinde detaylı bir analiz sunmaktadır.

İlgili literatürden elde edilen veriler, bina entegre tarımda kullanılan bina alt sistem başlıkları altında değerlendirilecektir. Elde edilen veriler ile mimari, tarım ve yapı teknolojisi arasındaki ilişki ortaya konularak, tasarımda dikkat edilmesi gereken hususların belirlenmesi hedeflenmektedir. Çalışma, çatı üstü seralarının kaynak verimliliği için uygulanabilirliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Elde edilen veriler gelecekte Türkiye'de yapabilirliklerini araştırmak için kaynak teşkil edebilecektir.

3.1. Çatı Üstü Sera

Çatılar, şehirlerin ve yerleşim alanlarının büyük bir bölümünü kaplamaktadır, bu da şehir merkezlerinde henüz kullanılmayan geniş alanların büyük bir potansiyelini temsil etmektedir. Kentsel tarıma olan ilginin artmasıyla kullanılmayan çatıların, çevresel ve ekolojik bir kaynağa dönüştürülmek istenmesi yeni bir çatı formu olan çatı çiftliklerini ortaya çıkarmıştır. Çatı çiftlikleri, binaların çatılarında gıda üretimi uygulaması olup, çatı bahçeleri ve çatı üstü sera ile gerçekleştirilmektedir. Çatı üstü seralarının temel hedefi, çatı bahçelerine kıyasla daha yoğun bir üretim sağlamaktır (Proksch, 2011).

Çatı üstü sera (Roof Top Greenhouse RTG), bir binanın çatısına kurulmuş ve gıda üretimi için kullanılan bir sera sistemidir. Genellikle bina üzerindeki yapısal yükü

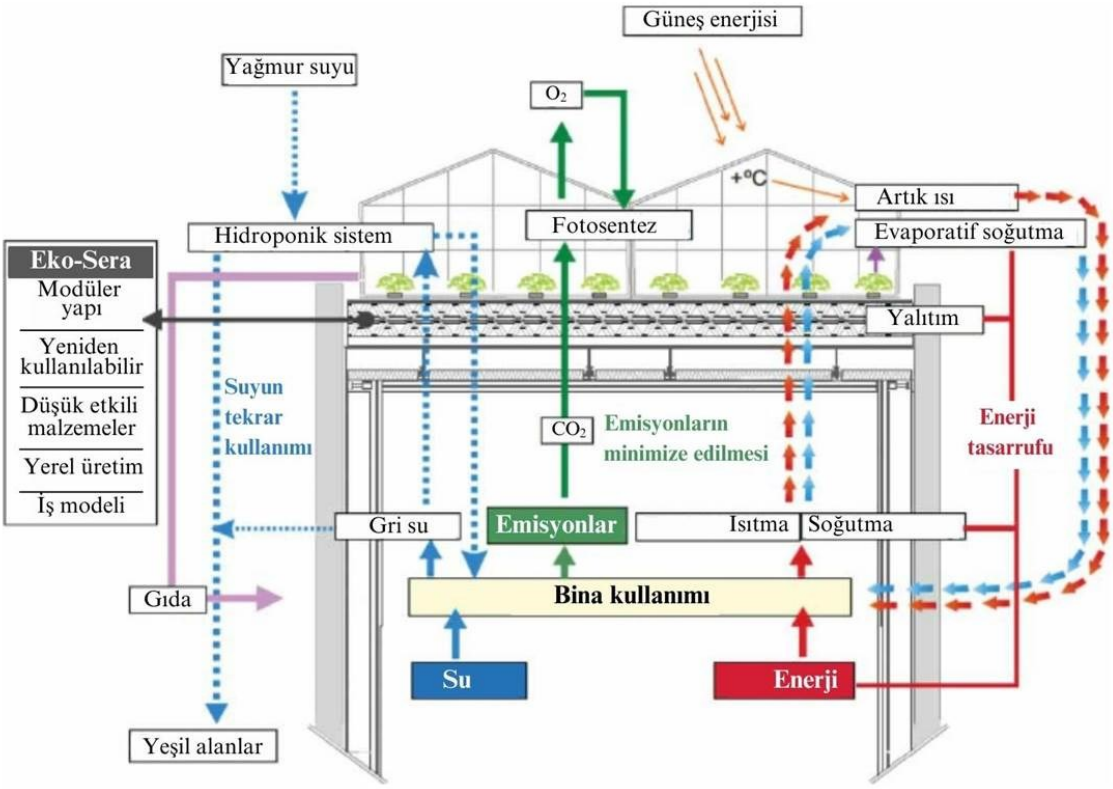
azaltmak için topraksız tarım sistemleri ile kentsel alanlarda gıda üretmeyi amaçlamaktadır (Cerón Palma, 2012). Çatı üstü seralar, modern şehirlerin sürdürülebilirlik çabalarına önemli bir katkı sağlayabilen tarımsal uygulamalardan biri olarak görülmektedir. Çatı üstü seralar, şehirlerde tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve kentsel alanların çevresel, sosyal ve ekonomik iyileştirmesi için fırsatlar sunabilmektedir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Çatı üstü seraların potansiyel faydaları (Cerón-Palma vd., 2012; Sanyé-mengual vd., 2013; Specht vd., 2015)

Çevresel	Kaynak kullanımını optimize etmesi; arazi tasarrufu (üretken olmayan kentsel alanların optimize edilmesi ve kentsel işlevselliğin artırılması), su tasarrufu (atık suyun geri dönüşümü ve yeniden dolaşım yoluyla su kullanımının optimize edilmesi), enerji tasarrufu (ısı yalıtımı sayesinde bina enerji tüketiminin azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması, kapalı döngüler sayesinde enerjinin optimize edilmesi) Azaltılmış ısı adası etkisi Sera gazı emisyonlarının azaltılması Kentsel alanların doğallaştırılması Hava kalitesinin iyileştirilmesi Yerel biyoçeşitliliğinin korunması
Ekonomik	Yerel gıda sistemleri oluşturma Azalan nakliye maliyetleri Enerji ve su tüketimi ile ilgili maliyet tasarrufları Artan mülk değeri Yeni teknoloji ve pazar gelişimi Yeni iş modeli, gelir ve istihdam sağlaması
Sosyal	Yerel gıda topluluğunun oluşturulması Artan gıda kalitesi Eğitim için bir araç olarak kullanılması

Çatı üstü seralar, izole çatı üstü serası (RTG -Roof Top Greenhouse) ve entegre çatı üstü serası (i-RTG -Integrated Roof Top Greenhouse) olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. Çatı üstü seralar bir bina ile entegre edilebilmekte ve böylece daha fazla fayda sağlayabilmektedir. İzole çatı üstü seralar, binalardan bağımsız olarak tek başlarına yer alan seralar olarak tanımlanırken, entegre seralar endüstriyel ekoloji konseptine dayalı olarak yerleştikleri bina ile simbiyotik bir ilişki kurabilen, özellikle

enerji, su ve hava emisyonları gibi akışları değiştirme ve optimize etme yeteneklerine sahip seralar olarak tanımlanmaktadır. Kentsel ortamlarda sürdürülebilir gıda üretimine yönelik yeni bir yaklaşım olarak sunulan entegre çatı üstü seraları, kent binalarının çatılarında tarımı içeren bir eko-yenilikçi sistemdir. Bu sistem, üç temel öğe üzerinden tanımlanmaktadır: (1) sera-bina birleşimi, gıda üretimi için bir model olarak hizmet eder ve çatı kullanımıyla tarım için yeni bir alanın kullanılmasını sağlar, (2) seranın ekolojik tasarımı, düşük çevresel etki ve enerji verimliliği kriterlerini dikkate alır, (3) ortak yaşam ve endüstriyel ekoloji kavramları, akışların kullanımına dahil edilir. Çatı seralarının kavramsallaştırmasını Şekil 3.1 göstermektedir (Cerón Palma, 2012).



Şekil 3.1. Çatı üstü serasının kavramlaştırılması. Çatı üstü serası ile bina arasındaki su, enerji ve gaz akışlarının değişimi (Cerón Palma, 2012)

3.2. Çatı Üstü Sera Örnekleri

Bu çalışmada; birbirinden farklı bina tiplerinde, iklim ve coğrafyada bulunan 16 adet çatı üstü serasına sahip örnek bina seçilmiştir. Bu seralar, bina ve tarım entegrasyonu açısından çeşitlilik göstermektedir. Örnekler üzerinden çatı seralarının; genel özellikleri,

tasarımı, entegrasyonu, bina ve tarım sistemleri etkileşimi, kullanılan teknik ve teknolojiler, tasarım, yapım ve kullanım süreçlerinde yaşanan zorluklar incelenmiştir. Tez kapsamında, çatı üstü seraları çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmiş olup, sosyal ve ekonomik boyutlar bu çalışmanın sınırları dışında tutulmuştur.

Seçilen örnekler, yapım tarihlerine göre kronolojik sırayla incelenmiştir. Aynı şirkete ait ve benzer teknolojileri kullanan seralar, tek bir başlık altında değerlendirilip, farklı olan özellikleri ayrıca belirtilmiştir. Ahuntsic, Laval, Anjou ve Ville Saint-Laurent seraları "Lufa Farms" başlığı altında; Greenpoint, Gowanus, Queens ve Pullman seraları ise "Gotham Greens" başlığı altında ele alınmıştır. Diğer seralar ise kendi başlıkları altında analiz edilmiştir. Ayrıca, her bir çatı üstü seranın genel özelliklerini içeren künye bilgileri tablosu hazırlanmıştır. Bazı seraların bilgilerine tam olarak ulaşılamaması durumunda, bulunamayan bilgiler tabloda "-" sembolü ile gösterilmiştir.

3.2.1. Lufa Farms

Lufa Farms (LF), Kanada faaliyet gösteren bir şirket olup, 2011 yılında Montreal'in Ahuntsic semtinde dünyanın ilk ticari çatı üstü serasını inşa etmiştir. 2023 yılı itibari ile şirket, toplam 27.900 m² hidroponik yetiştirme alanına sahip dört adet çatı üstü sera işletmektedir. Şirketin beşinci çatı üstü serası ise inşa aşamasındadır (Lufa Farms, t.y.; Proksch & Ianchenko, 2023).

İlk çatı üstü serası olan Ahuntsic (Çizelge 3.2) , 1978 yılında inşa edilmiş iki katlı bir depo binasının üzerinde yer almaktadır. İzole çatı üstü sera olan Ahuntsic, 2900 m^2 alana sahiptir. İkinci serası olan Laval (Çizelge 3.3) ise, bütüncül tasarım yöntemi ile inşa edilmiş, 4000 m^2 alana sahip entegre çatı üstü seradır. Anjou (Çizelge 3.4) , 1966 yılında inşa edilmiş bir depo binasının üzerinde yer alan, 5900 m^2 alana sahip izole çatı üstü seradır. Son olarak, dünyanın en büyük çatı üstü serası olan Ville Saint-Laurent (Çizelge 3.5), 1976 yılında inşa edilmiş endüstriyel binanın üzerinde bulunan entegre çatı üstü seradır ve 15200 m^2 alana sahiptir (Proksch & Ianchenko, 2023).

Çizelge 3.2. Ahuntsic çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Montreal, Kanada
Yapım Tarihi	2011
Şirket	Lufa Farms
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon İzole Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Depo
Mimarı	Gross Kaplin Coviensky Architects
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Karasal İklim (Dfb)
Mahsuller	Taze yeşillikler, biber, salatalık ve şifalı otlar



(Proksch, 2017)

Çizelge 3.3. Laval çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Quebec, Kanada
Yapım Tarihi	2013
Şirket	Lufa Farms
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Bütüncül Yaklaşım Yöntemi Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Depo
Mimarı	-
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Karasal İklim (Dfb)
Mahsuller	Salatalık



(Proksch, 2017)

Çizelge 3.4. Anjou çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Montreal, Kanada
Yapım Tarihi	2017
Şirket	Lufa Farms
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon İzole Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Depo
Mimarı	-
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Karasal İklim (Dfb)
Mahsuller	Marul, Lahana, Fesleğen, Kuzukulağı, Kereviz vb. Taze yeşillikler



(Lufa Farms, t.y.)

Çizelge 3.5. Ville Saint-Laurent çatı üstü serası künye bilgileri

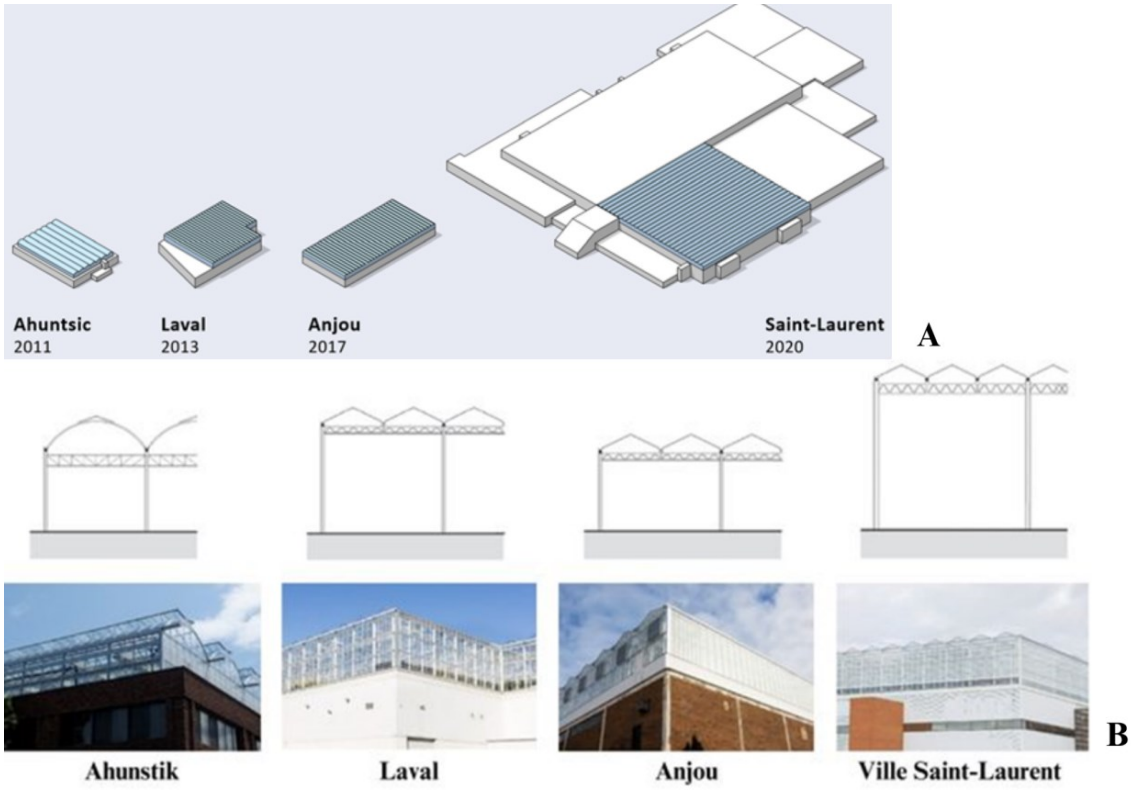
Ülke	Montreal, Kanada
Yapım Tarihi	2020
Şirket	Lufa Farms
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Fabrika
Mimarı	-
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Karasal İklim (Dfb)
Mahsuller	Domates ve Patlıcan



(Hortiturkey, 2020)

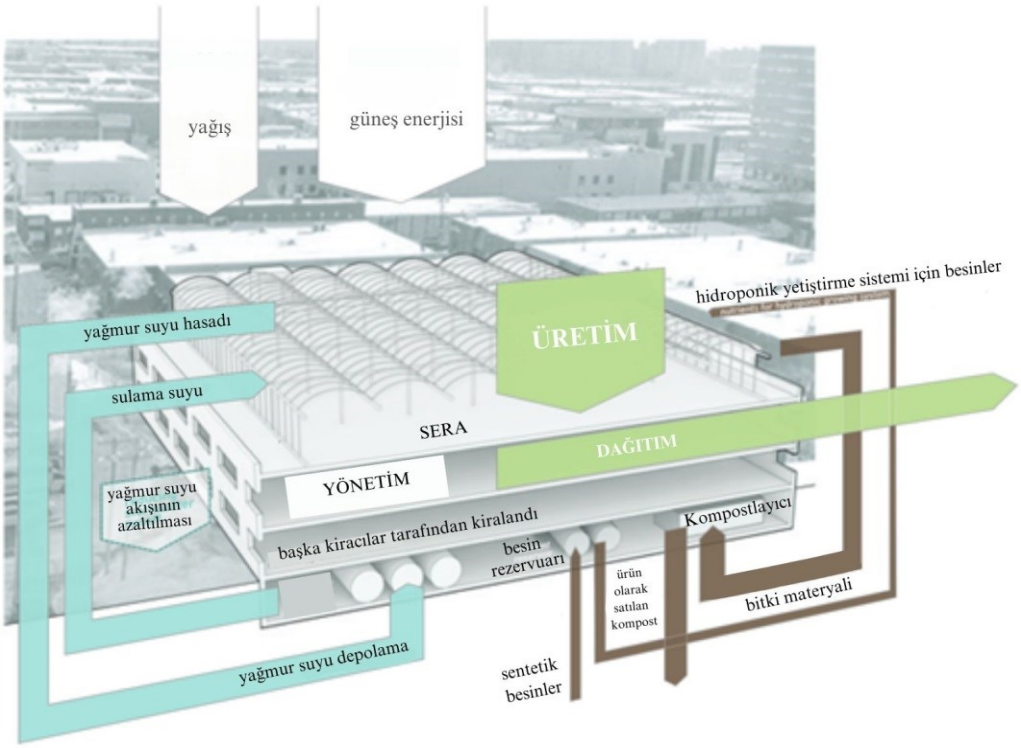
Lufa Farm (LF) seralarını, çelik ve cam malzemeler kullanarak inşa etmektedir. Seralar, oluk bağlantılı venlo tipindedir (Şekil 3.2) ve net yükseklikleri, yapraklı yeşillikler veya

asma bitkileri için kullanım amacına bağlı olarak yaklaşık 4 m ile 8 m arasında değişmektedir (Proksch & Ianchenko, 2023).



Şekil 3.2. Lufa Farms A) Şematik çatı planları (Rathwell, 2020) B) Venlo tipli çatı üstü sera kesitleri (Proksch & Ianchenko, 2023)

Lufa Farms (LF), fazla enerji tüketimine sebep olan yüksek teknolojili çatı üstü seralar işletmektedir. Montreal'in soğuk ve karasal iklimindeki seralarında, enerji tüketimini azaltmak için pasif stratejiler kullanmaktadır. Seralar, pasif güneş enerjisi kazanımlarını en üst düzeye çıkarmak ve süreçte kullanılan kaynakları en aza indirgeme göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır (Şekil 3.3). Ayrıca, seralarında önemli ölçüde organik atık üretilmektedir. Tüm tek kullanımlık bitkisel materyaller, organik atıklar ve karton kutular; bodrum katındaki endüstriyel boyutlu, düşük enerjili bir kompost cihazında kompostlaştırılmaktadır. Gelecekte hayata geçirmeyi planladığı daha büyük tesisler için kapalı devre, atıktan enerjiye dönüştürme sistemi kurmayı planlamaktadır (Proksch, 2017).



Şekil 3.3. Lufa Farms Ahuntsic çatı üstü serası, enerji ve kaynak akışları (Proksch, 2017)

Seralar, üzerinde bulundukları binanın ısıtma, havalandırma ve soğutma sisteminden bağımsız olarak çalışmaktadır. Seralarda, enerji tasarrufunu en üst düzeye çıkarmak için pasif güneş enerjisi, mikro iklim yönetim yazılımı ve ana bina ile termal sinerji kullanılmaktadır. İklim kontrolü, uzaktan izleme ve yönetebilme imkânı da bulunan mikro iklim yönetim yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Yazılım, buharlaştırmalı bir soğutucu ve beş farklı ısıtma devresini kontrol ederek, seradaki farklı mikro iklim bölgelerini yönetmektedir. Aynı zamanda, seranın iç ortamını sürekli izleyerek ideal ısıtma, soğutma ve havalandırma seviyelerini otomatik olarak ayarlamakta ve enerji verimliliğini en üst düzeye çıkartmaktadır (Proksch, 2017).

Seralar, güneş ışınlarını maksimum düzeyde yakalamak ve ana binadan yayılan ısıyı tutmak üzere tasarlanmıştır. Bu pasif ısıtma yöntemi ile seraların ısıtma ihtiyacının önemli bir kısmı güneş enerjisiyle karşılanmaktadır ve kış aylarında ek ısıtma gereksinimi önemli ölçüde azalmaktadır. Gece ısı kayıplarını önlemek amacıyla otomatik ve hareketli bir termal perde sistemi kullanılmaktadır. Bu yarı şeffaf enerji

perdesi (Şekil 3.4), sera içerisindeki ısıyı tutarak sıcaklığın düşmemesini sağlamaktadır. Örneğin; enerji perdesinin üzerindeki sıcaklık -10°C'ye kadar düşebilirken, altındaki sıcaklık 22-23°C arasında kalabilmektedir. Enerji perdeleri, seraların enerji verimliliğini artırmakta ve ısıtma maliyetlerini düşürmektedir. Ancak, sert kış koşullarında ek ısıtma gerekebilmektedir. Bu durumda, yüksek verimli doğal gaz kazanları ısıtma sistemi olarak devreye alınmaktadır (Şekil 3.5). Ayrıca, Montreal'in kış aylarında yoğun kar yağışına maruz kalması nedeniyle, çatıda kar birikmesini önlemek için yedek ısıtıcılar kullanılmaktadır (Proksch, 2017). Yaz aylarında seraların soğutulması, su buharlaştırmalı soğutucular ve fanlar ile sağlanmaktadır. Çatıda bulunan havalandırma pencereleri, fazla ısının dışarı atılmasına yardımcı olmaktadır (Rathwell, 2020).



Şekil 3.4. Lufa Farms Ahuntsic çatı üstü serası enerji perdesi (FDA Construction Inc., 2021)

Seralar gün ışığından maksimum düzeyde yararlanmak üzere konumlanmışlardır. Gün ışığının yetersiz kaldığı durumlarda ise, seralarda HPS (High-Pressure Sodium- Yüksek Basınçlı Sodyum) ve LED (Light Emitting Diode) aydınlatma devreye girmektedir. (Bates, 2017). İncelenen seralar, kapalı döngü sulama sistemlerine sahiptir. Bu sistemlerde, sulama suyunun tamamı, kendi patent başvurusu yapılmış su devir daim sistemlerinde yeniden sirküle edilmektedir. Seralarda, yağmur suyu toplanarak depolanmaktadır ve bitkilerin sulanmasında kullanılmaktadır. Yağmur suyuna ek olarak, çatıda biriken karın eritilmesiyle elde edilen kar suyu da sulama amacıyla değerlendirilmektedir. Seralarda, sulama ihtiyacının büyük bir kısmı hasat edilen su ile karşılanabilmektedir (Proksch, 2017).



Şekil 3.5. Lufa Farms çatı üstü seraları içten görünüm A) Ahuntsic B) Laval C) Anjou D) Ville Saint-Laurent (FDA Construction Inc., 2021; Lufa Farms, t.y.)

Çatı üstü seraların hayata geçirilmesinde yaşanan en büyük zorluklardan biri, sera kurabilmek için fiziksel ve teknik gereksinimlerini karşılayabilecek uygun çatıya sahip binaları bulmaktır. Çatı üstü serasının inşası için, komşu binaların gölgesinden etkilenmeyecek, düz ve geniş bir çatı arayışında bulunulmuştur (Rathwell, 2020). Aynı zamanda, ek bir seranın yükünü taşıyabilecek kadar önemli bir güçlendirmeye ihtiyaç duymayan yapıya sahip binalar maliyet açısından en iyi seçim olarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla, ilk çatı üstü serasının yapımı için daha önce hiç inşa edilmemiş ek bir katı barındıracak şekilde tasarlanmış ve yenilenmiş, iki katlı bir bina seçilmiştir. Seranın işleyişini kolaylaştırmak için binaya ilave merdivenler, bir yük asansörü ve bir yağmur suyu deposu gibi bazı yapısal takviyeler yapılmıştır. İncelenen dört çatı üstü seranın üçü yenilenmiş binaların üzerine inşa edilmiş olup, sadece biri mevcut binanın inşası sırasında eklenmiştir (Proksch, 2017). Çevreye duyarlı ve ekonomik açıdan verimli olmasına rağmen, su depolamanın çatı üstü sera sistemine entegre edilmesi zorlu olabilmektedir. Mevcut binanın, çatı üstü depolama tanklarının yoğun yüklerini çatıdan zemine aktarmak için yeterli yapısal bütünlüğe sahip olması

gerekmektedir. Ahuntsic çatı üstü serasında bu sorun, depolama tanklarının bodruma yerleştirilmesiyle çözülmüştür (Proksch & Ianchenko, 2023).

Şehirlerde, ticari olarak imarlı alanlarda tarımsal yapı yapılması, ilgili yönetmelikler açısından karmaşıklık yaratabilmektedir. İzin verilen kullanımlar, bina yüksekliği, yapısal kapasite, erişim ve yangın güvenliği gibi çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalınmıştır. Çatı seralarıyla ilgili imar düzenlemelerinin olmaması nedeniyle, yerel yetkililer çatıdaki seraları binanın ekstra katı olarak değerlendirmeye karar vermiş ve her konuda çeşitli yönetmeliklere uyulmasını zorunlu kılmıştır (Kucharsky, 2017; Taggart, 2014). Örneğin; yangın güvenliği endişeleri nedeniyle daha hafif ve ekonomik plastik paneller yerine cam kullanımı zorunlu hale getirilmiş ve çatı serası yağmurlama sistemiyle donatılmıştır (Proksch, 2017).

3.2.2. Gotham Greens

Amerika Birleşik Devletleri'nde faaliyet gösteren Gotham Greens (GG), 2009 yılında kurulmuş olup, şehirlerde ekolojik açıdan sürdürülebilir ticari seralar inşa etmekte ve işletmektedir. Şirket, ülkedeki ilk ticari çatı üstü serasını 2011 yılında kurmuş ve ilerleyen yıllarda farklı lokasyonlarda üç çatı üstü serası daha inşa ederek toplamda dört adet çatı üstü serasına ulaşmıştır (Gotham Greens, t.y.; Milford vd., 2019).

İlk çatı üstü serası olan Greenpoint (Çizelge 3.6), 1400 m^2 alana sahip izole çatı üstü sera olup, 1963 yılında inşa edilen mevcut iki katlı bir depo binasının üzerinde bulunmaktadır. Gowanus (Çizelge 3.7) ise, Whole Foods Market binasının üzerine bütüncül tasarım yöntemi ile inşa edilmiş 1900 m^2 alana sahip entegre çatı üstü seradır. Queens (Çizelge 3.8), 5600 m^2 alana sahip izole çatı üstü sera olup, 1910 yılında inşa edilen mevcut 4 katlı İdeal Toy fabrika binasının üzerinde bulunmaktadır. Pullman (Çizelge 3.9), Method fabrika binasının üzerine bütüncül tasarım yöntemi ile inşa edilmiş 7000 m^2 alana sahip entegre çatı üstü seradır (Proksch & Ianchenko, 2023).

Çizelge 3.6. Greenpoint çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Brooklyn, ABD
Yapım Tarihi	2011
Şirket	Gotham Greens
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon İzole Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Depo
Mimarı	-
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Subtropikal (Cfa)
Mahsuller	Marul ve Fesleğen



(Proksch & Ianchenko, 2023)

Çizelge 3.7. Gowanus çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Brooklyn, ABD
Yapım Tarihi	2013
Şirket	Gotham Greens
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Bütüncül Yaklaşım Yöntemi Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Market
Mimarı	BL Companies
Proje Takımı	İnşaat Mühendisliği, Yapı Mühendisliği, MEP Mühendisliği, Çevre Mühendisliği, Sürdürülebilirlik Danışmanı, Peyzaj Mimarı, Ziraat Mühendisi, Enerji Danışmanı
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Subtropikal (Cfa)
Mahsuller	Taze yeşillikler



(Proksch, 2017)

Çizelge 3.8. Queens çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Queens, ABD
Yapım Tarihi	2015
Şirket	Gotham Greens
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon İzole Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Fabrika
Mimarı	-
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Subtropikal (Cfa)
Mahsuller	Taze yeşillikler



(Gotham Greens, t.y.)

Çizelge 3.9. Pullman çatı üstü serası künye bilgileri

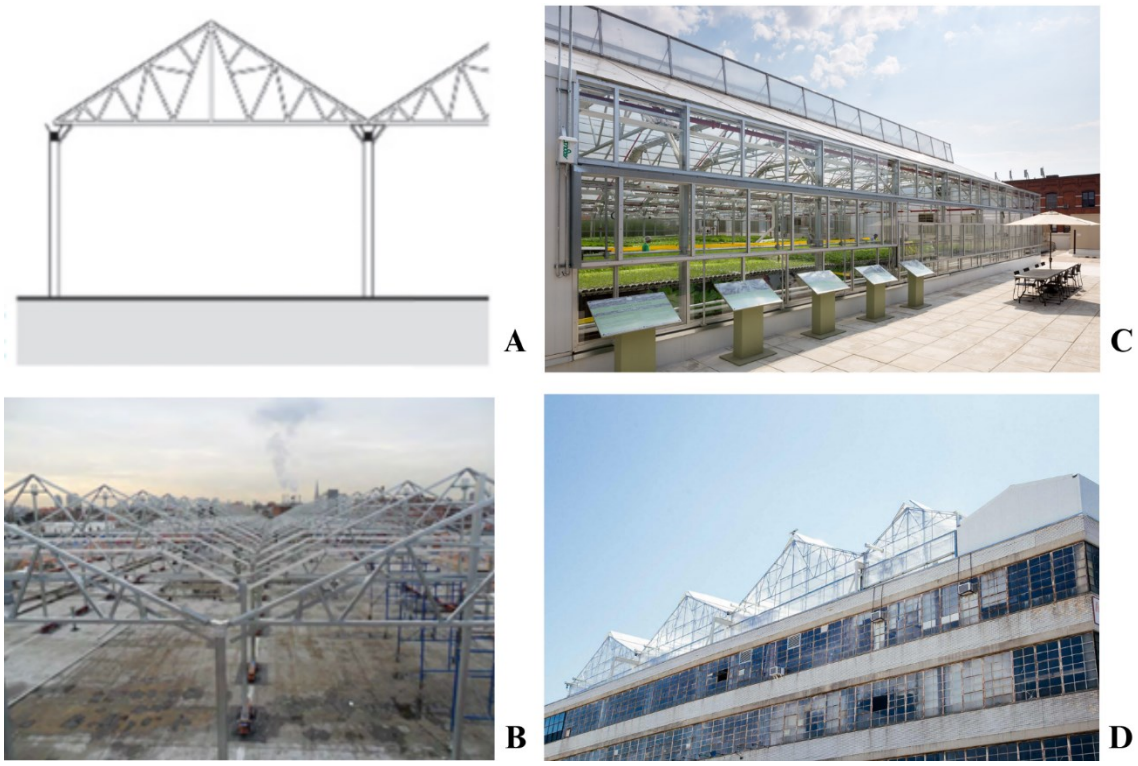
Ülke	Chicago, ABD
Yapım Tarihi	2015
Şirket	Gotham Greens
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Bütüncül Yaklaşım Yöntemi Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Fabrika
Mimarı	William McDonough + Partners
Proje Takımı	İnşaat Mühendisliği, Yapı Mühendisliği, MEP Mühendisliği, Çevre Mühendisliği, Sürdürülebilirlik Danışmanı, Peyzaj Mimarı, Ziraat Mühendisi, Enerji Danışmanı
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Karasal İklim (Dfa)
Mahsuller	Taze yeşillikler



(Gotham Greens, t.y.)

Gotham Greens (GG) seraları; oluk bağlantılı, galvanizli çelik çatı makasları kullanarak inşa edilmiş geniş açıklıklı üçgen çatı tipinde olup (Şekil 3.6), açıklıkları ana binanın yapısına bağlı olarak 8 m ile 15 m arasında değişmektedir. Seraların zeminden kirişin

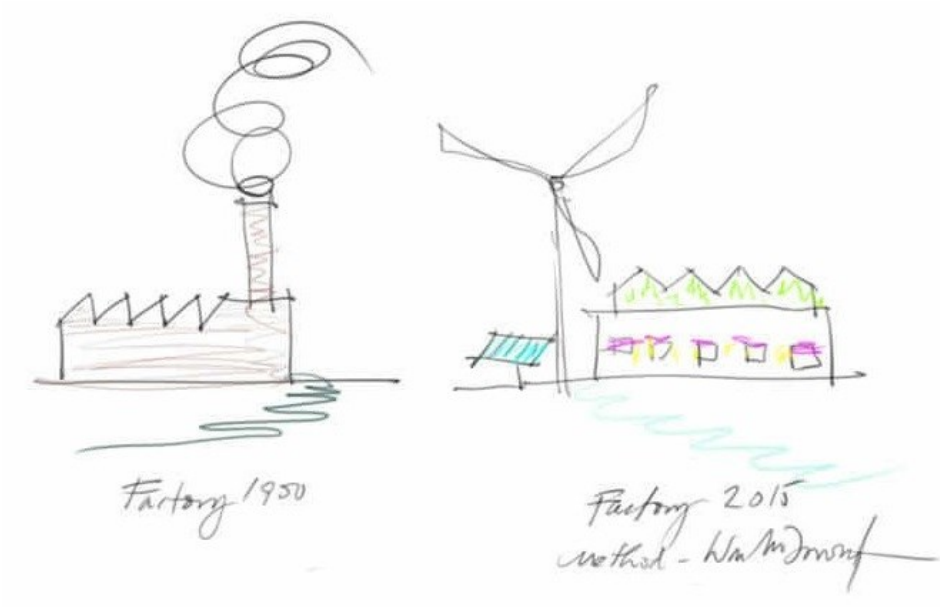
alt kısmına kadar olan net yüksekliği, 3 m ile 4 m arasındadır (Proksch & Ianchenko, 2023). Örtü malzemesi olarak polikarbonat cam kullanılmıştır (Drotleff, 2016). Seralar; bitkilerin yetiştirildiği alan, ofis, hasat sonrası işleme odası ve depo mekânlarından oluşmaktadır (Puri, 2011).



Şekil 3.6. Gotham Greens A) Venlo tipi çatı üstü sera kesiti (Proksch & Ianchenko, 2023) B) Greenpoint çatı üstü serası konstrüksiyonu (Puri, 2011) C) Gowanus çatı üstü sera cephesi (Bl Companies, 2014) D) Queens çatı üstü serası genel görünüm (Gotham Greens, t.y.)

