



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**ÇELİK KONSTRÜKSİYONLU SERALARDA TAŞIYICI SİSTEM
TASARIMLARININ EKONOMİK YÖNDEN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADEM BUDAK

PROF. DR. SEDAT KARAMAN

TOKAT- 2023

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Sedat KARAMAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Çelik Konstrüksiyonlu Seralarda Taşıyıcı Sistem Tasarımlarının Ekonomik Yönden Karşılaştırılması” adlı Yüksek lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

ADEM BUDAK

25 Ocak 2023

JÜRİ KABUL VE ONAY



TEŞEKKÜR

Hem ders dönemimde hem de tez çalışmam boyunca bilgi, tecrübe ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Sedat KARAMAN'a, tez çalışmamın yürütülmesinde yardım ve desteklerini esirgemeyen kıymetli Kayseri Şeker Fabrikası Genel Müdür Yardımcısı Oğuzhan Ulu, İnş. Müh. Yusuf KAYNAK, Dr. Aylin ÖZGÜR GÖKSU ve İnş. Müh. Uğur ERDOĞAN'a, her zaman yanımda olan sevgili eşim Gülşah YILDIRIM BUDAK'a ve hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve bana inanan aileme en içten sevgi, saygı ve şükranlarımı sunarım.

ADEM BUDAK

25 OCAK 2023

ÖZET

ÇELİK KONSTRÜKSİYONLU SERALARDA TAŞIYICI SİSTEM TASARIMLARININ EKONOMİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Budak, Adem

Yüksek Lisans, Biyosistem Mühendisliği Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedat Karaman

Şubat 2023, xii + 63 sayfa

Seralar oldukça pahalı yapılar olduklarından, dikkatli ve günün modern teknolojileri göz önüne alınarak projelenebilirler gerekmektedir. Özellikle sayıları gün geçtikçe artan yüksek maliyetli çelik konstrüksiyonlu seraların planlanmasında yüklerin ekonomik şekilde taşınabilmesini sağlayabilmek, sistem seçiminde ve boyutlandırılmasında önemli olmaktadır. Bu tez çalışmasında, çelik taşıyıcı sistemli seralarda ülkemizde en fazla tercih edilen iki farklı çatı tipi, farklı makas açıklığı ve makas aralıklarının sera maliyetlerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla beşik çatılı ve gotik çatılı seralarda 2.5 m ve 3 m makas aralığı, 6 m, 8 m ve 9.6 m makas açıklığı olmak üzere 12 farklı sistem oluşturulmuştur. Planlanan seralarda en, boy ve yükseklik sırasıyla 48 m, 60 m ve 4.5 m olarak alınmıştır. Tez çalışmasında sera tasarımı Tokat ili iklim koşullarında domates ve hıyar yetiştirileceği göz önüne alınarak yapılmıştır. Ön tasarımı ve planlaması yapılan farklı olasılıklardaki tasarım seçenekleri, ilgili yönetmelik ve standartlar doğrultusunda statik analiz yazılımı olan SAP2000 programında tanımlamaları yapıp grafik tabanlı modellenerek sonlu elemanlar yöntemi ile sera taşıyıcı sistemleri analiz edilmiş, Autocad yazılımında teknik çizimleri yapılmıştır. Yapılan analiz ve tasarımlar sonucunda elde edilen metraj verileri ile 2022/3 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından ilgili poz numaralı birim fiyat analizleri doğrultusunda MS EXCEL yazılımı üzerinde düzenleme yapılarak sera yapılarının maliyet analizleri tamamlanmıştır. Çalışma sonucunda farklı sera taşıyıcı sistemlerinin ekonomik açıdan karşılaştırılması yapılmış, en ekonomik sistemin gotik çatılı, 9.6 m makas açıklığı ve 3 m makas aralığına sahip sera olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Sera, Konstrüksiyon, Metraj, SAP2000

ABSTRACT

ECONOMICAL COMPARISON OF STEEL-FRAMED GREENHOUSE SYSTEMS

Budak, Adem

Master's Thesis, Biosystem Engineering

Advisor: Prof. Dr. Sedat Karaman

February 2023, xii + 63 pages

Since greenhouses are highly expensive structures, they need to be designed carefully with the use of modern technology of the day. Especially in the design of high-cost steel-framed greenhouses, the number of which is increasing day by day, system selection and dimensioning play an important role in economical design of load-bearing members. The present thesis was conducted to investigate the effects of two different roof types, commonly preferred in construction of steel-framed greenhouses of Türkiye, different truss spans and truss spacings on greenhouse construction costs. For present analyses, 12 different systems, including 2.5 m and 3 m truss spacing, 6 m, 8 m and 9.6 m truss spans of gable and gothic-style roofs were generated. The width, length and height of the designed greenhouses were taken as 48 m, 60 m and 4.5 m, respectively. Greenhouse design was made considering that tomatoes and cucumbers will be grown under climate conditions of Tokat province. The design options with different possibilities, whose preliminary design and planning were made, were defined and graphically modeled in the SAP2000 software, which is a static analysis software, in accordance with the relevant regulations and standards and greenhouse load bearing systems were analyzed with the use of finite element method. Technical drawings were made in the AutoCAD software. For cost analyses, footage data obtained through performed analyzes and designs and unit-price data obtained from the relevant item number of the 2022/3 Construction and Installation Unit Prices Book were edited on MS EXCEL worksheets. Different greenhouse systems were compared economically and the greenhouse with a gothic roof style, 9.6 m truss span and 3 m truss spacing was identified as the most economical system.

KEYWORDS: Greenhouse, Construction, Quantity takeoff, SAP2000

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK SÖZLEŞME.....	i
JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1. Dünyada ve Türkiye’de Seracılığın Genel Durumu	5
2.2. Seralarda Planlama Sistemleri	7
2.3. Seralarda Taşıyıcı Sistemler	9
2.4. Taşıyıcı Sistemlerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	14
2.5. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Tasarımı.....	15
2.6. Taşıyıcı Sistemlerin Tasarımında Kullanılan Yükler	18
2.7. Sera Örtü Malzemeleri.....	19
2.8. Sera Planlanmasında Etkili Çevre Koşulları.....	21
2.8.1. Işık	21
2.8.2. Sıcaklık	21
2.8.3. Nem	22
2.8.4. Hava ve karbondioksit	22
2.8.5. Ekonomik ve diğer etmenler	22

3. Materyal ve yöntem	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Kullanılan standart ve yönetmelikler	23
3.1.2. Serada kullanılacak elemanların malzeme özellikleri ve standartları.....	24
3.1.3. Sera boyutları	27
3.1.4. Bölge iklim koşulları.....	28
3.1.5. Etkili yükler.....	28
3.1.6. Yük kombinasyonları	33
3.2. Yöntem.....	34
3.2.1. Sera sistemlerinin ön tasarımının yapılması.....	34
3.2.2. SAP2000 paket yazılımı ile sera sistemlerinin modellenmesi ve analizi	37
3.2.3. Metraj ve keşif.....	46
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	48
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	55
6. KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ	63

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Türkiye örtüaltı tarım alanı istatistikleri	6
Şekil 2.2. Seraların teknik yönden planlanmasında göz önüne alınacak ölçütler	8
Şekil 2.3. Sistem yaklaşımının akış şeması.	8
Şekil 2.4. Sera yapı elemanları	9
Şekil 2.5. Seralarda kullanılan temel tipleri.....	10
Şekil 2.6. Çatı elemanları	12
Şekil 2.7. Çatı kirişlerinin farklı düzenlenmesi	13
Şekil 2.8. Seralarda kafes kiriş örnekleri.....	13
Şekil 3.1. Kolon başlığı (mesnet) detayı	25
Şekil 3.2. kolon oluk ve makas bağlantı detayı.....	25
Şekil 3.3. Oluk detayı.....	25
Şekil 3.4. Üst havalandırma detayı	25
Şekil 3.5. Tekil temel detayı	26
Şekil 3.6. 8 m makas açıklığı ve 2.5 m makas aralığına sahip sera temel detayı.....	26
Şekil 3.7. Kar yükünün aşıklar ve oluklara etki ettirilmesi.....	30
Şekil 3.8. Planda kare kesitli ve eğik çatılı kapalı yapılarda, rüzgâr yükünün ana taşıyıcı sistem doğrultusundaki dağıtımı.....	31
Şekil 3.9. Rüzgar yükünün aşıklara, kolonlara ve oluklara etki ettirilmesi	32
Şekil 3.10. Seranın üstten görünüşü.....	35
Şekil 3.11. 3D Modeli.....	35
Şekil 3.12. Beşik çatılı sera makas plan ve kesit örneği.....	36
Şekil 3.13. Gotik çatılı sera makas plan ve kesit örneği.....	36
Şekil 3.14. Malzeme tanımlama	37
Şekil 3.15. Aşık elemanların kesit tanımlaması	38
Şekil 3.16. Aşık elemanların kesit tasarımı.....	39
Şekil 3.17. Oluk elemanların kesit tanımlaması.....	39
Şekil 3.18. Oluk elemanların kesit tasarımı	39
Şekil 3.19. Yük türlerinin tanımlanması	40
Şekil 3.20. Yük kombinasyonlarının tanımlanması.....	41

Şekil 3.21. Tüm elemanların kapasite ve gerilme kontrolü	41
Şekil 3.22. Seranın oluk seviyesinde oluk yönünde yatay yer değiştirmeleri	43
Şekil 3.23. Seranın oluğa dik oluk seviyesindeki yatay yer değiştirmeleri	44
Şekil 3.24. Rüzgâr yükü altında oluk seviyesinde ve oluğa dik yer değiştirmeleri	45
Şekil 4.1. Birim alana düşen çelik miktarı (kg)	49
Şekil 4.2. Sera sistemlerinin ortalama ağırlıkları	49
Şekil 4.3. Birim maliyetler	54



ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Sera Sistemlerinin Boyutları.....	27
Çizelge 3.2. Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri (m).....	29
Çizelge 3.3. Zati kar yükü (Pk0) değerleri kN.m-2 (*).....	30
Çizelge 3.4. Yüksekliğe bağlı rüzgâr hızı ve emme basıncı.....	32
Çizelge 3.5. Sera sistemlerinde kullanılan profiller.....	40
Çizelge 3.6. En elverişsiz durumda en büyük kapasite kullanım oranları (%).....	42
Çizelge 3.7. Yüklemeler durumunda oluk seviyesinde ve oluğa dik yönde en büyük yer değiştirme değerleri (mm).....	45
Çizelge 3.8. Yüklemeler durumunda oluk seviyesinde ve oluğa paralel yönde en büyük yer değiştirme değerleri (mm).....	45
Çizelge 3.9. Gotik çatılı sera metrajı (kg).....	46
Çizelge 3.10. Beşik çatılı sera metrajı (kg).....	46
Çizelge 3.11. 15.165.1001 poz numaralı birim fiyat analizi.....	47
Çizelge 3.12. 15.165.1002 poz numaralı birim fiyat analizi.....	47
Çizelge 4.2. 8 m makas açıklığına sahip sistemin metraj ve maliyetleri	52
Çizelge 4.3. 9.6 m makas açıklığına sahip sistemin metraj ve maliyetleri	53
Çizelge 4.4. Sera sistemlerin ortalama maliyetleri	53

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
A	Etkilenen yüzey alanı, m ²
C _f	Aerodinamik yük katsayısı
°C	Derece santigrat
CO ₂	Karbondioksit
C _p	Emme katsayısı
E	Elastisite modülü
G ₁	Kayma modülü
G	Sabit (ölü) Yük
h	kolon boyu (mm)
h _a	Herhangi bir sütun yüksekliği hariç kemerin yüksekliğidir;
ha	Hektar
nm	Nanometre
PE	Polietilen
P _k	Kar yükü hesap değeri
P _{ko}	Kar yükü
PVC	Polivinilklorur
Q	Hareketli Yük
q	Rüzgâr basıncı kN m ⁻²
R _a	GKT yük birleşimi ile belirlenen gerekli dayanım

Simgeler	Açıklama
R_n	karakteristik dayanım
R_n	Karakteristik dayanım
R_n/Ω	Güvenli dayanım
R_u	YDKT yük birleşimi ile belirlenen gerekli dayanım
S	Kar Yüğü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
U_h	Kemerin yatay yer deęiřtirmesidir;
$u_h; //$	Seranın oluk seviyesinde, oluk yönünde hesaplanan yatay yer deęiřtirmesidir;
$U_{h;\perp}$	Seranın oluk seviyesinde, oluğa dik olarak hesaplanan yatay yer deęiřtirmesidir;
W	Rüzgar Yüğü
α	Çatı eğimi
Ω	Güvenlik katsayısı
ϕR_n	Tasarım dayanımı
ϕ	Dayanım katsayısı

1. GİRİŞ

Örtüaltı yetiştirme sistemi olan seralar, mevsim ve çevre koşullarının bitki yetiştiriciliğine olanak vermediği dönemlerde mevsim ve çevre koşullarını denetim altına alarak yılın tüm zamanlarında bitki yetiştirmeye uygun, güneş radyasyonu ve görünür ışığı geçirebilen materyallerle örtülü, içerisinde çalışılabilecek büyüklükte olan tarımsal yapılarıdır (Anonim, 2016). Yapısal yönden seralar rijit yapı iskeleti oluşturularak, üzeri solar radyasyonunu geçiren örtü malzemesi ile kaplı bitkisel üretim yapılarıdır (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002; TS EN 13031-1, 2020).

Dünyada yaklaşık 500 000 ha örtüaltı alanı bulunmaktadır. Örtüaltı alanı olarak dünya sıralamasında 1 250 000 da alanla Çin birinci sırada, Güney Kore 750 000 da alan ile ikinci sırada yer almaktadır. Bu alanların 185 000 hektarı (%37) ise Avrupa'da bulunmaktadır. Seracılık sektörünün öncüsü olan Türkiye, Avrupa'da İspanya'dan sonra ikinci, dünyada ise dördüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2017).

TÜİK istatistiklerine göre Türkiye'de 2015 yılında örtüaltı tarım alanı 660 265 da iken, 2021 yılında 21.94 büyüme ile 805 159 da olmuştur. Bu büyüme 144 894 da örtüaltı tarım alanına denk gelmektedir. Ayrıca cam seralarda 802.43 da, plastik seralarda 95 721 da ve alçak tünellerde 56 785 da büyüme olmuştur (Anonim, 2020). Gelişmiş ülkelerde ayrı tarım kolu olarak başlı başına teknoloji haline gelen sera alanlarının çoğalması, seracılığa gün geçtikçe ilginin arttığını ve bu yönde yatırımların olduğunu göstermekle birlikte, en yüksek artış plastik örtülü seralarda gerçekleşmiştir.