Pullman çatı üstü serasının bulunduğu Method sabun fabrika binası ‘’Beşikten Beşiğe (Cradle to Cradle)’’ kavramının öncüsü olan mimar William McDonough tarafından beşikten beşiğe ilkeleri çerçevesinde tasarlanmıştır (Şekil 3.7). Beşikten beşiğe, sürdürülebilirlik ve çevresel etkileri azaltma amacı güden bir tasarım ve üretim yaklaşımını ifade etmektedir. Bu yaklaşım, ürünlerin kullanım ömrü sona erdiğinde atık oluşturmak yerine, malzemelerin tekrar kullanılabilir veya doğaya zarar vermeden geri dönüştürülebilir olmasını hedeflemektedir. Binanın ve serasının yapımında, çoğunluğu geri dönüştürülmüş içerikli malzemeler ve geri dönüşüm için yönlendirilmiş inşaat

malzemeleri kullanılmış olup, kullanılan tüm malzemeler insan sağlığı ve çevre kriterleri açısından denetlenmektedir (Whalebone, 2019).



Şekil 3.7. William McDonough'un geleneksel bir fabrika ve Method fabrikasının taslağı (Whalebone, 2019)

Gotham Greens, çatı üstü seralarında enerji tüketimini minimize etmek amacıyla çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaktadır. Tüm seralarında, elektrik üretimini sağlamak için fotovoltaik (PV) güneş panelleri bulunmaktadır. Güneş panellerine ek olarak, Gowanus ve Pullman çatı üstü seralarının bulunduğu Whole Foods Market ve Method fabrika binalarında rüzgâr türbinleri de mevcuttur (Şekil 3.8) (Proksch & Ianchenko, 2023). Whole Foods Market binasında ayrıca, 157 kW kapasiteli bir kojenerasyon sistemi (CHP- Combined Heat and Power) de enerji ihtiyacını karşılamaya katkıda bulunmaktadır. Çatı üstü seralar, bulundukları binaların enerji performansını simbiyotik olarak iyileştirmekte ve binaların çatılarını yalıtarak ek enerji tasarrufu sağlamaktadır. Gowanus çatı üstü serası, Whole Foods Market binasına ilave yalıtım sağlayarak, marketin ısıtma ihtiyacını azaltmakta ve yıllık yaklaşık 400.000 dolarlık enerji tasarrufu ile %60 daha verimli bir çalışma ortamı sunmaktadır (Proksch, 2017).



Şekil 3.8. Gotham Greens A) Greenpoint çatı üstü serası güneş panelleri (Puri, 2011) B) Gowanus çatı üstü serası rüzgâr tribünü (Bl Companies, 2014) C) Pullman çatı üstü serası rüzgâr tribünü ve güneş panelleri (Pierotti, 2017)

Gotham Greens tarafından işletilen çatı üstü seralar, üzerinde bulundukları binalardan bağımsız olarak çalışan iklimlendirme sistemlerine sahiptir (Proksch & Ianchenko, 2023). Seraların iklimlendirme sistemlerinde, enerji kaybını minimize etmek ve iç ortam koşullarını optimize etmek için çeşitli teknolojiler ve tasarım tekniklerinden yararlanılmaktadır. Pasif tasarım öğeleri arasında gelişmiş yalıtım, termal açıdan verimli camlar ve güneş ışığını maksimum düzeyde kullanacak şekilde seraların konumlanması bulunmaktadır (De Zeeuw vd., 2017; Puri, 2011). Isı, nem, hava kalitesi ve CO_2 seviyelerini kontrol etmek için aktif iklimlendirme sistemleri olarak enerji perdeleri, fanlar, buharlaşmalı soğutucular, ısıtıcılar ve gölgelendirme perdeleri kullanılmaktadır (Şekil 3.9). Seranın iklimlendirilmesi, enerji kullanımını en iyi şekilde optimize etmek için yüksek teknolojili otomatik sistemlere dayanmaktadır. Bu bilgisayar kontrollü sistemler, sıcaklık, nem, hava kalitesi, CO_2 seviyeleri ve sulama gibi kritik parametreleri sürekli olarak izlemekte ve dış ortam koşullarındaki değişikliklere gerçek zamanlı olarak yanıt vererek sera iklimini ayarlamaktadır (Proksch & Ianchenko, 2023).

Seraları, pasif güneş enerjisinden maksimum düzeyde faydalanacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak, güneş ışığının yetersiz kaldığı durumlarda, bitkilerin fotosentetik ihtiyaçlarını karşılamak için LED aydınlatma teknolojisinden yararlanılmaktadır (Milford vd., 2019). Seralarda kapalı devre sulama sistemi bulunmakta olup, sulamadan kaynaklı atık suların yeniden kullanımı sağlanmaktadır. Ayrıca, Pullman ve Gowanus seralarında yağmur suyu toplanmakta ve sulama suyu olarak kullanılmaktadır (Proksch & Ianchenko, 2023).



Şekil 3.9. Gotham Greens çatı üstü seraları içten görünüm A) Greenpoint (Puri, 2011) B) Gowanus C) Queens D) Pullman (Gotham Greens, t.y.)

Ülkedeki ilk ticari ölçekli çatı üstü serasının inşa etmek, bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. İnşaat süreci, alttaki binanın dayanıklılığını sağlamak için geleneksel zeminde inşa edilmiş bir yapıya göre daha fazla çaba ve mühendislik çalışması gerektirmiştir. Bu süreçte, sınırlı alanın etkisi göz önüne alındığında, düzen ve tasarım büyük bir öneme sahip olmuştur (Drotleff, 2014). İlk çatı üstü serası projesini uygulamak; uygun imar, izin ve onaylar için emsal olmadığı dolayısıyla takip edilecek bir planının bulunmadığı anlamına gelmektedir. Şehirlerin, imar ve izin çerçeveleri çatı

üstü seraları için yer seçiminde ve inşasında çeşitli yasal faktörlerin devreye girmesine neden olmaktadır. Yapılı çevre perspektifinden ele alındığında, çatı üstü seralarının inşası üzerinde etkili olan arazi kullanım kanunu ve bina kanunu olmak üzere iki temel izin türü bulunmaktadır. Arazi kullanım kanunu, özellikle kentsel bölgelerde tarımsal kullanım için izin verilip verilmemesini belirlemektedir. Ancak, çoğu imar planı, tarımsal kullanımın ticari bir binanın üzerinde olasılığını genellikle öngörmemektedir, bu da projelerin yasal olarak uyumlu hale getirilmesi için mevcut imar düzenlemelerinde değişiklik yapılmasını gerektirmektedir. İmar aynı zamanda, çatı üstü seralarının inşası sırasında bina yüksekliği sınırlamaları ve taban alanı oranı sınırlamaları gibi faktörleri de içermektedir. Bu faktörler, projenin bina kat sayısı ve genel tasarımını etkilemektedir. Dolayısıyla, çatı üstü serası için, ek bir kat eklenmesine izin veren veya bu tür projeleri teşvik eden imar düzenlemelerinin olması gerekliliği doğmuştur. Greenpoint çatı serası projesi ile birlikte, 2010 yılında New York City ve Seattle gibi şehirler, gıda üretimi için çatı seralarını teşvik eden yeni imar düzenlemeleri geliştirmeye başlamıştır (Proksch & Ianchenko, 2023).

Şehir merkezlerinde çatı üstü serası inşası; teknik, finansal ve çevresel zorlukları içeren karmaşık bir süreçtir. Seraları binaların üzerine inşa etmek zemin seviyesinde inşa etmeye kıyasla çok büyük zorluklar içermektedir. Bu zorluklar; bina dayanıklılığı, malzeme taşıma, çevresel düzenlemeler ve komşu ilişkileri gibi çeşitli faktörleri içermekte olup bu nedenle sera inşası planlanırken bu faktörlerin dikkatlice değerlendirilmesi gerekmektedir. Greenpoint, Queens çatı üstü serasının inşasında, mevcut binanın statik ve hava koşullarından kaynaklanan yükleri kaldırabilmesi için yapısal çerçevesine takviye sistemleri eklenmesi gerekmiştir (Zurko, 2016). Bu durum, binanın dikey sirkülasyon altyapısına yönelik düzenlemeler için de geçerlidir. Bir yük asansörü veya mevcut bir asansör boşluğunun uzatılması da dâhil olmak üzere ek bir çıkış yolu kurmak, mevcut kiracıları doğrudan etkileyen maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir. Greenpoint ve Queens çatı üstü seralarında, bu tür pahalı değişikliklerden kaçınmak için çatı katını aşağıdaki kata bağlamak üzere bir konveyör bandı kurulmuştur. Kurulan konveyör bant sistemi, hasat edilen ürünlerin mevcut asansöre aktarılmasını ve dağıtımını sağlamaktadır. Sulama ihtiyacını karşılamak amacıyla yağmur suyu toplama sisteminin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Yapılan maliyet

analizleri, Greenpoint ve Queens çatı üstü seralarında su depolama tankının inşasının ekonomik olmadığını göstermiştir. Bu nedenle, yağmur suyu depolama sistemi bu seralarda kurulamamıştır (Proksch & Ianchenko, 2023). Ayrıca, binanın çatısına bir sera inşa edilmesini kabul edecek bir ev sahibi bulmak gerekmektedir. İhtiyaç duyulan uygulama ne olursa olsun, ev sahibi binada yapılacak her türlü önemli değişikliği üstlenmeye ya da desteklemeye istekli olmalıdır. Çatıya malzeme taşıma ve depolama süreci de çeşitli zorlukları içermektedir. Şehir çatılarında sınırlı alan nedeniyle malzeme taşıma ve depolama için özel bir planlamaya ihtiyaç vardır. Çoğu zaman malzemeleri depolamak için uygun yer bulunmamaktadır. Depolama için özel alanlara ihtiyaç duyulabilmektedir. Malzemelerin çatıya taşınması için vinç gerekmektedir. Ancak bunlar ek maliyet ve koordinasyon ile mümkündür (Zurko, 2016).

Çatı üstü seraların yeni inşaatlara tam entegrasyonu, ancak sera projesinin inşaat sürecine yeterince erken dâhil edilmesiyle mümkündür. Gowanus çatı üstü serasının, ana bina ile birlikte planlanması ve tasarlanması daha yüksek bir entegrasyon düzeyine olanak sağlamıştır. Seranın yapısı, ana binanın yapısal ızgarasına entegre edilerek, tasarım sürecinin erken aşamalarında standart bölme boyutlarının belirlenmesi gibi fırsatlar sunmuştur. Bu entegrasyon sayesinde, market reyonlarının aralıkları sera yapısıyla uyumlu hale getirilerek alan kullanımı optimize edilmiştir. Pullman çatı üstü serasının inşasında, tasarım sürecinin başında seranın eklenmesinin planlanmaması nedeniyle zorluklar yaşanmıştır. Sera yapımına bina inşası başladıktan sonra karar verilmiştir. Ana binanın çatısı, sera zemini olarak uygun olmayan bir eğimle inşa edilmiştir. Ancak, çatı üstü serasının inşa kararının erken alınması sayesinde, potansiyel yetiştirici kiracının çatıya kolay erişimini sağlamak amacıyla, özel bir asansör ve yükleme iskelesi projeye dâhil edilebilmiştir. Yaşanan zorluklara rağmen, gerekli düzenlemeler yapılarak proje tamamlanabilmiştir (Proksch & Ianchenko, 2023).

3.2.3. Arbor House

Arbor House (Çizelge 3.10), prekast beton ve tuğla panelli duvar sistemiyle inşa edilen sekiz katlı binanın üzerinde bütüncül tasarım yöntemiyle kurulmuş, 8000 m^2 bir alana sahip izole çatı üstü seradır (Şekil 3.10) (Serlin, 2013).

Çizelge 3.10. Arbor House çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Bronx, ABD
Yapım Tarihi	2012
Şirket	Sky Vegetables
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Bütüncül Yaklaşım Yöntemi İzole Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Toplu Konut
Mimarı	Danois Architects ve ABS Architecture
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Nemli Subtropikal (Cfa)
Mahsuller	Yeşillikler (marul, lahana, pazı, su teresi vb. otlar)



(Serlin, 2013)

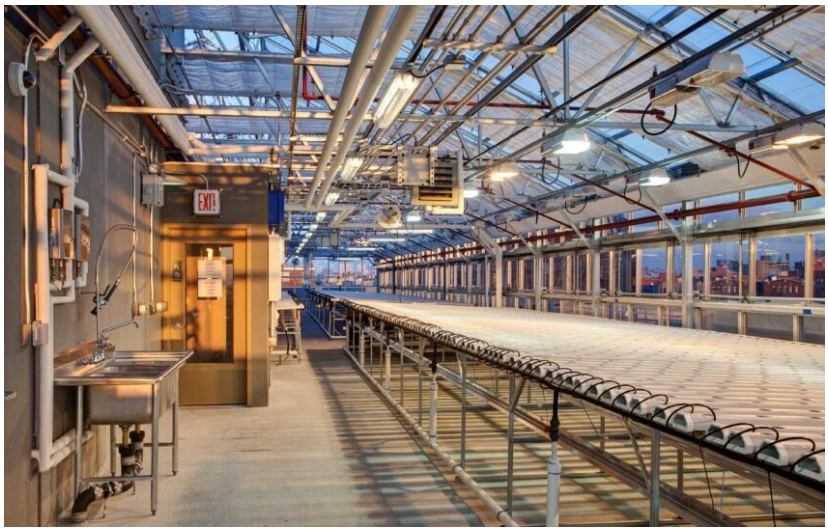


Şekil 3.10. Arbor House genel görünüm (Serlin, 2013) (Reuben, 2016)

Binanın enerji ihtiyacını karşılamak için herhangi bir yenilenebilir enerji kaynağı kullanılmamakta ve mevcut enerji akışlarından faydalanılmamaktadır. Ayrıca, bina ile sera arasında bir bağlantı bulunmamaktadır.

Cam tavanlı serada, gölgelendirme perdeleri kullanılmıştır (Şekil 3.11). Çatıdaki açılabilir pencereler, doğal havalandırmayı sağlamaktadır (Harlow, 2013). Bu mimari özellikler, sera içindeki sıcaklık ve ışık kontrolüne yardımcı olmaktadır. Sera, yağmur suyunun toplanması ve yönetilmesi için gelişmiş bir yağmur suyu yönetim sistemine

sahiptir. Çatıdan toplanan yağmur suyu, bodrum kattaki iki sarnıçta depolanmaktadır. Depolanan su, arıtıldıktan sonra bitkilerin sulanması için tekrar çatıya pompalanmaktadır. Gelişmiş yağmur suyu yönetim sistemi, gerçek zamanlı hava tahmini verilerine dayanarak, yağışlı havalardan önce depolanan suyun tahliyesini de sağlamaktadır (Opti, 2021).



Şekil 3.11. Arbor House içten görünüm (Serlin, 2013)

Proje geliştiricileri, çatıda hidroponik bir sera oluşturma kararı aldıktan sonra, New York City (NYC) imar ve inşaat yönetmelikleriyle ilgili zorluklarla karşılaşmıştır. Bu yenilikçi yaklaşım, yerel yönetimden izin alınması için uzun süreçler ve alternatif malzeme arayışları gerektirmiştir. Ancak, NYC Planlama ve İnşaat Departmanları proaktif ve çözüm odaklı bir yaklaşımla iş birliği içinde çalışmıştır. Bu proje, NYC yetkilileriyle olan işbirliği sürecinin, projenin hayata geçirilmesinde ve etkinliğinde hükümetin olumlu katkılarını gösteren bir örnek teşkil etmektedir (Mosher, 2020). Serayı işleten şirketin iflası nedeniyle, çatı serasında üretim sonlanmıştır.

3.2.4. Ecodome

Ecodome (Çizelge 3.11), Loyala Üniversitesi Çevresel Sürdürülebilirlik Enstitü binasının üzerine bütüncül tasarım yöntemi ile inşa edilmiş, 288 m^2 alana sahip entegre çatı üstü seradır (Loyola University Chicago, t.y.).

Çizelge 3.11. Ecodome çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Chicago, ABD
Yapım Tarihi	2013
Şirket	Loyola Üniversitesi Çevresel Sürdürülebilirlik Ensitüsü
Üretim Amacı	Araştırma ve Eğitim
Entegrasyon Yöntemi	Bütüncül Yaklaşım Yöntemi Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Kamu Binası
Mimarı	Solomon Cordwell Buenz
Proje Takımı	Yapı Mühendisliği, MEP Mühendisliği, İklimlendirme Mühendisliği, Aydınlatma Danışmanı, Peyzaj Mimarı
Üretim Tekniği	Akuaponik
Bölge İklimi	Nemli Karasal İklim (Dfa)
Mahsuller	Tlipia balığı ve Çeşitli sebzeler



(Moxham, 2015)

Çelik kafes kiriş sistemi ile inşa edilen eko kubbeli sera (Şekil 3.12) iki kat yüksekliğindedir (Wsp, 2024). Binanın zemin katında öğrencilerin kullanımına yönelik ortak alanlar bulunurken, üst katta sera yer almaktadır. Seraya, lobideki atriumdan ulaşılmaktadır (Şekil 3.13). Seranın kubbe şeklindeki cam dış kabuğu, pasif tasarımı tamamlayıcı nitelikte olup havalandırmayı, yağmur suyu yönetimini ve içeride yetişen bitkiler için doğal ışığı sağlayarak bir cepheden daha fazlasını sunmaktadır.

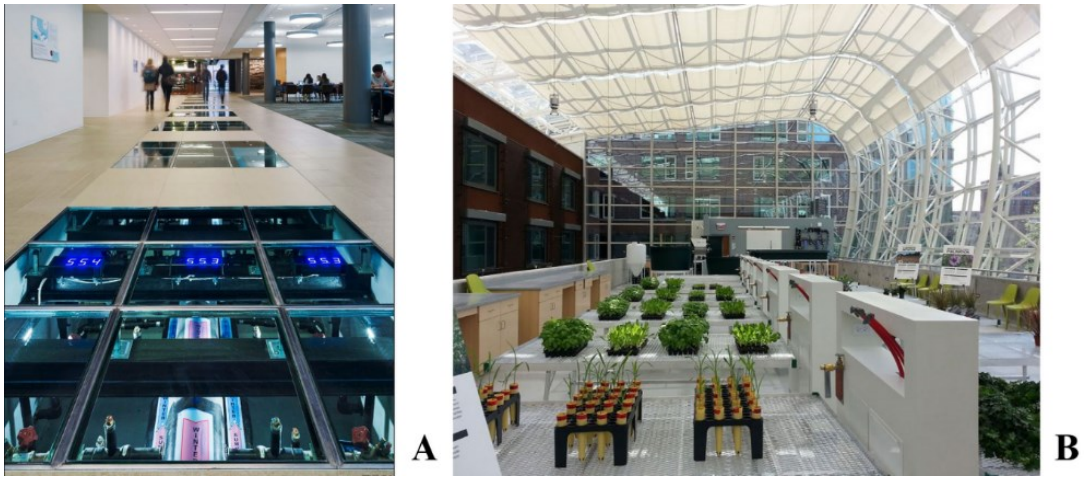


Şekil 3.12. Ecodome eko kubbeli sera cephesi yakından görünüm (Wsp, 2024)



Şekil 3.13. Ecodome A) Atriumdan ulaşım B) İçten görünüm (Moxham, 2015)

Binada yenilenebilir enerji kaynağı olarak, jeotermal sistem kullanılmaktadır. Isıtma ve soğutma için kullanılan bu sistem, döşemelere entegre edilmiştir. Giriş katındaki zeminde yer alan cam paneller (Şekil 3.14), öğrenci ve ziyaretçilere jeotermal sistemin işleyişini görsel olarak sunarak, binanın eğitim amacına katkıda bulunmaktadır (Moxham, 2015).

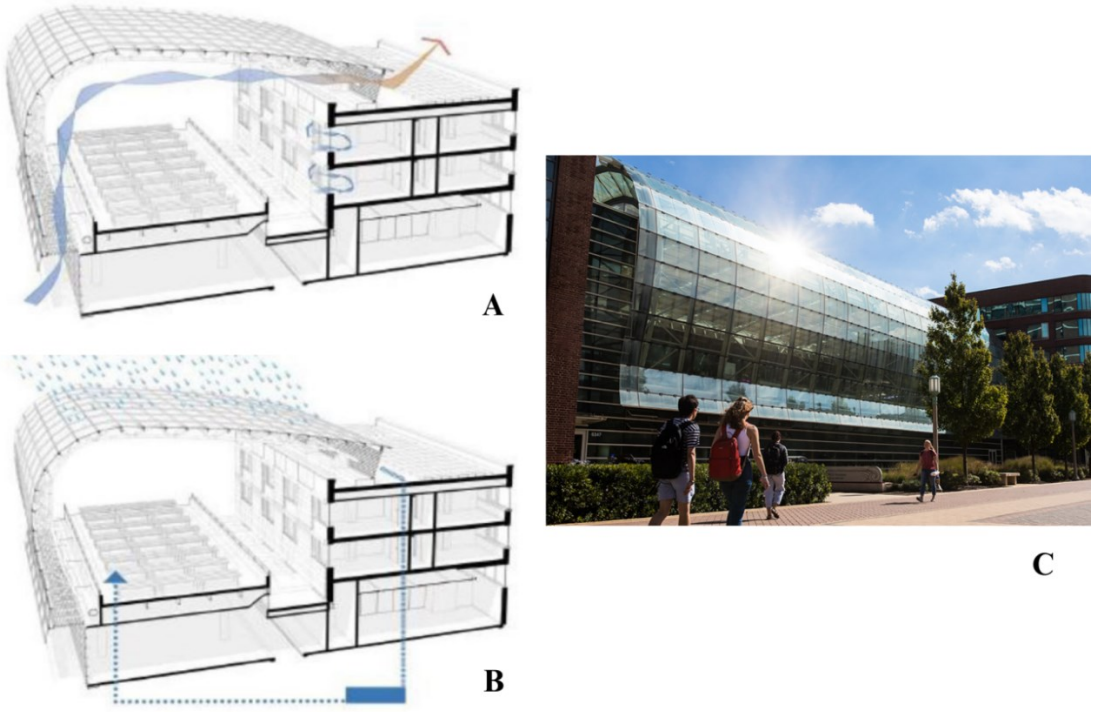


Şekil 3.14. Ecodome A) Jeotermal sistem (Moxham, 2015) B) İçten görünüm (Tarricone, 2015)

Seranın kubbe şeklindeki cam dış kabuğu, pasif tasarım ilkelerine uygun olarak havalandırma, yağmur suyu yönetimi ve doğal aydınlatma sağlamaktadır. Seranın dış kabuğunda, bilgisayar kontrollü havalandırma delikleri bulunmaktadır. Dış kabukta bulunan havalandırma delikleri, yükselen sıcak hava seranın üst kısmından dışarı

çıkarken, soğuk havanın alttan girmesine izin vermektedir (Şekil 3.15). Böylece dış kabuk sayesinde mekanik yardıma gerek kalmadan doğal havalandırma sağlanmaktadır (Loyola University Chicago, t.y.). Güneş ışığından maksimum faydalanmak amacıyla oluşturulan kubbe şeklindeki seranın çatısında, aşırı güneş ışığına maruz kalınması durumunda, parlama ve güneş ısısı kazanımını en aza indirmek için otomatik gölgelikler bulunmaktadır (Şekil 3.14). Gün ışığının yetersiz olduğu durumlarda ise LED ve sarkıt monteli CMH aydınlatmalar kullanılmaktadır (Tarricone, 2015).

Binada yağmur suyu yönetim sistemi bulunmaktadır. Binayı saran kubbe şeklindeki cam kabuğun şekli yağmur suyunu toplamayı kolaylaştırmaktadır (Şekil 3.15). Toplanan yağmur suyu, yer altındaki sarnıçlarda depolanarak, sera sulamasında ve alt kattaki tuvaletlerin sifonlarında kullanılmaktadır (Loyola University Chicago, t.y.).



Şekil 3.15. Ecodome A) Doğal havalandırma şeması B) Yağmur suyu toplama şeması (IES, 2013) C) Dış kabuk görünüşü (Loyola University Chicago, t.y.)

3.2.5. ICTA – ICP Araştırma Merkezi

ICTA – ICP Araştırma Merkezi (Çizelge 3.12), Barselona Universitat Autònoma (UAB) kampüsünde bulunan Çevre Bilimleri Enstitü binasının üzerine, bütüncül tasarım yöntemi ile inşa edilmiş, 1508 m^2 alana sahip entegre çatı üstü seradır (Muñoz-Liesa vd., 2021).

Çizelge 3.12. ICTA – ICP Araştırma Merkezi çatı üstü serası künye bilgileri

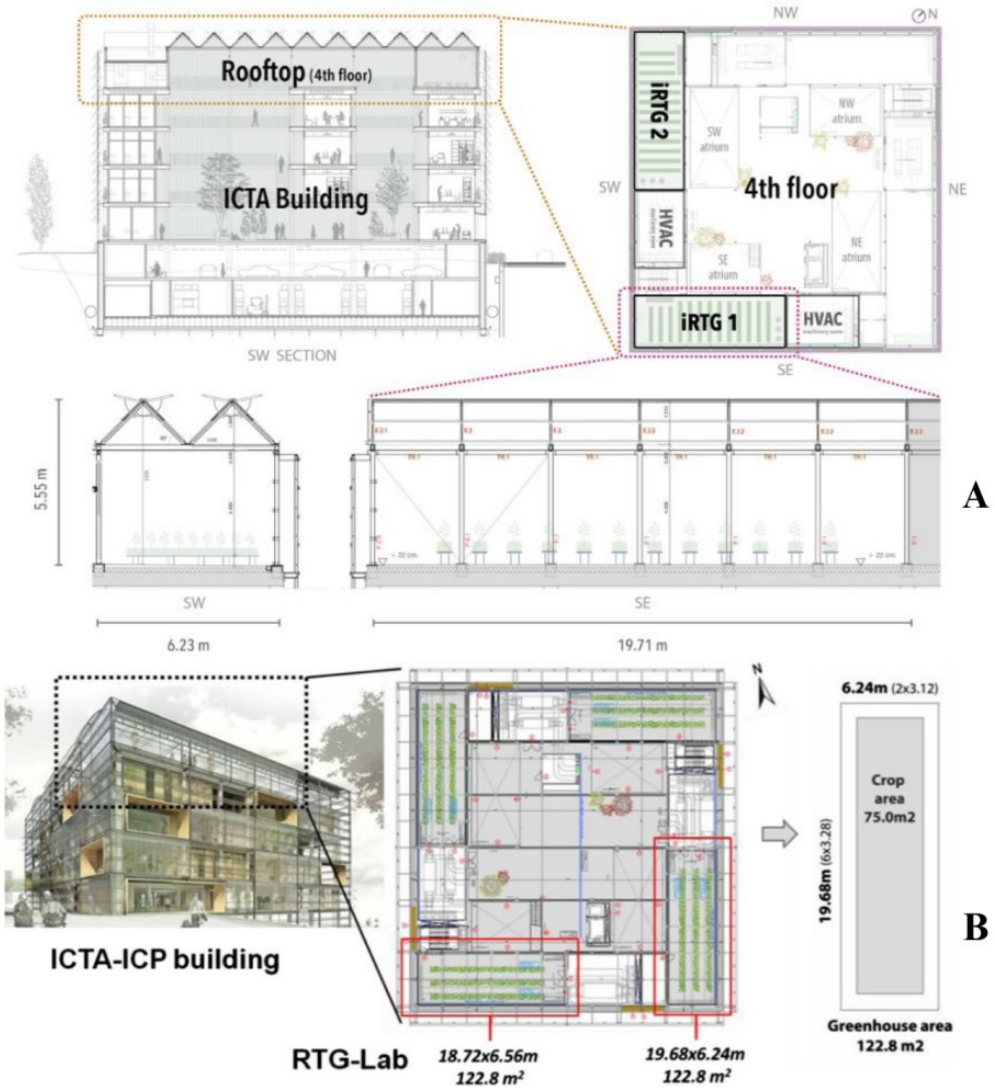
Ülke	Barselona, İSPANYA
Yapım Tarihi	2014
Şirket	ICTA (Çevre Bilimi ve Teknolojisi Enstitüsü)- ICP (Katalan Paleontoloji Enstitüsü)
Üretim Amacı	Araştırma ve Eğitim
Entegrasyon Yöntemi	Bütüncül Yaklaşım Yöntemi Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Kamu Binası
Mimarı	DATAAE ve HARQUITECTES
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Akdeniz İklimi (Csa)
Mahsuller	Taze yeşillikler ve domates



(ArchDaily, 2015)

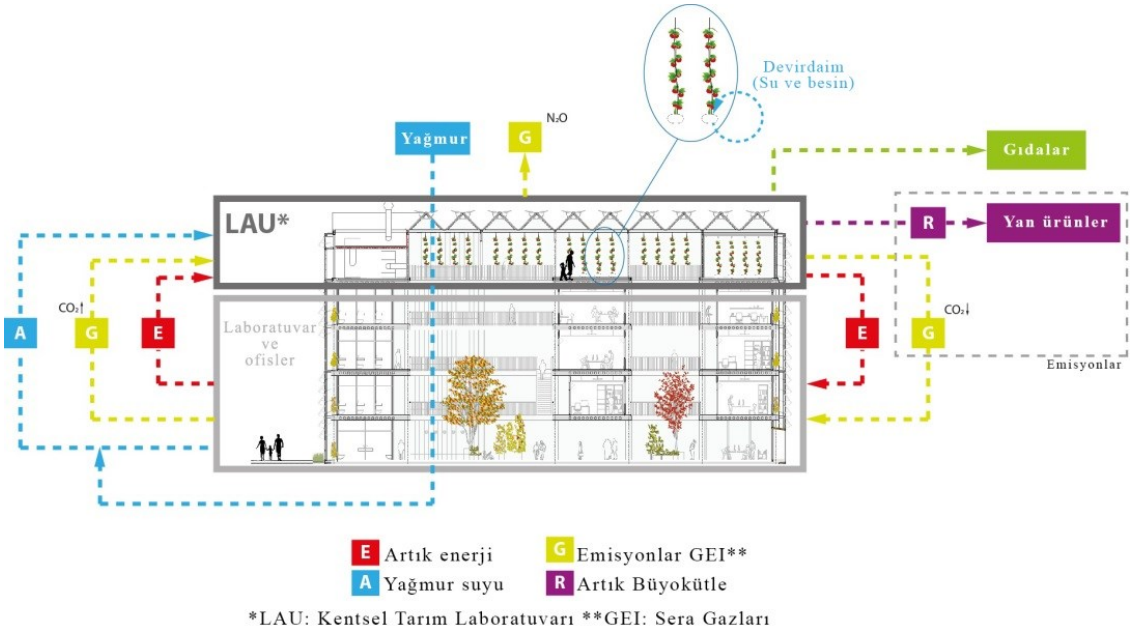
Sera, iki kat yerin altında olmak üzere altı katlı betonarme bir binanın çatısına, galvanizli çelik ve polikarbonat malzemeler kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 3.16). İki açıklıklı ve oluk bağlantılı venlo tipli seranın yüksekliği 4 metredir (Muñoz-Liesa vd., 2021). Bina; kompakt hacim, tersine çevrilebilirlik, çok işlevlik, enerji verimliliği, pasif ev, sera ve bina entegre tarım ilkelerine uygun olarak tasarlanmıştır (Sanyé-Mengual, Oliver-Solà, vd., 2015). Binada; yüksek termal dayanıklılığa, uzun ömre sahip ve çevresel etkisi düşük malzemeler seçilmiştir. Ayrıca, geri dönüşümlü ve yeniden kullanılabilir organik veya geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması öncelikli olmuştur (ArchDaily, 2015). Zemin katta salon, kafeterya, derslik, toplantı odası, yönetim alanı mevcut olup üst katlarda ise ofisler ve laboratuvarlar bulunmaktadır.

Çatıda, gıda üretimine yönelik her biri 128 m^2 olan 4 adet üretim alanı mevcuttur (Nadal vd., 2017).



Şekil 3.16. ICTA – ICP Araştırma Merkezi A) Bina ve sera kesiti (Muñoz-Liesa vd., 2021) B) Çatı üstü sera kat planı (Sanyé-Mengual, Oliver-Solà, vd., 2015)

Bina; enerji tüketimini azaltmak için pasif sistemler içermekte olup, sera ile bina arasındaki enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanmak üzere tasarlanmıştır (Şekil 3.17). Binanın ısıtılması, yerin altına ulaşan jeotermal sistemle sağlanırken, seranın ısıtılmasında ise binanın atık ısısından yararlanılmaktadır. Mimari tasarım, bu sistemlerin entegrasyonunu kolaylaştırmak ve enerji akışını optimize etmek üzere kurgulanmıştır (Nadal vd., 2017).



Şekil 3.17. ICTA – ICP Araştırma Merkezi binası su, atık ısı ve CO_2 akış şeması (Fertilecity, t.y.)

Bina tasarımı, ofisler ve laboratuvarlar tarafından oluşan ısıyı kış aylarında değerlendirmeyi ve yaz aylarında doğal havalandırma ile dağıtmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda bina, iç atriumlara ve çift kabuklu bir cepheye sahiptir (Şekil 3.18).