Son yıllarda ülkemizde artan nüfusa bağlı olarak gıda gereksiniminin karşılanmasındaki güçlükler, miras, kentleşme ve sanayileşme gibi nedenlerle kullanılabilir tarım alanlarının giderek azalması, kuraklık, küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri gibi etkenler tarımsal üretime duyulan gereksinimin artmasına neden olmuş, temel gereksinim maddelerinden olan tarım ürünler stratejik önem kazanmış, dolayısıyla seracılığın da gün geçtikçe öneminin artmasına yol açmıştır.

Birim alandan daha fazla verim elde edilebilen yoğun tarım sistemleri olan ve önemi her geçen gün artan seralarda, kalite ve verimi artırmak için bitkilerin istediği en uygun koşulların sağlanması gerekmektedir. Dünyada ve ülkemizde gün geçtikçe büyüyen seracılık sektörünün önümüzdeki yıllardaki yansıması düşünüldüğünde, yine büyüme sağlayacağı ve bu konudaki yatırımların artacağı öngörülmektedir.

Taşıyıcı sistem malzemesine göre örtüaltı üretim sistemleri; ahşap, çelik (galvanize, kalın çelik sac, galvanize çelik boru), alüminyum, sentetik ve şişme veya iskeleti olmayan örtüaltı yapıları şeklinde beş sınıfa ayrılmaktadır. Sera yapı elemanları ise çatı, iskelet elemanları ve temelden oluşmaktadır. Seralar, çatı ve iskelet taşıyıcı sistemin parçası olan kolonları ve kirişleri oluşturan en önemli yapı elemanlarını içermektedir. Özellikle projelendirme ve yapım aşamalarında taşıyıcı sistemi oluşturan çatı, iskelet ve temel yapı elemanlarına gereken önem verilmelidir.

Son yıllarda yüksek teknolojiye sahip seracılıkta önemli ilerlemeler kaydedilmekle birlikte, bitkilerin iklim gereksinimlerini en uygun düzeyde karşılayabilen modern seralar inşa edilmeye başlanmıştır. Bitkisel üretim için kullanılan yüksek teknolojiye sahip modern seralar, oldukça pahalı yapılar olduklarından, sera inşasına karar verilmeden önce rasyonel bitki üretimi için ayrıntılı sera planlaması yapılmalıdır. Seraların planlanmasında bölge iklimi, yer seçimi, yapı elemanları ve sera donanımı için uygun ölçütlerin bilinmesi gerekmektedir (Baytorun, 2016; Baytorun, 2021).

Gerekli üretim ve kalite standartlarının sağlanamadığı, modern teknolojinin yanlış uygulanması veya tam uygulanmaması sonucu taşıyıcı konstrüksiyon, havalandırma, ısıtma, soğutma, gölgeleme, sulama, iklimlendirme gibi birçok sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Mevcut ekolojik koşullardan yararlanarak yöre iklim koşulları göz önüne alınmadan planlanan basit yapılarda gerçekleştirilen yetiştiricilikte, verim ve kalitede önemli kayıplar görülebilmektedir. Statik ve mukavemet hesaplamaları yapılmadan inşa edilen seralarda, gereğinden çok ya da az yapı malzemesi kullanılmaktadır. Gereğinden fazla kullanılan malzeme fazla masraf yanında sera içi gölgeleme oranını artırmaktadır. Gereğinden az malzeme kullanıldığında ise ortaya çıkacak yapısal hatalar nedeniyle olumsuz iklim koşullarında meydana gelebilecek

göçmelerden dolayı büyük maddi kayıplar oluşabilecektir. Kârlı seracılık ancak teknik sorunları olmayan, uygun çevre koşullarını karşılayabilen ekonomik ömrü uzun, alt yapısı tamamlanmış, ilk yatırım giderleri ile bakım ve onarımları ekonomik olan sera projeleri ile gerçekleşebilmektedir. Seralar oldukça pahalı yapılar olduklarından dikkatli ve günün modern teknolojisi ile projelendirilmesi gerekmektedir. Özellikle sayıları gün geçtikçe artan yüksek maliyetli çelik konstrüksiyonlu seraların planlanmasında yüklerin ekonomik şekilde taşınabilmesini sağlayabilmek, sistem seçiminde ve boyutlandırılmasında önemli olmaktadır.

Seracılığın, bitki yetiştirme tekniğiyle ilgili tarımsal ve ekonomik sorunları yanında, mühendislik yönünden çözüm bekleyen çeşitli sorunları bulunmaktadır. Sera mühendisliğiyle ilgili temel sorunlar; konstrüksiyon, planlama ve inşaa, ısıtma, soğutma, nemlendirme, havalandırma, ışıklandırma koşullarının sağlanması ve sera içi yetiştirme dengesinin otomatik kontrolü şeklinde sıralanabilir. Bu temel mühendislik sorunlarıyla ilgili konular içinden seçilebilecek çalışmaların yapılması, seracılığın gelişmesinde önemli katkılar sağlayacaktır. Bu sorunların giderilebilmesi için, sera imalatlarının plan ve projeye bağlı olarak yapılması gerekmektedir. Bu şekilde tasarım ve boyutlandırma yönünden uygunluk ve sera yapım giderlerinde de ekonomi sağlanacaktır. Sera projelerinin hazırlanmasında kullanılan yöntemlerin hesap ve çizim işlemleri klasik yöntemle yapıldığında uzun zaman almaktadır. Farklı projelerin kısa sürede hazırlanabilmesi için günümüzde yaygın olarak bilgisayar programlarından yararlanılmalıdır. Klasik sera kurulumunda taşıyıcı malzemelere ilişkin profil kesitleri, projeyi uygulayan kişinin deneyimlerine göre belirlenmekte, kesit analizleri yapılmamaktadır. Bunun sonucunda sera, üzerine gelen sabit ve hareketli yükleri taşıyamamaktadır. Malzeme kullanımında optimizasyon yapılmadığından, daha fazla masrafla daha az dayanımlı seralar ortaya çıkmaktadır (Alkan, 1986; Saltuk, 2012).

Mühendislik bilgilerinin ön planda tutulması gereken öncelikli uygulama alanlarından birisi olan seracılık sektöründe, sera yapı elemanlarındaki taşıyıcı elemanlarının kendilerinden beklenen fonksiyonları yerine getirebilmeleri için yeterli dayanıma sahip olmaları zorunlu olmaktadır. Diğer yandan üreticiler için sera konstrüksiyonunun güçlendirilmesi ve yapı maliyetinin azaltılması isteği de göz önüne alınırsa, rüzgâr ve

diğer dış çevre koşullarının da sera konstrüksiyonu üzerindeki etkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Seraların planlanmasında emniyeti artırırken yapıdaki kesit ve boyutlar büyüyeceğinden, maliyet yükselmektedir. Bu nedenle planlamada en önemli ölçütlerden olan ekonomik boyut, en az düzeyde kalmaktadır. Sera yapı elemanlarının boyutlandırılmasında ekonomik olmak koşulu ile yapı maliyeti söz konusu olduğundan, seçilen malzeme ve bu malzemenin maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır. Boyutlandırmada yapılara gelen yükleri taşıyabilmeleri için yapı elemanları gerekenin üzerinde dayanım sağlamalı, aşırı yüklemelere karşı yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Sera yapı elemanlarında aranan en önemli özellik, yapı elemanlarında aşırı deformasyon, çatlama gibi hasarların oluşmaması, öngörülen yüklerin olası en fazla etkiye durumunda yıkılmadan ayakta kalabilmesidir.

Bu çalışmada çelik konstrüksiyonlu seraların farklı çatı tiplerinde makas açıklık ve aralıklarının optimum tasarımının yapılp maliyetler üzerine etkisi belirlendikten sonra, farklı açıklıklar için yapılan çözümler ekonomik yönden karşılaştırılmış, bitkisel üretim yapılarına uygun ekonomik taşıyıcı sistemler belirlenmiştir. Bu amaçla seraların farklı taşıyıcı sistem ve malzeme tasarımında en ekonomik planlama modelleri belirlenerek, bilgisayar destekli statik ve dinamik çözümlemeleri ile metraj hesaplamaları yapılmıştır.

İklim ve ekolojik özellikleri örtüaltı tarımına uygun olan Tokat ili iklim koşulları göz önüne alınarak yapılan çalışmadan elde edilecek sonuçlar, sera işletmelerinin kullanılacak malzeme ve statik sistem tercihlerinin belirlenmesinde daha bilinçli olmasına ve sera işletmelerinin dayanıklı ve optimum maliyetle kurulmasına katkı sağlayacaktır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümü oluşturan giriş bölümünde konunun önemi ve çalışmanın amacı belirtilmiştir. İkinci bölüm olan literatür özeti bölümünde konuya ilişkin kaynaklar gözden geçirilmiştir. Araştırmada kullanılan materyal ve yöntemler üçüncü bölümde, araştırmadan elde edilen sonuçlar ile elde edilen sonuçların değerlendirilmesinin yapılarak tartışılması dördüncü bölümde, sonuç ve öneriler beşinci bölümde verilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Dünyada ve Türkiye’de Seracılığın Genel Durumu

Dünyada örtüaltı yetiştiriciliğine ilk olarak 5. yy.’da Roma döneminde İtalya’da güneye bakan yamaçlarda çukurlar açılarak üzerinin güneş geçiren malzemelerle kaplanmasıyla başladığı bilinmektedir. Örtüaltı yetiştiriciliği Avrupa’da ilk olarak İngiltere’de başlayarak Hollanda, Danimarka, Almanya ve Belçika’da devam etmiştir. Varlıklı aileler tarafından 17. yy.’da konutlarında kullanılan seralar, 18. yy.’da ticari amaçlı kurulmuştur. İlk modern seralar ise 18. yy. sonlarında ABD’de yaygınlaşmıştır (Çimen, 2003; İşbecer, 2010).

Sera tarımında en büyük alana sahip ülkeler sırası ile Çin, İspanya, Güney Kore, Türkiye, Japonya, İtalya, Fransa ve Fas’tır (Baytorun ve Gültekin, 2017). Serada yetiştiricilik yapan önemli AB ülkeleri İspanya, İtalya, Almanya, İngiltere, Fransa ve Hollanda’dır. Sahip olduğu sera teknolojisi ile Hollanda, sera alanları ile ise İspanya ve İtalya önemli ülkelerdir (Sevgican ve ark., 2000).

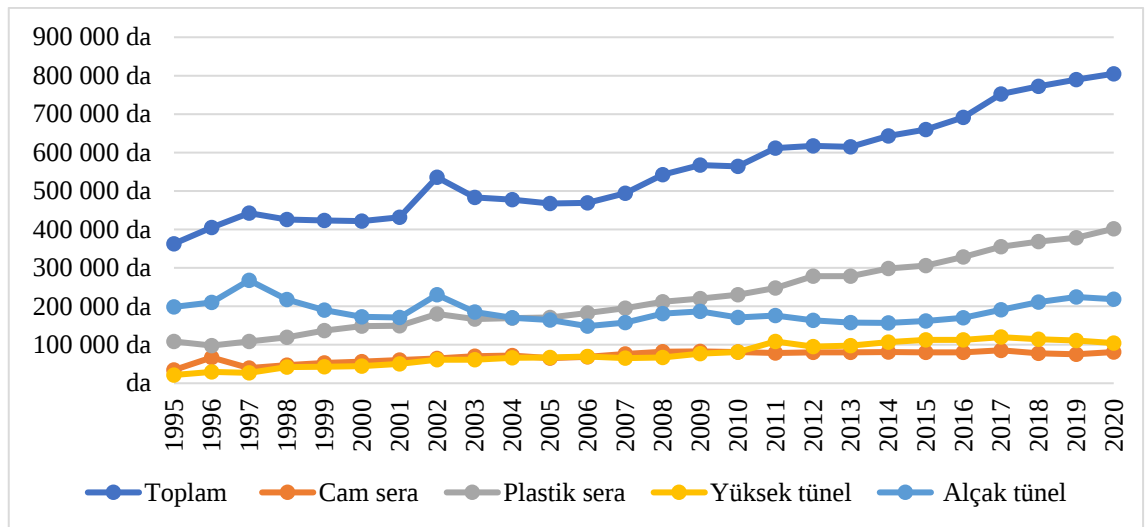
İlbbay (2015) seracılık faaliyetlerinin, enlem dereceleri ve sıcaklık derecelerine bağlı olduğunu ve dünya üzerinde seracılık için en uygun çevre koşullarının ülkemizin bulunduğu ılıman iklim kuşağında olduğunu belirtmektedir.

Ülkemizde, seracılık her bölgede yapılmasına karşın, ticari anlamda ekonomik üretim sağlanmalıdır. Ekonomik üretim için seracılığın en önemli maliyet faktörü ise ısıtma giderleridir. Ilıman ve soğuk bölgelerdeki seralarda ısıtma giderleri yüksek olmaktadır. Bu nedenle ülkemizde Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz bölgeleri ile bazı mikro iklimine sahip bölgelerde seracılık yaygındır (Yağanoğlu, 2003; Cemek ve ark., 2006).

Ülkemizde seracılık faaliyeti 1940'lı yıllarda, yıl içerisinde her ay üretimin yapılabilirdiği ve iklim koşulların örtüaltı tarımına uygun olduğu Akdeniz bölgesinde başlamış, daha sonra Ege ve Marmara bölgelerinde yaygınlaşmıştır (TS 12741/T1, 2003; Baytorun ve Gültekin, 2017). Sera yatırımları ve sera yetiştiriciliği için verilen teşvikler, 1990'lı yıllarda yüksek teknolojili topraksız tarım yapan modern sera alanlarının artışına katkı sağlayarak 1990-1997 yıllarında %64.5, alçak tünellerde ise %9 artış gerçekleşmiştir. Plastik malzemenin de tarımda kullanılması ile ülkemizde örtüaltı tarımı ticari yönden önem kazanmıştır (Tüzel ve ark., 2015; Tüzel ve ark., 2020).