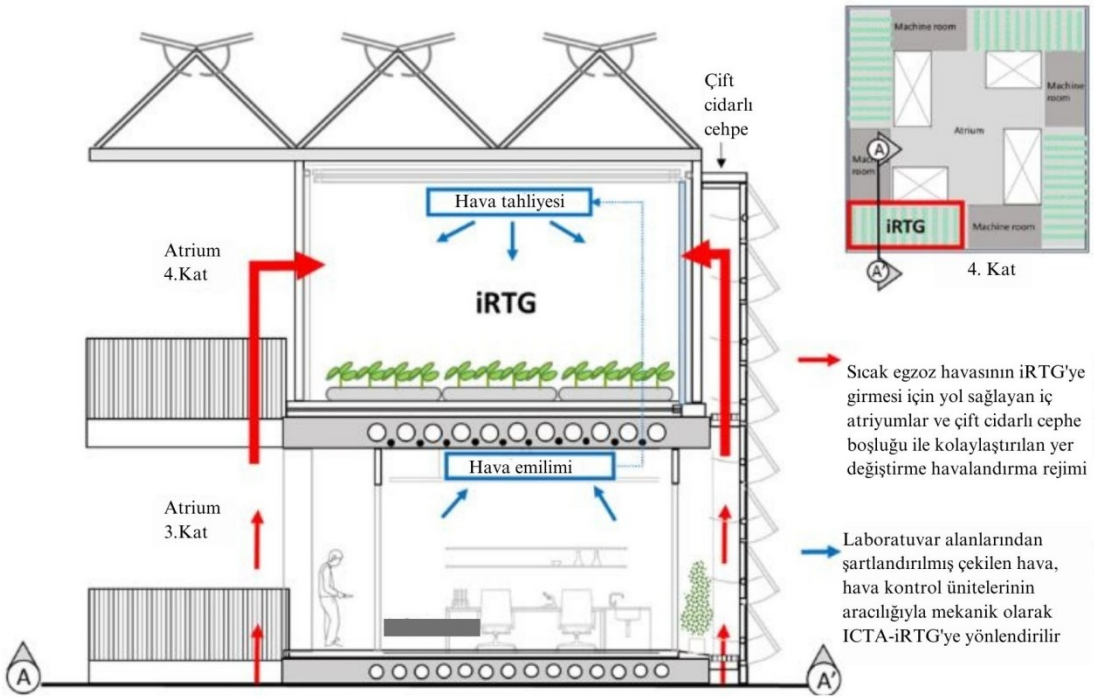
Şekil 3.18. ICTA – ICP Araştırma Merkezi A) Biyoklimatik dış kabuk B) Çatı üstü serası kısmi görünüşü C) Atrium boşluğu (ArchDaily, 2015)

Binanın cephesinde, güneş ışığı ve havalandırmayı kontrol etmek için açılıp kapanabilen, polikarbonat levhalardan oluşan biyoklimatik bir dış kabuk bulunmaktadır. Bu levhalar, çelik bir çerçeve içinde yer almaktadır. Levhaların açılıp kapanması

sıcaklığa bağlı olarak otomatik olup, farklı dış koşullara uyum sağlayabilecek bir protokol izlenerek özel tasarlanmış yazılım sistemi ile kontrol edilmektedir. Sistem, binanın pasif davranışını maksimum düzeyde tutacak ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımını en aza indirecek şekilde programlanmıştır. (Nadal vd., 2017). Ayrıca alt kattaki ofis ve laboratuvarlar, iyileştirilmiş iç iklimde konfor koşullarını sağlamak için kullanışlı cam açıklıklara sahip, iyi yalıtılmış ahşap kutulardan oluşmaktadır (ArchDaily, 2015).

Bina, farklı kullanım yoğunluklarına göre beş farklı iklim tipine uygun olarak tasarlanmıştır: İklim 1: Isıtmalı/soğutmalı laboratuvarlar, İklim 2: Isıtmalı/soğutmalı çalışma alanları ve ofisler, İklim 3: Isıtmasız/soğutmasız ortak alanlar, İklim 4: Isıtılmamış/soğutulmamış çatı üstü serası, İklim 5: Bodrum katlar. Bu iklim tipleri, kullanım alanlarının işlevlerine ve termal gereksinimlerine göre belirlenmiştir. Seranın iklimlendirilmesi ise, aktif ve pasif ısıtma/soğutma stratejilerine dayanmaktadır. Sera ve bina arasındaki termal etkileşim; klima santralleri aracılığıyla, çift cedarlı cephe boşluğundan ve atriumdan yükselen hava ile olmak üzere üç yoldan sağlanmaktadır (Şekil 3.19). Çatı üstü serasını ısıtmak için ayrıca alt kattaki ofis ve laboratuvarlara ait HVAC sistemlerinden gelen egzoz havası kullanılmaktır. Bu atık havanın daha yüksek CO_2 konsantrasyonu ve nemi, aynı zamanda mahsul verimini artıran doğal gübre görevi de görmektedir (Nadal vd., 2017).

Biyoklimatik dış kabuk, iç avlular ve çift cidarlı cephe; kışın pasif ısıtmayı kolaylaştırırken yaz aylarında ise doğal havalandırmaya yardımcı olmaktadır. Dış yüzeyden gelen taze hava iç atriyumdan ve cephe boşluğundan geçerek dikey olarak yükselmektedir (Şekil 3.20). Bu sayede, basit bir şekilde doğal havalandırma sağlanarak iç mekânlardaki hava yenilenmektedir. Ayrıca, serada enerji tasarrufu amacıyla hem iç ısı koşullarını iyileştirmek hem de izolasyon sağlamak için tavanda ve pencerelerde düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) termal perdeler bulunmaktadır (Şekil 3.21). Bu perdeler, sera içindeki sıcaklığa bağlı olarak otomatik olarak açılıp kapanarak iç ısı koşullarını iyileştirmekte ve ısı kayıplarını azaltmaktadır. Yağmur suyu çatı yüzeyinden toplanarak depolanmakta ve bitkilerin sulanmasında kullanılmaktadır (Nadal vd., 2017).



Şekil 3.19. ICTA – ICP Araştırma Merkezi ve çatı üstü serası arasındaki ısı alışverişi için üç ana akış yolu (Nadal vd., 2017)



Şekil 3.20. ICTA – ICP Araştırma Merkezi pasif havalandırma şeması (ArchDaily, 2015)



Şekil 3.21. ICTA – ICP Araştırma Merkezi çatı üstü serası içten görünüm (ArchDaily, 2015; Fertilecity, t.y.)

İnşa süreci boyunca sera ve ICTA-ICP araştırma binasının yapımı, İspanyol Teknik Eğitim Yasası ve yangın güvenliği yasaları dâhilinde yürütülmüştür. Bu uyarlamalar, daha fazla malzeme kullanımını gerektiren ve geleneksel sera bileşenlerine göre daha yüksek çevresel etkiye sahip olabilecek bir çatı üstü serası yapısıyla sonuçlanmıştır. Öncelikle, çatı sera yapısı kapalı ortam tarımı gereksinimlerine uygun hale getirilerek ek kaynak kullanımı sağlanmıştır. İkincisi, güvenlik (örneğin yangın) nedeniyle LDPE'nin sera çatı malzemesi olarak kullanılmasına izin verilmemiş ve bu nedenle sera örtüsü polikarbonattan yapılmıştır. Bu da, alan başına daha fazla kaynak kullanımı gerektiren (yani daha kalın malzeme) ve daha yüksek etkili malzemelerin kullanımıyla sonuçlanmıştır (Sanyé-Mengual, Oliver-Solà, vd., 2015).

3.2.6. Uf 002 De Schilde

Uf 002 De Schilde (Çizelge 3.13), 1200 m^2 alana sahip izole çatı üstü sera olup, modernist mimar Dirk Roosenburg tarafından 1950'li yıllarda Philips için tasarlanan altı katlı bina üzerinde bulunmaktadır (Sabre, 2021b).

Çizelge 3.13. Uf 002 De Schilde çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Lahey, HOLLANDA
Yapım Tarihi	2016
Şirket	UrbanFarmers
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon İzole Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Ofis Binası
Mimarı	SPACE&MATTER
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Akuaponik
Bölge İklimi	Ilıman Okyanusal İklim (Cfb)
Mahsuller	Tilapia balığı, Domates, Salatalık ve Taze yeşillikler



(Space&Matter, 2024)

Uf 002 De Schilde, mevcut tuğla binanın üzerine çelik ve cam kullanılarak inşa edilmiş venlo tipi seradır (Şekil 3.22). Cephede çift katlı temperli cam kullanılmıştır. Çatı üstü serası için mevcut binada yapılan tadilat çalışmaları, altıncı katın ve çatının dönüştürülmesini içermektedir (Sabre, 2021b).



A

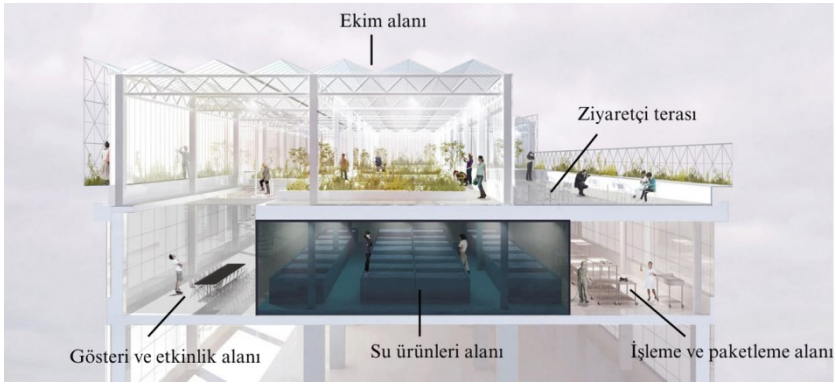


B

Şekil 3.22. Uf 002 De Schilde A) Genel görünüm B) Cepheden görünüm (Space&Matter, 2024)

Çatı katında; yapraklı sebzeler ve meyveler için iki ayrı 1050 m^2 ekim alanı ve 150 m^2 ziyaretçi terası bulunmaktadır. Altıncı katta ise; 370 m^2 kapalı bir balık çiftliği, 250 m^2

entegre işleme ve paketleme alanı, ayrıca etkinlikler ve rehberli turlar için 250 m^2 bir alan yer almaktadır (Şekil 3.23) (Sabre, 2021b). Girdilerin, ürünlerin ve insanların taşınmasını kolaylaştırmak amacıyla, çatı ile altıncı kat arasına bir asansör eklenmiştir. (De Zeeuw vd., 2017).



Şekil 3.23. Uf 002 De Schilde çatı üstü sera şematik kesiti (Space&Matter, 2024)

Uf 002 De Schilde çatı üstü serası, enerji gereksinimini karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmamaktadır. Sera ile mevcut bina arasında enerji alışverişi bulunmamakta ve mevcut enerji akışları değerlendirilmemektedir (Sabre, 2021b).

Sera, iki farklı iklim bölgesine ayrılmıştır. Yapraklı sebzelerin yetiştirildiği birinci bölümde kış aylarında sıcaklık 16-18°C aralığında tutulurken, meyve veren sebzelerin yetiştirildiği ikinci bölümde sıcaklık 20-22°C aralığında korunmaktadır. Isıtma, doğal gazla çalışan ve sebze sıraları arasında yerde bulunan metal borular aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu borular aynı zamanda hasat sırasında kullanılan arabaların taşınması için ray görevi görmektedir (Heijden & Negrao, 2018). Serada doğal havalandırma dışında bir soğutma sistemi bulunmamakla birlikte, ısı kayıplarını azaltmaya yardımcı olan hareketli bir gölgelik perdesi kullanılmaktadır. Sulama sisteminde şebeke suyunun yanı sıra balık havuzundaki sudan da faydalanılmaktadır (Şekil 3.24). Doğal ışığın yetersiz kaldığı durumlarda yapay aydınlatma için, yapraklı yeşil sera için 400 W, meyve serası için ise 600 W gücünde Yüksek Basınçlı Sodyum (HPS) buharlı lambalar tercih edilmiştir (Sabre, 2021b).



Şekil 3.24. Uf 002 De Schilde içten görünüm (Heijden & Negrao, 2018; Space&Matter, 2024)

Hollanda'da Dirk Roosenburg tarafından 1950'lerde inşa edilen bina, terk edilmeden önceden Philips televizyon ve telefon seti fabrikası olarak kullanılmıştır. 2013 yılında Lahey Belediye Meclisi, boş olan binayı yeniden kullanmak için bir yarışma düzenlemiş, Urban Farmers yarışmayı kazanmıştır. Urban Farmers, belediye desteği ve özel finansmanın yanı sıra Lahey'in Yer ve Ekonomi Fonu'ndan bir Avrupa kredisi alarak binayı kiralama fırsatı yakalamıştır (EcoWatch, 2016). Ancak bu girişim, çatı çiftliğindeki üretimin yeterli gelir getirmemesi nedeniyle 2018 yılında sonlandırılmıştır.

Şehir içinde çatı üstü sera kurulumu, özellikle mevcut bir binanın altıncı katında gerçekleştirildiğinde, bir dizi teknik ve operasyonel zorlukları beraberinde getirmiştir. Zemin ve çatının taşıyabileceği maksimum ağırlığın sınırlı olması, balık havuzlarının derinliğini kısıtlamıştır. Çatıdaki sera yapısı ve balık çiftliği, farklı şirketler tarafından kurulmuştur. Entegre bir balık-sebze üretim sistemi tasarlamak için, her iki şirketin de kendi sektörlerinin gereksinimlerini ve sınırlamalarını anlayarak işbirliği yapmaları gerekmektedir. Şehir içerisinde bulunan 6 katlı bir binanın çatısında sera işletmek, kendine özgü zorlukları ve sorunları da beraberinde getirmektedir. Su ve gaz fiyatları, şehir merkezinde kırsal bölgelere kıyasla daha yüksektir. Bu, kırsal bölgedeki firmalarla sadece fiyat üzerinden rekabet etmeyi zorlaştırmıştır. Ayrıca, sera aydınlatmasının gece boyunca gökyüzünde oluşturduğu ışık kirliliği, çevredeki sakinlerin şikâyetlerine neden

olmaktadır. Çatıdaki operasyonların lojistiği için asansör kullanımı gerekmektedir. Günlük işleyişin sorunsuz olması, asansörün etkin çalışmasına bağlıdır. Çatıda çalışmak, çalışanlar ve ziyaretçiler için günlük lojistiği daha karmaşık hale getirmektedir (Heijden & Negrao, 2018).

3.2.7. Ferme Abattoir

Ferme Abattoir (Çizelge 3.14), mevcut betonarme tek katlı bir binanın üzerine inşa edilmiş, 2000 m^2 alana sahip entegre çatı üstü seradır. Çelik ve cam malzeme kullanılarak inşa edilen venlo tipi seranın yüksekliği 7,6 m'dir. Cephenin en alt kısmında ve sera çatısında temperli cam, cephenin geri kalan kısmında ise tempersiz cam kullanılmıştır (Sabre, 2021a).

Çizelge 3.14. Ferme Abattoir çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Brüksel, BELÇİKA
Yapım Tarihi	2018
Şirket	BIGH
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Gıda Pazarı
Mimarı	Steven Becker ve ORG Mimarlık Ofisi
Proje Takımı	-
Üretim Tekniği	Akuaponik
Bölge İklimi	Ilıman Okyanusal İklim (Cfb)
Mahsuller	Levrek, Aromatik otlar, Domates ve Taze yeşillikler

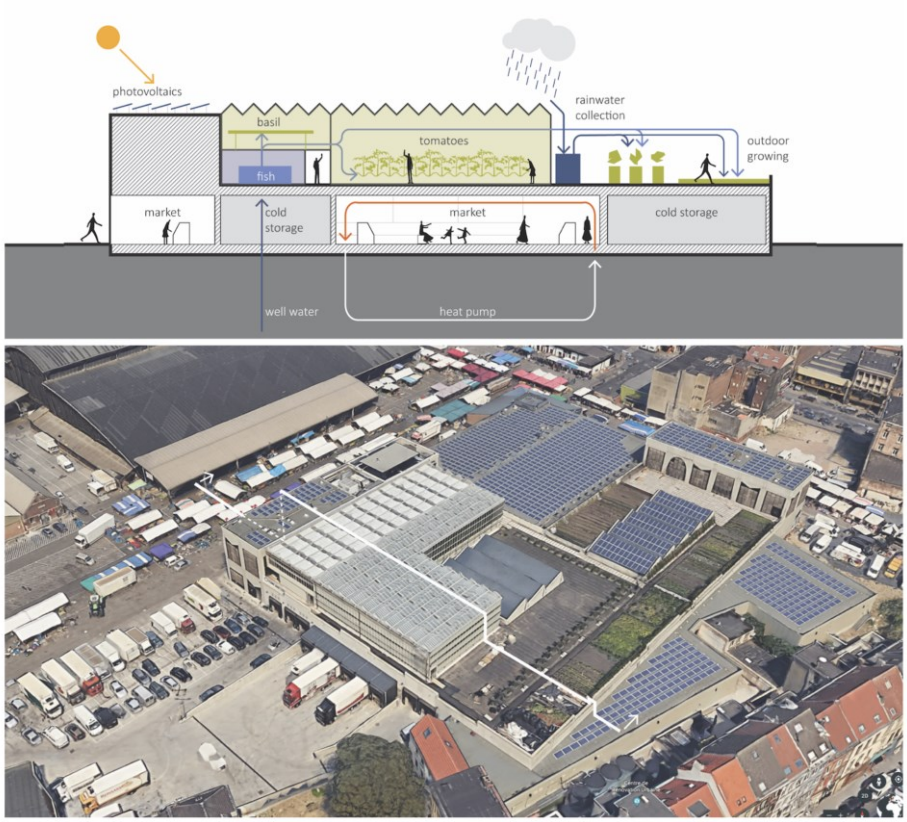


(Brussels Express, 2018)

Seranın inşaatı, sökülüp geri dönüştürülebilen, böylece yeniden kullanılabilecek ve yeniden dönüştürülebilecek binaların inşasına olanak tanıyan bir eko-tasarım yöntemi olan "Beşikten Beşiğe" modeline dayanmaktadır. Zemin geri dönüştürülmüş beton kalıp paletlerden, ofisler eski tekne konteynerlerinden, seranın cam pencereleri ise kırılma durumunda eritilip tekrar kalıplanabilmeleri için polietilenden yapılmıştır. Teknik

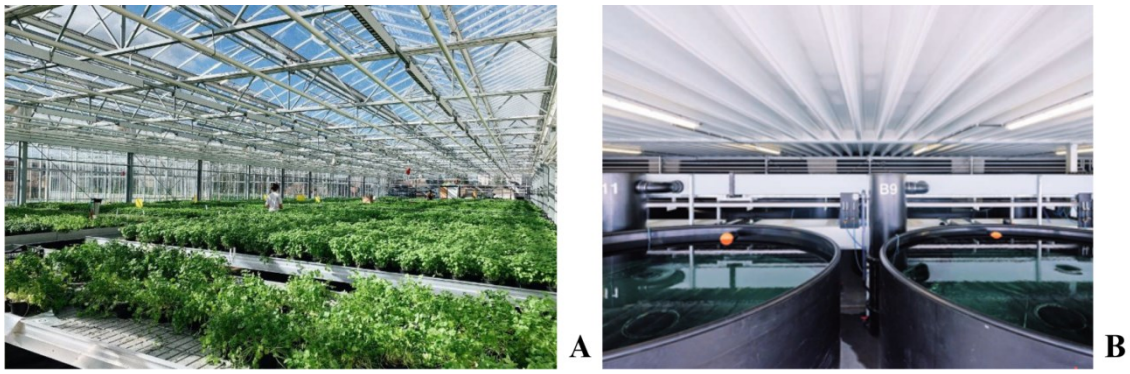
odalar serayı balık üretim odasından ayıran bir koridor boyunca yer almakta olup, yaklaşık 1400 m^2 alan bitki üretimi ve 500 m^2 alan akuaponik üretim için kullanılmaktadır. Teknik tesisat odaları ve ofisler sera alanının yanındaki binada bulunmaktadır (Sabre, 2021a).

Bina tasarımında enerji verimliliği odaklı bir yaklaşım benimsenmiştir. Seranın verimliliğini artırmak amacıyla, bina sistemleriyle entegrasyon sağlanmıştır. Bu entegrasyon; bina ve sera arasında ısı enerjisi, CO_2, su ve elektrik aktarımı yoluyla gerçekleştirilmektedir. Binada, elektrik tüketiminin bir kısmını dengeleyen 850 m²'lik güneş panelleri bulunmaktadır (Şekil 3.25). Sera ve gıda pazarındaki soğuk hava deposunun ısıtma ve soğutma ihtiyaçları, ortak bir ısı pompası sistemi ile karşılanmaktadır. Bina ısıtmasından ve diğer faaliyetlerden CO_2 toplanmakta ve serada kullanılmaktadır (Proksch vd., 2023).



Şekil 3.25. Ferme Abattoir şematik bina kesiti ve havadan görünümü (Proksch vd., 2023)

Isı pompa sistemi, gıda pazarının soğutma sisteminden gelen atık ısıyı kullanarak seranın ısıtılmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, balıkların konfor koşullarının sağlanması için suyun soğutulmasında da kullanılmaktadır. Aşırı soğuk hava koşulları veya ısı pompasının arızalanması gibi istenmeyen durumlarda, alternatif ısıtma yöntemleri devreye girmektedir. İlave ısıtma, seranın CO_2 ile gübrelenme işlemi için kullanılan, CO_2 üreten gazlı ısıtma sistemi tarafından karşılanmaktadır (Horn & Proksch, 2020). Ayrıca, enerji perdeleri bulunmaktadır (Şekil 3.26). Seranın havalandırılması, çatıda yer alan pencereler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Binadaki su döngüsü; yağmur suyunun toplanmasını, yer altı suyunun yakalanmasını, arıtılmasını ve kullanılmış suyun geri dönüştürülerek yeniden kullanılmasını kapsamaktadır. Balık çiftliği için kendi kuyuları kazılarak yer altı suyu temin edilmektedir. Yağmur suları, çatıda bulunan oluklar vasıtasıyla toplanarak silolarda depolanmaktadır. Bitki sulamasında kullanılan ve arta kalan su, filtrelenerek tekrar sulama işleminde değerlendirilmektedir. Ayrıca, balık yetiştiriciliğinde kullanılan su da bitkilerin sulanması için kullanılmaktadır. Yetiştirme sürecinde mümkün olduğunca doğal gün ışığından faydalanılmakta, ancak ışığın yetersiz kaldığı durumlarda LED aydınlatma sistemleri devreye girmektedir (*Bigh*, 2024; Milford vd., 2019).



Şekil 3.26. Ferme Abattoir A) İçten görünüm (BIGH, t.y.) B) Balık yetiştirme havuzları (Beckers, 2019)

Proje sürecinin temel zorluğu, mevcut bir çatıya sahip binanın üzerine inşa edilmesinden kaynaklanmaktadır. Gıda pazarının içerisinde; et pazarını barındırma, buzdolapları ve çeşitli teknik tesisatları içerme gibi önemli unsurlar yer almaktadır. İnşaat aşamasında, potansiyel sızıntıları önlemek büyük bir öncelik teşkil etmiştir. Bu

nedenle, mevcut çatıya su yalıtımı uygulanmıştır. Bunların üzerine serayı inşa etmek için yeni bir beton tabakası dökülmüştür. İkinci önemli zorluk ise mevcut enerji, su yönetimi ve diğer sistemlerin çatıya entegre edilmesi olmuştur. Aynı zamanda, bu sürece CO_2 emisyonlarını geri kazanmakta dâhil edilmiştir. Bu karmaşık süreç yaklaşık yedi ayda tamamlanmıştır. Bu spesifik zorluğun üstesinden gelmek adına, proje sahibi firma, çeşitli teknikleri titizlikle inceleyerek, farklı uzmanlardan gelen bilgileri optimize etmiştir. Farklı ekiplerle bir araya gelmek; sosyal girişimcilik, bina ve sera inşaatı, su ürünleri yetiştiriciliği ve tarım gibi farklı alanlarda çalışmanın, sahadaki karmaşıklığı göz önüne alındığında büyük bir zorluk arz etmiştir. Bu ekiplerin uyum içinde çalışması, proje başarısının anahtarı olmuştur (Bonmariage, 2018).

3.2.8. Altmarktgarten

Altmarktgarten (Çizelge 3.15); mevcutta bulunan beş katlı betonarme binanın üzerinde kurulmuş, 1260 m² alana sahip entegre çatı üstü seradır (Volk, 2021).

Çizelge 3.15. Altmarktgarten çatı serası künye bilgileri

Ülke	Oberhausen, ALMANYA
Yapım Tarihi	2019
Şirket	UMSICHT (Fraunhofer Çevre, Güvenlik ve Enerji Teknolojisi Enstitüsü), OGM (Oberhausen Belediyesi Mülk Yönetim Şirketi)
Üretim Amacı	Araştırma ve Eğitim
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Ofis Binası
Mimarı	Kuehn Malvezzi ve Haas Architekten
Proje Takımı	Peyzaj Mimarı, Yapı Mühendisliği, Yapı Teknolojisi Danışmanı, Yapı Fiziği Danışmanı, Yangın Danışmanı, Kontrol ve Bilgi Sistemleri Uzmanı
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Ilıman Okyanusal İklim (Cfb)
Mahsuller	Marul, Çilek, Taze yeşillikler



(Pintos, 2020)

Galvanizli çelik ve cam malzeme kullanarak inşa edilmiş geniş açıklıklı seradır. Serada, şeffaf camın yanı sıra, kuşların içeri girmesini engelleyen ve ışığı kıran mikro yapıya sahip süt rengi camlar da tercih edilmiştir (Hortidaily, 2022). Çatı üstü serası ile meydan arasındaki bağlantı, çeşitli sarmaşıkları desteklemek üzere tasarlanmış açık çelik bir çerçeve sistemi olan dikey bahçe ile sağlanmaktadır. Bu çerçeve sistemi aynı zamanda mekânsal bir iskele, merdivenler, platformlar, yük asansörü, tesis ve filtre oluklarını içeren destekleyici bir yapı görevi görmektedir (Şekil 3.27). Sera, farklı ürünlerin yetiştirildiği dört iklim odasından oluşmaktadır. 1260 m² alanının; 1100 m²'si üretime, 160 m²'si araştırmaya ayrılmıştır (Volk, 2021).



Şekil 3.27. Altmarktgarten A) Galvenizli çelik ve cam konstrüksiyonu B) Kısmi cephe ve kesit çizimi C) Dikey bahçe görünümü (Pintos, 2020)

Ofis binasının kendi ısıtma sistemi yoktur, atık yakma tesisinden gelen bölgesel ısıtma ağına bağlıdır (Wagner, 2022). Sera, ofis binasının termal kütlesinden ve ofislerden çıkan egzoz havasından faydalanılarak ısıtılmaktadır. Bu atık egzoz havası, kalın alüminyum borular aracılığıyla seraya üflenmektedir. Kış aylarında ofislerden çıkan atık ısı serayı ısıtmak için kullanılırken, aynı zamanda CO_2 bakımından zenginleştirilmiş

hava bitkilerin büyümesine destek olmaktadır. Seranın iklim koşulları, entegre bir iklim kontrol sistemi tarafından yönetilmektedir. Dış hava durumu istasyonu; rüzgar gücü, yönü, yağış miktarı ve hava nem seviyesi gibi faktörleri içeren verileri toplamakta ve kaydetmektedir. Toplanan veriler, seranın iklim kontrol sistemine entegre edilerek, hava koşullarına göre otomatik olarak pencerelerin açılması veya gölgelendirme perdelerinin ayarlanması gibi kararlar alınmasını sağlamaktadır. Bu entegre yaklaşım, enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik amacıyla iklim koşullarını etkili bir şekilde yönetirken, bitki yetiştirme verimliliğini artırmayı hedeflemektedir (Hortidaily, 2022).

Çatıdan toplanan yağmur suları, bodrum katta bulunan depolarda toplanarak bitkilerin sulamasında kullanılmaktadır. Ofis yapısından gelen gri su ise ayrı olarak toplanmakta, işlenerek kısmen ofis binasının tuvaletlerinin sifon sisteminde, kısmen de dikey bahçenin sulamasında değerlendirilmektedir (Urbannext, 2024). Serada bitkilerin yetiştirilmesinde güneş ışığına ek olarak LED aydınlatma kullanılmaktadır.



Şekil 3.28. Altmarktgarten A) İçten görünüm (Hortidaily, 2022; Pintos, 2020) B) Su ve besin kanalları C) Led aydınlatma (Fraunhofer UMSICHT, 2019)

Bu tür çiftliklerin inşasında karmaşık teknolojilerin kullanımı, çeşitli zorlukları beraberinde getirmiştir. Mevcut çatı yüzeylerinin bu tür bir gelişmeyi destekleyecek kapasiteye sahip olmaması, önemli bir engel teşkil etmektedir (Wagner, 2022).

3.2.9. Rewe Yeşil Çiftlik

Rewe Yeşil Çiftlik (Çizelge 3.16), market binası üzerine, bütüncül tasarım yöntemi ile inşa edilmiş, 2000 m^2 alana sahip entegre çatı üstü seradır. Ahşap modüler sistem üzerine çelik, alüminyum ve cam malzeme kullanılarak inşa edilmiş (Şekil 3.29), venlo tipli seradır (Rabensteiner, 2024).

Çizelge 3.16. Rewe Yeşil Çiftlik çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Wiesbaden, ALMANYA
Yapım Tarihi	2021
Şirket	ECF Farmsystems, REWE Grup
Üretim Amacı	Ticari
Entegrasyon Yöntemi	Bütüncül Yaklaşım Yöntemi Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Market
Mimarı	ACME
Proje Takımı	Yapı Mühendisliği, Ziraat Mühendisliği, Peyzaj Mimarlığı, Yangın Danışmanı, MEP Mühendisliği, Enerji Danışmanı, Sera Mühendisi
Üretim Tekniği	Akuaponik
Bölge İklimi	Ilıman Okyanusal İklim (Cfb)
Mahsuller	Levrek ve Fesleğen

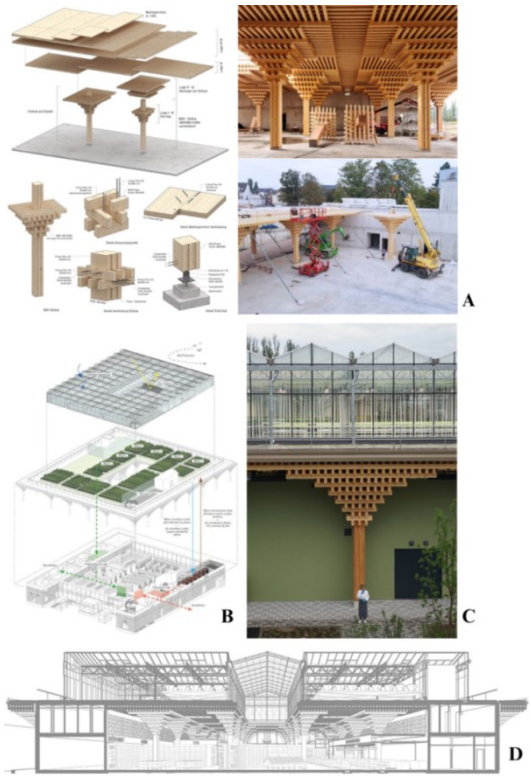


(Knippershelbig, t.y.)

İstiflenmiş ve basit bir şekilde birleştirilmiş ahşap taşıyıcılardan oluşan modüler sistem (Şekil 3.30), ana destek yapısı olarak hizmet verirken, aynı zamanda serasının destekleyici yapısını oluşturmaktadır (Knippershelbig, 2024). Ahşap hem sürdürülebilir olması hem de CO_2 depolama kapasitesi nedeniyle tercih edilmiştir. Market alanın ortasında serayı görünür kılan bir atrium boşluğu bulunmaktadır. Marketin her iki yanında; sera erişimi, balık üretim alanı, fırın, şişe geri dönüşümü, ofisler ve depolama gibi mekânları barından, iki katlı betonarme bloklar yer almaktadır. Çatı serasında bitki yetiştirme alanları dışında, zemin kattan sarmal bir merdiven ile ulaşılan, ürünler hakkında bilgi alınabilecek bir izleme odası ve ziyaretçi bölümü bulunmaktadır (Acme, t.y.).



Şekil 3.29. Rewe Yeşil Çiftlik A) Çatı serası inşası (Wiens, 2022) B) Atrium boşluğu (BIG SEE, 2022; Knippershelbig, t.y.)



Şekil 3.30. Rewe Yeşil Çiftlik A) Ahşap modüler sistem B) Kat plan şeması C) Cepheden kısmi görününüş D) Kesit şeması (Acme, t.y.; BIG SEE, 2022)

Rewe Yeşil Çiftlik'te yerinde yenilenebilir enerji üretimi bulunmamaktadır. Ancak bina, %100 sertifikalı yeşil elektrik ile işletilmektedir (REWE Group, 2021). Binanın iklimlendirilmesinde, atık ısı geri kazanımını sağlayan, akıllı soğutma ve ısıtma teknolojisi kullanılmaktadır. Soğutma teknolojisi, bileşik soğutma sisteminden (CO_2 yükseltici), fan ters çevirme seçeneğine sahip gaz soğutucularından ve soğutma ünitelerinden (cam kapılı/tavanlı soğutmalı dolaplar) oluşmaktadır (Gehbauer-Schumacher, 2023). Seranın tavanında gölgelendirme perdesi mevcuttur (Şekil 3.31). Bina, gün ışığından maksimum düzeyde yararlanacak şekilde tasarlanmıştır. Batı-doğu yönündeki geniş cam yüzeyler ve atrium sayesinde gün ışığı, iç mekânlara sürekli olarak ulaşmaktadır. Gün ışığının yetersiz kaldığı durumlarda yapay aydınlatma için LED kullanılmıştır. Yağmur suyu sarnıçlarda toplanarak bitkilerin sulanmasında kullanılmaktadır (REWE, t.y.).



Şekil 3.31. Rewe Yeşil Çiftlik içten görünüm (BIG SEE, 2022; Knippershelbig, t.y.)

Tasarım ve yapım sürecinde, çatı serasının karmaşık yapılarından kaynaklanan zorluklar yaşanmıştır. Özellikle, yangından korunma önlemleri gibi faktörler, projelerin karmaşıklığını ve zorluğunu artıran unsurlar arasında yer almıştır (Schuster, 2022).

3.2.10. Agrotopia

Agrotopia (Çizelge 3.17), mevcut tek katlı betonarme binanın üzerine kurulmuş, 9500 m^2 alana sahip entegre çatı üstü seradır.