Türkiye'de 1995'ten 2020 yılının sonuna kadar örtüaltı tarım alanları 363 042 da'dan 805 159 da'a yükselerek %122 artış göstermiştir. Bu yıllar arasında alçak tüneller 19 802 (%10), cam seralar 46 359 da (%135), plastik seralar 293 118 da (%270) ve yüksek tüneller 82 837 da (%387) artış sağlamıştır (Şekil 2.1). Bu sonuçlardan ülkemizde gün geçtikçe plastik seralara yönelim ve yatırımların arttığı görülmektedir (Anonim, 2020).

Ülkemizde 1980'lere kadar ahşap-plastik seraların, sonraki yıllarda ise sağlamlığı ve kullanım kolaylığı nedeniyle çelik malzeme kullanılan seraların yaygın olduğu görülmektedir. Ancak projelendirmelerin uzman teknik elemanlar tarafından yapılmaması nedeni ile seralarda yapısal sorunlar olduğu belirlenmiştir (Baytorun, 1995; Emekli ve ark., 2008; Fırat, 2019).



Şekil 2.1. Türkiye örtüaltı tarım alanı istatistikleri

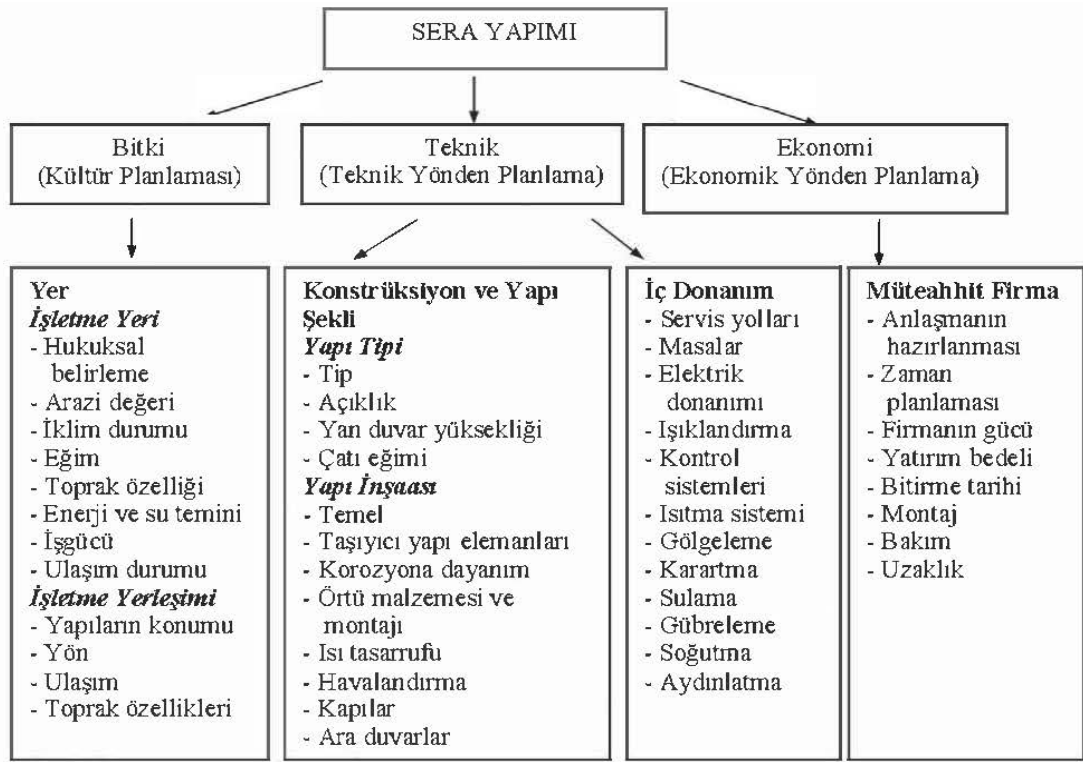
2.2. Seralarda Planlama Sistemleri

Sistem kavramı sürekli birbirini etkileyen ve birbirine bağı olan olayların oluşturduğu bütün olarak tanımlanmaktadır (Çimen, 2003). Sistem yaklaşımı problemi tüm yönleri ile ele alan, problemin veya olayın farklı parçaları arasındaki ilişkilere de odaklanan çözüm yöntemidir. Sistem düşüncesi, problem ya da olayı bakış ve onu çözüme ulaştırma yaklaşımı olarak ele almak şeklinde tanımlanmaktadır (Tecim, 2004).

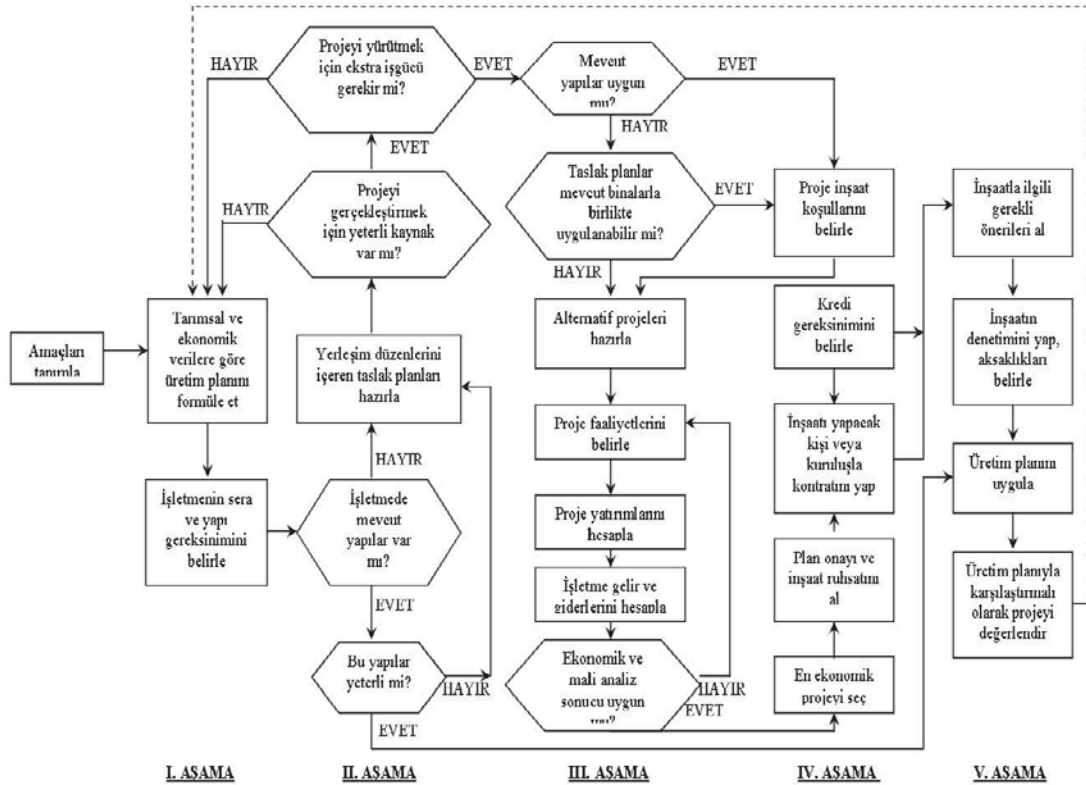
Seracılık faaliyetlerinde en yüksek faydanın elde edilebilmesi amacı ile sera işletmesinde bulunan tüm yapıların fonksiyonel planlamasının yapılması gerekmektedir. Ayrıca sera planlamasının yapılmasında çevresel etmenler de önemli olmaktadır. Planlama yapılırken göz önüne alınması gereken birçok etmen olması, sera planlamasında sistem yaklaşımı gereksinimi oluşturmaktadır (Kendirli, 2004).

Seraların planlaması; bitki (kültür) planlanması, teknik yönden planlama ve ekonomik yönden planlama olarak üç ana başlıkta (Şekil 2.2) toplanmaktadır (Baytorun, 1995; Kendirli, 2004; Solak ve ark., 2014).

Seraların planlamasında sistem yaklaşımını beş aşamada açıklanmıştır (Şekil 2.3). İlk aşamada ekonomik ve teknik konular da göz önüne alınıp üretim planları oluşturularak sera ve yardımcı tesislerin fiziksel gereksinimleri ortaya konulmaktadır. İkinci aşamada belirlenen fiziksel özelliklerin yeterli olup olmadığı kontrol edildikten sonra taslak planlar oluşturularak, mali ve iş gücü kaynakları belirlenmektedir. Üçüncü aşamada mevcut yapıların olup olmadığı incelenerek, varsa taslak planlara bu yapıların işlenip planının uygulanabileceği irdelenmekte ve alternatif planlar oluşturulup maliyet hesaplamaları yapılarak fizibilitesi hazırlanmaktadır. Dördüncü aşamada sözleşme prensipleri, zaman ve finansman planlaması yapılarak, inşaat için gerekli izin ve prosedürler tamamlanmaktadır. Beşinci ve son aşamada inşaat denetimleri, üretim planına uygunlukları, oluşabilecek aksaklıklar belirlenerek gerekli uyarı ve öneriler yapılmaktadır (Kendirli, 2004).



Şekil 2.2. Seraların teknik yönden planlanmasında göz önüne alınacak ölçütler



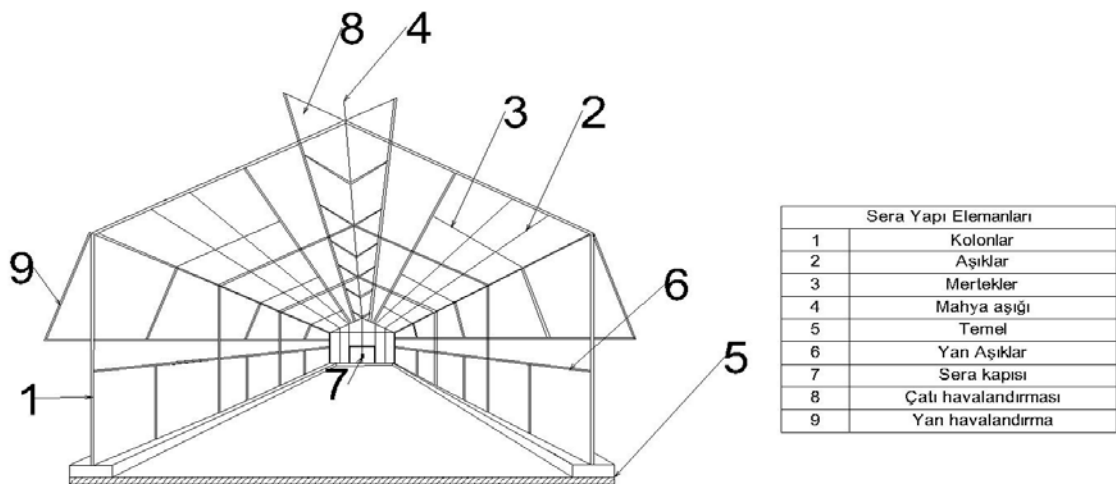
Şekil 2.3. Sistem yaklaşımının akış şeması

İç ortam çevre koşullarının sağlanmasında dış ortam koşulları da etkili olduğundan, sera işletmelerinin başarılı olmasında atılacak ilk adım uygun sera yeri seçimidir. Karlı üretim için seçilecek yerin seracılığa uygun olması, seranın doğru yönlendirilmesi ve uygun avlu düzeninin oluşturulması önemlidir. Yönlendirmede uygun çözümü bulmada sera yerinin enlem derecesi, sera tipi, çatı eğimi ve çatı tipi ile mevsim etkilidir. Sera yeri seçiminde etkili olan ekolojik faktörler; ışık, iklim koşulları, rüzgar, yağış, rakım, su, zararlı tehdidi, toprak ve topoğrafik durum şeklinde sıralanabilir (Yaslıoğlu ve ark., 2011).

2.3. Seralarda Taşıyıcı Sistemler

Belirli sera tipi ile seraları sınırlandırmak olanaksızdır. İklim koşulları ve çevresel etkiler ile birlikte bazı sera tiplerinin üstünlükleri olduğu gibi bazı sera tiplerinin de olumsuz yönleri de olabilmektedir. Bu nedenle gereksinimleri karşılayabilmek için, farklı sera tasarımları bulunmaktadır (Dalai ve ark., 2020).

Sera taşıyıcı sistemi zeminden yukarıya doğru temel, dikmeler (kolonlar), kiriş, çatı sistemi ve örtü malzemelerinden oluşmaktadır (Şekil 2.4). Yapı elemanlarının üzerine gelebilecek yüklere karşı emniyetle karşı koyabilmelerinin yanı sıra gölgeleme oranının az, ısı iletiminin düşük, montajının kolay, hafif ve düşük maliyetli olması gerekmektedir. Yapı elemanları yöre iklim özelliklerine, yetiştirilecek bitki çeşidine, işletme büyüklüğü ve tipine bağlı olarak tasarlanmalıdır (TS 12741, 2001; Yüksel ve Yüksel, 2012).

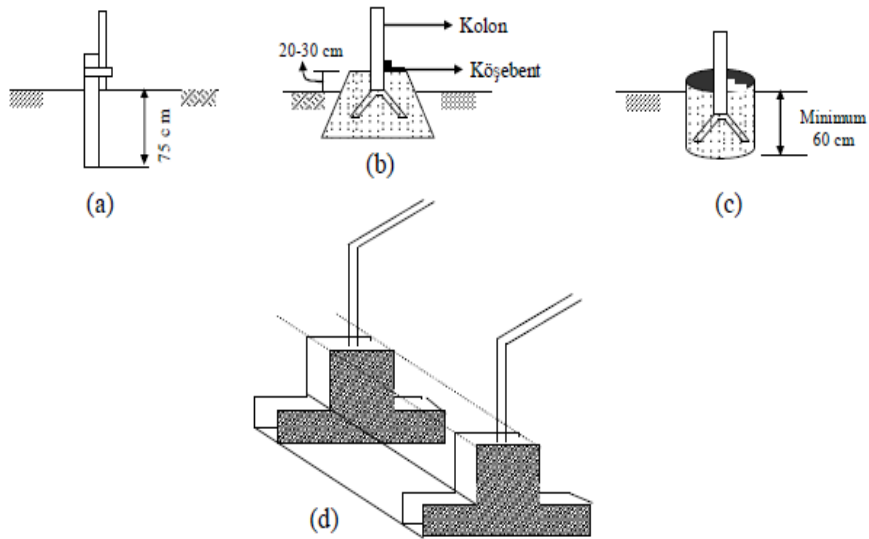


Şekil 2.4. Sera yapı elemanları

Temel, taşıyıcı elemanlardan aktarılan kuvvetleri zemine güvenle aktaran taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Temellerin amacı, gerilmenin kuvvetle doğru, alanla ters orantılı olması nedeniyle yüzey alanını genişletip, zeminde oluşabilecek zımbalama etkisi ve oturmaların önüne geçerek yapının dayanıklılık, sağlamlık ve kararlılığını sağlamaktır (Yetkin, 2021). Sera temeli düşey yükleri zemine iletmenin yanı sıra, rüzgâr yükünün devirme etkisine karşı serayı yerinde tutabilecek ağırlık oluşturmalıdır (Şimşek ve ark., 2017).