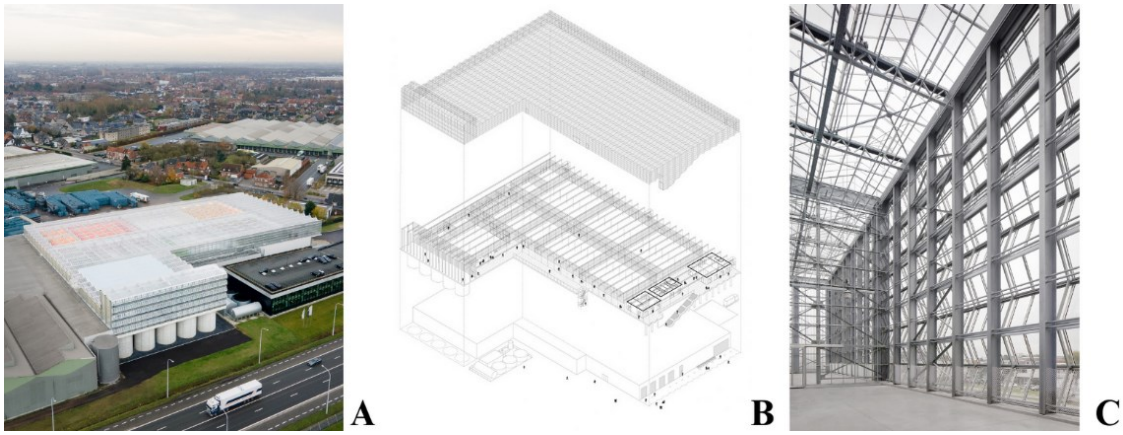
Çizelge 3.17. Agrotopia çatı üstü serası künye bilgileri

Ülke	Roeselare, BELÇİKA
Yapım Tarihi	2021
Şirket	Inagro (Flaman Tarım ve Bahçecilik Araştırma Enstitüsü)
Üretim Amacı	Ticari, Araştırma ve Eğitim
Entegrasyon Yöntemi	Mevcut Binaya Entegrasyon Entegre Çatı Üstü Serası
Bina İşlevi	Gıda Pazarı
Mimarı	META Architectuurbureau ve Van Bergen Kolpa
Proje Takımı	İnşaat Mühendisliği, MEP Mühendisliği, Yetiştirme Teknikleri Mühendisliği, Sera Mühendisliği
Üretim Tekniği	Hidroponik
Bölge İklimi	Ilıman Okyanusal İklim (Cfb)
Mahsuller	Taze yeşillikler, Çeşitli sebze ve meyveler



(Pintos, 2022)

Çelik, alüminyum ve cam malzeme kullanılarak inşa edilmiş, venlo tipli seradır (Şekil 3.32). Venlo tipi seranın yüksekliği 6 metre olup, ayrıca bir bölümünde 12 metre yüksekliğinde dikey tarım için kullanılan sera bulunmaktadır. Seranın çatı ve kolon kiriş konstrüksiyonu, çelikten oluşmaktadır. Tüm çelik bileşenler, dayanıklılığı artırmak için sıcak daldırma galvaniz ile kaplanmıştır. Çatıda ve yan duvarlarda dağınık cam kullanılmıştır (Demeulemeester, 2019) . Mimari tasarım ekibi, Wageningen Üniversitesi'ndeki araştırmacılarla işbirliği yaparak, bitkilerin güneş ışığına daha iyi erişebilmesini sağlamak amacıyla özellikle yüksek pus faktörüne sahip dağınık camı tercih etmiştir (Walton, 2022).



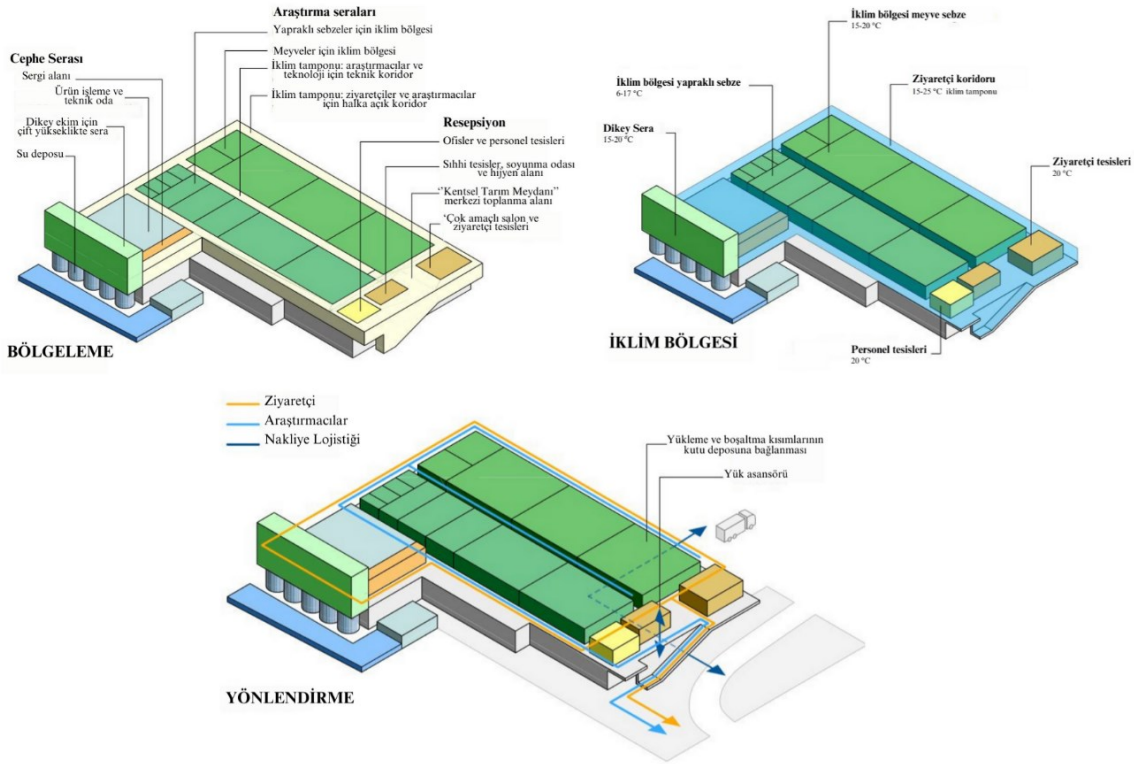
Şekil 3.32. Agrotopia A) Genel görünüm B) Taşıyıcı sistem modeli C) Çelik konstrüksiyon (Pintos, 2022)

Agrotopia çatı üstü serası, meyve ve yapraklı sebze üretimi için farklı bölümlere ayrılmış olup, toplamda 6000 m^2 ekim alanına sahiptir. Ayrıca; ofis, toplantı odası, çok amaçlı salon, sergi salonu, ziyaretçi ve teknik koridorlar ile ürün işleme için teknik oda gibi çeşitli işlevleri yerine getiren mekânları (Şekil 3.33) barındırmaktadır (Abrahams, 2022).



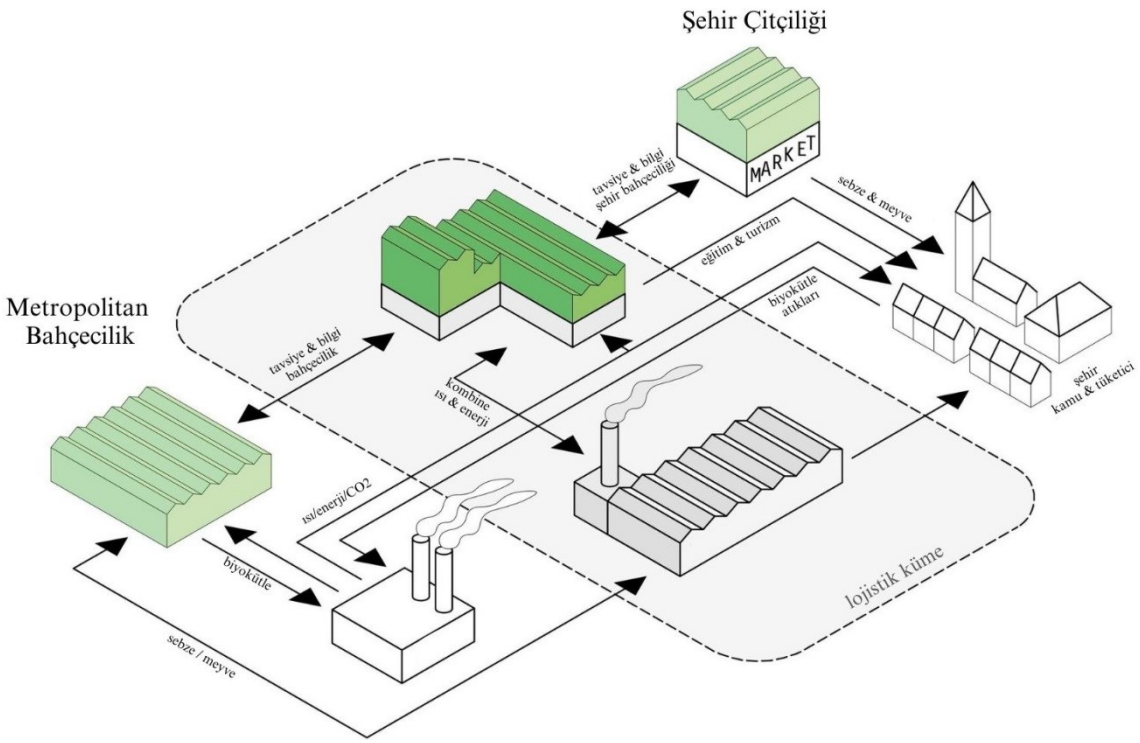
Şekil 3.33. Agrotopia kat planı (Abrahams, 2022)

Tasarımın ana hedefleri arasında; sürdürülebilir döngüsel ve topraksız sera tarımını hem yatay hem de dikey olarak gerçekleştirmek, gıda üretimini şehir içinde görünür kılmak, çatı seraları için mimari ve inşaat yeniliklerini hayata geçirmek, şehirdeki alanları verimli ve çok işlevli kullanmak yer almaktadır. Bu hedefler doğrultusunda; farklı iklim bölgelerine sahip, enerjinin döngüsel kullanımını içeren, şeffaf ve heykelsi bir yapı geliştirilmiştir. Agrotopia çatı üstü sera tasarımı, sadece tarımsal üretimi teşvik etmekle kalmayıp aynı zamanda kamusal etkinliklere ve eğitime de olanak sağlayarak çok yönlü bir yaklaşımı benimsemektedir. Farklı hedef gruplar için çeşitli kullanım seçenekleri sunacak şekilde tasarlanmış olan bu yapı, her bir amaca uygun iklim bölgeleriyle donatılmış mekânlar içermektedir (Şekil 3.34). Bu çok amaçlı kullanım için, farklı iklim koşullarına ihtiyaç duyan işlevler göz önünde bulundurularak her bir ihtiyaca uygun iklim bölgeleri oluşturulmuş ve mekânlar buna göre düzenlenmiştir (Demeulemeester, 2019).



Şekil 3.34. Agrotopia mekânsal mimari, işlev ve iklim bölgelemesi model şeması (Demeulemeester, 2019)

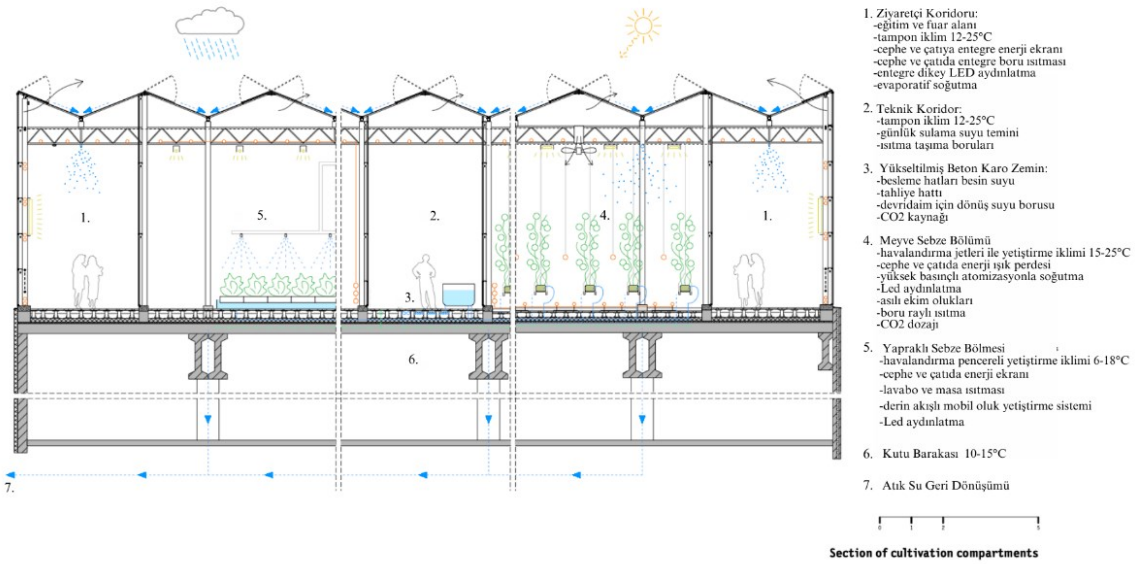
Şehirle uyumlu bir şekilde tasarlanan çatı üstü serası, döngüsel enerji kullanımını benimsemiştir (Şekil 3.35). Bu enerji, yakındaki MIROM (Milieuzorg Roeselare ve Menen) atık yakma tesisi ve üzerinde bulunduğu gıda pazarının kojenerasyon sisteminden elde edilen artık ısı ile sağlanmaktadır. Bu atık ısı, seranın ısıtılması için kullanılmaktadır (Inagro, t.y.).



Şekil 3.35. Agrotopia döngüsel diyagram (Pintos, 2022)

Seranın, birden fazla kullanımından kaynaklı farklı iklim kontrolü gereksinimleri vardır. Bu nedenle, bitki yetiştirme ve insan kullanımı için özelleştirilmiş iklim koşullarını sağlamak amacıyla üç ayrı iklim bölgesine ayrılmıştır (Şekil 3.34). ***Araştırma Bölgesi;*** yetiştirme alanlarından oluşan araştırma bölgesi, bitki yetiştirme gerekliliklerini karşılamak üzere iklimlendirilmiştir (Şekil 3.36). Bu bölgeler, meyveler ve yapraklı sebzeler için farklı iklimlere sahip olup, araştırmacılar için teknik bir koridor ile ayrılmıştır. Isıtma, cephe ve tavanlara yerleştirilen radyatör boruları aracılığıyla sağlanmaktadır. Yetiştirme alanları, çift ekranlı bez ve havalandırma jetleri ile donatılmıştır. Havalandırma jetleri, nemli iç mekân havasının daha kuru dış hava ile aktif değişimini sağlamakta ve taze dış hava seraya eşit şekilde dağıtılmaktadır. Çift

ekranlı kumaş; ısı kaybını önlemeyi, enerji tasarrufu sağlamayı, karartmayı ve dağınık ışık oluşturmayı mümkün kılmaktadır. ***Tampon Bölge;*** araştırma seralarını çevreleyen tampon bölge, aynı zamanda ziyaretçiler ve eğitim amaçlı kullanılan bir koridor işlevi görmektedir. Mevsimlere göre değişen bir ara iklime sahip olan bu bölgenin iklimi "tampon iklim" olarak tanımlanmaktadır. Kışın, radyatör borular vasıtası ile ısıtılmaktadır. Yaz aylarında ise, insanların dolaşımına açık olan bu bölge, güneş koruma perdeleri ve su püskürtmeli soğutma ile birlikte doğal havalandırmayla iklimlendirilmektedir. Bu ara iklim sayesinde, araştırma seralarında minimum bir alt sıcaklık garanti edilmektedir ve ofislerin bulunduğu kutularda ısıtma için daha az enerji tüketimi gerekmektedir. ***Klimalı Kutular;*** personellerin ve ziyaretçilerin bulunduğu çok amaçlı salon, ofis gibi mekânlar, tampon bölgesi ile çevrili klimalı kutular içinde yer almaktadır. Bu kutular hafif ahşap çerçeve yapısından yapılmıştır ve ısı kayıplarını sınırlamak için alüminyum paneller ile yalıtılmıştır (Şekil 3.37). Bu mekanlarda, ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi ile hijyenik havalandırma sağlanmaktadır (Demeulemeester, 2019).



Şekil 3.36. Agrotopia yetiştirme bölümleri kısmi kesiti ve iklimlendirme teknikleri (Pintos, 2022)



Şekil 3.37. Agrotopia A) Yağmur suyu toplama siloları üzeri dikey tarım serası B) Ziyaretçi ve çalışanlar için tasarlanan yalıtılmış kutu mekânlar C) Teknik koridor D) Ziyaretçi koridoru E) İçten görünüm (Pintos, 2022)

Mevcut bir binanın üzerine sera inşa etme kararı, önceden denenmemiş bir ölçekte olduğundan, bir dizi benzersiz zorlukları beraberinde getirmiştir. Yaşanan zorluklar arasında, farklı alanların entegrasyonu ve uyumlu bir şekilde işlevsel hale getirilmesi önemli bir yer tutmuştur. Özellikle, çelik seranın beton alt yapı ve karmaşık tesisatlar ile entegrasyonu bu zorlukların başında gelmiştir. Bu entegrasyon sürecinde, çelik yapıların beton yapının üzerine monte edilmesi gerekliliği, taşıyıcı hatların uyumlu bir şekilde hizalanması ve mevcut çatının eğimi gibi teknik detaylar dikkate alınmıştır. Mevcut yapının eğimli çatısının üzerine, sera için düz beton bir zemin uygulanarak, yükseltilmiş döşeme ile yükseklik farkı sorunu çözülmüştür. Yükseltilmiş döşemenin altına; besin suyu besleme hatları, boşaltma hattı, su sirkülasyonu için bir dönüş borusu ve karbondioksit beslemesi için teknik tesisatlar yerleştirilmiştir. Yaz ve kış mevsimleri

arasındaki genişleme ve büzülme hesaba katılarak, çelik kolonların tabanı için ayarlanabilir ayaklar tasarlanmış olup, genişleme ve büzülme sorununa çözüm getirilmiştir (Walton, 2022).

Mevcut bir binanın üstüne çatı serası uygulandığında dikkat edilmesi gereken önemli nokta, izin verilen maksimum yüktür. Sonuçta bu; işlevleri, yetiştirme teknik ayrıntılarını ve hangi malzeme veya ekipmanın zemin seviyesine ne ölçüde yerleştirilmesi gerektiğini belirlemektedir. Maksimum yük kapasitesi, çatı serasında taşıma için forklift kullanımının mümkün olmaması gibi pratik zorluklara yol açmıştır. Çatı serasının yük kapasitesi sınırlamaları nedeniyle, bazı teknik ekipman ve malzemeler, zemin kata yerleştirilmek zorunda kalınmıştır. Bu durum, çatı serasında hem inşaat işi hem de yetiştirme işi açısından dezavantaj teşkil etmektedir. Ayrıca, inşa sırasında, çeşitli teknik ve lojistik zorluklarla karşı karşıya kalına bilinmektedir. Yüksekte inşaat nedeniyle, inşaat yöntemlerinde önemli ayarlamalar yapılması gerekmiştir. Mevcut bina faaliyetlerine devam ederken, üst katında inşaat yapmak belirli zorlukları içermektedir. Faaliyet halindeki bir binada inşaat yapılması, mevcut işleyişin kesintisiz devam etmesi gerektiğinden, inşaat metodolojisinde de özel düzenlemeler yapılmasını zorunlu kılmıştır. Özellikle mevcut su yalıtımının sökülmesi sırasında içeriye su girmemesi kritik bir gereklilik olmuştur. Bu durumlar, mevcut yapının güvenliğini sağlamak adına ek önlemler alınmasını gerektirmiştir (Demeulemeester, 2019).

Flaman bölgesinde ışık kirliliğine ilişkin düzenlemeler sınırlıdır. Ancak, sera kompleksleri için ruhsatlandırma otoritesi, seradan kaynaklanan ışık emisyonlarının yerel sakinler, doğa ve trafik üzerindeki etkilerini dikkate almaktadır. Bu bağlamda, Agrotopia çatı üstü serasında, ışık emisyonlarını en aza indirmek amacıyla sera duvarları ve çatısı boyunca ışık geçirmez perdeler kullanılmıştır. Böylelikle, ışık kirliliğinin çevresel etkilerinin azaltılması hedeflenmiştir. Zemin seviyesindeki cam boyutları, kamu güvenliği ve rüzgâr yükü gibi faktörler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Çatı serasının yüksekliği nedeniyle, cam cephelerin erişilebilirlik sorunları, bakım ve temizlik işlerinin zorluğu ele alınmış, kalıcı yardımcı ekipmanın kurulup kurulmayacağı sorusu ortaya çıkmıştır. Çözüm olarak, servis platformunu

desteklemek için cephe boyunca bir ray monte edilmiştir (Demeulemeester, 2019). Bu zorlukların üstesinden gelmek için, çok disiplinli ve uluslararası bir ekibin çalışması önemlidir. Mimari, bahçecilik, seracılık, iklim ve inşaat alanlarında uzmanlar bir araya gelerek, her bir zorluğa özgü çözümler geliştirmiştirler. Agrotopia serasının yapımı sürecinde karşılaşılan zorluklar, disiplinler arası işbirliği ve özgün çözümlerle aşılarak, projenin başarılı bir şekilde tamamlanmasını için önemli bir rol oynamıştır (Semi, 2022).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik kapsamında, topraksız tarımın binalara entegrasyonunu farklı ülkelerde yer alan çatı üstü sera örnekleri üzerinden incelemektedir. Topraksız tarımın binalara entegrasyonu, topraksız bitki yetiştirme teknolojilerini bina sistemleri ile birleştirerek, binaların sunduğu kaynakları ve altyapıyı kullanarak, yıl boyunca taze ve yerel gıda üretimini mümkün kılmaktadır. Tasarım sürecinde mimari, tarım ve yapı teknolojisi arasındaki ilişkinin ortaya konulması, çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu bir şekilde tasarlanabilmesi ve uygulanabilmesi için önemlidir. Bu bağlamda, binalarda topraksız tarım yapılabilmesi için gerekli bina alt sistemleri tanımlanmıştır.

Bu bölümde, incelenen örnekler üzerinden elde edilen bulgular, çatı üstü seralarının genel özellikleri ve bina entegre tarımda kullanılan sistem başlıkları altında ortaya konularak, çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik kapsamında binalara entegre edilme uygulamalarındaki rolü tartışılmıştır. Çatı üstü seraların çevresel sürdürülebilirlik potansiyelleri; kaynak ekonomisi, yaşam döngüsü tasarımı ve insancıl tasarım ilkeleri doğrultusunda ele alınmış ve sürdürülebilirlik stratejileri bu çerçevede değerlendirilmiştir. Ayrıca; tasarım, yapım ve kullanım sürecinde yaşanan zorluklar, karşılaşılan engeller ve bu engellerin nasıl aşılabileceği ele alınarak, çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygun bir şekilde tasarlanması ve uygulanması üzerinde durulmuştur. Elde edilen bulgular ile mimari, tarım ve yapı teknolojisi arasındaki ilişkilerin anlaşılması ve çatı üstü seraların tasarımında dikkat edilmesi gereken hususların belirlenmesi hedeflenmiştir. Buna ek olarak, bu çalışma çatı üstü seralarının Türkiye'deki potansiyel uygulanabilirliğini anlamak ve gelecekteki projeler için bir temel oluşturmak adına ele alınmıştır.

4.1. İncelenen Çatı Üstü Seralarına Ait Genel Özellikler

Bu çalışmada, ilk önce çatı üstü seralarının genel özellikleri ve birbiri ile olan ilişkileri incelenmiştir. Materyal ve yöntem bölümünde incelenen çatı üstü seralarının Çizelge 4.1'de bulundukları ülkeler, yapım yılları, alanları, üretim amaçları, bina işlevleri,

binalara entegrasyon yöntemleri, bina ve sera arasındaki bağlantıları gibi genel özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 4.1. İncelenen çatı üstü seralarına ait genel özellikler

Çatı Üstü Sera	Ülke	Yapım Yılı	Sera Alanı (m^2)	Üretim Amacı	Bina İşlevi	Entgrasyon Yöntemi		Bina ile Sera Bağlantısı	
						Mevcut Binaya Entgrasyon	Bütüncül Yaklaşım	İzole	Entegre
Ahuntsic (LF)	Kanada	2011	2900	Ticari	Depo	*		*	
Greenpoint (GG)	ABD	2011	1400	Ticari	Depo	*		*	
Arbor House	ABD	2012	8000	Ticari	Toplu Konut		*	*	
Ecodome	ABD	2013	288	Araştırma ve Eğitim	Kamu Binası		*		*
Laval (LF)	Kanada	2013	4000	Ticari	Depo		*		*
Gowanus (GG)	ABD	2013	1900	Ticari	Market		*		*
ICTA – ICP Araştırma Merkezi	İspanya	2014	1508	Araştırma ve Eğitim	Kamu Binası		*		*
Queens (GG)	ABD	2015	5600	Ticari	Fabrika	*		*	
Pullman (GG)	ABD	2015	7000	Ticari	Fabrika		*		*
Uf 002 De Schilde	Hollanda	2016	1200	Ticari	Ofis Binası	*		*	
Anjou (LF)	Kanada	2017	5900	Ticari	Depo	*		*	
Ferme Abattoir	Belçika	2018	2000	Ticari	Gıda Pazarı	*			*
Altmarktgarten	Almanya	2019	1260	Araştırma ve Eğitim	Ofis Binası	*			*
Ville Saint-Laurent (LF)	Kanada	2020	15200	Ticari	Fabrika	*			*
Rewe Yeşil Çiftlik	Almanya	2021	2000	Ticari	Market		*		*
Agrotopia	Belçika	2021	9500	Ticari, Araştırma ve Eğitim	Gıda Pazarı	*			*

Çizelge 4.1’ de görüldüğü üzere, ilk örnekler 2011 yılında inşa edilmiş olup günümüze kadar yapımları devam etmektedir (Şekil 4.1). Sera alanları 288 m^2 ile 15.200 m^2 arasında değişmektedir ve en büyüğü 2020 yılında Kanada'da inşa edilen 15.200 m^2'lik Ville Saint-Laurent serasıdır. Bu veriler, son 10 yılda farklı ölçeklerde çatı üstü seralarının inşa edildiğini göstermektedir.

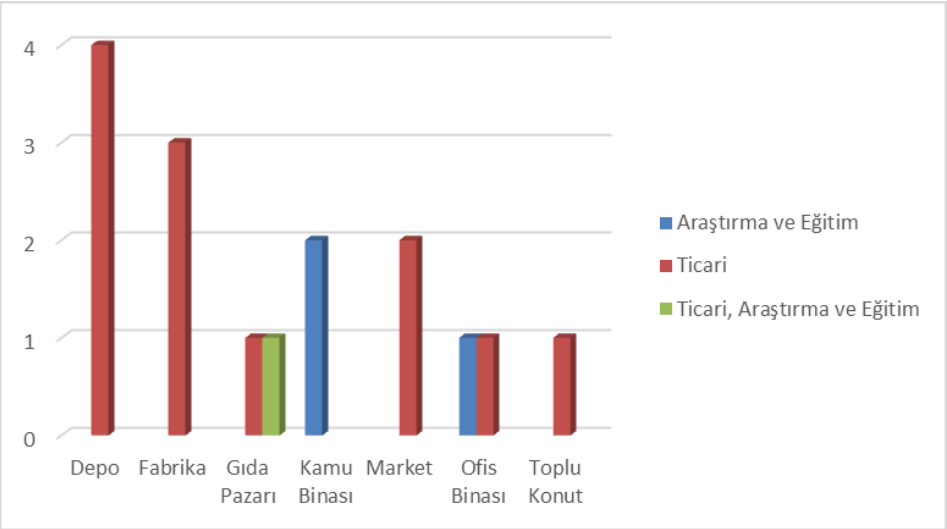


Şekil 4.1. Çatı üstü seraları zaman çizelgesi

Çatı üstü seralarının bulunduğu ülkelere bakıldığında (Çizelge 4.1), incelenen örneklerin konumları, Kuzey Amerika (Kanada ve ABD), Avrupa (İspanya, Hollanda, Belçika, Almanya) olmak üzere geniş bir coğrafi alanı kapsamaktadır. Bu durum, çatı üstü seralarının farklı iklim koşullarında uygulanabilirliğini göstermektedir. Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere ABD ve Kanada bu alanda öncü ülkelerdir.

Çatı üstü seralarının üretim amacı ve bina işlevlerine göre dağılımı Şekil 4.2 ‘de verilmiştir. Çatı üstü seralarının üretim amacına bakıldığında; 12 örnek ticari amaçlı, 3

örnek araştırma-eğitim amaçlı, 1 örnek ise hem ticari hem araştırma-eğitim amaçlıdır. Bu durum, çatı üstü seralarının sadece ticari amaçlarla değil, aynı zamanda bilimsel araştırmalar ve eğitim faaliyetleri için de kullanıldığını göstermektedir. Çatı üstü seralarının uygulandığı binaların işlevleri ise depo, toplu konut, kamu binaları, market, fabrika ve ofis gibi geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Bu çeşitlilik, çatı üstü seralarının farklı işlevlere sahip binalarda uygulanabileceğini ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekleyebileceğini ortaya koymaktadır. Şekil 4.2 incelendiğinde, ticari seraların özellikle depo, fabrika, gıda pazarı ve market gibi ticari binalarda; araştırma-eğitim seralarının ise genellikle kamu binalarında veya kamu kullanımın açık olan binalarda yoğunlaştığı görülmektedir.

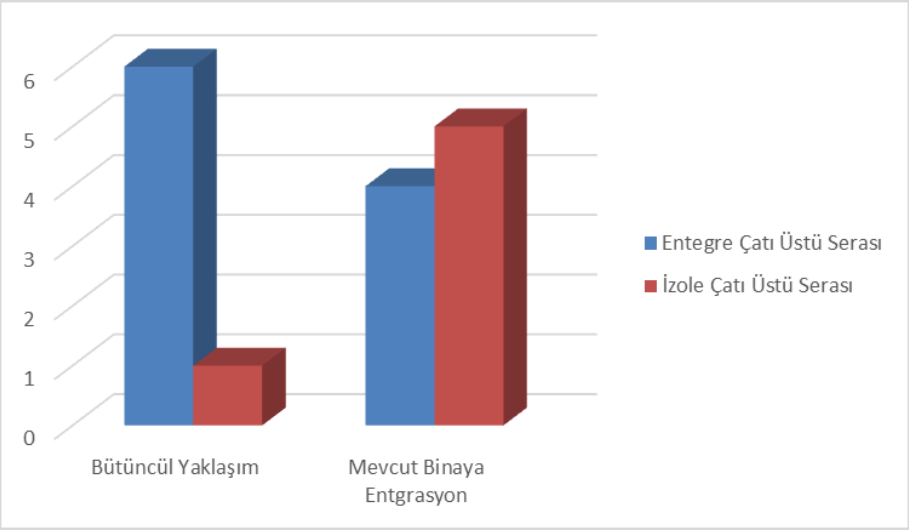


Şekil 4.2. Çatı üstü seralarının üretim amacı ve bina işlevlerine göre dağılımı

Çizelge 4.1'deki verilere göre çatı üstü seraları, binalara "mevcut binaya entegrasyon" ve "bütüncül yaklaşım" olmak üzere iki yöntemle entegre edilmiştir. İncelenen çatı üstü serası örneklerinden, 7 tanesi bütüncül yaklaşım kullanırken, 9 tanesi de mevcut binaya entegrasyon yöntemini tercih etmiştir. Mevcut binaya entegrasyon yaygın bir yaklaşım olmakla birlikte bütüncül yaklaşım da sıkça tercih edilmektedir. Bütüncül yaklaşım genellikle yeni inşa edilen binalarda, mevcut binaya entegrasyon ise var olan binalara ekleme şeklinde uygulanmaktadır. Bu durum çatı üstü seralarının hem yeni projelerde hem de mevcut yapılara uyumlu şekilde uygulanabildiğini göstermektedir. Mevcut

binaya entegrasyon yöntemi, özellikle ticari yapılar üzerinde tercih edilirken, bütüncül yaklaşım daha çok yeni inşa edilen veya özel olarak tasarlanmış binalarda kullanılmıştır.

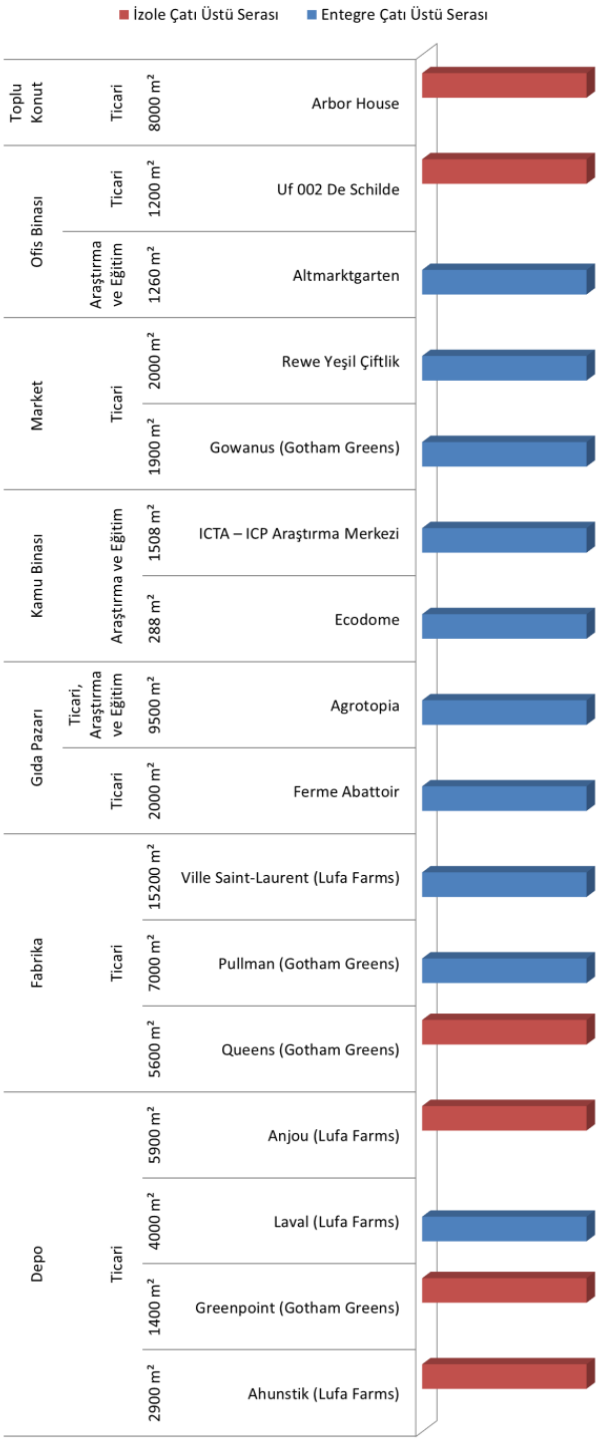
Çatı üstü seralarının entegrasyon yöntemleri ve bina ile sera bağlantısı arasındaki ilişki Şekil 4.3 ‘de verilmiştir. Çatı üstü seraları, üzerinde bulunduğu binalar ile "İzole" ve ya "Entegre" şekilde bağlantılıdır. İncelenen 16 örnekten 10'u entegre, 6'sı ise izole çatı üstü sera olup, çoğunluğu entegre çatı üstü seraları olarak tasarlanmıştır. Şekil 4.3 incelendiğinde; bütüncül yaklaşımla tasarlanan 7 örnekten 6'sı entegre, 1'i izole seradır. Mevcut binaya entegre edilen 9 örnekten 4'ü entegre, 5'i izole seradır. Bütüncül yaklaşımla tasarlanan çatı üstü seralarının büyük bir çoğunluğunun entegre bir şekilde tasarlandığı, mevcut binalara entegre edilen çatı üstü seralarının ise nispeten daha dengeli bir dağılım gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.3. Çatı üstü seralarının entegrasyon yöntemi ve bina ile sera arasındaki bağlantısına göre dağılımları

Şekil 4.4; incelenen çatı üstü seralarına ait üretim amacı, bina işlevi, sera alanı ve bina-sera bağlantısı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Üretim amacı açısından ticari seraların genellikle daha büyük alanlara, araştırma-eğitim seralarının ise küçük/orta ölçekli alanlara sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, ticari seraların yüksek üretim kapasitesine ihtiyaç duyduğunu ve araştırma/eğitim seralarının ise daha odaklı ve spesifik çalışmalar için tasarlandığını göstermektedir. Çatı üstü seralar, en fazla depo ve

fabrika gibi endüstriyel binalar ile gıda pazarı, market, kamu ve ofis binalarında tercih edilmiştir. Toplu konut binalarında sadece bir örneğe rastlanılmıştır.