Sera temeli, serayı toprağa bağlayıp tüm yükleri zemine aktarmasının yanı sıra dışarıdan gelen olumsuz çevre koşullarından da serayı korumaktadır. Temel, kolonlardan gelen tüm yükü çatlama, ayrılma ve yarılmadan başarılı şekilde iletebilmelidir. Aksi durumda seranın statik dengesinin bozulması, kapı ve pencerelerin açılıp kapanmasının zorlaşması gibi sorunlar çıkabilmektedir (Anonim, 2007).

Seralarda çakma, prizmatik, tekil ve sürekli temeller kullanılabilmektedir (Şekil 2.5) Çakma temeller, zemine 75 cm derinliğinde çakılarak oluşturulan, kaldırma kuvvetine dayanaksız temel yapılarıdır. Prizmatik temeller en kesitleri yamuk veya silindirik olan ve sağlam zemin koşullarında açıklıkları fazla olmayan seralarda kullanılabilen temel yapılarıdır. Temelden zemine iletilen yükler nedeniyle oluşan gerilmeler zemin emniyet gerilmesini aştığında, temel taban alanını genişletmek ve eğik kuvvetlerin taşınmasına da yardım etmek amacıyla sömel tip temeller oluşturulmaktadır. Zemin emniyet gerilmelerinin düşük olduğu yerlerde sömeller birbirleriyle birleştirilerek sürekli temel şekli de uygulanabilmektedir (Hakgören ve Kürklü, 2007; Emekli, 2007).



Şekil 2.5. Seralarda kullanılan temel tipleri

Seralarda temellerden sonra başlayan elemanların tamamı sera iskeleti olarak tanımlanmaktadır. Sera iskelet elemanları, sera yükünü ve diğer dış yükleri taşıyan serayı çevreleyen elemanlardır. Bu iskelet elemanlarının sağlam, ucuz ve hafif olması yanı sıra kolay kurulabilmesi, gölgeleme ve ısı geçirgenliğinin de az olması istenmektedir (Arıcı, 1990; Emekli, 2007; Yüksel ve Yüksel, 2012).

Sera iskelet elemanı olan kolonlar üzerlerine gelen yükleri güvenle taşıyarak temele aktaran önemli taşıyıcı elemanlardır. Kolonlar seralardaki örtü malzemesinin ağırlığını başarıyla taşıyabilmenin yanı sıra, rüzgâr yüküne karşı dayanıklı olmalıdır. Etkili rüzgârlar seralarda basınç gerilmesi oluştururken, çatının diğer yüzeyinde rüzgârın emme etkisiyle kolonlarda çekme gerilmeleri oluşmakta ve rüzgârın estiği yöne göre kolonlarda burkulmalar oluşabilmektedir. Bu nedenle kolonların boyutlarının hesaplanmasında önceden geliştirilmiş yöntemler kullanılmalıdır (Şimşek ve ark., 2017; Anonim, 2021).

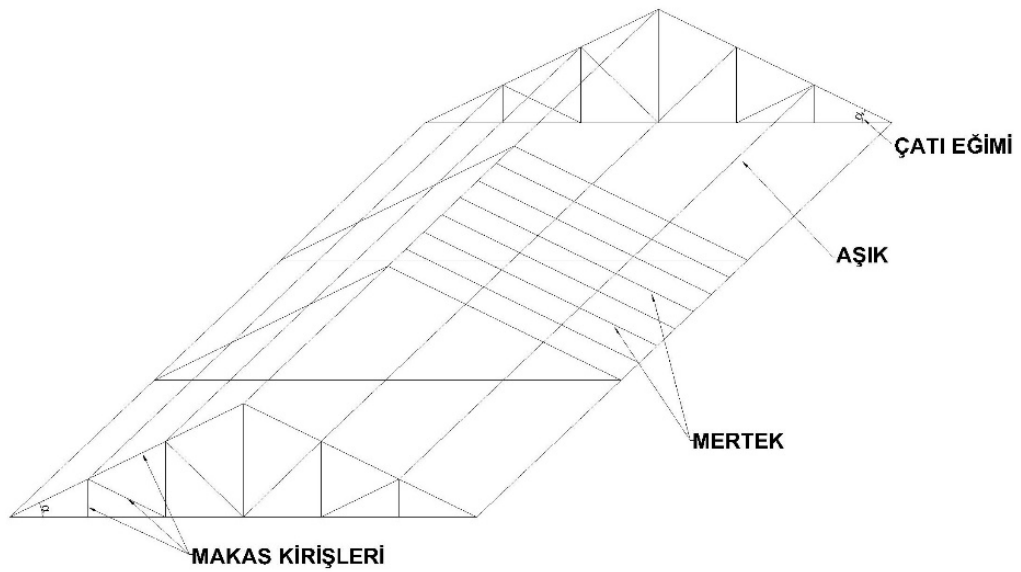
Kolon yüksekliği, kolon ayağı ile giriş arasında kalan kısımdır. Kolon yüksekliği çevresel koşullara ve seranın kullanım amaçlarına göre belirlenmektedir. Genel olarak sıcak iklimin egemen olduğu bölgelerde yüksek, soğuk iklimin egemen olduğu bölgelerde ise alçak seralar yapılmalıdır. Askı yapılarak yetiştirilen ürünlerin yetiştirileceği seralarda 1.9-2.0 m yan duvar yüksekliği önerilmektedir. Muz gibi meyve ağaçlarının bulunacağı seralarda ise yan duvar yüksekliğinin 4-5 m olması önerilmektedir (Olgun, 2011; Yüksel ve Yüksel, 2012). Farklı sera tiplerine göre ülkemizde yaygın kullanılan yan duvar yükseklikleri; beşik çatılı cam seralarda 1.90-2.40 m, venlo tipi cam seralarda 3.00-4.50 m, venlo tipi plastik seralarda 3.80-4.40 m, plastik seralarda 2.50-4.00 m, gotik çatılı seralarda 3.5-5.0m'dir (Şentürk, 2015).

Sera uzunluğunun fazla olması, sera içerisindeki ısıнын eşit dağılmasını engellediğinden ve sera boyunun çok kısa olması ise işçilerin hareket ve çalışmalarını zorlaştırdığından, sera uzunluğunun 40-50 m arasında olması uygundur (Anonim, 2007). Sera genişliği ise cam seralarda 9-12 m, plastik seralarda 6-9 m olmalıdır (Yüksel ve Yüksel, 2012).

Duvarın stabil iskeletini oluşturan kolonlar seralarda ana taşıyıcı sistem elemanı olduğundan, aralıkları çatı kirişleri ile eşit yapılmaktadır. Kolon aralıkları çelik taşıyıcı sistemli cam seralarda 2-4 m arasında değişebilmekte ancak 3 m olması önerilmektedir (Bohn, 1975; Yüksel ve Yüksel, 2012; Şimşek ve ark., 2017).

Serayı yağmur, kar, rüzgâr gibi çevresel koşullardan koruyan yapı, çatı sistemi olarak tanımlanmaktadır. Çatı elemanları aşık, mertek ve kafes kirişlerden oluşmakla birlikte ana taşıyıcı elemanları kafes kirişlerden (Şekil 2.6) oluşmaktadır (Emekli, 2007).

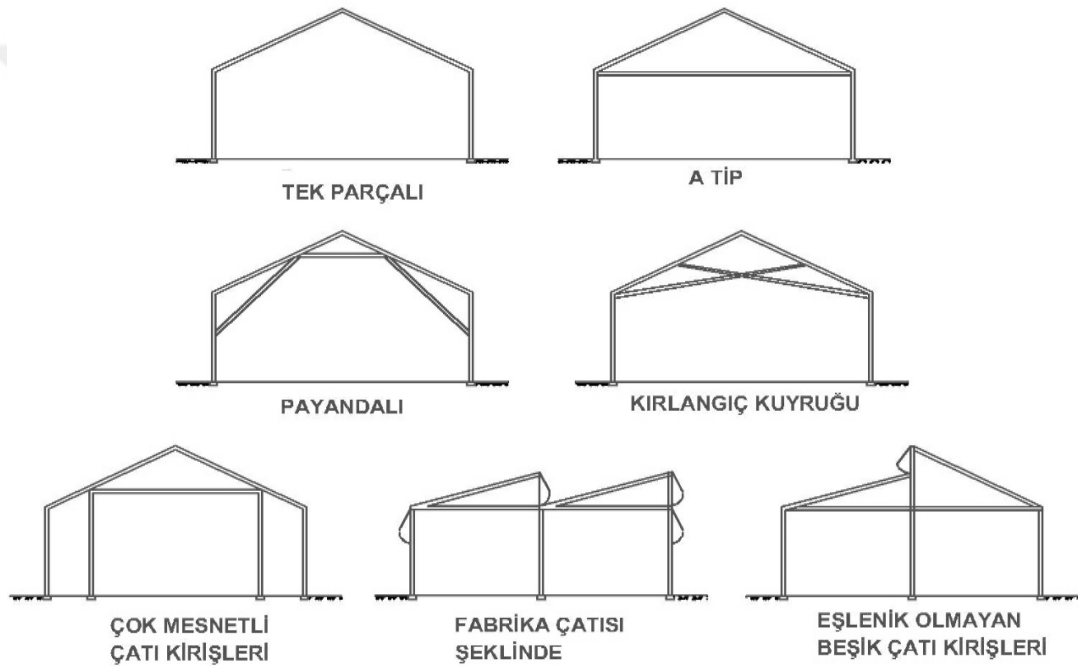
Seralarda büyük önem taşıyan çatı eğim açısı iyi ayarlanamaz ise örtü malzemesinin yüzeyi ayna görevi yaparak gelen güneş ışınlarının büyük kısmının yansıyarak seradan uzaklaşmasına neden olmaktadır (Öneş, 2000). Sera çatılarının güneşe bakan yüzeyinin eğimi azaldıkça güneş ışınlarından yararlanmaları da azalmaktadır. Kaybolan güneş ışınlarının oranı eğimi 10-15 derece olan çatıda %30, 60 derece olan çatıda %2.7'dir (Yüksel ve Yüksel, 2012). Elsner ve ark. (2000), Avrupa Birliği ülkelerindeki seralarda fazla ışıktan yararlanan seraların, doğu-batı yönünde yönlendirilen ve 25-65 derece asimetrik çatıya sahip seralar olduklarını belirlemişlerdir. Ülkemiz koşullarında güneş ışınlarından yararlanma yapım koşulları ve estetik gibi ölçütler göz önüne alındığında çatı eğimi 26-27 derece olarak önerilmekte olup, bu eğimde güneş ışınlarından yararlanma kaybı %14'tür (Alkan, 1977; Olgun, 2011; Yüksel ve Yüksel, 2012).



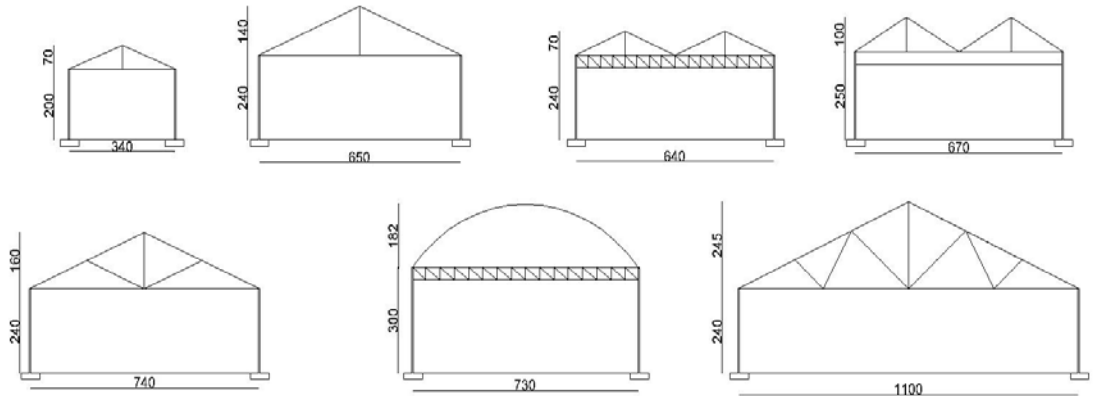
Şekil 2.6. Çatı elemanları

Makas kirişleri sera kolonlarının üzerine yerleştirilmekte ve çatıya etki eden tüm yükler ile kendi ağırlığını güvenle taşıyarak kolonlara aktarmaktadır. Plastik örtü kullanılması durumunda malzeme yükünün düşük olması nedeni ile mertek kullanılmamakta, merteklerin görevini aşıklar yerine getirebilmektedir.

Çatı iskeletleri yapıldıkları malzemelerin dayanımlarına göre tasarım farklılıkları gösterebilmektedir (Şekil 2.7). Sera kiriş açıklıklarının fazla olduğu durumlarda çatı tasarımları, kafes kiriş sistemler ile yapılmaktadır (Şekil 2.8). Kafes kirişler üçgenler oluşturacak şekilde farklı boyutlarda ve tasarımlarda yapılabilmektedir (Fenkli, 2012).



Şekil 2.7. Çatı kırşlerinin farklı düzenlenmesi



Şekil 2.8. Seralarda kafes kiriş örnekleri

2.4. Taşıyıcı Sistemlerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Örtüaltı üretim sistemleri; ahşap, çelik (galvanize, kalın çelik sac, galvanize çelik borular), alüminyum, sentetik ve diğer (şişme veya iskeleti olmayan) örtüaltı yapıları şeklinde beş sınıfa ayrılmaktadır. Türkiye’de sera taşıyıcı sistem olarak demir, galvanize demir ve ahşap kullanılmaktadır (Sevgican ve ark., 2000; TS 12741, 2001).