Şekil 4.4. Çatı üstü seraları bina ile sera bağlantısı ve bina işlevine göre dağılımı

Depolar ve fabrikalar, genellikle geniş çatı alanlarına sahip olduklarından, büyük ölçekli ticari çatı üstü serası uygulamaları için uygun bir altyapı sunmaktadır. Bu örneklerde, çatı üstü seralarının alanları 1400 m^2 ile 15200 m^2 arasında değişmektedir (Şekil 4.4). Sera ile bağlantısı açısından incelendiğinde ise; depo binalarındaki 4 örnekten 3'ü izole, fabrika binalarındaki 3 örnekten 2'si ise entegredir. Depo binası üzerine uygulanan çatı üstü seralarının çoğunluğunun izole, fabrika binası üzerine uygulanan çatı üstü seralarının çoğunluğunun ise entegre olarak tasarlandığı görülmektedir.

Gıda pazarları, marketler ve kamu binaları da çatı üstü seraları için tercih edilen diğer bina işlevleridir. Her üç bina tipinde de yalnızca entegre seralar kurulmuştur (Şekil 4.4), bu da bu tür binalarda entegre seraların daha uygun olduğunu göstermektedir. Ofis binalarında ise entegre ve izole tasarımların eşit sayıda olduğu gözlemlenmiştir. Toplu konut binası ise en az tercih edilen bina işlevi olup, izole çatı üstü seradır.

Sera alanları incelendiğinde, entegre olarak tasarlanan çatı seralarının alanlarının 288 m² ile 15.200 m² arasında değiştiği, izole olarak tasarlanan çatı seralarının alanlarının ise 1.200 m² ile 8.000 m² arasında olduğu görülmüştür (Şekil 4.4). Bununla birlikte, sera alanının bina ve sera bağlantısı ile doğrudan bir ilişkisi tespit edilememiştir.

İncelenen çatı üstü sera örneklerinin proje takımı bilgilerine bakıldığında, farklı meslek gruplarının bir arada çalıştığı görülmektedir. Proje takımlarında; mimarlar, mühendisler (inşaat, yapı, MEP, çevre, ziraat, iklimlendirme, sera), peyzaj mimarları, kontrol ve bilgi sistemleri uzmanlarının yanı sıra sürdürülebilirlik, enerji ve yangın güvenlik danışmanları yer almaktadır. Bu meslek grupları, projenin tasarım, planlama, uygulama ve işletme aşamalarında aktif rol oynamaktadır. Bu durum, çatı üstü seraların tasarım, planlama, uygulama ve işletme aşamalarında disiplinler arası bir yaklaşım gerektirdiğini göstermektedir. Her meslek grubunun uzmanlık alanı, projenin farklı yönlerini kapsayan bütüncül yapısını oluşturmaktadır. Proje takımlarının çeşitliliği, çatı üstü seraların tasarım, inşaat, işletme ve sürdürülebilirlik açısından karmaşık bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Çatı üstü seraları, kentsel tarım uygulamaları içerisinde çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine önemli katkılar sağlayan ve bina alt sistemleri ile birleşerek sürülebilir mimarlık anlayışıyla örtüşen bir yaklaşım sunmaktadır. Çatı üstü seralarının örneklerdeki varyasyonları, farklı iklim koşullarına ve bina işlevlerine uyum sağlama yeteneklerini göstermektedir. Bu, sürdürülebilirlik mimarlık açısından önemli bir avantajdır, zira farklı coğrafi bölgelerde, iklimlerde, binalarda ve ölçeklerde uygulanabilir olmaları, geniş bir etki alanı yaratmaktadır. Bununla birlikte, farklı iklim koşullarında uygulanabilirliği, yıl boyunca gıda üretiminin devamlılığını mümkün kılarak, iklim değişikliği ile mücadele açısından da önemli bir katkı sağlamaktadır.

Çatı üstü seralar, atıl durumdaki çatıları değerlendirerek, şehirlerin silüetine estetik bir dokunuş katarken, topraksız tarım uygulamalarının şehir içinde uygulanmasına olanak tanımaktadır. Bunun yanı sıra; ticari, araştırma-eğitim ve hibrit amaçlarla kullanılması, sürdürülebilir mimari uygulamaları desteklemektedir. Araştırma-eğitim amaçlı seralar, yeni tarım tekniklerinin denenmesi, yenilikçi çözümlerin geliştirilmesi ve eğitim faaliyetleri ile sürdürülebilirlik bilincinin artırılmasına olanak tanırken, ticari seralar yerel gıda talebini karşılamaya ve taşıma maliyetlerini azaltarak karbon izini en aza indirmeye yardımcı olmaktadır. Yerel üretim ve tüketim döngüsünü destekleyen çatı üstü seralar, ekonomik sürdürülebilirliğe katkıda bulunurken, aynı zamanda insanların güvenli gıdaya erişimini sağlamaktadırlar. Ayrıca, kent sakinleri için tarım hakkında bilgi edinebilecekleri ve sosyal etkileşimde bulunabilecekleri yeni alanlar sunarak, insanların refahına ve toplumsal sürdürülebilirliğe doğrudan katkıda bulunmaktadırlar. Bu bağlamda; çatı üstü seralar Kim & Rigdon (1998) tarafından öne sürülen insancıl tasarım ilkesinin doğal yaşamın korunması, kentsel tasarım arazi planlaması ve insan konforu için tasarım stratejisi ile uyum içerisindedir.

Entegrasyon yöntemleri, çatı üstü seralarının mevcut binalara entegrasyonu ve bütüncül yaklaşım ile inşa edilmesi açısından kaynak kullanımını optimize etmektedir. Mevcut binalara entegrasyon, var olan yapısal altyapının değerlendirilmesi ve israfın azaltılması açısından önem taşırken, bütüncül yaklaşım, bina ile tam entegrasyon sağlayarak yeni projelerde sürdürülebilir tasarım ilkelerinin doğrudan uygulanmasına imkan vermektedir. İzole seralar, yalıtım görevi görerek, üzerinde bulunduğu binaların enerji

tüketimini minimize etmektedir. Böylece, fosil yakıt tüketiminin, sera gazı emisyonlarının ve kentsel ısı ada etkisinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte bina ile entegre olan seralar, sera ve bina arasındaki su, enerji, hava akışlarını birbirine bağlayarak hem sera hem de bina performansını optimize etme potansiyeline sahiptir. Yapılı çevre ile sera arasındaki kaynak akışından yararlanarak, kentsel kaynak döngüsünü kapamada önemli bir rol oynamaktadır. Çevresel sürdürülebilirliğin kaynak ekonomisi çerçevesinde, entegre tasarımlar kaynak verimliliğini artırarak sürdürülebilirliğe destek olurken, izole tasarımlar belirli koşullarda kaynakların etkin kullanımına olanak tanımakta ve doğal yaşamı korumaktadır. Bu durum, çevresel sürdürülebilirlik kapsamında Kibert (1994)'in; koruma, yeniden kullanım ve yenilenebilir/dönüşebilir ilkeleriyle doğrudan ilişkilidir.

Çatı üstü seraları, çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle genel olarak uyumlu görünse de bazı noktalarda çelişkiler ortaya çıkabilmektedir. Örneğin, geniş ölçekli ve ileri teknoloji sahip çatı üstü seraları, enerji ve kaynak tüketimini artırarak daha fazla çevresel ayak izine neden olabilir. Bu durum, enerji korunumu ve insancıl tasarım ilkeleriyle çelişebilir. Ayrıca, bu seralar yüksek yatırım ve işletme maliyetleri gerektirdiğinden ekonomik sürdürülebilirlik açısından da bir uyumsuzluk yaratabilir. Bu nedenle, çatı üstü seraların üzerinde bulunduğu bina ile entegre bir şekilde tasarlanması, binanın potansiyelini ve kaynaklarını kullanması önem arz etmektedir. İncelenen örneklerde, özellikle fabrika, gıda pazarı, market ve kamu binaları gibi enerji tüketimi fazla olan yapılarda çatı üstü seralarının tercih edilmesi bu durumu desteklemektedir. Yapılı çevreden çıkan atıklar, seralar için kaynak oluşturmakta, böylece kaynak ve atık kullanımı optimize edilerek, binaların çevresel etkisi azaltılmakta ve bitki üretimi sağlanmaktadır. Bu bağlamda; entegre tasarımlar, üzerinde bulunduğu binanın ve kentin yenilenebilir kaynaklarından faydalanarak binalarda bitki üretimini mümkün kılmakta, binalardaki ve seralardaki yoğun enerji tüketimini dengelemeye yardımcı olmaktadır.

Son yıllarda farklı ölçeklerde çeşitli iklim koşullarında uygulanan çatı üstü seralar, hala araştırma ve geliştirmenin yeni aşamasındadır. Çatı üstü seralar, her ne kadar dezavantajlara sahip görünse de, yenilenebilir kaynaklardaki gelişmeler göz önüne alındığında gelecekte tarımsal kaynaklardan yoksun olan şehirler için gıda üretiminde

önemli bir strateji olabilir. Özellikle geniş alanlara sahip; alışveriş merkezleri, oteller, kongre merkezleri, fabrikalar, süpermarketler, gıda pazarları ve kamusal alanların üzerine uygulanan çatı üstü seraları binalardaki yoğun enerji tüketimini dengeleyerek, kaynakların etkin kullanılmasına ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilir.

Elde edilen bulgular, çatı üstü seralarının tasarımında dikkate alınması gereken önemli hususları ortaya koymaktadır. Çatı üstü seraların çevreye zarar vermeden sürdürülebilir bir şekilde hayata geçmesi için doğru tasarlanması ve uygulanması elzemdir. Çatı üstü serası tasarımları, projeye özgü ihtiyaçlar ve koşullar doğrultusunda şekillenmelidir. Tasarım sürecinde bina işlevi, sera alanı, entegrasyon yöntemi, bina-sera bağlantısı ve üretim amacı gibi faktörlerin titizlikle ele alınması gerekmektedir. Bu faktörlerin tasarım sürecinde dikkate alınması, çatı üstü seralarının etkili bir şekilde planlanması ve uygulanması için önemli bir adım olacaktır. Bununla birlikte, projelerde yer alan meslek gruplarının çeşitliliği, çatı üstü seraların tasarım ve işletme süreçlerinde disiplinler arası işbirliğinin önemini vurgulamaktadır. Bütüncül bir yaklaşımın benimsenmesi ile her bir meslek disiplinin projeye katkısı, seranın daha fonksiyonel, verimli ve çevre dostu hale getirilmesini sağlamaktadır.

Çatı üstü seraları, bitki yetiştirme teknolojilerini bina sistemleri ile birleştirerek, binaların sunduğu kaynakları ve altyapıyı etkin bir şekilde kullanma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, tasarım aşamasında mimari, tarım ve yapı teknolojisi arasındaki sinerjinin belirlenmesi için bina alt sistemlerinin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu sayede, kentsel tarım uygulamalarına katkı sağlayan, verimli ve sürdürülebilir çatı üstü seraları hayata geçirilebilir.

4.2. Çatı Üstü Seralarda Kullanılan Sistemler

Çatı üstü seralar, bitkilerin sağlıklı ve verimli büyümesini destekleyen karmaşık bir yapıya sahip olup; bitki yetiştirme, yapısal, iklimlendirme, su yönetimi, aydınlatma, enerji, kontrol ve izleme sistemlerini içermektedir.

4.2.1. Bitki yetiştirme sistemi

Bitki yetiştirme sisteminde, bölge iklimi, üretim tekniği ve yetiştirtilen mahsuller önemli rol oynamaktadır. Materyal ve yöntem bölümünde incelenen çatı üstü seralarının yetiştirme sistemine ait veriler Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Bu veriler, köppen iklim sınıflandırması temel alınarak çatı üstü seralarının bulunduğu bölgedeki iklimi, yetiştirme tekniğini ve yetiştirilen mahsulleri içermektedir.

Çizelge 4.2. İncelenen çatı üstü seralarına ait bitki yetiştirme sistemi çizelgesi

Çatı Üstü Sera	Bölge İklimi	Üretim Tekniği	Yetiştirilen Mahsuller
Ahuntsic (LF)	Nemli Karasal	Hidroponik	Taze yeşillikler, Biber, Salatalık, Şifalı Otlar
Greenpoint (GG)	Nemli Subtropikal	Hidroponik	Marul, Fesleğen
Arbor House	Nemli Subtropikal	Hidroponik	Taze yeşillikler (Marul, Lahana, Pazı, Fesleğen, Su teresi vb.)
Ecodome	Nemli Karasal	Akuaponik	Tilapia balığı, Çeşitli sebzeler
Laval (LF)	Nemli Karasal	Hidroponik	Salatalık
Gowanus (GG)	Nemli Subtropikal	Hidroponik	Taze yeşillikler (Marul, Lahana, Fesleğen vb.)
ICTA – ICP Araştırma Merkezi	Akdeniz	Hidroponik	Domates, Taze yeşillikler
Queens (GG)	Nemli Subtropikal	Hidroponik	Taze yeşillikler (Marul, Lahana, Fesleğen vb.)
Pullman (GG)	Nemli Karasal	Hidroponik	Taze yeşillikler (Marul, Lahana, Fesleğen vb.)
Uf 002 De Schilde	Ilıman Okyanusal	Akuaponik	Tilapia balığı, Domates, Salatalık, Taze yeşillikler
Anjou (LF)	Nemli Karasal	Hidroponik	Taze yeşillikler (Marul, Lahana, Fesleğen, Kuzukulağı, kereviz vb.)
Ferme Abattoir	Ilıman Okyanusal	Akuaponik	Levrek balığı, Domates, Aromatik otlar, Taze yeşillikler
Altmarktgarten	Ilıman Okyanusal	Hidroponik	Marul, Çilek, Taze yeşillikler
Ville Saint-Laurent (LF)	Nemli Karasal	Hidroponik	Domates, Patlıcan
Rewe Yeşil Çiftlik	Ilıman Okyanusal	Akuaponik	Levrek balığı, Taze yeşillikler
Agrotopia	Ilıman Okyanusal	Hidroponik	Taze yeşillikler, Çeşitli sebze ve meyveler

Çalışma kapsamında incelenen çatı üstü seralarının bitki yetiştirme sistemi; bölge iklimi, üretim tekniği ve yetiştirilen mahsuller açısından çeşitlilik göstermektedir. Nemli karasal, nemli subtropikal, akdeniz ve ılıman okyanusal olmak üzere dört ana iklim tipinde yer alan 16 çatı üstü sera örneği incelenmiştir (Çizelge 4.2). Çatı üstü seralarının bulunduğu bölgenin iklimi, yetiştirilen mahsullerin seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. Nemli karasal ve nemli subtropikal iklimlerde daha çok taze yeşillikler yetiştirilirken, ılıman okyanusal iklimlerde ürün çeşitliliği artmaktadır. Elde edilen bulgular, çatı üstü seralarının farklı iklim koşullarına uyum sağlayabildiğini ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, belirli bitkilerin yetiştirilebildiği görülmektedir.

Çatı üstü seralarında yetiştirilen ürünler arasında taze yeşillikler (marul, lahana, fesleğen, kuzukulağı, kereviz, pazı, su teresi vb.), domates, salatalık, biber, patlıcan, çilek, aromatik otlar ve şifalı otlar gibi ürünler yer almaktadır (Çizelge 4.2). Bu durum, çatı üstü seralarının çeşitli ürünlerin yetiştirilmesine imkân tanıdığını göstermektedir. En fazla yetiştirilen mahsuller marul ve fesleğen gibi taze yeşilliklerdir. Bu da yapraklı taze yeşilliklerin çatı üstü seralarında daha kolay yetiştirilebildiğine işaret etmektedir. Buna karşın, geleneksel tarım yöntemlerine kıyasla, her bitki çeşidinin yetiştirilmediği gözlemlenmektedir. Bazı çatı üstü seraları, belirli mahsullere odaklanırken, diğerleri daha geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Bu durum, seraların iklim koşulları ile birlikte, farklı pazar taleplerine ve stratejilerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır.

İncelenen çatı üstü serası örneklerinde, hidroponik ve akuaponik olmak üzere iki farklı üretim tekniği kullanılmakta olup, aeroponik üretim tekniğine ise hiç rastlanılmamıştır. Hidroponik üretim tekniği 12 çatı üstü serasında uygulanırken, akuaponik üretim tekniği 4 çatı üstü serasında tercih edilmiştir (Çizelge 4.2). Bu durum, çatı üstü seralarında kullanılan topraksız tarım uygulamaları arasında hidroponik üretim tekniğinin daha yaygın olduğunu göstermektedir. Akuaponik sistemler ise, hidroponik sisteme göre daha fazla çevresel avantaja sahip olmasına rağmen daha karmaşık teknoloji ve altyapı gerektirdiği için yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Hidroponik ve akuaponik sistemlerin kullanımı, geleneksel tarıma göre su ve toprak kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayarak çevresel sürdürülebilirliği

desteklemektedir. Hidroponik sistemlerde suyun geri dönüşümü ve besin maddelerinin kontrollü bir şekilde verilmesi, su tüketimini önemli ölçüde azaltırken, akuaponik sistemler ise balık yetiştiriciliği ile bitki yetiştiriciliğini entegre ederek atıkların değerlendirilmesini ve kaynakların döngüsel bir şekilde kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Bu yöntemler, bitki yetiştiriciliği için gerekli kaynakların optimizasyonu ve israfın azaltılması yoluyla Kim & Rigdon (1998) 'ın çevresel sürdürülebilirlik ilkelerinden kaynak ekonomisi ve yaşam döngüsü tasarımına uygun bir yaklaşım sergilemektedir. Ayrıca, geleneksel tarımın doğaya verdiği zararları en aza indirerek, ziraat kalıntılarından kaynaklanan toprak kirliliğini azaltmakta ve ürünlerin daha sağlıklı olmasını sağlamaktadır. Bu durum, Kibert (1994)'in çevresel sürdürülebilir ilkeleri arasında yer alan doğayı koruma ve zehirli olmayan ilkeleriyle de örtüşmektedir.

Ancak topraksız tarım sistemleri, karmaşık teknik altyapı ve teknoloji bağımlılığı nedeniyle yüksek enerji ve yatırım maliyetleri gerektirmektedir. Bu sistemlerin işletimi için gereken enerji tüketimi, özellikle fosil yakıtlara dayalı kaynaklardan sağlandığında, çevreyi olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle, çatı üstü seralarının enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklardan karşılanması hayati önem taşımaktadır. Bununla birlikte, her ne kadar akuaponik sistemler atıkların bir kısmını değerlendirse de, hem hidroponik hem de akuaponik sistemlerde hala atık oluşumu söz konusudur. Besin solüsyonu artıkları ve bitki artıkları gibi atıkların uygun şekilde yönetilmemesi çevre kirliliğine yol açabilir. Atıkların geri dönüştürülmesi veya kompostlaştırılması gibi yöntemlerle değerlendirilmesi, çevresel etkilerin azaltılması açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Çatı üstü seralarında topraksız tarım teknikleri kullanmak, çevresel sürdürülebilirlik açısından hem fırsatlar hem de zorluklar sunmaktadır. Bu sistemlerin potansiyel olumsuz etkilerinin göz önünde bulundurulması, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi açısından önemlidir. Çelişkilerin aşılması; teknik yenilikler, doğru tasarım stratejileri ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla mümkün olacaktır. Bu bağlamda, çatı üstü seralarının tasarım ve uygulama aşamalarında çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmesi için kapsamlı bir değerlendirme ve strateji geliştirilmesi gerekmektedir.

Çatı üstü serası tasarımının ilk ve en önemli adımı, yetiştirilecek mahsulün ve uygulanacak üretim tekniğinin belirlenmesidir. Farklı iklim koşullarında etkili bir şekilde kullanılabilen bu seralar, geniş bir ürün yelpazesine uyum sağlayabilmektedir. Ancak, en iyi sonuçlar için bölgesel iklim koşulları ve talep edilen ürünler dikkate alınarak mahsul ve yetiştirme tekniği seçimi önem taşımaktadır. Planlama ve işletme süreçlerinde yerel koşullar ve pazar taleplerini dikkate alınması, çatı üstü seralarının kentsel tarımda sürdürülebilir bir bileşen olarak, gıda güvenliğine ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamasını mümkün kılacaktır. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, atık yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ve sistemlerin sürekli optimize edilmesi, çatı üstü seralarının sürdürülebilir kentsel tarım uygulamalarındaki rolünü güçlendirecek temel unsurlardır.

4.2.2. Yapısal sistem

Çatı üstü seralarının yapısal sistemi, bina entegrasyonunda kritik öneme sahip olup, dayanıklılık, bütünlük ve uzun ömürlülüğü sağlarken, sera işlevlerinin verimli bir şekilde yerine getirilmesini de olanak tanımaktadır. Yapısal sistem; binanın taşıyıcı ögeleri olan yapısal elemanları, mekânsal düzenlemeleri ve yapı malzemelerini içermektedir. İncelenen 16 çatı üstü sera örneğinin yapısal sistemlerine ait bilgiler Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Çizelgede, sera ve seranın uygulandığı binanın yapısal özellikleri ayrı olarak ele alınmıştır. Çizelgede bulunan "-" işareti, ilgili çatı üstü sera için kaynaklarda bu bilginin bulunmadığını ifade etmektedir.

Sera yapılarında kullanılan malzemeler incelendiğinde (Çizelge 4.3); dayanıklılığı ve yapısal bütünlüğü sağlama kapasitesi yüksek olan galvanizli çelik ve alüminyumun en yaygın malzemeler olduğu görülmektedir. Sera örtüsü olarak ise cam, ışık geçirgenliği özelliği nedeniyle en yaygın kullanılan malzemedir. Temperli cam, dağınık cam ve mikro yapılı cam gibi farklı cam türleri, dayanıklılığı ve ışık geçirgenliğini optimize etmek amacıyla bazı örneklerde tercih edilmiştir. Ayrıca, cam malzemesine alternatif olarak bazı örneklerde polikarbonat kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. İncelenen çatı üstü seralarına ait yapısal sistem çizelgesi

	Sera Yapısı			Uygulanan Yapı Türü ve Özelliği			
Çatı Üstü Sera	**Malzeme**	**Sera Tipi**	**Sera İç Yükseklik (m)**	**Mevcut Bina**	**Yeni Bina**	**Yapım Sistemi**	**Kat Adedi**
Ahuntsic (LF)	Çelik, Cam	Venlo	4-8 Arasında	*		-	2
Greenpoint (GG)	Galvanizli çelik, Polikarbonat	Geniş açıklıklı sera	3-4 Arasında	*		-	2
Arbor House	Cam	Geniş açıklıklı üçgen sera	-		*	Prefabrike	8
Ecodome	Çelik, Cam	Eko kubbeli sera	-		*	Çelik Konstrüksiyon	1
Laval (LF)	Çelik, Cam	Venlo	4-8 Arasında		*	-	2
Gowanus (GG)	Galvanizli çelik, Polikarbonat	Geniş açıklıklı üçgen sera	3-4 Arasında		*	-	1
ICTA – ICP Araştırma Merkezi	Galvanizli çelik, Polikarbonat	Venlo	4		*	Betonarme	6
Queens (GG)	Galvanizli çelik, Polikarbonat	Geniş açıklıklı üçgen sera	3-4 Arasında	*		-	4
Pullman (GG)	Galvanizli çelik, Polikarbonat	Geniş açıklıklı üçgen sera	3-4 Arasında		*	-	1
Uf 002 De Schilde	Çelik, Temperli cam	Venlo	-	*		Tuğla bina	6
Anjou (LF)	Çelik, Cam	Venlo	4-8 Arasında	*		-	2
Ferme Abattoir	Çelik, Temperli cam	Venlo	7,6	*		Betonarme	1
Altmarktgarten	Çelik, Cam, Mikro yapılı cam	Geniş açıklıklı üçgen sera	-	*		Betonarme	5
Ville Saint-Laurent (LF)	Çelik, Cam	Venlo	4-8 arasında	*		-	2
Rewe Yeşil Çiftlik	Çelik, Alüminyum, Cam	Venlo	-		*	Ahşap ve Betonarme	2
Agrotopia	Galvanizli çelik, Alüminyum, Dağınık cam	Venlo	6 ve 12	*		Betonarme	1

İncelenen örneklerde sera yapılarında kullanılan malzemelerin sera tipi ve sera yüksekliği ile doğrudan ilişkisi tespit edilememiştir. Elde edilen bulgular, çatı seralarının yapısal sistemleri, hafif ve dayanıklı malzemeler kullanarak maksimum ışık geçirgenliği sağlamayı ve mevcut bina koşullarına uyum sağlamayı hedeflediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, bazı örneklerde beşikten beşiğe ilkeleri çerçevesinde geri dönüştürülmüş içerikli malzemeler ve organik veya geri dönüştürülmüş malzemeler kullanılmıştır.

Sera tipleri incelendiğinde (Çizelge 4.3), çatı seralarında en yaygın sera tipinin venlo olduğu görülmektedir. İncelenen 16 çatı serası örneğinin 9'unda yüksek tavanlı yapıları ile uygun ışık geçirgenliği sağlayan venlo tipi tercih edilmiştir. Diğer yaygın sera tipi ise, mahsüller için daha geniş yeşil alan sunan ve maksimum güneş ışığından yararlanılmasını sağlayan geniş açıklıklı üçgen seralar olup, incelenen örneklerin 6'sında tercih edilmiştir. Bunların yanı sıra, özel olarak tasarlanmış eğrisel biçimli, kaynaklarda eko kubbe olarak tanımlanan sera tipi de ekolojik, fonksiyonel ve estetik açıdan avantaj sağlayan bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, sera tipi olarak daha farklı tiplerin de tercih edilebileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.3'e bakıldığında, incelenen örneklerde sera yükseklikleri, yetiştirilecek bitki türüne ve kullanım amacına göre 3 metre ile 12 metre arasında değişmektedir. Yapraklı yeşillikler gibi kısa bitkiler için genellikle 3 metre civarında bir yükseklik yeterli olurken, asma bitkiler gibi daha yüksek bitki türleri için tasarlanan seraların yüksekliği 8 metreye kadar çıkabilmektedir. Dikey tarım için kullanılan Agrotopia çatı serası örneğinde ise sera yüksekliği 12 metreye ulaşmaktadır. Sera tipleri yüksekliklerine göre incelendiğinde; geniş açıklıklı seraların yüksekliğinin, venlo tipi seralara kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, sera tiplerinin ve yüksekliklerinin seçiminin yetiştirilen bitki türüne ve bulundukları iklim koşullarının ışık geçirgenliği, havalandırma gibi gereksinimlerine uygun olarak yapıldığını ortaya koymaktadır.

Çatı üstü seralarının mekânsal planlamaları incelendiğinde; bitki yetiştirme alanları, teknik alanlar, işleme ve paketleme alanları, halka açık turlar ve eğitim için ziyaretçi alanları, ofis alanları gibi operasyonel ve yönetimsel ihtiyaçlara hizmet eden mekânlar

mevcuttur. Bu mekânsal organizasyon; yapının işlevine, üretim tekniğine ve üretim amacına göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, akuaponik sistemlerin entegrasyonu, balık havuzları için ayrılan alanlar gibi ek mekânsal gereksinimleri beraberinde getirmektedir. İşleme ve paketleme alanlarının varlığı, ürünlerin serada yetiştirilip doğrudan tüketicilere sunulmasını amaçlayan çatı üstü seralarında daha belirgindir. Eğitim odaklı bir çatı üstü serası, ziyaretçi ve eğitim alanlarına daha fazla yer verirken, ticari üretim odaklı bir yapı daha geniş yetiştirme alanlarına sahiptir. Her bir çatı üstü serası örneği, ilgili koşullara en iyi uyum sağlayacak şekilde çevresel performans ve kullanıcı gereksinimlerini göz önünde bulundurarak tasarlanmıştır. Bu bulgular, çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak tasarlanmasının ve işletilmesinin hem bitki türlerinin ihtiyaçlarını karşılamak hem de binalarla uyumlu bir entegrasyon sağlamak için özel olarak düşünülmüş yapısal ve mekânsal stratejiler gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Çatı üstü seralarının yapısal sistemleri, Kim & Rigdon (1998) 'ın belirttiği çevresel sürdürülebilirliğin kaynaklar ekonomisi ve yaşam döngüsü tasarımı ilkeleriyle yakından ilişkilidir. Hafif ve dayanıklı malzeme kullanımı, maksimum ışık geçirgenliği sağlama ve mevcut bina koşullarına uyum hedefi, malzeme korunumu stratejisine katkı sağlamaktadır. Galvanizli çelik ve alüminyum gibi malzemeler, hem dayanıklılıkları hem de geri dönüşüm potansiyelleri açısından önemli rol oynamaktadır. Bu malzemelerin uzun ömürlü olması, kaynak kullanımını azaltırken, geri dönüştürülebilirlikleri döngüsel ekonomiye destek vermektedir. Ayrıca, cam ve polikarbonat gibi yüksek ışık geçirgenliğine sahip malzemelerin kullanılması; doğal aydınlatma ve enerji verimliliğini artırarak, enerji tasarrufu sağlamakta ve kaynaklar ekonomisinin enerji korunumu stratejisine de hizmet etmektedir. Hafif malzeme kullanımı, binanın taşıyıcı sistemine binen yükü azaltarak, yapısal güçlendirme ihtiyacını ve inşaat sürecindeki kaynak tüketimini minimize etmektedir.

Ancak, bu malzemelerin üretim süreçleri incelendiğinde, enerji tüketimi ve karbon emisyonları açısından çevresel sürdürülebilirlik ile çelişen durumlar söz konusu olabilmektedir. Örneğin, bu malzemelerin üretimi oldukça enerji yoğun olup, sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Bu nedenle, malzeme seçiminde geri

dönüştürülebilirlik yerine, malzemenin tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin değerlendirilmesi daha sürdürülebilir bir yaklaşım sunacaktır.

Çizelge 4.3'e bakıldığında, çatı üstü seralar, mevcutta var olan veya yeni yapılan binalar üzerine uygulanmaktadır. Çatı üstü seraların uygulandığı binalar incelendiğinde; prefabrike, çelik konstrüksiyon, ahşap, betonarme ve tuğla gibi farklı yapım sistemlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu çeşitlilik, çatı üstü seraların geniş bir yelpazede uygulanabilirliğini ve farklı bina yapım sistemlerine entegre edilebileceğini göstermektedir. İncelenen binaların kat sayıları 1 ile 8 arasında değişmekle birlikte, çoğunlukla 1-2 katlı binalar tercih edilmiştir.

Çatı üstü seraların, prefabrike yapılardan betonarme yapılara kadar farklı bina yapım sistemlerin üzerine uygulanabilirliği, mevcut bina stoğunun değerlendirilmesi ve yeni binaların tasarımında çatı üstü seralarının entegrasyonunun planlanması açısından esneklik sağlamaktadır. Ayrıca, yapı alanlarında yaygınlaştırılması açısından önemli bir avantajdır. Mevcut binalara entegre edilen çatı üstü seralarının tasarımı, binanın mevcut koşullarına uyum sağlayacak şekilde yapılırken, var olan altyapıyı kullanmakta ve yeni inşaat ihtiyacını ortadan kaldırarak kaynak kullanımını ve çevresel etkileri azaltmaktadır. Bu yaklaşım, Kim ve Rigdon'ın (1998) sürdürülebilirlik ilkeleriyle, özellikle yaşam döngüsü tasarımı ve kaynak ekonomisi ile uyumludur. Ancak, çatı üstü seraların daha çok 1-2 katlı binalarda tercih edilmesi, yüksek binalarda uygulamanın zorluklarına işaret etmektedir. Yüksek binalarda karşılaşılan bu zorluklar, çatı üstü seraların geniş ölçekli kentlerde yaygınlaşmasını kısıtlayabilmektedir. Çatı üstü sera uygulamalarının yaygınlaşması için yüksek binalardaki potansiyel engellerin detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.

Çatı üstü seralarının yapısal sistem tasarımları, sadece seranın işlevselliğini ve dayanıklılığını değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği de etkileyen önemli bir unsurdur. Çatı üstü seralarının yapısal ve mekânsal özellikleri; yetiştirilen bitki türleri, üretim teknikleri, üretim amacı ve yapının işlevine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu çeşitlilik, her bir projenin kendine özgü gereksinimlerini karşılamak amacıyla tasarım sürecinde dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte, her proje için en uygun yapısal

sistem, uygulandığı binanın özellikleri, iklim koşulları ve işlevsel gereksinimleri dikkate alınarak belirlenmelidir. Çatı sürü seralar, bina alt yapısını kullandığı için, uygulanacağı binanın her yönüyle çok iyi bilinmelidir. Bu nedenle, tasarım sürecinde malzeme seçimi, sera tipi ve yüksekliği, mekânsal planlama gibi unsurların yanı sıra alttaki binanın uygunluğunun da sürdürülebilir mimarlık ilkeleri ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda dikkatlice değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çatı üstü seralar, doğru bir şekilde tasarlandığında ve uygulandığında çevresel sürdürülebilirlik açısından faydalar sağlayabilmektedir. Yeni gelişmekte olan çatı üstü seraların tasarlanmasında ve uygulanmasında birçok zorlukla karşılaşılmaktadır. Bu tür uygulamaların yaygınlaştırılması için bu zorlukların tüm yönleriyle ele alınması ve çözüm odaklı yaklaşımların geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu bölümde ayrıca; yapısal sistem kapsamında çatı üstü seralarının tasarımı, inşası ve işletilmesi süreçlerinde karşılaşılan zorluklar incelenmiş ve tasarımda dikkat edilmesi gereken hususlar tartışılmıştır. Toplamda 16 adet çatı üstü serası analiz edilmiş olup, karşılaşılan zorluklar 10 madde altında toplanmıştır. Bunlar; uygun bina seçimi, yönetmelikler ve izinler, yük taşıma kapasitesi (stabilite), erişebilirlik (dikey sirkülasyon), binaya entegrasyon ve karmaşık teknoloji, inşa süreci (teknik ve operasyonel zorluklar), disiplinler arası iş bilirliği ve iletişim, maliyet, yangın güvenliği, bakım ve temizliktir.