Ahşap taşıyıcı malzeme ülkemizde genellikle ucuz ve kolay elde edilebilmesine karşın, çabuk çürümesi ve malzemenin 3-5 yıllık kullanım ömrü nedeni ile ekonomik değildir. Alüminyum taşıyıcı sistem elemanlarının hafif, kolay montaj gibi üstünlüklerine karşın, yüksek maliyeti nedeni ile tercih edilmemektedir (Aybak, 1999, Mandalık, 2001). Şişme iskeletli seralarda cam veya plastik örtülü sera sistemlerine göre 2.5 kat daha fazla örtü malzemesi ve pnömatik sistemlerin kullanılması nedeni ile ilk yatırım maliyeti, diğer sera sistemlerine göre daha fazla olmaktadır (Öztürk, 2014).

Ahşap diğer yapı elemanlarına oranla lifli ve boşluklu yapıya sahip olduğundan, yüksek dayanıma sahiptir. Ancak ahşap malzemenin mekanik özellikleri, cinsine bağlı olarak yetiştirme yerine ve yetiştirme koşullarına göre değişiklik göstermektedir (Yaman, 2007). Ahşap malzemenin karakteristik değerleri iğne yapraklı ve meşe-kayın keresteleri olarak iki gruba ayrılmaktadır (TS 647, 1979).

Örtüaltı yapı sistemini oluşturan yapı elemanlarının ağırlık değerleri, malzeme ve kesit özelliklerine bağlı standart değerlerdir. Örtüaltı sisteminde askıya alınan bitkilerin yanı sıra ısıtma, tesisat yükleri, yetiştiricilik tipi ve konstrüksiyon özellikleri, tasarıma göre değişiklik göstermektedir (TS EN 13031-1, 2020).

Kolon veya dikme olarak kullanılan alüminyum alaşım veya çelik konstrüksiyon malzemelerin enkesitleri; L, T, I, içi boş gövde oluşturan 2L, bükme sac levhalardan yapılan içi boş daire, kare veya dikdörtgen şeklinde olabilmektedir (Öneş, 2000). Yapı malzemelerinde korozyona karşı önlem alınmadığı durumlarda, hava koşullarının etkisi ile oksidasyon hızla gelişerek paslanma ve çürüme olmakta ve bu durum yapı malzemesinin dayanımının azalmasına yol açmaktadır (Baytorun, 1995).

2.5. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Tasarımı

Taşıyıcı sistem; yapının üzerine etkiyen yükleri güvenli şekilde taşıyan ve aktaran temel, kolon, kiriş, aşıklar vb. elemanlardan oluşan sistemdir (Rastımadabadi, 2021).

Tasarım, en uygun çözümü üretmek için yapılan işlemlerin bütünü olarak tanımlanmakla birlikte, işlevsel tasarım ve taşıyıcı sistem tasarımı olarak iki başlıkta ele alınmaktadır. İşlevsel tasarım estetik kaygılar doğrultusunda kullanım kolaylığı ve kullanım amaçlarını ele alırken, taşıyıcı sistem tasarımı ise yapılara etkiyen yükleri ve etki edebilecek aşırı yükleme durumlarını güvenle karşılayarak, can güvenliğini sağlamak amacı taşıyan tasarım olarak tanımlanmaktadır (Arslangiray, 2008).

Yapı tasarımında mühendislik biliminin öncelik verdiği üç esas; güvenlik, ekonomi ve ergonomidir. Bu üç esas içerisinde ise en önemlisi güvenlidir. Güvenlik etmeni, yapı ya da yapı elemanları üzerine etkiyen yüklerin oluşturduğu iç kuvvetleri emniyetle taşımasıdır. Güvenli yapı, üzerine etkiyen yükleri hatta bunların daha fazlasını karşılayabilecek dayanım özelliklerine sahip olmalıdır (Hüsem, 2019).

Çelik yapıların birleşimleri ve elemanlarının tasarımı, yapının tasarım ömrü boyunca belirli dayanım, stabilite ve rijitliğe sahip olarak, dayanım ve kullanılabilirlik sınır durumları göz önüne alınarak yapılmalıdır (Anonim, 2018a).

Çelik malzemelerin kullanımını daha çok büyük seracılık işletmeleri tercih etmektedir. Taşıyıcı sistem çelikleri ile ilgili standartlar TS EN 10025-1 (2005), TS EN 10210-1 (2006) ve TS EN 10219 (2008)'de verilmiştir. Çelik yapıların tasarımında standart ve yönetmeliklerden yaygın olarak kullanılanları AISC 360-10 (2010), EN 1993 (Eurocode 3) (2005), TS 648 (1980) ve “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği (Anonim, 2018a)”dır. Ülkemizde 1980 yılından 2016 yılına kadar proje ve hesap esasları, kullanılan semboller, malzeme özellikleri, hesap metodu, yük kabulleri ve yükleme halleri, tahkikler, özel boyutlandırma kurallarının belirlendiği TS 648 (1980) standardı kullanılmıştır (Özalp, 2020). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2016 yılında yayınlamış olduğu “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği” yürürlüğe girmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (Anonim, 2018a).

Ülkemizde, ticari seraların tasarım ve yapımı konusunda belirli prensipler ve kurallar koyan TS EN 13031-1 (2020) standardı kullanılmaktadır. Bu standart, malzemeden bağımsız olarak monte edilmiş ticari seraların tasarım ve inşası için mekanik direnç ve kararlılığını, kullanılabilirliğini, dayanıklılığını ve kurulumlarını belirten prensip ve kuralları içermekte, fakat yangına dayanıklılıkla ilgili konuları kapsamamaktadır. TS EN 13031-1 (2020), yapısal tasarım, mekanik direnç, stabilite, kullanım kolaylığı ve dayanıklılık için genel ilkeler ve temel gereksinimlerle ilgili olarak TS EN 1990 (2009) ve Eurocode 1 ile Eurocode 9 arasında ilgili bölümlere dayanmaktadır. Ancak “ulusal olarak yayınlanmış olan Eurocode veya Euronorm’a ulusal ek, ulusal kod veya ulusal otoriteler tarafından yayınlanan yönetmelikler dikkate alınır” ibaresi yer almaktadır. Buradan seralarda, T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayınlamış olduğu “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği” esas alınarak taşıyıcı sistem ve elemanlarının tasarımının yapılabileceği anlaşılmaktadır.

Yapı elemanları ve birleşimlerinin gerekli dayanımı, tasarım yaklaşımı için öngörülen yük birleşimleri altında hesaplanmaktadır. Sistem analizleri doğrusal-elastik teoriye göre, yapı elemanları ve birleşimlerinin tasarımı, dayanım ve kullanılabilirlik sınır durumları göz önüne alınarak gerçekleştirilebilmektedir (Anonim, 2018a).

Çelik yapılarda kaynaklı birleşimlerin hesap ve yapım kuralları TS EN 1993-1-1 standardında kaynak birleşim şekilleri ile malzeme ve çelik tipleri kaynak hesapları için gerekli eşitlikler, emniyet gerilmeleri ve borudan yapılmış çelik yapıların kaynak şekilleri ve tipleri verilmiştir (TS EN 1993-1-1, 2020; Saltuk, 2005).

Sera taşıyıcı elemanlarının boyutlandırılmasında yüklerin hesap değerlerini de kapsayan “yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri” başlıklı standardında; hareketli yük, öz yük, kayma direnci açısı, tabii şev açısı, birim hacim ağırlık, kohezyon, duvar sürtünme açısı, aktif toprak basıncı, pasif toprak basıncı gibi kavramlar tanımlanmıştır (TS 498, 2021). Ayrıca yapı malzemesi ve elemanları, beton ve harç, döşeme ve duvar plakalar, döşeme ve duvar kaplamaları, çatı örtüleri, kar ve rüzgâr yükü, düşey hareketli yükler şeklinde gruplara ayrılmış, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde projeleme değerleri ve her grup için hesaplama yöntemleri verilmiştir.

Çelik yapı elemanları ve birleşimlerinin tasarım, hesap denklemleri ve hesaplanmasıyla ilgili esaslar, “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar” Yönetmeliği’nin 7-14. bölümleri arasında tanımlanmaktadır. Çelik taşıyıcı sistem ve elemanlarının tasarımı belirli yükler altında Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) veya Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT) yaklaşımlarından biri uygulanmaktadır. YDKT, tasarımı yapılan yapı elemanlarının tasarım dayanımının, YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanımdan eşit ya da büyük olması durumudur. Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT), GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanımın, karakteristik dayanımın güvenlik katsayısına bölümünde eşit veya büyük olması durumudur (Anonim, 2018a).

Dayanım sınır durumu, dayanım veya stabilite yetersizliği nedeniyle bölgesel veya tümsel göçme oluşumu olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2018a). Stabilite analizi, yapı ve yapı elemanlarının statik ve dinamik hesaplamalarla oluşan kesit tesirleri geometrik değişiklikler nedeniyle oluşan etkileri ele alan ikinci mertebe teorisine dayanmaktadır (Çelikkollu, 2014). Yönetmelik stabilite analizlerini genel analiz yöntemiyle tasarım, burkulma boyu yöntemiyle tasarım ve yaklaşık ikinci mertebe analizi olmak üzere üç farklı yöntemle tasarım yapılmasına izin vermektedir (Anonim, 2018a).

Kullanılabilirlik sınır durumu; yapının yükler ve normal kullanım koşullarında, beklenen fonksiyonları yerine getirmesi, dış görünümünün ve çevresel etkilere karşı dayanıklılığının korunması, yapısal olmayan elemanların olumsuz etkilenmemesi, kullanıcıların konforunun sağlanması gibi durumların tümü olarak tanımlanmaktadır. Kullanılabilirlik sınır durumları, öngörülen belirli yük birleşimleri altında yapı sisteminin yer değiştirme ve ivme gibi davranış büyüklüklerine ait sınırlar ile ifade edilmektedir. Kullanılabilirlik sınır durumları olarak; düşey yer değiştirme (sehim), yatay yer değiştirme ve rüzgâr etkisinde konfor kontrolleri ile sıcaklık değişimlerinden oluşan yer değiştirmeler olmak üzere beş farklı kontrol tanımlanmaktadır (Anonim, 2018a).

Pahalı yapılar olan seraların tasarımının güvenli yapılması büyük önem taşımakta olup dikkat istemektedir. Klasik yöntemlerle yapıldığında uzun zaman ve işlemler gerektiren hesapların bilgisayar, programlama ve bilgi teknolojilerinin yardımıyla yapılması kolay, hızlı ve güvenli tasarıma olanak sağlamaktadır. Günümüzde seraların tasarımı amacıyla bilgi teknolojileri esasları göz önünde bulundurularak, güvenli ve pratik şekilde istenilen açıklık ve yük durumundaki sistemlerin hesap ve boyutlandırmasını yapan çok sayıda bilgisayar yazılımı bulunmaktadır (Karaman ve ark., 2013).

Yapı tasarımı ve hesaplamaları el ile yapıldığı zaman haftalarca süren proje aşamaları, paket yazılımların kullanılması ile birkaç gün gibi kısa sürelerle indirilmiştir. Ayrıca kontrol edilmesi, yönetmeliklere uygun duruma getirilmesi ve en uygun seçimler yapılması daha kolay hale gelmiştir. Dünyada ve ülkemizde birçok paket yazılım kullanılmakla birlikte, SAP2000 yazılımı da kullanılan bu yazılımlar arasında dünya genelinde kendini kanıtlamış yapısal analiz yazılımıdır (Çöktü, 2010).

SAP2000 sonlu elemanlar yöntemi ile statik ve dinamik analiz, lineer ve nonlineer analiz ve köprü sistemlerinin analizini yapabilen üç boyutlu nesne tabanlı paket yazılımdır (Anonim, 2018b). Yazılımın sunduğu diğer özellik de eleman boyutlandırma yapmasıdır. Bu özellikleri ve yaygın kullanımı sayesinde yapı tasarımlarında yeğlenmektedir (Karayer ve Severcan, 2018).

2.6. Taşıyıcı Sistemlerin Tasarımında Kullanılan Yükler

Seralar için birçok yapı sistemi başarıyla kullanılmaktadır. Bazılarının belirli uygulamalar için diğerlerine göre üstünlükleri olabilmektedir. Sera yapısal tasarımı, en yüksek ışık iletimine izin verirken rüzgâr, kar veya ürün vb. yüklerine karşı güvenli olmalıdır. Bu nedenle taşıyıcı sistem elemanları, seranın planlanan ömrü boyunca beklenen yüklere dayanması için yeterli kapasiteyi sağlarken, boyutları minimum olmalıdır (Aldrich ve Bartok, 1989).

TS EN 13031-1 (2020) ve TS 498 (2021)'de yükler; hareketli ve ölü yük olarak iki ana gruba ayrılmıştır. TS 498 (2021) ölü yükleri kiriş, kolon, döşeme, çatı gibi taşıyıcı elemanların ve bunların tamamlayıcı kısımlarının öz ağırlıkları olarak, hareketli yükleri ise ölü yüklerin dışında makine, araç, gereç, vinç, rüzgâr ve kar gibi yükler olarak tanımlamaktadır. TS EN 13031-1 (2020) standardı ise yine ölü yükleri, yapısal ve yapısal olmayan elemanların kendi ağırlıklarından kaynaklanan eylemler olarak ifade etmektedir.

Yüksel ve Yüksel (2012) deprem etkisinin yapının kütlesi ile bağlantılı olarak etki etmesi göz önüne alındığında, sera yapı elemanlarının kesitlerinde büyüme olması ve sera çalışanlarının can güvenliğini etkileyici rol oynamadığı için hesaplamalarda göz ardı edilebileceğini ifade etmişlerdir.

2.7. Sera Örtü Malzemeleri

Sera örtü malzemeleri seranın dış ortam ile ilişkisini kısmen keserek dış etkilerden korunmasını sağlamakta, bitkilerin gelişimi için en önemli etmenlerden olan ışığı geçirerek bitki yetiştiriciliği için uygun ortam oluşturmaktadır. Örtü malzemesi sera içerisinde ekolojik faktörlerin düzenlenmesine olanak sağlayan en önemli paya sahiptir. Örtü malzemesi iyi ışık geçirgenliğine sahip, dayanıklı, hafif, kolay örtülebilen, ısı yalıtımı iyi, düşük maliyetli ve uzun ömürlü olmalıdır. Seralarda önceleri örtü malzemesi olarak cam kullanılmıştır. Teknolojinin gelişimi ile cam kullanımının yanı sıra plastik kullanımı da yaygınlaşmıştır (Şimşek ve ark., 2017, Emekli ve Büyüктаş, 2006, Kohlmeier ve Baytorun, 1990, Mehdiyev, 2019).

Örtü malzemesi dolu yağışları ile zarar görebilirken, fazla miktarda yağın kar da sera çatılarında çökmelere neden olabilmektedir. Sera örtü malzemesinin bitki gelişimi üzerine olumlu etkilerinin olması, ısı kaybını en az düzeyde tutabilmesi, kullanım süresinin fazla olması, sıcaklık değişimlerinden fazla etkilenmemesi istenmektedir. İklimin sera örtü malzemesi seçimi üzerindeki rolü büyüktür (Özçelik, 2000). Sera yapılarında örtü malzemesi olarak kullanılan malzemeler, Cam; Filmler/Yumuşak Plastikler; (Polietilen (PE), Polivinilclorid (PVC), Polivinilflorid (PVF veya Tedlar), Polyester (Mylar), Etilvinilasetat (EVA), Sert Plastikler; Cam Elyafı Polyester (CTP), Polivinilclorid (PVC), Polimetilmetaakrilat (PMMA), Polikarbonat (PC) şeklinde sınıflandırılmaktadır (Günay, 1985; Baytorun, 1995; Al-Helal ve Alhamdan, 2009).

Camın kullanım ömrünün ve ışık geçirgenlik oranının fazla (%89-92), temizliğinin kolay ve bakım maliyetinin düşük olması, hava koşullarından etkilenmemesi, üretimden fazla verim alınması, mor ötesi ışıklardan etkilenmemesi, ışığı aynı oranda geçirmesi, buğu ve nem oluşturmaması gibi üstünlükleri bulunmaktadır. Plastik örtüler ise ekonomik olması, temizliği, taşınması ve saklanması kolaylığı, düşük yoğunluk, güneş ışınlarını geçirebilme, renklendirme özelliği, kimyasala karşı dirençli olması, biyolojik zararlılardan etkilenmemesi gibi üstünlüklere sahiptir (Fenkli, 2012).

Cam örtü malzemesinin ışık geçirgenliği ve ısı yalıtımı gibi üstünlüklerinden dolayı, cam seralarda bitki yetiştiriciliği için gerekli ortam koşullarının sağlanmasının kolay ve üretim zamanının uzun olması yanı sıra, pazara sürekli ürün tedariki sağlanabilmekte ve hastalıklarla daha iyi mücadele edilebilmektedir (von Elsner ve ark., 2000; Şimşek ve ark. 2017; Mehdiyev, 2019). Cam boyutlarının küçük olması fazla taşıyıcı sistem kullanılması yanı sıra, ışık ve ısı kaybına neden olabilmektedir (Tekinel ve Baytorun, 1990; Tekinel ve ark., 1991; Mehdiyev, 2019). Cam örtü malzemesinin boyutları ne kadar büyük olursa sera içerisine girecek ışık miktarı o kadar artacak ve hava sızıntısı alanı küçüleceğinden, ısı kayıpları azaltılabilecektir (Hakgören ve Kürklü, 2007).

Plastik örtü malzemeleri arasında en çok tercih edileni polietilendir. Polietilen (PE) örtü malzemesinin çok tercih edilmesinin nedenleri ise düşük maliyet, temini ve kullanımının kolay olmasıdır. Güneş ışınlarından etkilenerek erken bozulması ise en büyük sakıncalarındandır. Teknolojinin gelişmesiyle plastik örtü malzemelerinin üretiminde katkı maddeleri kullanılarak güneş ışınlarından bozulma süreleri (UV) ultraviyole katkısı ile artırılmış, örtü malzemesi üzerinde yoğunlaşan suyun bitkiler üzerine damlamasını engelleyen AF (AntiFog) katkı ile çözümlenmiştir. Ayrıca diğer bazı sakıncaları; ısı korunumunu artıran infrared regülatör (IR), difüzyon özelliğini azaltan Light Diffuser (LD), şeffaflık ve sağlamlık kazandıran Etilen Vinil Asetat (EVA), toz birikimini önleyen Anti Dust (AD), zararlılara koruma sağlayan Antivirus (AV), damlamaya karşı (anti-fog-AF), sis önleme (antimist-AMIST), elektrostatik özellikler verme (antidust-AD), kimyasallara direnç (antinor-ANOR) katkılarıyla giderilmiştir (Külcü ve Özay, 2015; İkizler, 2019; Kaya, 2022).

2.8. Sera Planlanmasında Etkili Çevre Koşulları

Seralar, bitkilerin yetiştirilmesi için en uygun çevre koşullarının ekonomik şekilde sağlanarak yapıldığı örtüaltı sistemleridir. Ekonomik koşullarının sağlanabilmesi için sera planlamasında göz önüne alınması gereken etmenler iklim ve ekolojik koşullar olduğu gibi, yapısal ve ticari anlamda da bazı etkenlerin göz önüne alınarak planlanması gerekmektedir. Sera planlamasında göz önüne alınması gereken çevre koşulları ışık, sıcaklık, nem ve havalandırmadır. Bu çevre koşullarından sonra bakılması gerekenler ise hava içeriği ve CO₂ miktarı, su, drenaj, toprak bitki besini miktarları ve zararlı etmenlerdir (Yüksel ve Yüksel, 2012).

2.8.1. Işık

Bitkilerin canlılıklarını sürdürebilmeleri için enerjiye gereksinimleri vardır. Bitkiler gerekli olan bu enerjiyi güneşten alarak, klorofillerinin yardımı ile su ve havada bulunan CO₂ ile birleştirerek özümleme yapmaktadır. Bitki gelişiminde ışığın yoğunluğu, geliş yönü, günlük ışıklandırma süresi, renkleri ve toplam ışıklandırma süreleri önemlidir. Ekonomik seracılık için planlama, güneş ışığından en fazla yararlanacak şekilde yapılmalıdır (Anonim, 2007; Kaptaner, 2010; Olgun, 2011; Havuz, 2012; Yüksel ve Yüksel, 2012).

Güneşten yayılan enerji, saatlere ve mevsimlere göre değişiklikler göstermektedir. Ayrıca hava durumu, hava kirliliği ve yer gibi faktörler de etkili olmaktadır (Kaptaner, 2010). Işığın serada eşit dağılması önemli olduğundan, bitki sıraları kuzey-güney, seralar ise doğu-batı doğrultusunda yerleştirilmelidir. Ayrıca yapı elemanları kesitlerinin, gölgeleme etkilerinin en az olacak şekilde seçilmesi gereklidir (Yüksel ve Yüksel, 2012).

2.8.2. Sıcaklık

Bitkilerin normal gelişimlerini tamamlayabilmeleri için sıcaklıkların belirli aralıklarda olması gerekmektedir. Her bitki için en uygun sıcaklıklar farklılık gösterse de genel olarak sera içi sıcaklığı 15 °C'un altında, 30 °C'un üzerinde olmamalıdır. Seraların ısıtılmasında en önemli kaynak güneştir. Ancak güneşin ısıtmada yetersiz kalması durumunda yapay ısıtma yapılmalıdır. Bu da ekonomik açıdan önemli maliyet oluşturduğundan, örtü malzemelerinin ışık geçirgenliği, yapı malzemelerinin kesitlerinin gölgeleme etkileri ve çatı eğimi göz önüne alınmalıdır (Olgun, 2011).

2.8.3. Nem

Bitkilerin gelişimi için gerekli etmenlerden olan nem oranı az olduğunda bitkilerdeki su kaybı artmakta, fazla olduğunda ise transpirasyon engellenerek fizyolojik faaliyetler yavaşlamakta veya durmaktadır. Ayrıca nem oranının yüksek olması durumunda sera yapı malzemeleri ve örtü malzemeleri üzerinde yoğunlaşan su damlacıkları bitkiler üzerine damlayarak mantari hastalıklara ve yapı malzemelerinde hasara yol açabilmektedir. Farklı bitkiler için uygun nem oranları değişiklik göstermekle birlikte, genel olarak %60-80 arasındadır (Halleux and Gauthier, 1998; Olgun, 2011). Neminin %90-100 olduğunda bitkiler transpirasyon yapamazlar (Akıllı, 1987; Keskin, 2019).

2.8.4. Hava ve Karbondioksit

Bitki gelişimi için ışık, sıcaklık ve nem gibi etmenlerin önemli olduğu kadar hava konsantrasyonu da çok önemlidir. Bitkiler gündüzleri fotosentez için CO₂'e, geceleri ise solunumu yaptıkları için oksijene gereksinim duyarlar. Normal hava içerisindeki %0,03-0,04 oranında CO₂ konsantrasyonu bitkiler için yeterlidir. Gece bitkilerin solunum yapması ile sabahları sera içerisinde CO₂ artmakta, sabah güneş ışıkları ile başlayan fotosentezle konsantrasyonları azalmaktadır. Ancak bu CO₂ konsantrasyonu, sera bitkileri için istenilen hızlı büyüme ve gelişmesi için yeterli değildir. Bu nedenle CO₂ oranının, havalandırma veya CO₂ gübrelemesi ile artırılması gerekmektedir. CO₂ oranının yükseltilmesinde başvurulacak en kolay yöntem ise organik gübrelerden yararlanmaktır. CO₂ gazı doldurulmuş tüpler, bütan, propan gazı yakılması ve petrol sobaları gibi farklı yöntemler de uygulanmaktadır (Uluata, 1981; Emekli, 2007; Olgun, 2011; Yüksel ve Yüksel, 2012). Bitkilerin yaprak yüzeylerinden CO₂'i alabilmesi için hava akım hızının 0.1-0.25 m s⁻¹ olması gerekmektedir (Aldric ve Bartok, 1989).

2.8.5. Ekonomik ve Diğer Etmenler

Bütün tarımsal çalışmalarda olduğu gibi seracılıkta da amaç kar etmektir. Bu sebeple seracılık faaliyeti için ekonomik ve işletme açısından sera ilk yatırım maliyetleri, yer seçimi, ısıtma maliyetleri, iş gücü vb. birçok etmenler göz önüne alınarak yatırımlar yapılmalıdır (Olgun, 2011; Yüksel ve Yüksel, 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında seraların tasarımı için ülkemizde yaygın olarak kullanılan örtü malzemeleri, sera kiriş açıklıkları, sera yüksekliği ve kolonlar arası mesafeler göz önüne alınarak sera tasarımlarının boyutlandırılması yapılmıştır.

Sera boyutları belirlendikten sonra ilgili standartlarda belirtilen sınır değerleri göz önüne alınarak kar yükü, rüzgâr yükü, örtü malzemesi yükü, çatıya asılarak yerleştirilen bitkilerin yükü ve diğer etki edecek yükler belirlenmiş, kullanılan elemanlar için analiz ve tasarımı yapılmıştır. Ön tasarım için gerekli olan malzeme olarak galvanize çelik tercih edilerek profil tipleri belirlenmiş, örtü malzemesi olarak polikarbon kullanılacağı öngörülmüştür.

Çalışmada sera sistemleri, birçok yapı analiz ve tasarımında kullanılabilen sonlu elemanlar yöntemine dayalı SAP2000 yapısal analiz paket yazılımı (v22.0.0/2020) ile analiz edilmiş ve boyutlandırılmıştır. Ayrıca bu paket yazılıma yardımcı olarak Autocad yazılımından da (v2020) yararlanılmıştır (CSI, 2016).

Çıkan metraj sonuçlarının analizi ve fiyat çalışmaları için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İnşaat Birim Fiyatlarına Esas, İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listesinde (Anonim, 2022d) verilen birim fiyatları ve birim fiyat analizleri belirlenmiştir.

3.1.1. Kullanılan standart ve yönetmelikler

Bu çalışmada, sera sistemlerinin statik yükler ve rüzgâr yükleri altında projelendirilmesi, analiz ve tasarımları, ilgili standartlar ve “Çelik yapıların tasarım, hesap ve yapımına dair esaslar yönetmeliği ”ne göre yapılmıştır (TS 648, 1980; TS 12741, 2001; Yüksel ve Yüksel, 2012; Anonim, 2018a; TS EN 10025-2, 2019; TS EN 10025-5, 2019; TS EN 13031-1, 2020; TS 498, 2021; TS EN 1993-1-1, 2022; TS EN 13031-1/AC, 2022).

3.1.2. Serada kullanılacak elemanların malzeme özellikleri ve standartları

Taşıyıcı sistem çelikleri ile ilgili standartlar doğrultusunda; kullanım alanı oldukça geniş, yüksek dayanımlı, yeterli niteliklere sahip, ülkemizde kolay bulunabilen ve sıklıkla tercih edilen, çelik sınıfı S355 olan yapısal çelik profiller kullanılmıştır. S355 sınıfı çelik için temel akma gerilmesi 355 N mm^{-2} , kopma gerilmesi ise 510 N mm^{-2} olarak kabul edilmiştir (TS EN 10025-2, 2019; TS EN 10025-5, 2019).

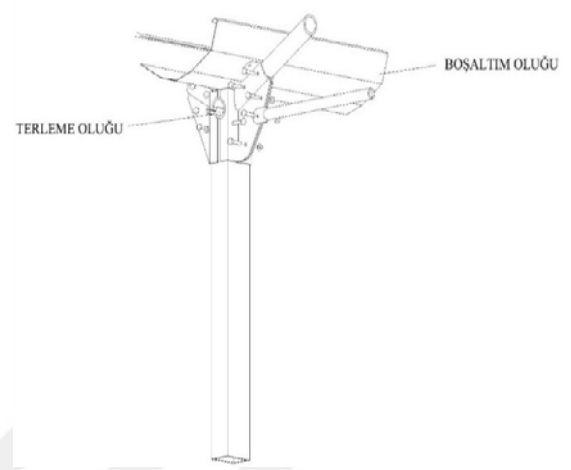
Sera örtü malzemesi olarak yan cephe kaplaması ve çatı örtüsünün 8 mm kalınlığında polikarbon (PC) malzeme kullanılması planlanmıştır (TS EN 13206:2017+A1, 2020).

Yapı tasarımında ince etli kare ve dikdörtgen profiller, kalın etli dikdörtgen profiller, boru profiller, C profiller ve bağlantı elemanları kullanılmıştır. Bağlantı elemanları olarak galvanizli çelik cıvatalar kullanılmış olup, kaynaklı ve modüler bağlantı olanağı sağlanmıştır. Makas sisteminde üretimi kolay ve hızlı olan kaynaklı düğüm noktaları tercih edilmiştir. Düğüm noktalarının oluşumunda montaj uygulamasının pratiği göz önüne alınmıştır.