- **Uygun Bina Seçimi**

İncelenen örneklerde, çatı üstü seralarının inşası için uygun bina bulmak yaşanan zorluklar arasında ön plana çıkmaktadır. Çatı üstü serası için uygun bina seçerken çeşitli faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bunlardan biri, çatının yeterli güneş alması ve diğer yüksek binaların gölgesinde kalmamasıdır. Diğer bir faktör ise çatının geniş ve düz olmasıdır. Düz çatılar, çatı üstü seraları için en uygun olmakla birlikte, incelenen örneklerden birinde olduğu gibi bazı durumlarda hafif eğimli çatı yüzeylerine de inşa edilmektedir. Maksimum eğim açısı, kullanım amacına, seçilen yetiştirme yöntemine ve seranın ayrıntılı planlamasına bağlıdır. Çatı üstü serasının uygun boyutu ise, kullanım

amacına bağlı olarak değişmektedir. İmaj, eğitim, sosyal odaklı projeler ve yaşam kalitesini artırmayı amaçlayan projelerde, daha küçük seralar tercih edile bilinmektedir.

Bir diğer faktör ise bina sahibidir. Bu, özellikle seraların yapımı için binanın mevcut yapısında önemli düzenlemelerin yapılması gerektiğinde ön plana çıkmaktadır. Çatı üstü serası inşası için binanın çatısında yapılacak her türlü önemli değişikliğin ev sahibi tarafından üstlenilmesi veya desteklenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, çatı üstü serası için mülk sahipleri ile yapılan anlaşmaların, uzun vadeli ve karşılıklı yarar sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Bu durum, çatı üstü serası projelerinin hayata geçirilmesinde ev sahibi ile işbirliğinin kritik önemini ortaya koymaktadır.

Çatı üstü seraların tasarlanması ve işletilmesinde, uygun binaların seçimi önemli bir adımdır. Çatı üstü serası için doğru bina tipi seçerken, çeşitli faktörlerin dikkate alınması ve uygun bir yer seçimi yapılması gerekmektedir. Şehir merkezlerinde ayrıcalıklı konumdaki binaların nadir olması, ev sahibinin desteğinin gerekliliği ve çatının fiziksel özelliklerinin uygunluğu gibi faktörler, doğru bina seçiminde dikkate alınması gereken temel unsurlardır.

- **Yönetmelikler ve izinler**

Çatı üstü seralarının tasarımı ve inşası sürecinde karşılaşılan en önemli zorluklardan biri, mevcut yönetmelikler ve izinlerle ilgili kısıtlamalardır. İncelenen örneklerde, imar düzenlemeleri ve izin süreçleriyle ilgili sorunlar yaşandığı görülmüştür. İlk uygulanan ticari ölçekli çatı üstü serası örneklerinde, mevcut imar planlarında tarımsal kullanımın ticari bir binanın üzerinde öngörülmemesi nedeniyle, yasal uyumluluk sağlamak için imar düzenlemelerinde değişiklik yapılmasını gerektirmiştir. Arbor House örneğinde, yenilikçi tasarımlar ve alternatif malzeme arayışları, yerel yönetim ile uzun süreli iş birliği gerektirmiştir. ICTA-ICP Araştırma Merkezi çatı üstü serası ise İspanyol Teknik Eğitim Yasası ve yangın güvenliği yasalarına uyum sağlamak için ek malzeme kullanımı gerektirmiş, bu da çevresel etkiyi artırmıştır. İncelenen örnekler, çatı üstü seralarının inşası için gerekli izinlerin alınması, bina yüksekliği, yapısal kapasite, erişim

ve yangın güvenliği gibi konularda mevcut imar düzenlemelerinin yetersiz kaldığını ve imar düzenlemelerinde değişiklik yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Çatı üstü seraların tasarımı ve inşası sürecinde karşılaşılan yönetmelikler ve izinler ile ilgili zorluklar, projelerin hayata geçirilmesinde önemli bir engel teşkil etmektedir. Çatı üstü seralarının benzersiz yapısı ve kullanım amacı, geleneksel bina yönetmeliklerine uymayı zorlaştırmakta, bu durum projelerin hayata geçirilmesinde gecikmelere ve ek maliyetlere neden olabilmektedir. Çatı üstü seraların binalara entegrasyonunu kolaylaştıracak, teşvik edecek imar düzenlemelerinin geliştirilmesi, projelerin gerçekleştirile bilirliği ve yaygınlaşması açısından önemli bir adım olacaktır.

- **Yük taşıma kapasitesi (Stabilite)**

Çatı üstü seraların tasarımında ve uygulamasında, mevcut binaların yük taşıma kapasitesi önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Çatı üstü seraların binaya getireceği ek yükler, mevcut binaların yapısal bütünlüğünü zorlayabilmekte ve bu durum çeşitli problemlere yol açabilmektedir. İncelenen örneklerde, mevcut binalara çatı üstü entegrasyonunda yük taşıma kapasitesi ile ilgili çeşitli zorluklarla karşılaşılmıştır.

Mevcut binaların çoğu, çatı üstü seralarının getirdiği ek yükleri taşıyacak şekilde tasarlanmamıştır. Bu, binanın güçlendirilmesini gerektirir ki bu da maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir. Öte yandan, ek bir seranın yükünü taşıyabilecek kadar güçlü bir yapıya sahip olan binalar, daha az maliyet gerektiren en iyi seçenek olarak görülmektedir. Örneğin Ahuntsic çatı üstü serasını uygulayan şirket, ilk prototip serasını oluştururken, güçlendirilmiş ve ek bir seranın yükünü taşıyabilecek iki katlı bir bina tercih etmiştir. Bununla birlikte, su depolamanın çatı üstü sera sistemine entegre edilmesi, mevcut binanın yapısal bütünlüğünün yetersiz olması durumunda zorluklar yaratabilmektedir. Şirket, bu sorunu depolama tanklarını bodrum katına yerleştirerek çözmüştür. Benzer şekilde, Uf 002 De Schilde çatı üstü serasında da yapısal sınırlamalar nedeniyle zemin ve çatının taşıyabileceği maksimum ağırlık belirlenmiş, bu durum balık yetiştiriciliğinde kullanılacak havuzların derinliklerini sınırlamıştır. Greenpoint çatı üstü serası örneğinde ise, mevcut binanın statik ve hava koşullarından

kaynaklanan yükleri taşıyabilmesi için yapısal çerçevesinin takviye edilmesi gerekmiştir. Mevcut bir binanın üstüne uygulanan Agrotopia örneğinde; çatı üzerine izin verilen maksimum yük kapasitesi, işlevleri, yetiştirme tekniklerini ve hangi malzeme veya ekipmanın zemin seviyesine ne ölçüde yerleştirilmesi gerektiğini belirleyen önemli bir faktör olmuştur. Maksimum yük kapasitesi, çatı üstü serasında forklift kullanımının mümkün olmaması gibi pratik zorluklara da yol açmıştır.

Yük taşıma kapasitesi, çatı üstü seraları tasarlanırken ve inşa edilirken dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biridir. Bu kapasite, çatı üstü seralarının entegrasyon sürecinde yapısal bütünlük, işlevsellik ve güvenlik açısından kritik bir rol oynamaktadır. Genel olarak, mevcut binaların yük taşıma kapasitesi sınırlı olduğundan, çatı üstü seralarının entegrasyonu için binaların güçlendirilmesi veya yeni binaların sera gereksinimlerine uygun şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu süreçte, mevcut binanın yapısal durumu ayrıntılı bir şekilde analiz edilmeli ve proje başlamadan önce maksimum çatı yükü dikkatlice hesaplanmalıdır. Bu hesaplamalarda, seraların oluşturduğu ölü yükler (seranın kendi ağırlığı ve sabit ekipmanlar), hareketli yükler (insan, ekipman ve malzeme hareketi), rüzgar yükü ve kar yükü gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Yük taşıma kapasitesi konusunda yapılan kapsamlı analizler ve alınan gerekli önlemler, çatı üstü seralarının uzun vadeli başarısını ve sürdürülebilirliğini sağlamada belirleyici olacaktır.

- **Erişebilirlik (Dikey sirkülasyon)**

Çatı üstü serası projelerinde erişilebilirlik, özellikle dikey sirkülasyon konusu, önemli bir tasarım ve uygulama zorluğu olarak öne çıkmaktadır. İncelenen örneklerin çoğunda, seranın işleyişini kolaylaştırmak için mevcut binanın altyapısına ek olarak yeni merdiven ve asansör sistemleri kurulmuştur. Bu tür yapısal müdahaleler, teknik ve maliyet açısından zorluklar yaratmakta, ayrıca mevcut binanın kullanıcılarını da etkilemektedir. Greenpoint ve Queens çatı üstü seralarında ise maliyetli değişikliklerden kaçınmak için çatı katını aşağıdaki kata bağlayan konveyör bandı tercih edilmiştir. Bu daha basit bağlantı, hasat edilen ürünlerin taşınmasına olanak tanımaktadır. Altmarktgarten çatı üstü serası ise, meydan ile sera arasındaki bağlantının

dikey bahçe kullanılarak sağlandığı bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. Çeşitli yapısal unsurların (mekânsal iskele, merdivenler, platformlar) entegre edildiği dikey bahçe sistemi, erişilebilirliği sağlarken aynı zamanda mimari estetik açısından dikkat çekici bir çözüm sunmaktadır. UF 002 De Schilde örneğinde, çatı ile 6. kat arasında bir asansör inşa edilmiştir. Bu çözüm, girdilerin, ürünlerin ve insanların çatı üstü serasına taşınmasını kolaylaştırmakta, ancak günlük lojistiği daha karmaşık hale de getirebilmektedir. Çatıdaki operasyonların lojistiği, asansörün etkin çalışmasına bağlı olmakta ve günlük işleyişin sorunsuz olmasını sağlamak için ekstra bir planlama gerektirmektedir.

Çatı üstü seraların günlük operasyonlarının sorunsuz bir şekilde yürütülebilmesi, çatının erişilebilir olması ve dikey sirkülasyonun etkin bir şekilde sağlanması ile mümkündür. Mevcut bina alt yapısının, çatı üstü serasının erişebilirliği için gerekli olan, yapısal düzenlemeleri, yük kapasitesi ve trafik akışını karşılayabilmesi önem taşımaktadır. Çatı üstü seraların erişilebilirliği ve dikey sirkülasyonu planlanırken, projenin üretim amacı ve hangi insan gruplarının erişimine açık olacağı gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörlere bağlı olarak, yapısal ve organizasyonel açıdan erişilebilirliğin nasıl sağlanabileceği, üretim lojistiğine ilişkin gereksinimlerin neler olduğu ve bunların nasıl karşılanabileceği gibi hususların açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Projenin içeriği ve kullanım hedeflerine göre değişen erişilebilirlik gereksinimleri, tasarım sürecinde dikkatle analiz edilmeli ve teknik, maliyet ile zaman açısından optimize edilmiş çözümler geliştirilmelidir.

- **Binaya entegrasyon ve karmaşık teknoloji**

Çatı üstü seraları; binaların yapısal, mekanik, elektrik ve tesisat alt yapıları aracılığıyla binalarda gıda üretimini mümkün kılmaktadır. Çatı üstü seralarının tasarımı ve uygulaması, karmaşık bir teknolojik altyapıyı ve bina ile uyumlu bir entegrasyonu gerektirmektedir. Bununla birlikte, entegre çatı üstü seralarının bina altyapısı ile sinerji yaratma potansiyeli, enerji verimliliğini artırma ve kapalı döngüler oluşturma açısından önemlidir. Bu entegrasyon süreci, incelenen çatı üstü sera projelerinde önemli bir zorluk olarak öne çıkmaktadır. Ferme Abattoir örneğinde; mevcut enerji, su yönetimi ve diğer

sistemlerin çatıya entegre edilmesi, CO2 emisyonlarının geri kazanımı da dahil olmak üzere önemli bir zorluk teşkil etmiştir. Altmarktgarten örneğinde ise; mevcut çatı yüzeylerinin, bu tür gelişmeleri destekleme kapasitesinin yetersiz olması, projede önemli bir engel oluşturmuştur. Agrotopia örneğinde yaşanan zorluklar da farklı sistemlerin entegrasyonu ve işlevsellik kazanması sürecinde kendini göstermiştir. Karmaşık teknolojik sistemlerin entegrasyonu, bu projede de önemli bir rol oynamıştır.

Çatı üstü seralarının bina ile entegrasyonunun düzeyi, tasarım ve planlama aşamasında alınan kararlarla doğrudan ilişkilidir. Yeni inşaatlarda, çatı üstü seranın bina ile eş zamanlı olarak tasarlanması durumunda daha yüksek düzeyde entegrasyona olanak tanınmaktadır. Bununla birlikte, mevcut binalara çatı üstü sera eklenmesi durumunda, entegrasyon süreci daha zorlu hale gelmektedir. Çatı üstü seralarının mevcut bina ile entegrasyonu, proje ekiplerinin farklı disiplinlerdeki uzmanlarının koordinasyonu, bina altyapısının uygunluğu ve karmaşık teknolojilerin uyumlu entegrasyonu gibi çoklu faktörlerin başarılı bir şekilde yönetilmesini gerektiren zorlu bir süreçtir. Çatı üstü serası projelerinin, bu zorlukları dikkate alarak disiplinler arası işbirliği ile bütünleşik bir tasarım yaklaşımı benimsemeleri gerekmektedir.

- **Yapım süreci**

Şehir merkezlerindeki çatı üstü sera kurulumları; teknik, finansal ve çevresel faktörleri içeren karmaşık bir süreç olabilmektedir. İncelenen örneklerde, çatı seralarının inşa sürecinde karşılaşılan başlıca zorluklar; bina dayanıklılığı, sınırlı alan kullanımı, malzeme lojistiği, çevresel düzenlemeler, komşu ilişkileri, mevcut yapıyla entegrasyon, su yalıtımı ve mevsimsel genleşme-büzülme gibi unsurları kapsamaktadır.

Mevcut bir yapıya sera entegrasyonu, çeşitli teknik zorlukları beraberinde getirmektedir. Agrotopia örneğinde gerçekleştirilen sera entegrasyonu, çelik seranın beton alt yapı ve karmaşık tesisatlar ile uyumlu bir şekilde birleştirilmesini, taşıyıcı hatların hizalanmasını ve mevcut çatının eğiminin dikkate alınmasını gerektirmiştir. Mevcut yapının eğimli çatısı üzerine sera için düz bir beton zemin uygulanmış ve yükseltilmiş döşeme ile yükseklik farkı sorunu çözülmüştür. Yaz ve kış mevsimleri arasındaki

genleşme ve büzülme sorununa ise ayarlanabilir ayaklar tasarlanarak çözüm getirilmiştir. Mevcut bir binanın faaliyetlerine devam ederken üst katında inşaat yapmak, inşaat faaliyetlerinin binaya ve kullanıcılara etkisini minimumda tutmayı gerektiren başka bir zorluktur. Su yalıtımı, özellikle hali hazırda kullanımı devam eden mevcut bir binanın üzerine inşa edilen çatı üstü seraları için kritik bir konudur. Ferme Abattoir çatı üstü sera inşasında, mevcut çatıya su yalıtımı uygulanmış ve üzerine yeni bir beton tabakası dökülerek sera inşa edilmiştir. Bu süreçte, potansiyel sızıntıları önlemek ve ev sahibi binaya zarar vermemek büyük bir öncelik teşkil etmiştir. Malzeme lojistiği, şehir içi sınırlı alanlar nedeniyle zorlu bir süreç haline gelebilmektedir. Malzemelerin çatıya taşınması için vinç kullanımı gerekebilmekte, bu durum ise ek maliyet ve koordinasyon gerektirmektedir. Depolama alanlarının yetersizliği nedeniyle, malzemelerin zamanında tedarik edilmesi ve etkin bir şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır.

Çatı üstü sera projelerinin inşaat sürecinde karşılaşılabilecek teknik zorlukların minimize edilebilmesi ve başarılı bir şekilde tamamlanması için, projenin erken aşamalarından itibaren detaylı planlama ve koordinasyon çalışmaları yürütülmelidir. Mevcut binanın her yönüyle detaylı incelenmesi, eğimli çatılar, su yalıtım sistemleri ve teknik tesisatlar gibi unsurların değerlendirilmesi gerekmektedir. İnşaat sürecinde mevcut binanın faaliyetlerine devam etmesi durumunda, çalışmaların bina kullanıcılarına minimum düzeyde etki etmesi sağlanmalıdır. Ayrıca şehir merkezlerindeki sera inşaatlarında gürültü, toz ve trafik gibi çevresel etkilere yönelik gerekli önlemler alınmalıdır. Çatı üstü seralarının inşa süreci, geleneksel seralara kıyasla daha karmaşık ve zorlu bir süreçtir. Tasarım ve inşaat aşamalarında dikkatli planlama ve detaylı analiz, çatı üstü seralarının başarılı bir şekilde entegre edilmesini ve sürdürülebilir bir şekilde işletilmesini mümkün kılacaktır.

- **Disiplinler arası işbirliği ve iletişim**

Çatı üstü seralarının tasarımı ve uygulanması, karmaşık ve çok yönlü bir süreci gerektirmektedir. Bu sürecin başarılı bir şekilde yürütülmesi için farklı uzmanlık alanlarından oluşan bir ekip tarafından yürütülen bütünleşik bir tasarım sürecine ihtiyaç

duyulmaktadır. Farklı disiplinlerdeki uzmanların bilgi ve deneyimlerinin bir araya getirilmesi, projenin tüm yönlerinin dikkate alınmasını sağlamakta ve olası sorunların önceden tespit edilip çözüm yolları geliştirilmesine imkân vermektedir. Agrotopia çatı üstü sera örneğinde; sosyal girişimcilik, bina ve sera inşaatı, su ürünleri yetiştiriciliği ve tarım gibi farklı alanlarda uzmanlaşmış profesyonellerin bir araya gelerek her bir zorluğa özgü çözümler geliştirmeleri, projenin başarıyla sonuçlanmasını sağlamıştır.

Disiplinler arası işbirliği, yalnızca proje ekibinin oluşturulmasıyla sınırlı kalmamaktadır. Bu işbirliği, projenin başlangıcından itibaren tüm paydaşların sürece dâhil edilmesiyle başlamaktadır. Paydaşlar arasında müşteri, çatı serasının kullanıcısı, mevcut binanın sahibi ve kullanıcıları, yerel yönetimler, itfaiye, komşular ve bölge sakinleri yer almaktadır. Projenin başarılı bir şekilde yürütülmesi için başlangıçtan itibaren tüm paydaşlarla düzenli istişarelerin yapılması kritik öneme sahiptir. Açık ve etkili iletişim, farklı taraflar arasındaki koordinasyonu sağlayarak olası sorunların hemen tespit edilmesine ve çözüm üretilmesine olanak tanımaktadır. Bu nedenle; farklı disiplinlerden uzmanların etkili iletişim ve işbirliği içinde çalışabileceği ortak bir platform oluşturulmalı, proje sürecinin tüm aşamalarında bilgi paylaşımı ve koordinasyon sağlanmalıdır.

- **Maliyet**

Maliyet, çatı üstü seralarının tasarımı, yapımı ve işletilmesinde önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. İncelenen çatı üstü sera örneklerinin, maliyet açısından çeşitli zorluklar içerdiği görülmüştür. Bu zorluklar; ilk yatırım maliyetleri, işletme giderleri ve finansman konularında yoğunlaşmaktadır.

Maliyet faktörü çatı üstü seralarının yaygınlaşmasının önündeki önemli engellerden biridir. Bununla birlikte, dikkatli planlama, uygun teknolojilerin seçimi ve yenilikçi finansman yöntemleri ile maliyetler optimize edilebilir. Tasarım aşamasında maliyet etkin çözümlere odaklanmak, ilk yatırım ve işletme maliyetlerini azaltmaya yardımcı olabilir. Ayrıca, kamu destekleri ve alternatif finansman kaynaklarının araştırılması, projelerin hayata geçirilmesini kolaylaştırabilir. Tüm bu faktörler göz önünde

bulundurularak, çatı üstü seralarının mali sürdürülebilirliği sağlanabilir ve kentsel tarımın yaygınlaşmasına katkıda bulunulabilir. Bu bağlamda, gelecekte yapılacak çalışmaların maliyet etkenleri üzerine odaklanarak, çatı üstü seralarının daha ekonomik ve çevre dostu hale getirilmesine yönelik çözümler üretmesi gerekmektedir.

- **Yangın güvenliği**

Çatı üstü seralarının tasarımında ve işletilmesinde yangın güvenliği önemli bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. İncelenen çatı üstü seralarının birçoğunda, yangın danışmanlarının tasarım sürecine dahil edildiği görülmektedir. Bu durum, çatı üstü seralarının karmaşık yapılarından ve özel yangın güvenliği gereksinimlerinden kaynaklanmaktadır.

Lufa Farms örneğinde, yangın güvenliği endişeleri nedeniyle hafif ve ekonomik plastik paneller yerine cam kullanımı zorunlu hale gelmiş, sera yağmurlama sistemiyle donatılmıştır. Bu durum, maliyeti ve ağırlığı artırarak tasarım sürecinde ek zorluklar doğurmuştur. ICTA-ICP Araştırma Merkezi örneğinde ise, LDPE'nin sera çatı malzemesi olarak kullanılmasına izin verilmemiş, polikarbonat malzeme tercih edilmiştir. Bu tercih, daha fazla kaynak kullanımı gerektiren ve daha yüksek etkili malzemelerin kullanımıyla sonuçlanmıştır. Rewe Yeşil Çiftlik örneğinde, yapıların karmaşıklığının özellikle yangından korunma önlemlerinden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Agrotopia örneğinde ise itfaiye için erişim ve tahliye seçenekleri göz önünde bulundurulmuş, kaçış mesafelerini sağlamak için acil çıkışlar tasarıma dâhil edilmiştir. Yangın güvenliği çatı üstü seralarının tasarımında ve işletilmesinde kritik bir faktördür. Yangın yönetmelikleri, çatı üstü seralarının yangın güvenliği standartlarını karşılaması için özel düzenlemeleri zorunlu kılmaktadır. Bu düzenlemeler, yangına dayanıklı uygun malzeme kullanımı, yağmurlama sistemleri ve çıkış sağlama gerekliliklerini içermektedir. Projelerde, yangın güvenliği gereksinimlerinin erken aşamalarda dikkate alınması ve bütünleşik bir tasarım yaklaşımının benimsenmesi gerekmektedir.

- **Bakım ve temizlik**

Çatı üstü seralarının cephelerinin, düzenli bakımı ve temizliği ışık geçirgenliği açısından önemlidir. Yüksek katlardaki seralarda cam yüzeylerin temizliğinde zorluklar yaşanabilmektedir. Erişim güçlüğü nedeniyle bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi zaman alıcı ve maliyetli olabilmektedir. Agrotopia örneğinde, bu soruna çözüm olarak cephe boyunca monte edilen bir ray sistemi ile servis platformu kurulmuştur. Bu yenilikçi çözüm, bakım ve temizlik işlemlerini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Ancak her proje için özel çözümler uygulamak mümkün olmayabilir. Bu sorunların üstesinden gelmek için, tasarım aşamasında bakım ve temizlik konusunun kapsamlı bir şekilde ele alınması gerekmektedir.

4.2.3. İklimlendirme sistemi

Çatı üstü seralarda, bitki yetiştirme ortamına ait sıcaklık, nem, CO2 seviyesi, hava kalitesi ve diğer çevresel faktörlerin optimum düzeyde tutulması önemlidir. İklimlendirme sistemi, seraların ısıtma, soğutma ve havalandırma ihtiyaçlarını karşılayarak, bitki gelişimi için gerekli olan çevresel parametreleri düzenlemekte olup, optimum büyüme koşullarının sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır.

Tez kapsamında incelenen örneklerdeki çatı üstü seralarında iklimlendirme için doğal gaz ve ya elektrik ile çalışan ısıtıcılar, fanlar, pompalar, klimalar, buharlaştırıcılı soğutucular gibi enerji harcayan teknolojiler kullanılmaktadır. Bu durum, çatı üstü seralarının kaynak ve enerji ihtiyacının yüksek olduğuna işaret etmektedir. Bununla birlikte, incelenen örneklerin çoğunluğunda iklimlendirme için enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik odaklı stratejilerin uygulandığı görülmektedir. Tez kapsamında, çatı üstü seralarının iklimlendirme sistemleri, pasif stratejiler ve aktif stratejiler olmak üzere iki temel yaklaşım üzerinden incelenmiştir.

Pasif stratejiler, dışarıdan enerji gerektirmeyen ve mimari tasarıma dayalı çözümleri kapsamaktadır. İncelenen 16 çatı üstü serasının iklimlendirme sistemine ilişkin pasif stratejileri Çizelge 4.4'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.4. İncelenen çatı üstü seralarının iklimlendirme sistemine ait pasif stratejiler

Çatı Üstü Sera	Pasif Strateji
Ahuntsic (LF)	Pasif güneş enerjisi, Bina ile termal sinerji, Yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı
Greenpoint (GG)	Pasif güneş enerjisi, Yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı
Arbor House	
Ecodome	Kubbe şeklinde dış kabuk tasarımı
Laval (LF)	Pasif güneş enerjisi, Bina ile termal sinerji, Yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı
Gowanus (GG)	Pasif güneş enerjisi, Yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı
ICTA – ICP Araştırma Merkezi	Biyoklimatik dış kabuk tasarımı, Pasif bina tasarımı, Farklı iklim tiplerine uygun tasarım, Yüksek termal dayanıklılığa sahip malzeme kullanımı
Queens (GG)	Pasif güneş enerjisi, Bina ile termal sinerji, Yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı
Pullman (GG)	Pasif güneş enerjisi, Bina ile termal sinerji, Yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı
Uf 002 De Schilde	
Anjou (LF)	Pasif güneş enerjisi, Bina ile termal sinerji, Yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı
Ferme Abattoir	Bina ile termal sinerji
Altmarktgarten	Bina ile termal sinerji
Ville Saint-Laurent (LF)	Pasif güneş enerjisi, Bina ile termal sinerji, Yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı
Rewe Yeşil Çiftlik	Pasif güneş enerjisi
Agrotopia	Farklı iklim tiplerine uygun tasarım, Pasif bina tasarımı

Çatı üstü seralarında iklimlendirme sistemlerine yönelik uygulanan pasif stratejiler incelendiğinde, en yaygın kullanılan yöntemlerin pasif güneş enerjisi, bina ile termal sinerji ve yüksek yalıtım özellikli malzeme kullanımı olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4). Bunların yanı sıra, bazı örneklerde farklı iklim tiplerine uygun tasarım, pasif bina tasarımı, dış kabuk tasarımı gibi stratejiler de bazı örneklerde uygulanmıştır. Pasif güneş enerjisi tasarımı; seraların güneş ışınlarını maksimum düzeyde yakalanması için seraların konumlandırılması ve yönlendirilmesidir. Bu stratejide, sera içi sıcaklığını artırmak ve ısıtma ihtiyacını azaltmak için güneş enerjisinden faydalanılmaktadır. Bina

ile termal sinerji, seraların üzerinde bulunduğu binalardan yayılan ısıyı tutmasını ve bu ısıyı iklimlendirme için kullanmasını ifade etmektedir. Yüksek yalıtım özelliklerine sahip yapı malzeme kullanımı ise, seralardan kaynaklanan ısı kayıplarını minimize eder, böylece hem ısıtma hem de soğutma ihtiyacını azaltarak, enerji tüketimini düşürmektedir.

Pasif bina tasarımı, biyoklimatik ve kubbe şeklinde dış kabuk tasarımı gibi stratejiler, her ne kadar daha az yaygın olsa da (Çizelge 4.4), projelerin bulunduğu bölgenin iklim koşullarına ve ihtiyaçlarına uygun çözümler sunmaktadır. Bu stratejiler, doğal havalandırma, aydınlatma ve ısıtma sağlayarak, mekanik sistemlere olan bağımlılığı azaltmakta ve böylece enerji tüketimini, kaynak kullanımını ve sera gazı emisyonlarını düşürmektedir. İncelenen örnekler, pasif stratejilerin etkinliğinin, mimari tasarımın bu stratejileri destekleyecek şekilde yapılandırılmasıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Pasif stratejilerin mimari tasarım ile başarılı bir şekilde entegre edilmesi, enerji tüketimini azaltmanın yanı sıra çevresel etkileri de minimize etmektedir. Bu bağlamda, pasif stratejileri içeren mimari tasarımlar, sürdürülebilir yapıların geliştirilmesinde önemli bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Enerji tüketen, mekanik veya elektrikli sistemlerin kullanımını içeren aktif stratejiler, enerji tüketimini azaltmak amacıyla atık kaynaklarının yeniden kullanımına ve kapalı döngülere odaklanan çözümleri içermektedir. Tez kapsamında incelenen 16 çatı üstü serasının iklimlendirme sistemine ait aktif stratejileri Çizelge 4.5'de özetlenmiştir. İncelenen çatı üstü seralarının hemen hepsinde enerji tüketimini azaltmak ve çevresel etkiyi en aza indirmek için çeşitli aktif stratejiler benimsediği görülmektedir.

İncelenen örneklerin bazılarında, bina ile sera arasında enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanmak üzere entegre bir tasarım yaklaşımı benimsenmiştir (Çizelge 4.5). Bu strateji, seranın enerji verimliliğini artırırken, aynı zamanda bina ile sera arasındaki kaynak paylaşımını da optimize etmektedir. Bina sistemlerinden çıkan atıklar, başka bir sistemin girdisi olabilmektedir. Bu bağlamda, en yaygın olarak kullanılan strateji, atık ısı geri kazanımıdır. Üzerinde bulunduğu binadan çıkan egzoz havası, seralara verilerek

seranın ısıtma ihtiyacını azaltmaktadır. Aynı zamanda egzoz havasındaki CO_2, bitkilerin büyümesini desteklemek için değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.5. İncelenen çatı üstü seralarının iklimlendirme sistemine ait aktif stratejiler

Çatı Üstü Sera	Aktif Strateji
Ahuntsic (LF)	Enerji perdesi
Greenpoint (GG)	Yenilenebilir enerji kullanımı, Enerji perdesi, Gölgelendirme perdesi
Arbor House	Gölgelendirme perdesi
Ecodome	Bina ile sera arasındaki enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanmak üzere entegre tasarım, Jeotermal sistem ile bina ısıtılması, Gölgelendirme perdesi
Laval (LF)	Enerji perdesi
Gowanus (GG)	Bina ile sera arasındaki enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanmak üzere entegre tasarım, Kojenerasyon teknolojisi (Kombine ısı ve güç sistemi) kullanımı, Atık ısı geri kazanımı, Yenilenebilir enerji kullanımı, Enerji perdesi, Gölgelendirme perdesi
ICTA – ICP Araştırma Merkezi	Bina ile sera arasındaki enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanmak üzere entegre tasarım, Jeotermal sistem ile bina ısıtması, Atık ısı geri kazanımı, Enerji perdesi
Queens (GG)	Yenilenebilir enerji kullanımı, Enerji perdesi, Gölgelendirme perdesi
Pullman (GG)	Yenilenebilir enerji kullanımı, Enerji perdesi, Gölgelendirme perdesi
Uf 002 De Schilde	Gölgelendirme perdesi
Anjou (LF)	Enerji perdesi
Ferme Abattoir	Bina ile sera arasındaki enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanmak üzere entegre tasarım, Yenilenebilir enerji kullanımı, Isı pompası kullanımı, Atık ısı geri kazanımı, Enerji perdesi
Altmarktgarten	Atık ısı geri kazanımı, Biyokütle enerjisi ile bina ısıtılması, Gölgelendirme perdesi
Ville Saint-Laurent (LF)	Enerji perdesi
Rewe Yeşil Çiftlik	Bina ile sera arasındaki enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanmak üzere entegre tasarım, Akıllı soğutma ve ısıtma teknolojisi kullanımı, Atık ısı geri kazanımı, Gölgelendirme perdesi
Agrotopia	Bina ile sera arasındaki enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanmak üzere entegre tasarım, Biyokütle enerjisi ile bina ısıtılması, Kojenerasyon teknolojisi (Kombine ısı ve güç sistemi) kullanımı, Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma kullanımı, Atık ısı geri kazanımı, Enerji perdesi, Gölgelendirme perdesi

İncelenen bazı örneklerde (Çizelge 4.5); ısıtma ve soğutma için yenilenebilir enerji kullanımı, ısı pompası kullanımı, akıllı ısıtma ve soğutma, kojenerasyon, ısı geri

kazanımlı mekanik havalandırma gibi ileri teknolojilerin kullanımı dikkat çekmektedir. Bunların yanı sıra, enerji perdesi ve gölgelendirme perdesi kullanılmaktadır. Enerji perdesi kullanımı, ısı kaybını azaltmak için yaygın bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır. Gölgelendirme perdeleri ise aşırı güneş ışınımını engelleyerek seranın aşırı ısınmasını önlemeyi amaçlamaktadır.

Çatı üstü seraların iklimlendirme sisteminde kullanılan teknolojiler, yüksek enerji ve kaynak tüketerek çevreye zarar vermektedir. Bu bağlamda, iklimlendirme sistemleri için kullanılan stratejiler önem taşımaktadır. İncelenen çatı üstü sera örneklerinin iklimlendirme sistemleri, çevresel sürdürülebilirlik çerçevesinde değerlendirildiğinde, Kim & Rigdon (1998)'ın kaynak ekonomisi, yaşam döngüsü ve insancıl tasarım ilkelerine katkı sağlayan önemli stratejiler ortaya koymaktadır. Ayrıca, incelenen örneklerdeki entegre tasarım yaklaşımları, bina ve sera arasında enerji, su ve CO_2 akışlarından yararlanarak çevresel sürdürülebilirlik yönünden Kibert (1994)'in yeniden kullanım, yenilenebilir/dönüşebilir ve doğayı koruyan ilkelerini desteklemektedir. Bu stratejiler, enerjinin ve kaynakların etkin kullanımını sağlayarak, fosil yakıtlara olan bağımlılığı ve atık miktarını azaltmayı, binaların çevresel etkisini minimize etmeyi hedeflemektedir.