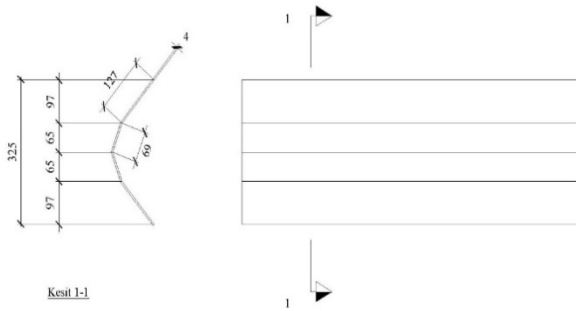
Kolon başlığı olarak tek parça halinde kirişleri, olukları, kolonları birleştiren mesnet bağlantısına 4 mm kalınlıkta sacdan özel olarak şekil verilmiştir (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3). Havalandırma sistemi olarak çift kapaklı havalandırma sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.4). Seralarda $60 \times 60 \times 80 \text{ cm}$ boyutlarında, her kolon için ayrı ayrı yapılan temel şekli olan, yükleri kolon veya taşıyıcı duvar altında daha geniş alana yayarak temel zeminine ileten ve ekonomik olan tekil temel öngörülmüştür. Sera dış kolonlarının bağlandığı tekil temeller de bağ kirişleri ile bağlantılı olarak yapılmıştır. Temel yapılarına örnek olarak 8 m makas açıklığı ve 2.5 m makas aralığı bulunan sistem için Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da detaylar verilmiştir.



Şekil 3.1. Kolon başlığı (mesnet) detayı

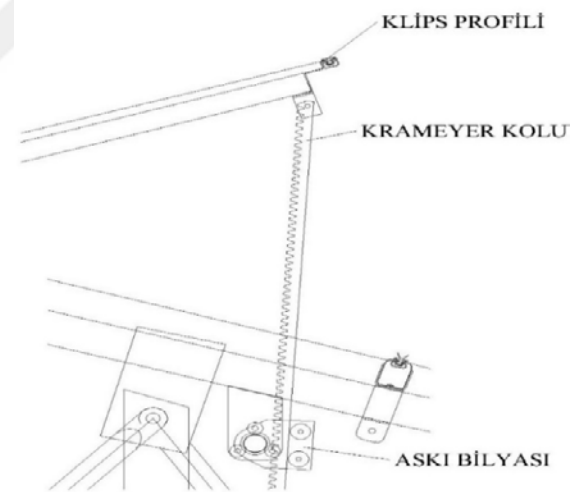


Şekil 3.2. kolon oluk ve makas bağlantı detayı

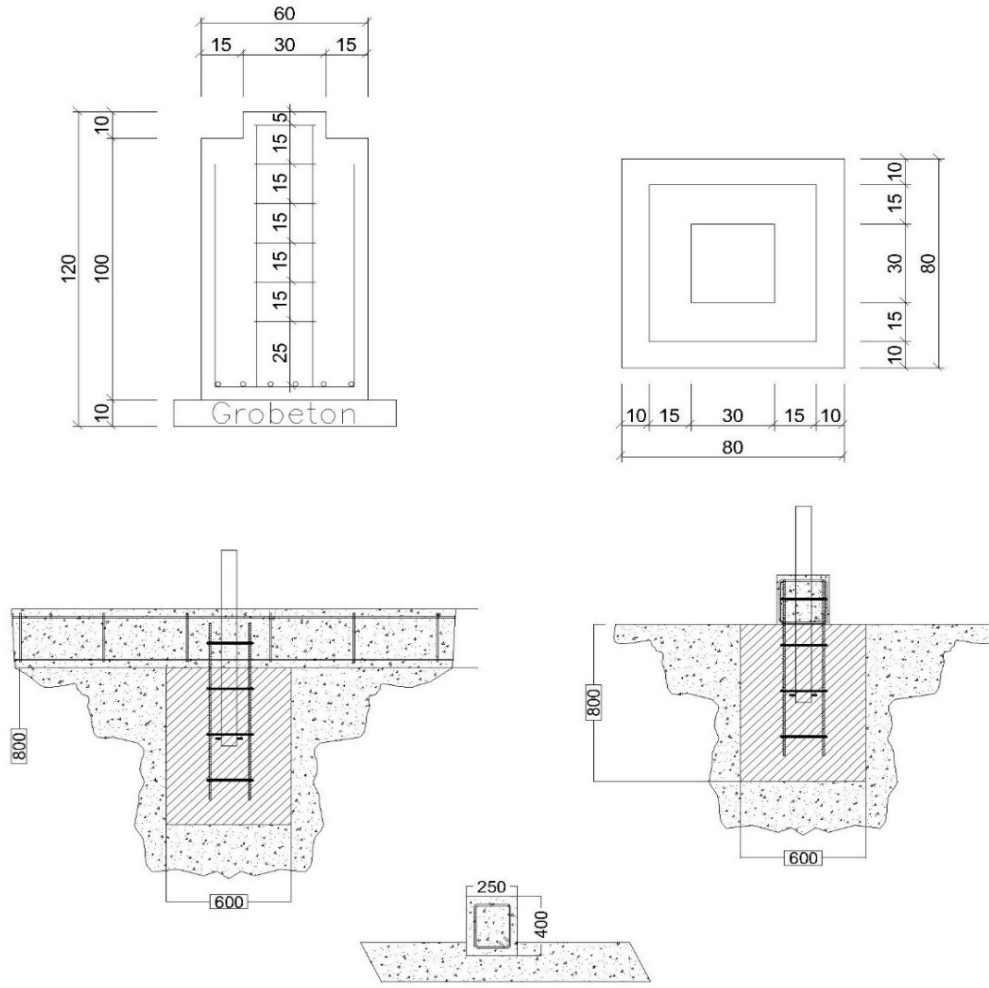


t:4 mm oluk kiriş
L:392 mm SAÇTAN AÇILACAK
OLUK KİRİŞ

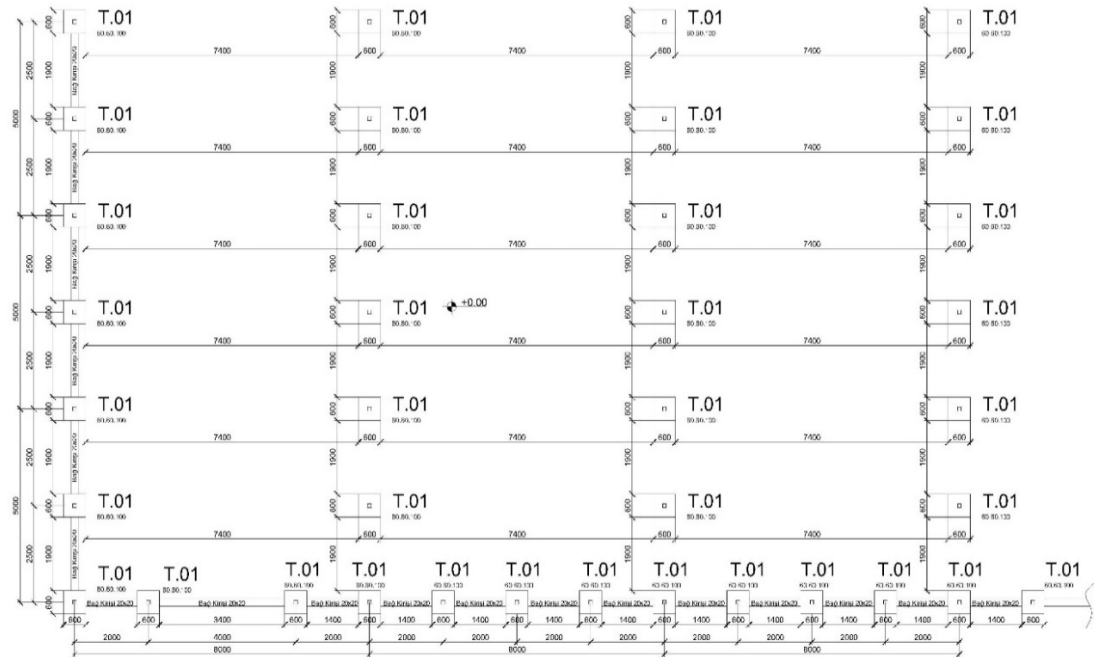
Şekil 3.3. Oluk detayı



Şekil 3.4. Üst havalandırma detayı



Şekil 3.5. Tekil temel detayı



Şekil 3.6. 8 m makas açıklığı ve 2.5 m makas aralığına sahip sera temel detayı

3.1.3. Sera boyutları

Sera yapım şirketleri ile yapılan ön görüşmeler ve katalog incelemelerinden, ülkemizde çoğunlukla uygulanan sera kolon aralıklarının 2.5-3 m, kiriş açıklıklarının 6 m, 8 m, 9.6 m ve kolon yüksekliklerinin 4.5 m olduğu belirlendiğinden, planlanacak seraların boyutları bu değerlere göre belirlenmiştir. Sera sistemlerinin eni 48 m, boyu 60 m olarak planlanmıştır. 6 m, 8 m ve 9.6 m makas açıklığında sera sistemlerinin açıklıkları ise sırası ile 8, 6 ve 5 adettir. Makas aralığı 2.5 m sera sistemleri için 25 aks ve 3 m olan sera sistemleri için 20 aks şeklinde oluşturulmuş olup, tüm sera sistemlerinin taban alanlarının 2880 m² olması sağlanmıştır (Çizelge 3.1).

Planlanan sera kafes sistemlerinin ülkemizde en fazla tercih edilen beşik ve gotik çatı tipi olmak üzere iki şekilde tasarımı yapılmıştır. Beşik çatı tipi basit, ekonomik, kullanımı ve yalıtımının kolay, pratik, dayanıklı, uzun ömürlü, estetik, az bakım gerektiren üstünlükleri; gotik çatı ise rüzgâr etkisini azaltması, güneş ışınlamalarının sera içerisine ulaşmasında daha etkin ve daha sağlam olması gibi üstünlükleri nedeniyle yeğlenmektedir. Havalandırma açıklıkları çatıda; sera taban alanının %20'sinden az olmayacak şekilde düzenlenmiş olup, yan havalandırma açıklıkları ise giyotin havalandırma sistemi olarak tasarlanmıştır (Zabeltitz, 1990). Ayrıca sera kapısı 9.6 m makas açıklığında 4.8 x 4.8 m, 8 m makas açıklığında 4 x 4 m ve 6 m makas açıklığında 3 x 3m olarak tasarım yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Sera sistemlerinin boyutları

	Gotik Çatı	Beşik Çatı
Sera genişliği	48 m	48 m
Sera uzunluğu	60 m	60 m
Sera alanı	2880 m ²	2880 m ²
Sera yan duvar yüksekliği	4.5 m	4.5 m
Sera çatı eğim açısı	26°	26°
Makas aralığı	2.5 m ve 3 m	2.5 m ve 3 m
Açıklık	6 m, 8 m ve 9.6 m	6 m, 8 m ve 9.6 m

3.1.4. Bölge iklim koşulları

Tez çalışmasında sera tasarımı Tokat ili iklim koşulları göz önüne alınarak yapılmıştır. Tokat ili 623 m rakımda olup, uzun yıllar iklim verilerine göre ortalama sıcaklık 12.51 °C, ortalama bağıl nem % 62.9, aylık ortalama rüzgâr hızı 2.3 m s⁻¹ ve ortalama toplam yıllık yağış 429.4 mm'dir. Aylık ortalama kar yüksekliği 6.4 cm, aylık maksimum rüzgâr hızı 48.9 m s⁻¹ (SSW)'dir (Anonim, 2022a). Tokat ili, ekolojik özellikleri, arazilerinin yeterli ve büyük olması ve ovadaki alüvyal topraklar yönünden örtüaltı tarımına uygundur. Gece-gündüz sıcaklık farkı ve don görülebilecek gün sayısı az olduğundan, kış mevsimi boyunca ısıtma giderleri fazla olmamaktadır. İlde kasım ayı başından nisan ayı sonuna kadar olan dönemde ısıtma gerekmektedir (Cemek ve ark., 2006).

3.1.5. Etkili yükler

Sera tasarımında göz önüne alınan yükler seranın fonksiyonlarını stabil şekilde gerçekleştirmesini sağlamak için uygun şekilde seçilmelidir. Çekme ve basınç çubuklarının kesitlerinin hesaplanmasında ve projelenmesinde üzerine gelen yükler göz önüne alınmalıdır. Bu yüklerden oluşacak gerilme ve kuvvetler için eleman ve birleşim tasarımı gerçekleştirilmektedir. Sera yapılarına ölü yükler, hareketli yükler ve bitki ağırlığı etki etmektedir. Zati yük olarak belirtilen yapıya sürekli etkiyen ölü yükler, konstrüksiyondan dolayı sera yapı malzemelerinin kendi öz ağırlıklarından oluşan yüklerdir. Hareketli yükler ise rüzgâr yükü, kar yükü vb. değişiklik gösteren yüklerdir. Ayrıca yapı elemanlarına asılarak yetiştiricilik yapılmasından kaynaklanan sera sistemlerine etki eden bitki yükleri de bulunmaktadır.

Taşıyıcı sistemlere etkiyen dış yükler kullanılan malzeme ve çatı özelliklerine göre hesaplanarak, üniform yayılı yük haline getirilmiş ve yapı üzerine etki ettirilmiştir. Hesaplamalarda dış yük olarak; rüzgâr yükü, örtü yükü ve bitki yükü alınmıştır. Araştırma alanındaki oluşabilecek rüzgâr hızları ve diğer iklimsel veriler SAP2000 programında projelendirme ölçütleri olarak göz önüne alınmıştır. Deprem dinamik yükünün yapı ağırlığına bağlı olarak hesaplanan bir değer olduğu göz önüne alındığında, toplam ağırlığı az olan seralarda çok önemli etkilere yol açmadığı için, yanal yönde yapı kütlesi ve deprem ivmesi ile doğru orantılı olarak etkiyen deprem yükü çalışmada göz önüne alınmamıştır. Böylece eleman kesitlerinin tasarım aşamasında daha büyük seçilmemesi ve sera içerisine gölgeleme etkisinin artmaması da sağlanmıştır.