Pasif stratejiler, enerji tüketimini en aza indirmek için tasarıma dayalı mimari bir yaklaşım olarak öne çıkarken, aktif stratejiler ise, yenilikçi teknolojiler ve entegre tasarım çözümleri sunmaktadır. Pasif ve aktif stratejilerin birlikte akıllıca entegre edilmesi, bu sistemlerin performansını optimize etmek ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Pasif stratejilerin başarısı büyük ölçüde iklim koşullarına ve mimari tasarıma bağlıdır. Bu nedenle, farklı iklim bölgelerinde ve bina tipolojilerinde bu stratejilerin etkinliğini değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Aynı şekilde, aktif stratejiler genellikle yüksek yatırım maliyetleri ve karmaşık teknolojiler gerektirmektedir. Bu noktada, uzun vadeli maliyet-fayda analizleri ve yaşam döngüsü değerlendirmeleri, bu teknolojilerin uygulanabilirliğini ve çevresel performansını daha kapsamlı bir şekilde ortaya koyacaktır.

Çatı üstü seralarının iklimlendirme sistemlerinin tasarımı, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından kritik öneme sahiptir. Çatı üstü seraların iklimlendirme sistemlerinin tasarımında; enerji tüketimini azaltan, çevresel etkiyi minimize eden ve büyüme koşullarını optimize eden disiplinler arası bütüncül bir yaklaşım hedeflenmelidir. Tasarım sürecinde, seraların yer aldığı coğrafi konumun iklimsel özellikleri dikkate alınarak, öncelikle pasif stratejilerin etkinliğini artıracak bir mimari yaklaşım benimsenmelidir. Pasif stratejilerin yetersiz kaldığı durumlarda devreye alınacak aktif stratejiler, enerji tüketimini en aza indirgeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Tasarımda, bina ile sera arasındaki enerji, su ve CO_2 akışlarını optimize etmek için entegre bir yaklaşıma öncelik verilmeli ve kaynakların etkin bir şekilde kullanımı sağlanmalıdır. Optimum performans ve sürdürülebilirlik için sistemlerin uzun vadeli işletme maliyetleri, bakım gereksinimleri ve çevresel etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda, tasarım süresince, enerji simülasyonları ve yaşam döngüsü maliyet analizleri yapılarak sistemin performansı detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir. İklimlendirme sistemlerinin başarısı, mimari tasarım ve teknoloji seçiminin dikkatli bir şekilde yapılmasına, iklim koşulları ile projenin spesifik gereksinimlerine uygun şekilde uyarlanmasına bağlıdır. Bu sayede, seraların hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik verimlilik açısından maksimum performans göstermesi sağlanacaktır.

4.2.4. Aydınlatma sistemi

Bitkiler için ışık, hayatta kalabilmeleri ve büyümeleri için önemli bir unsurdur. Çatı üstü seralarda, aydınlatma sistemleri, bitkilerin fotosentez için gerekli olan optimum ışık koşullarını sağlamaktadır. Tez kapsamında incelenen örneklerde, gün ışığından en yüksek seviyede yararlanma amacının öncelikli olduğu, yetersiz ışık koşullarında ise yapay aydınlatmanın devreye girdiği görülmektedir. Bu bağlamda, İncelenen çatı üstü sera örneklerinin aydınlatma sistemlerine ait bilgiler Çizelge 4.6'da doğal ve yapay aydınlatma başlıkları altında belirtilmiştir. Çizelgede bulunan "-" işareti, ilgili sera için kaynaklarda bu bilginin bulunmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.6. İncelenen çatı üstü seralarına ait aydınlatma sistemi çizelgesi

Çatı Üstü Serası	Doğal Aydınlatma		Yapay Aydınlatma		
	Sera Örtü Malzemesi	Tasarım Stratejisi	LED	HPS	CMH
Ahuntsic (LF)	Cam	Seranın konumlandırılması	*	*	
Greenpoint (GG)	Polikarbonat	Seranın konumlandırılması	*		
Arbor House	Cam	-	-	-	-
Ecodome	Cam	Mimari formun optimize edilmesi	*		*
Laval (LF)	Cam	Seranın konumlandırılması	*	*	
Gowanus (GG)	Polikarbonat	Seranın konumlandırılması	*		
ICTA – ICP Araştırma Merkezi	Polikarbonat	Mimari formun optimize edilmesi	-	-	-
Queens (GG)	Polikarbonat	Seranın konumlandırılması	*		
Pullman (GG)	Polikarbonat	Seranın konumlandırılması	*		
Uf 002 De Schilde	Cam	-	*	*	
Anjou (LF)	Cam	Seranın konumlandırılması	*	*	
Ferme Abattoir	Cam	-	*		
Altmarktgarten	Mikro yapılı cam	Işığı kıran mikro yapıya sahip cam kullanımı	*		
Ville Saint-Laurent (LF)	Cam	Seranın konumlandırılması	*	*	
Rewe Yeşil Çiftlik	Cam	Seranın konumlandırılması	*		
Agrotopia	Dağınık cam	Kuzey-güney yönünde konumlandırma, ışığı dağıtılarak bitkilerin eşit ve yeterli ışık alması sağlayan dağınık cam kullanımı	*	*	

Sera örtü malzemesi, bitkilerin ışık alımını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Tez kapsamında incelenen örneklerde (Çizelge 4.6), ışık geçirgenliği yüksek olan cam, en yaygın kullanılan örtü malzemesidir. Polikarbonat ise hafifliği ve dayanıklılığı sayesinde cam malzemeye alternatif olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte, farklı

ışık dağılımı ihtiyaçlarını karşılamak üzere özel cam türleri de kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Agrotopia çatı üstü serasında, güneş ışığını homojen bir şekilde dağıtarak bitkilere eşit ve yeterli ışık sağlamak amacıyla yüksek pus faktörüne sahip dağınık cam kullanılmıştır. Altmarktgarten çatı üstü serasında ise kuş girişini engellemek ve ışığı kırmak için mikro yapıya sahip süt rengi camlar uygulanmıştır. Bu örnekler, sera örtü malzemesi seçiminde ışık geçirgenliği, dayanıklılık ve spesifik ışık dağılımı ihtiyaçlarının dikkate alındığını göstermektedir.

Çizelge 4.6'ya bakıldığında, incelenen örneklerde, gün ışığından maksimum yararlanmak amacıyla seraların konumlandırılması en yaygın tasarım stratejisi olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, Ecodome ve ICTA-ICP Araştırma Merkezi çatı üstü sera yapıları, doğal ışık kullanımını optimize etmek amacıyla mimari formlarını yenilikçi tasarım stratejileriyle ele almaktadır. Ecodome serası, güneş ışığından maksimum verim elde etmek üzere tasarlanmış, kubbe formunda camdan oluşan bir dış kabuğa sahiptir. ICTA-ICP Araştırma Merkezi'nin çatı üstü serası ise, açılıp kapanabilen levhalardan oluşan biyoklimatik bir dış kabuğa sahiptir. Bu kabuk, güneş ışığının yönünü ve yoğunluğunu kontrol ederek, sera içine ulaşan ışık miktarını ayarlamaktadır. Bu iki çatı üstü sera örneği, güneş ışığından en fazla oranda yararlanabilmek için mimari formların buna göre optimize edilebileceğini göstermektedir.

Çatı üstü seraları, yetersiz gün ışığı koşullarında ve gece saatlerinde yapay aydınlatma sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Tez kapsamında incelenen çatı üstü seralarının çoğunda, enerji verimliliği ve uzun ömür gibi avantajları nedeniyle LED aydınlatma teknolojileri tercih edilmiştir (Çizelge 4.6). LED aydınlatmaya ek olarak, yüksek ışık yoğunluğu ve geniş spektrum özellikleriyle bilinen HPS lambalar da spesifik bitki yetiştirme ihtiyaçlarını karşılamak için bazı seralarda kullanılmaktadır. Bu durum, çatı üstü seraların aydınlatmasında enerji verimliliği ve aynı zamanda performans odaklı bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Yapay aydınlatma özellikle gece saatlerinde çatı üstü seralarının çevresinde ışık kirliliğine yol açabilmektedir. Buna ek olarak, gereğinden fazla gün ışığı, aşırı ısı birikimine veya bitkiler üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu olumsuz etkileri en aza indirmek için, incelenen bazı seralarda gölgelendirme perdeleri ve enerji perdeleri gibi ışık kontrol teknolojileri kullanılmıştır

(Çizelge 4.5). Bu teknolojiler, ışık dağılımını ve ısıyı kontrolünü optimize ederken, çevredeki ışık kirliliğini azaltmaktadır.

Çevresel sürdürülebilirlik kapsamında çatı üstü seraların aydınlatma sistemleri değerlendirildiğinde, gün ışığından maksimum düzeyde yararlanma hedefleri, Kim & Rigdon (1998)'ın kaynak ekonomisi ilkesinin enerji korunumu ve malzeme korunumu stratejileri doğrultusunda önemli avantajlar sunmaktadır. Gün ışığın sera ortamındaki varlığı, bitkilerin büyüme kalitesini arttırırken, enerji kullanımını ve işletme maliyetlerini minimize etmektedir. Bu seralar, doğal ışığın optimizasyonu sayesinde yapay aydınlatma ve ısıtma ihtiyacını azaltarak, sürdürülebilir mimari prensiplerine uygun bir yapı sergilemektedir.

İncelenen seralarda yapay aydınlatmada LED teknolojilerinin yaygın olarak kullanılması da, sürdürülebilirliğin kaynak ekonomisi ilkesine uygun bir strateji olarak öne çıkmaktadır. LED'ler; enerji verimliliği, uzun ömür ve düşük bakım maliyetleri gibi avantajlarıyla sürdürülebilir bir aydınlatma çözümü sunmaktadır. Bunun yanında, gölgelendirme ve enerji perdeleri gibi ışık kontrol teknolojilerinin entegrasyonu, aşırı ısı birikimi ve ışık kirliliği gibi olumsuz çevresel etkileri önlemeye yönelik önemli bir adımdır. Bu tür teknolojik çözümler, inşaat sonrası evrede sera performansını optimize ederken, doğal yaşamın korunmasına ve insan konforuna yönelik insancıl tasarım stratejilerini de desteklemektedir.

Ancak, sera örtü malzemelerinin yaşam döngüsü ve geri dönüşüm potansiyeli de çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkate alınması gereken önemli noktalardır. Ayrıca, aşırı gün ışığına karşı kullanılan gölgelendirme sistemleri ek enerji tüketimine yol açabilir. Bu nedenle, çatı üstü seralarının tasarımında ışık kullanımı optimize edilirken, yapay aydınlatmanın çevresel etkileri, sera örtü malzemelerinin yaşam döngüsü ve gölgelendirme sistemlerinin enerji verimliliği gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sayede hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir üretim modeli sağlanabilir.

Çatı üstü seralarının aydınlatma sistemleri tasarımı, hem bitki büyümesi için gerekli olan doğru spektrum ve yoğunlukta ışığın sağlanması hem de enerji verimliliği ve işletme maliyetlerinin minimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu noktada, mimari tasarım önemli bir rol oynamaktadır. Çatı üstü seralar, öncelikle, gün ışığından en yüksek düzeyde yararlanmayı hedefleyen mimari tasarımlar ile optimize edilmelidir. Bununla birlikte, yetersiz gün ışığı koşullarında ve gece saatlerinde yapay aydınlatma sistemlerinin kullanımı kaçınılmazdır. Ayrıca, aşırı ısı birikimi ve yapay aydınlatmanın neden olabileceği ışık kirliliği gibi sorunları önlemek için, ışık kontrol teknolojilerinin entegrasyonu da gerekmektedir. Bu bağlamda, çatı üstü seraların aydınlatma sistemlerinde, mimari tasarım ve teknolojik çözümler, sürdürülebilir ve verimli bir üretim ortamı yaratmak için dikkatle bütüncül bir şekilde planlanmalıdır. Her projenin özgün koşullarına uygun, enerji verimli aydınlatma çözümleri geliştirmek, çatı üstü seralarının sürdürülebilirliğinin artırılmasını sağlayacaktır.

4.2.5. Su yönetim sistemi

Topraksız tarımda su, besin maddelerinin taşınması ve bitki sağlığı açısından en önemli unsurlardan biridir. Çatı üstü seralarda, su yönetim sistemi, sulama ve sulama için kullanılan su kaynaklarını kapsamakta olup suyun etkin kullanılması açısından kritik bir rol oynamaktadır. İncelenen çatı üstü seralarının su yönetim sistemine ait bilgiler Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde, 16 çatı üstü serasının tamamında kapalı devre sulama sistemi kullanıldığı görülmektedir. Bu sistemde, su bitkilere uygulandıktan sonra toplanmakta, arıtılmakta ve tekrar kullanılmak üzere geri dönüştürülmektedir. Bu sayede, su girdisi en aza indirgenmekte ve sürekli devridaim sağlanmaktadır. İncelenen seraların çoğunda, bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyun temini için şebeke suyu dışında alternatif su kaynaklarına da başvurulduğu görülmektedir. Bu durum, farklı su kaynaklarının entegrasyonu ile su yönetim sistemlerinin daha da geliştirilebileceğini ve suyun çeşitli kaynaklardan elde edilerek daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

İncelenen çatı üstü seraların su yönetim sisteminde Çizelge 4.7'ye göre, yağmur suyu en yaygın kullanılan alternatif su kaynağıdır. Yağmur suyunun toplanması ve depolanması, çatı üstü seraların su ihtiyacının karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Diğer alternatif su kaynakları ise balık suyu havuzdan gelen su, kar suyu ve yer altı suyudur. Balık havuzu suyu akuaponik üretim tekniğinin kullanıldığı, kar suyu ise özellikle soğuk iklim bölgelerinde bulunan, çatı üstü seralarında alternatif bir kaynak olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 4.7. İncelenen çatı üstü seralarına ait su yönetim sistemi çizelgesi

Çatı Üstü Serası	Kapalı Devre Sulama Sistemi	Alternatif Su Kaynakları				
		Yağmur Suyu	Balık Havuzu Suyu	Yer altı Suyu	Kar Suyu	Gri Su
Ahuntsic (LF)	*	*			*	
Greenpoint (GG)	*					
Arbor House	*	*				
Ecodome	*	*				
Laval (LF)	*	*			*	
Gowanus (GG)	*	*				
ICTA – ICP Araştırma Merkezi	*	*	*			
Queens (GG)	*					
Pullman (GG)	*	*				
Uf 002 De Schilde	*		*			
Anjou (LF)	*	*			*	
Ferme Abattoir	*	*	*	*		
Altmarktgarten	*	*				
Ville Saint-Laurent (LF)	*	*			*	
Rewe Yeşil Çiftlik	*	*				
Agrotopia	*	*				

İncelenen örnekler arasında (Çizelge 4.7), yer altı suyu sadece bir serada bitki sulamasında kullanılırken, gri su ise bitki yetiştirmek için tercih edilmemektedir. Yer

altı suyu, su kıtlığı çekilen bölgelerde alternatif bir kaynak olabilmesine rağmen, sürdürülebilir yönetim ve arıtma gereksinimleri nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Gri su ise, barındırdığı organik maddeler ve patojenler nedeniyle yeterli arıtma sağlanmadığı takdirde bitki sağlığını olumsuz etkileyebileceğinden, bitki yetiştirmek için kullanılmamaktadır. Gri suyun kullanılması, ek maliyetler ve teknik uzmanlık gerektiren arıtma sistemlerine yatırım yapılmasını zorunlu kılmaktadır. İncelenen seralarda bu su kaynaklarının sınırlı kullanımı veya hiç kullanılmaması, bahsedilen zorlukların ve risklerin henüz tam olarak giderilemediğini göstermektedir. Bu da, çatı seralarında sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için daha fazla araştırma ve teknolojik gelişmeye ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

Çatı üstü seralarında su yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri bağlamında değerlendirildiğinde, özellikle Kim & Rigdon (1998)'ın kaynaklar ekonomisi, yaşam döngüsü ve insancıl tasarım ilkeleriyle doğrudan ilişkilidir. Kapalı devre sulama sistemlerinin kullanımı, suyun etkin kullanılmasına önemli ölçüde katkı sağlamakta ve Kibert (1994)'in çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri arasında yer alan koruma ve yeniden kullanım stratejilerini desteklemektedir. Yağmur suyu gibi alternatif su kaynaklarının entegrasyonu ise doğayı koruyan bir yaklaşım sergileyerek kentsel su altyapısı üzerindeki baskıyı azaltmakta ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine katkıda bulunmaktadır. Akuaponik sistemlerde balık havuzu suyu kullanımı, suyun döngüsel kullanımını teşvik ederken, bitkilere gerekli besinleri sağlamaktadır. Bu tür entegre çözümler, çevresel sürdürülebilirliğin yeniden kullanım ve yenilenebilir/dönüşebilir stratejileriyle yaşam döngüsü tasarımı ilkesine uygun bir yaklaşım sergilemektedir.

Ancak, gri su ve yer altı suyu gibi potansiyel kaynakların sınırlı kullanımı, çevresel sürdürülebilirliğin yenilenebilir/dönüşebilir ilkeleriyle tam olarak örtüşmemektedir. Söz konusu su kaynaklarının arıtılmasında karşılaşılan zorluklar ve arıtma yöntemlerine duyulan ihtiyaç, sürdürülebilir su yönetimi uygulamalarının önünde bir engel teşkil etmektedir. Çatı üstü seralarında su yönetim sistemlerinin çevresel sürdürülebilirlik performansını artırmak için, gelecekte, alternatif su kaynaklarının kullanımını yaygınlaştıracak ve arıtma teknolojilerini geliştirecek kaliteli çözümlere odaklanılmalıdır.

Su kıtlığı giderek artan bir küresel sorun haline gelirken, çatı üstü seralarının su yönetim sistemlerinin tasarımı çevresel sürdürülebilirlik için önem taşımaktadır. Bu bağlamda, çatı üstü seraların su yönetim sistemlerinde, kapalı devre sulama sistemlerinin bölgesel koşullara uygun alternatif su kaynaklarıyla birlikte kullanımı kritik bir role sahiptir. Sürdürülebilir bir su yönetim sistemi tasarımı, yalnızca teknolojik çözümlerle değil, aynı zamanda seranın mimari tasarımıyla bütünleşik ve uyumlu bir yaklaşımla sağlanabilmektedir. Bu sistemlerin tasarımında, öncelikle, alternatif su kaynaklarının entegrasyonu, yerel koşullar ve yenilenebilir su kaynaklarının mevcudiyeti göz önünde bulundurularak planlanmalıdır. Bu su kaynaklarının etkili bir şekilde toplanması, depolanması, arıtılması ve dağıtılması için uygun altyapılarının oluşturulması gereklidir. Seraların mimari yapısı, bu gereksinimlere uygun bir şekilde optimize edilmelidir. Ayrıca, tasarım aşamasında, su yönetim sisteminin tüm yaşam döngüsü dikkate alınmalı ve uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflenmelidir. Enerji tüketimi, bakım gereksinimi ve maliyet gibi faktörler dikkate alınarak çözümler geliştirilmelidir. Bu bütünleşik tasarım yaklaşımı, çevresel etkiyi en aza indirirken, su kaynaklarının verimli ve sürdürülebilir kullanımını sağlayacaktır.

4.2.6. Yenilenebilir Enerji sistemi

Yenilenebilir enerji sistemleri, çatı üstü seralarının sürdürülebilir bir şekilde işletilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Çatı üstü seralarında kullanılan sistemler ve teknolojiler göz önünde bulundurulduğunda, enerji tüketimi çok fazladır. Bu sebeple, çevreye zararsız bir şekilde, ekonomik olarak sürdürülebilmesi için kendi kendine yetebilmesi önemlidir. İncelenen 16 çatı üstü serasında kullanılan yenilenebilir enerji ve enerji geri kazanımları Çizelge 4.8'de özetlenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynağı kullanımının bulunmaması durumu, çizelgede "-" sembolü ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.8'de bulunan çatı üstü seralarının büyük bir kısmında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı tespit edilmiştir. Güneş enerjisi, incelenen örneklerin yarısında kullanılmakta olup, çatı üstü seraları için en yaygın tercih edilen yenilenebilir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Güneş enerjisinin yanı sıra, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle enerjisi gibi diğer yenilenebilir enerji kaynakları da bazı çatı üstü seralarında

tercih edilmektedir. Gowanus ve Pullman çatı üstü seralarında güneş enerjisine ek olarak rüzgâr enerjisi de kullanılmıştır. Ecodome ve ICTA – ICP Araştırma Merkezi çatı üstü seralarında jeotermal enerji, ısıtma ve soğutma kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Agrotopia ve Altmarktgarten çatı üstü seraları ise, yakınlarında bulunan katı atık yakma tesislerinden elde edilen biyokütle enerjisinden faydalanmaktadır.

Çizelge 4.8. İncelenen çatı üstü seralarına ait yenilenebilir enerji sistemi çizelgesi

Çatı Üstü Sera	Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Enerji Geri Kazanımı
Ahuntsic (LF)	-	
Greenpoint (GG)	Güneş	
Arbor House	-	
Ecodome	Jeotermal	
Laval (LF)	-	
Gowanus (GG)	Güneş, Rüzgâr	Kojenerasyon Sistemi (Kombine ısı ve güç sistemi)
ICTA – ICP Araştırma Merkezi	Jeotermal	
Queens (GG)	Güneş	
Pullman (GG)	Güneş, Rüzgâr	
Uf 002 De Schilde	-	
Anjou (LF)	-	
Ferme Abattoir	Güneş	
Altmarktgarten	Biyokütle	
Ville Saint-Laurent (LF)	-	
Rewe Yeşil Çiftlik	%100 Yeşil elektrik	
Agrotopia	Biyokütle	Kojenerasyon Sistemi (Kombine ısı ve güç sistemi)

Bununla birlikte, incelenen çatı üstü seralarının tamamında yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmamaktadır (Çizelge 4.8). Rewe Yeşil Çiftlik çatı üstü serası, yerinde enerji üretimi yapmamakta, ancak yenilenebilir enerjiyi satın almaktadır. Ahuntsic, Laval, Anjou ve Ville Saint-Laurent çatı üstü seraları ise, yenilenebilir enerji kullanmamakta, bunun yerine enerji verimliliğini artırmak için farklı çözümler

geliştirmektedir. Uf 002 De Schilde ve Arbor House çatı üstü seraları, yenilenebilir enerji kullanmamış ve her ikisinde de işletilmeye başlandıktan bir süre sonra üretim sonlanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına ek olarak, bazı çatı üstü seralarında enerji verimliliğini ve tasarrufunu artırmak amacıyla binalardan yayılan "atık" enerjinin yeniden kullanımını sağlayan kojenerasyon (CHP - Combined Heat and Power) sistemleri kullanılmaktadır. Kojenerasyon teknolojisi, elektrik ile ısının eş zamanlı olarak aynı yakıt kaynağından üretilmesi olup, ek aydınlatma, ısıtma ve CO_2 gübreleme sistemlerini entegre ederek simbiyotik bir yaklaşım sunmaktadır. Motor tarafından üretilen elektrik, binaların enerji ihtiyacı için kullanılabilirken, üretilen ısı ise sera ısıtma sistemine yönlendirilmektedir. Ayrıca, motorun egzoz gazı işlenerek sera bitkileri için CO_2 gübrelemesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu şekilde, kojenerasyon teknolojisi, üç tamamlayıcı sistemi birbirine bağlayarak kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamakta ve sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır. Çizelge 4.8'e bakıldığında kojenerasyon sistemlerinin, özellikle soğuk depolama alanı bulunan gıda pazarı ve market gibi büyük ticari binaların üzerinde kurulan çatı üstü seralarında bulunduğu görülmektedir. Bu durum, soğuk depolama alanlarının enerji taleplerine cevap verebilmek için kojenerasyon sistemlerinin tercih edildiğini göstermektedir. Ayrıca, çatı üstü seralarda genellikle yüksek miktarda organik atık üretilmekte olup, bu atıklar kojenerasyon sisteminde biyogaz olarak değerlendirilebilir. Lufa farms organik atıkları endüstriyel boyutlu, düşük enerjili bir kompost cihazında kompostlaştırılmakta ve gelecekte büyük tesisler için kapalı devre, atıktan enerjiye dönüştürme sistemi kurmayı planlamaktadır. Bu simbiyotik yaklaşım hem atık yönetimini optimize etmekte hem de sera gazı emisyonlarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemek adına önemli bir örnek teşkil edebilir.

Çatı üstü seralarında yenilenebilir enerji sistemlerinin ve enerji geri kazanım teknolojilerinin kullanımı, çevresel sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirildiğinde, Kim & Rigdon (1998)'ın kaynakların korunumu, yaşam döngüsü ve insancıl tasarım tasarımını ilkelerini destekleyen stratejilerle uyumlu bir yaklaşıma işaret etmektedir. Enerji korunumu stratejisi çerçevesinde, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle gibi

yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak çevresel kirliliğin önüne geçmekte ve enerjinin etkin kullanılmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, kojenerasyon sistemleri gibi enerji geri kazanım teknolojileri, kaynakların daha etkin kullanımını sağlamakta ve atık yönetimi ile sera gazı emisyonlarının azaltılmasına önemli katkılar sunmaktadır. Bu bağlamda, atıkların enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi, Kibert (1994)'in yenilenebilir/dönüşebilir ve doğayı koruyan çevresel sürdürülebilirlik ilkelerini destekleyen bir yaklaşım sunmaktadır.

Topraksız tarım tekniklerinin teknolojiye bağımlılığı ve yüksek enerji ihtiyacı sebebiyle, çatı üstü seraların tasarımında yenilenebilir enerji sistemlerin entegrasyonu hem maliyetlerin hem de çevresel etkinin azaltılması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, çatı üstü seraların tasarımında, her projenin kendine özgü olan bölgesel koşullar, mevcut kaynaklar, çevresel faktörler ve enerji gereksinimleri dikkate alınarak, uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının seçilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, kojenerasyon sistemleri gibi enerji geri kazanım teknolojileri, atık yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Gelecekte, organik atıkların yönetimi ve potansiyel enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi de tasarım sürecinde dikkate alınmalıdır. Yenilenebilir enerji sistemleri ve enerji geri kazanım teknolojilerinin, çatı üstü sera tasarımının ayrılmaz bir parçası olarak ele alınması, bu seraların sürdürülebilirliğinin sağlanmasındaki temel unsurdur. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve verimliliğinin artırılması, gelecekteki çatı üstü sera uygulamalarının çevresel etkisini azaltmada ve yaygınlaşmasını sağlamada önemli bir rol oynayacaktır.

4.2.7. Kontrol ve İzleme Sistemi

Çatı üstü seralarda, diğer tüm alt sistemlerle entegre çalışan kontrol ve izleme sistemi, sensörler ve otomasyon gibi teknolojileri kullanarak, sera ortamının bütünsel bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Tez kapsamında incelenen tüm çatı üstü seralarında, yazılımlar aracılığıyla kontrol ve izleme sistemlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu durum, kontrol ve izleme sistemlerinin çatı üstü seralarda bir tercih değil, temel bir gereklilik olduğunu ortaya koymaktadır.

İncelenen örneklerde, kontrol ve izleme sistemleri için, her seranın kendine özgü tasarımına, yetiştirilen bitki türlerine, gereksinimlerine ve koşullarına göre uyarlanmış kişiselleştirilmiş yazılımlar kullandığı görülmektedir. Bu yazılımlar ile sistemler yönetilmekte, sera içi koşulları optimize edilmekte, kaynakların verimli kullanımı sağlanmakta ve bitki yetiştirme süreci iyileştirilmektedir. Ayrıca, kontrol ve izleme sistemlerinin gerçek zamanlı izleme, sensör teknolojilerinden faydalanma, veri analizi ve raporlama, uzaktan erişim ve kontrol gibi özellikler sunduğu tespit edilmiştir. Bu özellikler, üreticilere sera koşulları hakkında anlık bilgi sağlayarak proaktif müdahalelere imkân tanımaktadır. İzleme sistemleri, sorunları hızlı bir şekilde tespit ederek bu sorunlara hızlı bir şekilde müdahale edilmesine yardımcı olmakta ve böylece mahsul kaybını önlemeye ve ürünlerin kalitesini korumaya katkı sağlamaktadır. Veri analizi ve raporlama özellikleri ise, üretim süreçlerinin optimize edilmesi, verimliliğin artırılması ve daha bilinçli kararlar alınması için önemli bilgiler sunmaktadır. Uzaktan erişim ve kontrol imkânı ise, üreticilere zamandan ve mekândan bağımsız olarak seralarını yönetme esnekliği kazandırmaktadır. Bunla birlikte, kontrol ve izleme sistemleri, bitki yetiştirmenin daha az insan gücü gerektiren ve daha etkili bir şekilde yapılmasına olanak tanıyarak, işçilik maliyetlerini azaltmakta ve insan hatalarını önlemektedir.

Kontrol ve izleme sistemleri, çevresel sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu sistemler, topraksız tarımın uygulanmasını destekleyerek, çevreye verilen zararı minimize etmekte ve seraların sürdürülebilir bir şekilde işletilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, çatı üstü sera tasarımlarında, kontrol ve izleme sistemlerinin, diğer sistemlere ve yapı elemanlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde, çatı üstü seralarda sürdürülebilirlik bir şekilde gıda üretimi mümkün olacaktır.

5. SONUÇ

Hızla artan dünya nüfusu, kentleşme, doğal kaynakların tükenmesi, iklim değişikliği gibi küresel sorunlar karşısında sürdürülebilir ve verimli kent yaşamı ile birlikte gıda üretimi için yenilikçi çözümler geliştirme ihtiyacı önemli hale gelmektedir. Kentsel alanlarda artan nüfus ve azalan tarım arazileri göz önüne alındığında, topraksız tarımın binalara entegrasyonunun sürdürülebilir kentsel tarımı teşvik etmek, gıda güvenliğini artırmak ve çevresel etkileri azaltmak için önemli bir potansiyel taşıdığı düşünülmektedir. Bu çalışmada, özellikle Türkiye'de henüz örneği bulunmayan, topraksız tarım uygulamalarının yapıldığı çatı üstü seralar, odak noktası olarak seçilmiştir. Çalışmanın temel amacı, çatı üstü seralarının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini ve potansiyelini değerlendirmek, mimari, tarım ve yapı teknolojisi arasındaki ilişkiyi ortaya koymak, tasarım ve uygulama süreçlerinde dikkat edilmesi gereken hususları belirlemektir. Çalışma kapsamında, nitel bir literatür analizi yaklaşımı benimsenerek, farklı coğrafi bölgelerde ve iklim koşullarında inşa edilmiş çatı üstü sera örnekleri incelenmiş, elde edilen bulgular çevresel sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmiştir.

Çevresel sürdürülebilirlik, doğal kaynakların gelecek nesillerin ihtiyaçlarını riske atmadan etkin ve sorumlu bir şekilde kullanılmasını hedefleyen, ekolojik dengeyi koruyarak insan sağlığı ve refahını artırmayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Kaynak ekonomisi, yaşam döngüsü tasarımı ve insancıl tasarım gibi temel ilkelere dayanmaktadır. Bu ilkeler, sürdürülebilir mimarlığın temel taşlarını oluşturmakta ve gelecekteki nesillerin ihtiyaçlarını gözeten yapılı çevrelerin tasarımına katkı sağlamaktadır. Çatı üstü seralar bu bağlamda değerlendirildiğinde, kentsel tarım uygulamaları içerisinde çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine önemli katkılar sağlayan ve bina alt sistemleri ile birleşerek sürülebilir mimarlık anlayışıyla örtüşen bir yaklaşım sunmaktadır. Aynı zamanda, bu konuda zorluklar ve çelişkilerde de barındırmaktadır.

Çatı üstü seralar, farklı iklim koşullarına ve bina işlevlerine uyum sağlayabilme yetenekleriyle, çeşitli coğrafi bölgelerde ve ölçeklerde uygulanabilirlik sunarak geniş bir etki alanı yaratmaktadır. Bu durum, hem sürdürülebilir mimarinin yaygınlaşması hem

de iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında topraksız tarım tekniklerini kullanarak yıl boyu gıda üretiminin sürdürülmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Çatı üstü seralar, atıl durumda olan çatı alanlarını değerlendirerek tarımsal üretimin şehir içinde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Şehirlerde, sınırlı olan yeşil alanların artırılmasına yardımcı olarak ekolojik dengeye katkıda bulunurken, aynı zamanda sürdürülebilir ve işlevsel bir çözüm sunmaktadır. Ticari, araştırma-eğitim ve hibrit amaçlarla kullanılabilen bu seralar, yerel gıda üretimini destekleyerek yenilikçi tarım tekniklerinin geliştirilmesi, eğitim faaliyetleri ve sosyal etkileşim imkânları sağlayarak ekonomik, çevresel ve toplumsal sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır. Bu özellikleriyle çatı üstü seralar, insancıl tasarım ilkeleriyle uyumlu, insan konforunu ve doğal yaşamı destekleyen bir kentsel tasarım stratejisi ortaya koymaktadır.

Çatı üstü seralar, yalıtım işlevi görerek üzerindeki binaların enerji tüketimini azaltmakta, böylece fosil yakıt tüketimini, sera gazı emisyonlarını ve kentsel ısı ada etkisini minimize etmektedir. Bununla birlikte, seralar üzerinde bulundukları binalar ile entegre bir şekilde tasarlanabilmektedir. Entegre olan seralar, hem sera hem de bina performansını optimize etme potansiyeline sahiptir. Bu entegrasyon; enerji, su ve CO_2 döngülerinin kapsamlı bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Entegre seralar; enerji, su, CO_2 ve atık yönetimi konularında bina ile simbiyotik bir ilişki kurarak çevresel etkiyi azaltmakta ve kaynak verimliliğini artırmaktadır. Yapılı çevre ile sera arasındaki kaynak akışından yararlanarak, kentsel kaynak döngüsünü kapamada önemli bir rol oynamaktadır. Bu bakımdan, çatı üstü seralar, enerji, su, malzeme ve arazi kaynaklarının etkin kullanımını stratejileriyle kaynaklar ekonomisi ilkesine uyumlu bir yaklaşım sergilemektedir. Ayrıca, kaynak döngülerini kapatma ve atık miktarını azaltma potansiyeli taşıyan bu seralar, yaşam döngüsü tasarımı ilkesini destekleyerek, kaynakların daha uzun süre ekonomik döngü içinde kalmasına katkıda bulunmaktadır.

Çatı üstü seraların binalara entegrasyonu, "mevcut binaya entegrasyon" ve "bütüncül yaklaşım" olmak üzere iki temel yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bu iki yöntemin de kendi içinde avantajları bulunmaktadır. Mevcut binalara entegrasyon yöntemi, var olan altyapının değerlendirilmesi yoluyla kaynak israfını önlemekte ve yeni inşaat ihtiyacını

azaltmaktadır. Bu yaklaşım, kentsel dönüşüm ve yenileme projelerinde sürdürülebilir çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Öte yandan, bütüncül yaklaşım yeni binalarla tam entegrasyon sağlayarak sürdürülebilir tasarım ilkelerinin daha etkin bir şekilde uygulanmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, bu yöntemler, çatı üstü seralarının hem mevcut bina stoğuna hem de yeni inşa edilecek yapılara uygulanabilirliğini göstererek, yaygınlaştırılması açısından önemli bir esneklik sağlamaktadır.