Çalışmada, örnek olarak seçilen seralarda, domates ve hıyar yetiştirileceği göz önüne alınarak bitki yükleri için minimum değer 0.20 kN m^{-2} , gutter ve diğer elemanların yükü de 0.13 kN m^{-2} olarak alınmıştır. Sera çatı örtü ve sera yan cephe kaplama malzemesi 8 mm kalınlığında polikarbon levhalarla yapılması planlanmış olup sera sistemine etki ettiği yük miktarı 1.5 kgf m^{-2} dir. Ayrıca çatı havalandırma sistemleri için kullanılacak havalandırma ekipmanlarının yükü de 0.07 kN m^{-2} alınmıştır (Saltuk, 2005; Yüksel ve Yüksel, 2012; TS EN 13206:2017+A1, 2020; TS EN 13031-1, 2020; TS 498, 2021; Anonim, 2022b; Anonim, 2022c).

Kar yükü

Hareketli yükler sınıfında tanımlanan mevsimsel yüklerden kar yükü, kar yağışının artışına göre değişiklik gösterdiğinden, bağlı olduğu etkenler coğrafi ve meteorolojik koşullardır. İlgili standartta il ve ilçelere göre zati kar yükü bölgeleri tablosunda Tokat ili III. bölge olarak tanımlanmıştır. Yatayla α açısı kadar eğim yapan ve kar kaymasının engellenmediği çatılarda kar yükü, hesap değeri olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (TS 498, 2021).

$$P_k = m.P_{k0} \quad (3.1)$$

$$m = 1 - (\alpha - 30^\circ/40^\circ) \quad (3.2)$$

m değeri Çizelge 3.2 ve P_{k0} değeri Çizelge 3.3'den alınmıştır (geçerlilik sınırı $0 \leq m \leq 1$).

Çizelge 3.2. Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri (m)

α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0-30°						1.0				
30°	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.77
40°	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.57	0.55	0.52
50°	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.27
60°	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.12	0.10	0.07	0.05	0.02
70°-90°										

Çizelge 3.3. Zati kar yükü (P_{k0}) değerleri kN m^{-2} (*)

	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
2	≤ 200	0.75	0.75	0.75	0.75
	300	0.75	0.75	0.75	0.80
	400	0.75	0.75	0.75	0.80
	500	0.75	0.75	0.75	0.85
3	600	0.75	0.75	0.80	0.90
	700	0.75	0.75	0.85	0.95
	800	0.80	0.85	1.25	1.40
4	900	0.80	0.95	1.30	1.50
	1000	0.80	1.05	1.35	1.60
5	>1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır			

* Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.

Önerilen formül ve tablolar göz önüne alınarak Tokat ilinde hesaplamalarda kullanılacak kar yükü;

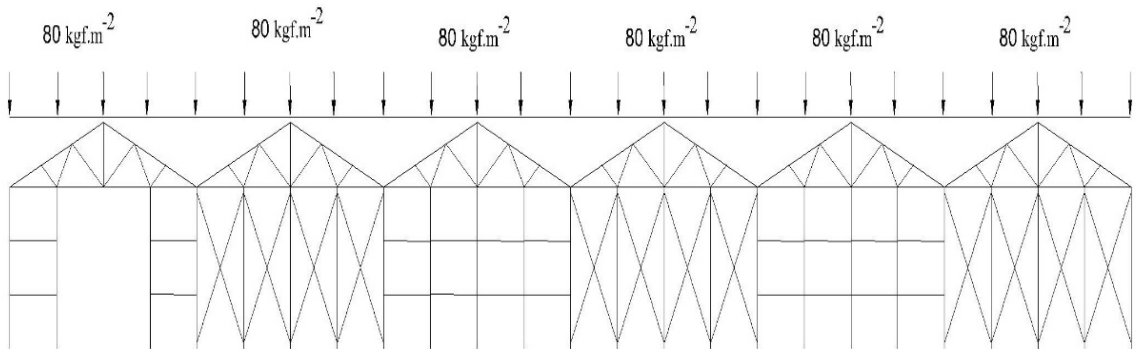
$$P_k = m.P_{k0};$$

$m = 1.0$ (Çizelge 3.2'den alınmıştır)

$P_{k0} = 0.80 \text{ kN m}^{-2}$ (Çizelge 3.3. den III bölge 600 m rakıma göre alınmıştır.)

$P_k = m.P_{k0}; \quad P_k = 0.80 \text{ kN m}^{-2}$ olmaktadır.

Hesaplanan kar yükü değerleri sera yapılarında aşıklar ve oluklara çizgisel yüke çevrilerek etki ettirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Kar yükünün aşıklar ve oluklara etki ettirilmesi

Rüzgâr yükü

Hareketli yükler sınıfında tanımlanan mevsimsel yüklerden rüzgâr yükü; rüzgârın kafes kirişler üzerindeki etkisi, esiş doğrultusu, yönü, yapı yüksekliği ve yapı geometrisine bağlı olarak değişiklik (Şekil 3.8) göstermektedir (TS 498, 2021).

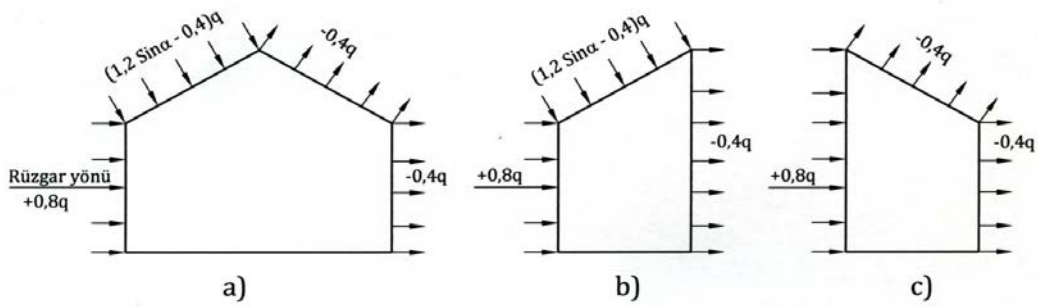
Çalışmada tasarlanan sera yükseklikleri, 0-8 m arasında (Çizelge 3.4) kalmaktadır (TS 498, 2021). Çizelgeden görülebileceği gibi 0-8 m aralığında bulunan yapılarda rüzgâr hızı 28 m s^{-1} ve q (emme basıncı) 0.5 kN m^{-2} alınmıştır. Rüzgâr yükü basınç, emme ve sürtünme etkileri birleştirilerek hesaba alınmaktadır. Bir yapının bütününde rüzgâr yükü bileşkesinin büyüklüğünü bulabilmek için, yörede oluşan en yüksek rüzgâr hızı göz önüne alınarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (TS 498, 2021).

$$W = C_f \cdot q \cdot A_f \text{ (kN)} \quad (3.3)$$

C_f = Aerodinamik yük katsayısı,

q = Emme (hız basıncı) kN m^{-2} ,

A = Etkilenen yüzey alanı, m^2



Şekil 3.8. Planda kare kesitli ve eğik çatılı kapalı yapılarda, rüzgâr yükünün ana taşıyıcı sistem doğrultusundaki dağıtımını

Sera sistemlerinde çatı eğimi ülkemiz koşulları için önerildiği şekilde 26° olarak planlanmıştır (Olgun, 2011; Yüksel ve Yüksel, 2012). Çatı elemanlarına açı ile bağlantılı olarak etki edecek yük değeri;

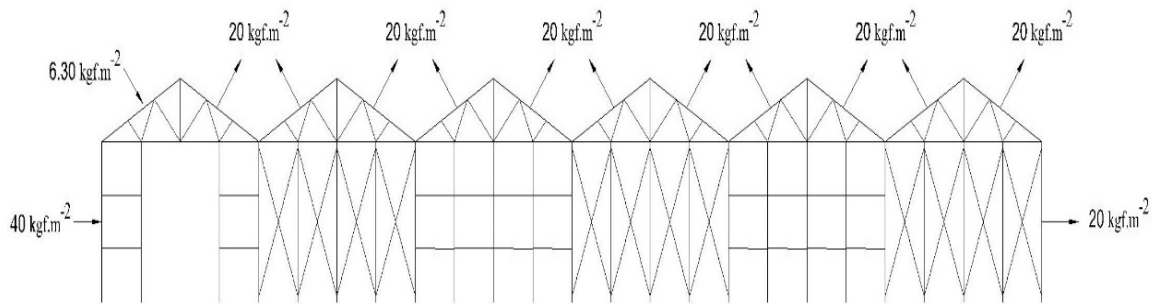
$$(1,2 \sin \alpha - 0,4) q \quad (3.4)$$

$$(1,2 \times 0,43837 - 0,4) \times 0,5 = 0,063 \text{ kN m}^{-2} \text{ olmaktadır.}$$

Çizelge 3.4. Yüksekliğe bağlı rüzgâr hızı ve emme basıncı

Zeminden yükseklik (m)	Rüzgâr hızı (v) (m s^{-1})	Emme basıncı (q) (kN m^{-2})
0-8	28	0.5
9-20	36	0.8
21-100	42	1.1
>100	46	1.3

Hesaplanan rüzgâr yükü değeri sera yapılarında aşıklara, kolonlara ve oluklara çizgisel yüke çevrilerek etki ettirilmiştir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Rüzgâr yükünün aşıklara, kolonlara ve oluklara etki ettirilmesi

3.1.6. Yük kombinasyonları

Modellenen seralarda, evre ve ehircilik Bakanlığının yayınlamış olduğu “elik yapıların tasarım, hesap ve yapım esaslarına dair yönetmeliği” 5.3.1. Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) maddesine göre YDKT kombinasyonları kullanılmıştır (Anonim, 2018a).

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) yük kombinasyonları ve kullanılan yük katsayıları aşağıdaki şekildedir.

$$1.4G \quad (3.8)$$

$$1.2G + 1.6Q + 0.5S \quad (3.9)$$

$$1.2G + 1.6S + (Q \text{ veya } 0.8W) \quad (3.10)$$

$$1.2G + 1.0Q + 0.5S + 1.6W \quad (3.11)$$

$$1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E \quad (3.12)$$

$$0.9G + 1.6W \quad (3.13)$$

$$0.9G + 1.0E \quad (3.14)$$

Eşitlikler de kullanılan: G; l yükleri, Q; hareketli yükleri, S; kar yükünü, W rüzgar yükünü, E; deprem yükünü ifade etmektedir.

3.2. Yöntem

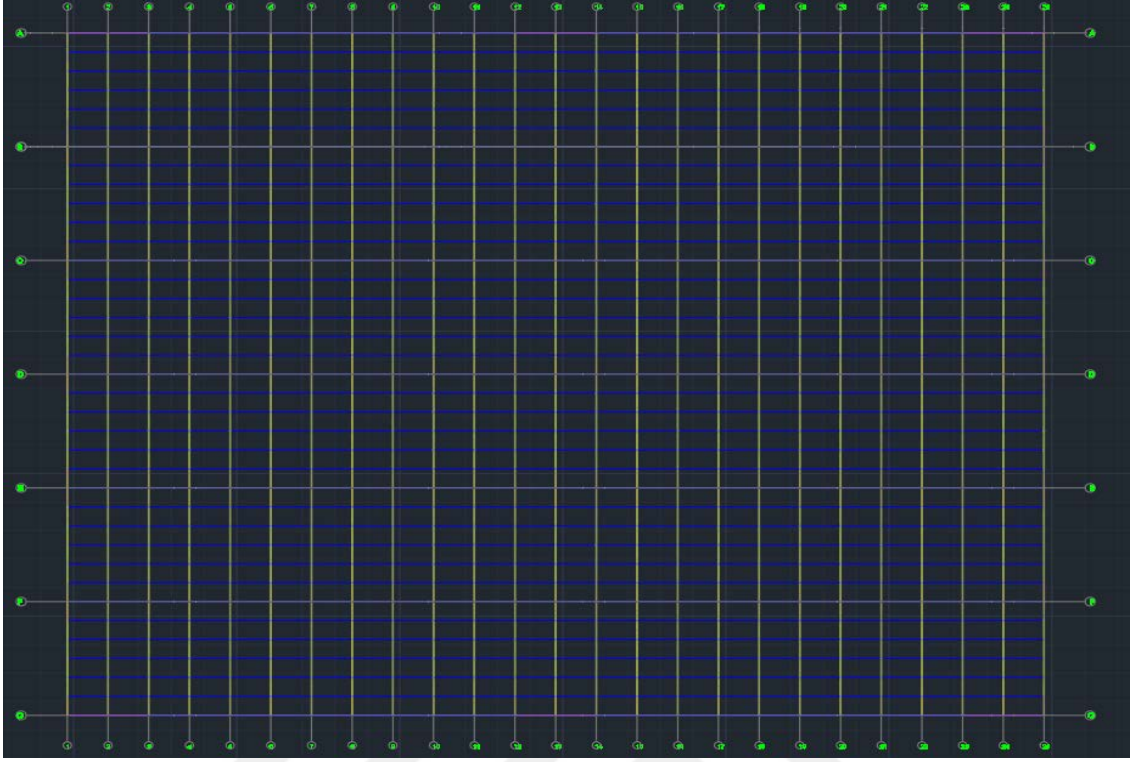
Çalışmanın ilk aşamasında 2 ayrı çatı tipi, 3 ayrı makas açıklığı ve 2 ayrı makas aralığı olmak üzere 12 farklı sisteme göre ön tasarım için gerekli olan yüklemeler, malzeme sınıfı ve profil tipleri belirlenerek sistem çözümü yapılmıştır. Ön tasarımı ve planlaması yapılan farklı olasılıklardaki malzeme ve statik tasarım seçenekleri, çelik yapıların hesap, tasarım ve yapım esasları yönetmeliği (Anonim, 2018a) ve diğer ilgili diğer yönetmelik ve standartlar doğrultusunda statik analiz yazılımı olan SAP2000 programında grafik tabanlı modellenerek, taşıyıcı sistemin sonlu elemanlar yöntemi ile çözümü gerçekleştirilmiştir (CSI, 2016; Fırat, 2019).

Çözüm sonucu olarak ortaya çıkacak yapı tasarımının metrajı çıkarılarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayınlamış olduğu birim fiyat listeleri (Anonim, 2021c) ve MS Office Excel yazılımı kullanılarak maliyet hesaplamaları yapılmıştır. Çıkan sonuçların karşılaştırılması yine Excel yazılımı üzerinden yapılmıştır.