Şehir içerisinde binaların üzerine sera kurulumu ve topraksız tarım tekniklerinin çatı üstü seralarda kullanımı, çevresel sürdürülebilirlik açısından hem fırsatlar hem de zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Enerji ve kaynakların korunumu, çevresel sürdürülebilirliğin temel prensiplerindendir. Ancak, topraksız tarım sistemlerinin karmaşık teknik altyapısı ve ileri teknoloji bağımlılığı, yüksek enerji ve yatırım maliyetlerini beraberinde getirmektedir. Bu sistemlerin enerji tüketimi, özellikle fosil yakıtlara dayalı kaynaklardan sağlandığında, çevresel etkileri olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu yüksek enerji ve kaynak tüketimi, aynı zamanda işletme maliyetlerini artırarak ekonomik sürdürülebilirlik açısından da bir dezavantaj yaratabilmektedir. Bunun yanı sıra, binaların çatılarına kurulan bu seraların tasarım ve uygulama süreçleri de çeşitli teknik zorluklar içermektedir. Uygun binaların sınırlılığı, yönetmelik ve izinlerin yetersizliği, binaların yük taşıma kapasiteleri, yapısal güçlendirme ihtiyacı, erişim sıkıntıları, mevcut altyapıya entegrasyon ve karmaşık teknoloji kullanımı, inşa sürecindeki teknik ve operasyonel zorluklar, yangın güvenliği endişeleri ve yüksek inşaat maliyetleri bu zorluklar arasında öne çıkmaktadır. Ayrıca, bu seraların sürekli bakım gerektirmesi ve işletme maliyetleri de önemli bir dezavantaj olarak değerlendirilebilir. Karşılaşılan bu zorluklar, çatı üstü seraların geniş ölçekli kentlerde yaygınlaşmasını kısıtlayabilmektedir.

Çatı üstü seralar, her ne kadar dezavantajlara ve zorluklara sahip görünse de, yenilenebilir enerji kaynaklarındaki ve teknoloji alanındaki gelişmelerle birlikte, gelecekte tarımsal kaynaklardan yoksun olan şehirlerde gıda üretimi için stratejik bir çözüm olabilir. Bu seralar, özellikle geniş alanlara sahip alışveriş merkezleri, oteller, kongre merkezleri, kamusal binalar, fabrikalar, süpermarketler ve gıda pazarları gibi yüksek enerji tüketimi olan binalarla entegre tasarlandığında, sürdürülebilir kentsel

tarım için önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu seraların; binaların atıklarını ve yenilenebilir kaynaklarını kullanarak kaynak optimizasyonu sağlaması, enerji tüketimini dengelemesi ve binaların çevresel etkisini azaltması sürdürülebilir bina tasarımı ve kentsel tarım alanlarında önemli gelişmelere yol açabilir. Ancak, çatı üstü seraların çevreye zarar vermeden sürdürülebilir bir şekilde hayata geçmesi için dikkatlice tasarlanması ve uygulanması elzemdir. Doğru tasarım yaklaşımları, hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak adına stratejik öneme sahiptir. Bu noktada, tasarım süreci kritik bir rol oynamaktadır.

Çatı üstü seraların tasarım süreci; coğrafi konumuna, üretim amacına, üzerinde bulunduğu binanın işlevine ve yapısına, pazar taleplerine, yetiştirilen bitkinin türüne ve yetiştirme tekniğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ayrıca, tasarımı etkileyen çok fazla faktör vardır. Bu nedenle, tek tip bir tasarım çözümü sunmak mümkün değildir. Bunun yerine, genel hatlarıyla tasarımda dikkat edilmesi gereken ana hususları belirtmek daha uygun olacaktır. Bu hususlar, projenin genel çerçevesini oluşturur, ancak her birinin uygulanması her projeye göre değişir ve kendine özgü çözümler gerektirir. Her proje, kendi özel koşulları, ihtiyaçları ve amaçları çerçevesinde değerlendirilmeli, tasarım kararları buna göre şekillendirilmelidir.

Çatı üstü seralarının tasarımı ve uygulanması, disiplinler arası bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu seralar, bitki yetiştirme teknolojilerini bina sistemleriyle birleştirerek, binaların sunduğu kaynakları ve altyapıyı etkin bir şekilde kullanma potansiyeline sahip olduğundan tasarım sürecinde mimari, tarım ve yapı teknolojisi arasındaki uyumun sağlanması son derece önemlidir. Binalarda bitkilerin sağlıklı ve verimli büyümesini desteklemek için gerekli olan bitki yetiştirme, yapısal, iklimlendirme, su yönetimi, aydınlatma, yenilenebilir enerji, kontrol ve izleme sistemleri gibi bina alt sistemleri bütünsel bir şekilde değerlendirilmelidir. Bu süreçte, disiplinler arası iletişim ve işbirliğinin etkinliği, projelerin başarısını doğrudan etkileyen, karmaşık sorunlara bütüncül çözümler üretme kapasitesini artıran kritik bir faktördür. Bu nedenle; mimari, mühendislik, tarım ve çevre bilimleri gibi farklı disiplinlerden uzmanların, etkili iletişim ve işbirliği içinde çalışabileceği ortak bir

platform oluşturulmalı, proje sürecinin tüm aşamalarında bilgi paylaşımı ve koordinasyon sağlanmalıdır.

Çatı üstü seraların tasarım ve uygulaması; teknik, finansal ve çevresel faktörleri içeren karmaşık bir süreçtir. Bu nedenle, tasarım sürecine başlamadan önce, tasarım, yapım ve kullanımı içeren kapsamlı bir ön fizibilite çalışması yapılması, amacının ve hedeflerinin belirlenmesi gerekmektedir. Her projenin kendine özgü ihtiyaçları ve koşulları dikkate alınmalıdır. Bulunduğu coğrafi konum, ilkim koşulları, mevcut kaynaklar, çevresel faktörler, yasal çerçeveler ve pazar talepleri dikkatlice değerlendirilmelidir. Üzerinde bulunduğu bina da çok önemlidir. Binanın işlevi, fiziksel özellikleri, mekânsal özellikleri, yapısal özellikleri, taşıma kapasitesi, alt yapısı ve çatısının fiziksel özellikleri, erişebilirliği gibi unsurlar detaylı incelenmelidir. Yangın güvenliği, karmaşık teknolojilerin enetgrasyonu ve maliyet faktörleri göz ardı edilmemelidir. Çatı üstü seralarının başarılı bir şekilde inşa edilmesi ve entegre edilmesi için, projenin erken aşamalarından itibaren detaylı bir lojistik planı hazırlanmalı, mevcut yapının kapsamlı bir analizi yapılmalı ve inşaat sürecinin her aşaması dikkatle koordine edilmelidir; bu yaklaşım, inşa sırasında potansiyel teknik zorlukları minimize ederek projenin sorunsuz bir şekilde tamamlanmasını sağlayacaktır.

Çatı üstü seraların enerji tüketimi, özellikle içerisinde barındırdığı teknoloji nedeniyle, yüksek seviyelerde olabilmekte ve işletme maliyetlerini artırabilmektedir. Çatı üstü seraların uzun vadede başarılı olabilmesi için, çevreye zarar vermeden ve ekonomik olarak sürdürülebilir bir şekilde işletilebilmesi kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla, çatı üstü seraların tasarımının odak noktası, enerji ve kaynak verimliliği olmalıdır. Öncelikli hedef, enerji tüketiminin minimize edilmesi, kaynakların etkin kullanımının sağlanması ve doğal çevrenin korunmasıdır. Bu doğrultuda, çatı üstü seraların tasarımında; pasif tasarım stratejileri, aktif tasarım stratejileri ve yenilenebilir enerji sistemleri birlikte kullanılmalıdır. Tasarımda öncelik sırası: (1) Pasif tasarım stratejilerinin kullanılması yoluyla enerji gereksinimlerinin en aza indirilmesi, (2) aktif tasarım stratejilerinin uygulanması, (3) enerji verimli teknolojilerin seçilmesi, (4) yenilenebilir enerjinin kullanılması ve (5) kontrol ve izle sistemlerinin kullanılması şeklinde olmalıdır. Ayrıca, suyun etkin kullanımı, sürdürülebilir gıda üretimi için kritik öneme sahiptir. Sera

tasarımlarında kapalı devre sulama sistemlerinin alternatif su kaynakları ile kullanılması ve optimize edilmiş su yönetim sistemlerinin benimsenmesi gerekmektedir. Bunlara ek olarak, optimum performans ve sürdürülebilirlik için sistemlerin uzun vadeli işletme maliyetleri, bakım gereksinimleri ve çevresel etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda, tasarım süresince, enerji simülasyonları, yaşam döngüsü ve maliyet analizleri yapılarak sistemin performansı detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir. Bu sayede, seraların hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik verimlilik açısından maksimum performans göstermesi sağlanacaktır.

Çatı üstü seraların çevresel faydalarını maksimize edebilmek ve karşılaşılan zorlukları aşabilmek için mimari tasarım önemli bir rol oynamaktadır. Yerel iklim koşullarına uygun ve yenilikçi tasarım yaklaşımları ile enerji talebine ihtiyaç azaltılabilmektedir. Pasif tasarım stratejileri sayesinde, enerji verimliliğinin artırılması, kaynak yönetiminin iyileştirilmesi, atık yönetiminin optimize edilmesi ve böylece çevresel ayak izinin azaltılması mümkündür. Ayrıca, kentsel ekolojiye katkıda bulunurken aynı zamanda yeni bir kentsel estetik de yaratmaktadır.

Mimarlar, yalnızca estetik kaygılarla değil, aynı zamanda çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak, geleceğin kentlerini şekillendirme sorumluluğunu taşımaktadır. Bu sorumluluk, mimarların sadece binaların değil, aynı zamanda şehirlerin ve toplulukların sürdürülebilirliğini sağlamak için, kendilerini çevreleyen çevreye en az etkide bulunarak kendilerini ayakta tutabilen geleceğin binalarını, mahallelerini ve şehirlerini tasarlama konusunda önemli bir rol oynamalarını gerektirmektedir. Mimarlık disiplini, bu bağlamda yenilikçi çözümler geliştirme ve kentsel yaşamın geleceğini tanımlama potansiyeline sahiptir. Bu potansiyelin somut örneklerinden biri olan çatı üstü seralar, yeni bir mimari tipoloji olarak öne çıkmaktadır.

Çatı üstü seralar, gelecek vadeden bir sürdürülebilir kentsel tarım modeli olarak görülmektedir. Bu yaklaşımın yaygınlaştırılması için enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, teknik zorlukların aşılması ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması konularında daha fazla araştırma ve geliştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda dünyada farklı ölçeklerde çeşitli iklim koşullarında uygulanmakta olan bu

seralar, hala araştırma ve geliştirme sürecindedir. Özellikle Kuzey Amerika bu yaklaşımı benimsemekte ve seralarını ilerleyen teknoloji ile birlikte iyileştirmektedir. Avrupa'da bulunan birçok ülke, çatı üstü seraların sağladığı fırsatları, engelleri, avantajları ve dezavantajlarını araştırmak için yatırımlar yapmakta ve pilot projeler yürütmektedir. Türkiye'de ise henüz bir örneği bulunmamaktadır ve bu alanda yapılan akademik çalışmalar sınırlıdır. Gelecekte iklim krizine karşı dirençli ve sürdürülebilir kentler yaratma hedefi doğrultusunda, çatı üstü seraların potansiyelinin araştırılması ve örnek uygulamaların hayata geçirilmesi önem taşımaktadır.

Türkiye'nin iklim çeşitliliği, bu yapıların farklı bölgelerde farklı yapı tiplerine entegre edilmesiyle geniş bir uygulama yelpazesi sunmaktadır. Türkiye'de çatı üstü sera uygulanma potansiyelini tam olarak değerlendirilmesi için, ilgili disiplinler arasında daha fazla işbirliği ve araştırma yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, kamu sektörü öncü rol üstlenebilir ve kamu binaları pilot projeler için kullanılabilir. Gerekli yasal düzenlemeler yapılarak ve teşvikler sağlanarak kamu-özel ortaklıkları oluşturulabilir. Ayrıca, üniversiteler ve araştırma kuruluşlarının işbirliği ile yerel koşullara uygun teknolojilerin geliştirilmesi ve adaptasyonu konusunda çalışmalar yürütülerek, bu projelerin bilimsel temelli bir şekilde hayata geçirilmesi sağlanabilir.

Bu çalışma, çevresel sürdürülebilirlik kapsamında, çatı üstü seralarının çeşitli yapı tipleri ve koşullara nasıl uyarlanabileceğini göstererek, kentsel alanlarda sürdürülebilir tarım ve yapı tasarımı için yeni perspektifler sunmaktadır. Ayrıca, mimarlık, mühendislik ve tarım disiplinlerinin ortak noktasında yer alan topraksız tarımın binalara entegrasyonu konusunda literatüre katkıda bulunarak, gelecekteki araştırma ve uygulama projeleri için bir çerçeve oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Çalışmanın kapsamı çevresel sürdürülebilirlik ile sınırlandırılmıştır. Çatı üstü seraların potansiyelinin tam olarak ortaya konması için sosyal ve ekonomik boyutlarının da ele alması gerekmektedir. Özellikle, çatı üstü seraların sosyal ve ekonomik boyutları, yasal çerçeveleri, uzun vadeli sürdürülebilirliği, engelleri ve fırsatları, Türkiye'de uygulanabilirliği gelecekteki araştırmalar için önemli konulardır. Bunların yanı sıra sonraki çalışmalar; farklı iklim koşullarına ve bina tipolojilerine uygun yenilikçi

çözümlerin geliştirilmesine, seraların uzun vadeli performansını değerlendiren yaşam döngüsü analizlerine odaklanabilir.

KAYNAKLAR

Abrahams, T. (2022, Mayıs 1). *Atop a Belgian warehouse, Agrotopia is a shimmering experiment in vertical farming*. Architectural Record. https://www.architecturalrecord.com/articles/15637-atop-a-belgian-warehouse-agrotopia-is-a-shimmering-experiment-in-vertical-farming

Acme. (t.y.). *Rewe green farming*. Geliş tarihi 18 Şubat 2024, gönderen https://acme.ac/blogs/projects/rewe-green-farming

ArchDaily. (2015, Haziran 4). *Research center ICTA-ICP · UAB / H Arquitectes + Dataae*. https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae

Bates, B. N. (2017, Mayıs 31). *Taking greenhouses to new heights*. Produce Grower. https://www.producegrower.com/article/taking-greenhouses-to-new-heights/

Beckers, S. (2019). *Aquaponics: A positive impact circular economy approach to feeding cities* (Field Actions Science Reports 20; Urban Agriculture: Another Way to Feed Cities, ss. 78-84). The Journal of Field Actions. https://journals.openedition.org/factsreports/5757

BIG SEE. (2022, Ekim 21). *Rewe green farming*. https://bigsee.eu/rewe/

BIGH. (t.y.). *The farm and its infrastructure*. Geliş tarihi 16 Şubat 2024, gönderen https://bigh.farm/en/the-farm-and-its-infastructure/

Bingöl, B. (2015). Dikey tarım. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, *11*(2), 92-99.

Bl Companies. (2014, Ekim 13). *Whole Foods Market – Brooklyn, Ny*. https://www.blcompanies.com/portfolios/project/whole-foods-market-2/

Bonmariage, S. (2018, mai). *La Ferme Abattoir, une première mondiale*. Architectura. https://www.architectura.be/fr/actualite/la-ferme-abattoir-une-premiere-mondiale/

Brussels Express. (2018, Ağustos 8). *An urban farm in the heart of Brussels: Ferme Abattoir*. https://brussels-express.eu/an-urban-farm-in-the-heart-of-brussels-ferme-abattoir/

Cerón Palma, I. (2012). *Strategies for sustainable urban systems: Introducing eco-innovation in buildings in Mexico and Spain* [Doktora Tezi]. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona.

Cerón-Palma, I., Sanyé-Mengual, E., Oliver-Solà, J., Montero, J.-I., & Rieradevall, J. (2012). Barriers and opportunities regarding the implementation of rooftop eco.greenhouses (RTEG) in Mediterranean Cities of Europe. *Journal of Urban Technology*, *19*(4), 87-103. https://doi.org/10.1080/10630732.2012.717685

Çelebi, E. S. (2019). *Mevcut yapıların sürdürülebilirlik açısından yeniden kullanımlarında dikey tarım uygulamaları üzerine bir araştırma: İstanbul porselen fabrikasi örneği* [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze Teknik Üniversitesi.

De Zeeuw, H., Komisar, J., Sanyé-Mengual, E., Kahane, R., Gianquinto, G., Geoffriau, E., Sia, C. S., Rodríguez-Delfín, A., Tawk, S. T., El Omari, H., Shah, S., Montero, J. I., Vishwanath, B. N., Hegde, R., Iori, L., Banhazl, J., Horne, C., Osman, S., Schuck, C. P., … Throness, A. (2017). *A geography of rooftop agriculture in 20 projects* (F. Orsini, M. Dubbeling, H. De Zeeuw, & G. Gianquinto, Ed.; ss. 309-382). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57720-3_19

Demeulemeester, M. (2019). *Dakserre Agrotopia studierapport ontwerpfase* (Studierapport Ontwerpfase D/2019/12.975/1). Inagro VZW. https://inagro.be/studierapport-ontwerpfase-dakserre-agrotopia

Despommier, D. (2012). *Advantages of the vertical farm* (S. Th. Rassia, Ed.; C. 56, ss. 259-275). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0745-5_16

Drotleff, L. (2014, Haziran 27). *Gotham Greens takes locally grown produce to a whole new level*. Greenhouse GROWER. https://www.greenhousegrower.com/crops/vegetables/gotham-greens-takes-locally-grown-produce-to-a-whole-new-level/

Drotleff, L. (2016, Nisan 18). *Gotham Greens CEO outlines Queens, Chicago expansion projects*. Greenhouse GROWER. https://www.greenhousegrower.com/technology/gotham-greens-ceo-outlines-queens-chicago-expansion-projects/

EcoWatch. (2016, Nisan 28). *Inside Europe's largest urban farm*. https://www.ecowatch.com/inside-europes-largest-urban-farm-1891126795.html

FDA Construction Inc. (2021, Kasım 14). *Projects*. https://fdaconstruction.com/en/projects/

Fertilecity. (t.y.). *Welcome to the Fertilecity project*. Geliş tarihi 14 Şubat 2024, gönderen https://www.fertilecity.com/en/home-english/

Fraunhofer UMSICHT. (2019, Eylül 26). *Experimentierfeld für urbane landwirtschaft*. https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2019/einweihung-altmarktgarten-oberhausen.html

Gehbauer-Schumacher, B. (2023, Ekim 12). *Sustainable and reliable cooling of retail properties*. Eurovent Certita Certification. https://www.eurovent-certification.com/en/cms/news/sustainable-and-reliable-cooling-of-retail-properties

Gotham Greens. (t.y.). *Our farms*. Geliş tarihi 11 Şubat 2024, gönderen https://www.gothamgreens.com/our-farms/

Gould, D., & Caplow, T. (2012). Building-integrated agriculture: A new approach to food production. Içinde *Metropolitan Sustainability* (ss. 147-170). Elsevier. https://doi.org/10.1533/9780857096463.2.147

Harlow, E. (2013). *The power of housing 2013 annual report*. New York City Housing Development Corporation. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=JZCM202309001061&DbName=CPFDLAST2023&DbCode=CPFD

Heijden, P. G. m. V. D., & Negrao, L. P. S. M. (2018). UF 002 De Schilde: Europe's largest rooftop aquaponics farm. *Aquaculture Europe Magazine*, *43*(1), 26-29.

Horn, E., & Proksch, G. (2020). *Building an ecosystem: Integrating rooftop aquaponics with a brewery to advance the circular economy*. 49-59. https://doi.org/10.35483/ACSA.AM.108.5

Hortidaily. (2022, Eylül 22). *A 1,100 m2 research and production greenhouse at a height of 25 meters*. https://www.hortidaily.com/article/9461879/a-1-100-m2-research-and-production-greenhouse-at-a-height-of-25-meters/

Hortiturkey. (2020, Ağustos 31). *Dünyanın en büyük çatı katı serası Montreal'da açıldı*. https://www.hortiturkey.com/yazilar/dunyanin-en-buyuk-asma-cati-kati-serasi-montrealda-acildi

Hudson, D. (2015, Şubat 28). *Vertical Harvest urban farm by E/ye design under construction*. Designboom. https://www.designboom.com/architecture/eye-design-vertical-harvest-in-jackson-2-28-2015/

IES. (2013). *Facility and programming features and tour script*. Institute of Environmental Sustainability. https://silo.tips/download/institute-of-environmental-sustainability-facility-and-programming-features-and

Inagro. (t.y.). *Technieken in Agrotopia*. Geliş tarihi 19 Şubat 2024, gönderen https://inagro.be/technieken-agrotopia

Kağıthane Belediyesi. (2022). *Bakan Kirişçi'nin katılımıyla Dünya'nın 2. En derin Dikey Tarım Merkezi Kağıthane'de açıldı*. https://www.kagithane.istanbul/guncel/haber_detail/BAKAN-KIRISCININ-KATILIMIYLA-DUNYANIN-2-EN-DERIN-DIKEY-TARIM-MERKEZI-KAGITHANEDE-ACILDI/76/9999/0

Kibert, C. J. (1994). Establishing principles and a model for sustainable construction. *Sustainable Construction*, 3-12. https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC24773.pdf

Kim, J.-J., & Rigdon, B. (1998). *Sustainable architecture module: Introduction to sustainable design*. National Pollution Prevention Center for Higher Education. https://public.websites.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/ARCHpdfs/ARCHdesIntro.pdf

Knippershelbig. (t.y.). *Rewe green farming*. Geliş tarihi 18 Şubat 2024, gönderen https://www.knippershelbig.com/de/projekte

Kucharsky, D. (2017, Nisan 25). *Lufa Farms rooftop greenhouses trending in Montreal*. RENX. https://renx.ca/lufa-farms-rooftop-greenhouses-montreal

Loyola University Chicago. (t.y.). *School for Environmental Sustainability, our facilities*. Geliş tarihi 14 Şubat 2024, gönderen https://www.luc.edu/sustainability/about/ourfacilities/

Lufa Farms. (t.y.). *Our greenhouses*. Geliş tarihi 10 Şubat 2024, gönderen https://montreal.lufa.com/en/fermes

Marks, J. (2014, Nisan 10). *Food waste fuels vertical farming in Chicago*. INHABITAT. https://inhabitat.com/food-waste-fuels-vertical-farming-in-chicago/chicago_2/

Milford, A. B., Kårstad, S., & Verheul, M. (2019). *Exploring the opportunities for building a rooftop greenhouse. Case study from Bergen, Norway* (NIBIO Rapport 5/127). NIBIO. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2626640/NIBIO_RAPPORT_2019_5_127.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Mosher, D. (2020, Nisan 23). *What's next for Blue Sea Development: Q&A with Les Bluestone*. Diana Mosher Associates. https://dianamosher.com/qa-with-les-bluestone/

Moxham, C. (2015, Nisan 18). *Greenhouse to foster eco-friendly farming at The Institute Of Environmental Sustainability, Loyola University Chicago*. https://trendsideas.com/stories/greenhouse-to-foster-eco-friendly-farming-at-the-institute-of-environmental-sustainability-loyola-university-chicago

Muñoz-Liesa, J., Toboso-Chavero, S., Mendoza Beltran, A., Cuerva, E., Gallo, E., Gassó-Domingo, S., & Josa, A. (2021). Building-integrated agriculture: Are we shifting environmental impacts? An environmental assessment and structural

improvement of urban greenhouses. *Resources, Conservation and Recycling*, *169*, 105526. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105526

Nadal, A., Llorach-Massana, P., Cuerva, E., López-Capel, E., Montero, J. I., Josa, A., Rieradevall, J., & Royapoor, M. (2017). Building-integrated rooftop greenhouses: An energy and environmental assessment in the mediterranean context. *Applied Energy*, *187*, 338-351. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.051

Opti. (2021, Mart 19). *Water reuse—Case study | Arbor House | The Bronx, Nyc*. OptiRTC, Inc. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=HLJO202410038&DbName=CJFDAUTO&DbCode=CJFD

Parkes, J. (2021, Ağustos 27). *Carlo Ratti Associati Designs hydroponic "Farmscraper" for Shenzhen*. Dezeen. https://www.dezeen.com/2021/08/27/carlo-ratti-associati-jian-mu-tower-hydroponic-farmscraper-shenzhen/

Pierotti, M. (2017, Nisan 11). *Urban Renewal is at its Best at Method's Chicago Factory*. Gb&d Magazine. https://gbdmagazine.com/urban-renewal-is-at-its-best-at-methods-chicago-factory/

Pintos, P. (2020, Ağustos 7). *Administration building with rooftop greenhouse / Kuehn Malvezzi*. ArchDaily. https://www.archdaily.com/927862/administration-building-with-rooftop-greenhouse-kuehn-malvezzi

Pintos, P. (2022, Şubat 4). *Agrotopia research center for urban food production / Van Bergen Kolpa Architects + Meta Architectuurbureau*. ArchDaily. https://www.archdaily.com/976252/agrotopia-research-center-for-urban-food-production-van-bergen-kolpa-architects

Plant Factory. (t.y.). *Hakkımızda*. Geliş tarihi 01 Haziran 2024, gönderen https://plantfactory.company/hakkimizda/

Proksch, G. (2011, Nisan). Urban rooftops as productive resources rooftop farming versus conventional green roofs. *Architectural Research Center Consortium: Considering Research*. ARCC 2011, Detroit, MI. https://www.researchgate.net/profile/Gundula-Proksch/publication/337293019_Urban_Rooftops_as_Productive_Resources_Rooftop_Farming_versus_Conventional_Green_Roofs/links/5dcf85cd4585156b35164c8b/Urban-Rooftops-as-Productive-Resources-Rooftop-Farming-versus-Conventional-Green-Roofs.pdf

Proksch, G. (2017). *Creating urban agricultural systems: An integrated approach to design*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315796772

Proksch, G., Horn, E., & Lee, G. (2023). Urban integration of aquaponics: Advancing integrated food systems for the circular city. Içinde *Urban and Regional Agriculture Building Resilient Food Systems* (ss. 403-430). https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128202869000145

Proksch, G., & Ianchenko, A. (2023). Commercial rooftop greenhouses. Içinde *Urban and Regional Agriculture* (ss. 503-532). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820286-9.00009-1

Puri, V. (2011). *Gotham Greens farms, llc sustainable urban CEA* [Final Report]. The New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA). https://www.nyserda.ny.gov/-

/media/Project/Nyserda/Files/Publications/Research/Environmental/Gotham-Greens-Sustainable-Urban-CEA.pdf
Rabensteiner. (t.y.). *Perch and basil off the roof rewe green farming*. Geliş tarihi 18 Şubat 2024, gönderen https://www.rabensteiner.eu/en/references/references-rabensteiner/pro/detail/rewe-green-farming.html
Rathwell, D. (2020). *Greening designing sustainable urban greenhouses in Ottawa* [Yüksek Lisans Tezi]. Carleton University.
Reuben, J. (2016, Kasım 17). *10 Buildings that tell the story of NYC's green affordable housing (so far)*. Untapped New York. https://untappedcities.com/2016/11/17/10-buildings-that-tell-the-story-of-nycs-green-affordable-housing-so-far/
REWE. (t.y.). *Green farming markt in Wiesbaden-Erbenheim*. Geliş tarihi 18 Şubat 2024, gönderen https://nachhaltigkeit.rewe.de/klima/nachhaltigere-maerkte/green-farming
REWE Group. (2021, Haziran 25). *Green building-konzept: „Nachhaltigkeit entsteht nur durchs denken"*. https://www.rewe-group.com/de/presse-und-medien/newsroom/stories/green-building-konzept-nachhaltigkeit-entsteht-nur-durchs-denken/
Riordan, A. (2015, Şubat 9). *How does your garden grow? Microsoft finds success, sustainability in urban farming experiment*. Microsoft. https://news.microsoft.com/features/how-does-your-garden-grow-microsoft-finds-success-sustainability-in-urban-farming-experiment/
Sabre, M. (2021a). *The Abattoir in Anderlecht, operated by Bigh (Belgium)*. https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/the-abattoir-in-anderlecht-operated
Sabre, M. (2021b). *The new farm in Den Haag, operated by Urban Farmers (Netherlands)*. https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/the-new-farm-in-den-haag-operated-b
Sanyé-mengual, E., Cerón-palma, I., Oliver-solà, J., Montero, J. I., & Rieradevall, J. (2013). Environmental analysis of the logistics of agricultural products from roof top greenhouses in mediterranean urban areas: Life cycle assessment of the logistics of agricultural products. *Journal of The Science Of Food and Agriculture*, *93*(1), 100-109. https://doi.org/10.1002/jsfa.5736
Sanyé-Mengual, E., Cerón-Palma, I., Oliver-Solà, J., Montero, J. I., & Rieradevall, J. (2015). Integrating horticulture into cities: A guide for assessing the implementation potential of rooftop greenhouses (RTGs) in industrial and logistics parks. *Journal of Urban Technology*, *22*(1), 87-111. https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942095
Sanyé-Mengual, E., Oliver-Solà, J., Montero, J. I., & Rieradevall, J. (2015). An environmental and economic life cycle assessment of rooftop greenhouse (RTG) implementation in Barcelona, Spain. Assessing new forms of urban agriculture from the greenhouse structure to the final product level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *20*(3), 350-366. https://doi.org/10.1007/s11367-014-0836-9
Schuster, M. (2022). *Mehr urbanität wagen*. DBZ. https://www.dbz.de/artikel/mehr-urbanitaet-wagen-3878084.html
Semi, P. (2022, Haziran). *Integrate architecture and agriculture: Rooftop greenhouse Agrotopia*. SPACE. https://vmspace.com/eng/project/vmspace.com/eng/project/project_view.html

Sengodan, P. (2022). An overview of vertical farming: Highlighting the potential in malaysian high-rise buildings. *Pertanika Journal of Science and Technology*, *30*(2), 949-981. https://doi.org/10.47836/pjst.30.2.06

Serlin, C. (2013, Mart 12). *Developer raises the bar in the Bronx*. Affordable Housing Finance. https://www.housingfinance.com/management-operations/developer-raises-the-bar-in-the-bronx_o

Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir mimarlık*. Yem Yayınları.

Space&Matter. (2024, Ekim 28). *Urban Farmers greenhouse in the sky*. https://www.spaceandmatter.nl/work/urban-farmers

Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., Freisinger, U. B., Sawicka, M., Werner, A., Thomaier, S., Henckel, D., Walk, H., & Dierich, A. (2014). Urban agriculture of the future: An overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. *Agriculture and Human Values*, *31*(1), 33-51. https://doi.org/10.1007/s10460-013-9448-4

Specht, K., Siebert, R., Thomaier, S., Freisinger, U., Sawicka, M., Dierich, A., Henckel, D., & Busse, M. (2015). Zero-acreage farming in the city of Berlin: An aggregated stakeholder perspective on potential benefits and challenges. *Sustainability*, *7*(4), 4511-4523. https://doi.org/10.3390/su7044511

Şeker, F. İ. (2021). *Bina tabanlı kentsel tarım üzerine bir araştırma* [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze Teknik Üniversitesi.

Taggart, J. (2014). *Food for thought* [Tumblr]. https://abacuseditions.tumblr.com/post/59590653928/food-for-thought

Tarricone, P. (2015, Haziran). Serious about sustainability. *LD+A Magazine*, 42-47.

Thomaier, S., Specht, K., Henckel, D., Dierich, A., Siebert, R., Freisinger, U. B., & Sawicka, M. (2015). Farming in and on urban buildings: Present practice and specific novelties of Zero-Acreage Farming (ZFarming). *Renewable Agriculture and Food Systems*, *30*(1), 43-54. https://doi.org/10.1017/S1742170514000143

Ulukent, Y. (2021). Kentlerde dikey tarım ve sürdürülebilirlik. *NWSA Academic Journals*, *16*(3), 100-109. https://doi.org/10.12739/NWSA.2021.16.3.5A0153

Urbannext. (2024, Ekim 30). *Rooftop greenhouse: Two different uses in a new way*. https://urbannext.net/rooftop-greenhouse/

Venie, E. (2012, Aralık 20). *The plant*. Illinois Tech Magazine. https://magazine.iit.edu/winter-2012/plant

Volk, D. (2021). *Hass Architects (Germany)*. https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/project-haas-architects

Wagner, C. (2022, Aralık 20). *Nachhaltige städte der zukunft – dachfarm in Oberhausens innenstadt*. http://kurt.digital/2022/12/20/dachfarm-oberhausen-jobcenter-nachhaltig/

Walton, C. (2022, Nisan 8). *Steel and glass define a public-facing greenhouse that pushes the scale of urban agriculture*. The Architect's Newspaper. https://www.archpaper.com/2022/04/agrotopia-greenhouse-meta-van-bergen-kolpa-pushes-scale-of-urban-agriculture/

Whalebone. (2019, Ocak 27). *Method cleans up with its soap factory*. https://whalebonemag.com/good-inside-soapbox-method/

Wiens, K. (2022, Ocak 25). *Green farming supermarkt umgedacht.* https://www.dgrv.de/wp-content/uploads/2022/01/REWE-Green-Farming_aktuell.pdf

Wsp. (2024). *Institute for Environmental Sustainability at Loyola University*. https://www.wsp.com/en-us/projects/institute-for-environmental-sustainability-at-loyola-university

Zurko, J. (2016, Şubat 26). *The engineering behind rooftop greenhouses*. Growertalks. https://www.growertalks.com/Article/?articleid=22119

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Şeyma Nur AYDIN
Doğum Yeri ve Tarihi	: Altındağ / 30.06.1988
Yabancı Dil	: İngilizce
Eğitim Durumu	
Lise	: Figen Sakallıoğlu Anadolu Lisesi, Sakarya
Lisans	: Uludağ Üniversitesi, Bursa
Yüksek Lisans	: Uludağ Üniversitesi, Bursa
Çalıştığı Kurum/Kurumlar	: 2012-2021 Nilüfer Belediyesi, Bursa 2021-2021 Mudanya Belediyesi, Bursa 2021- Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Sakarya
İletişim (e-posta)	: aydin.seyma@hotmail.com
Yayınları	: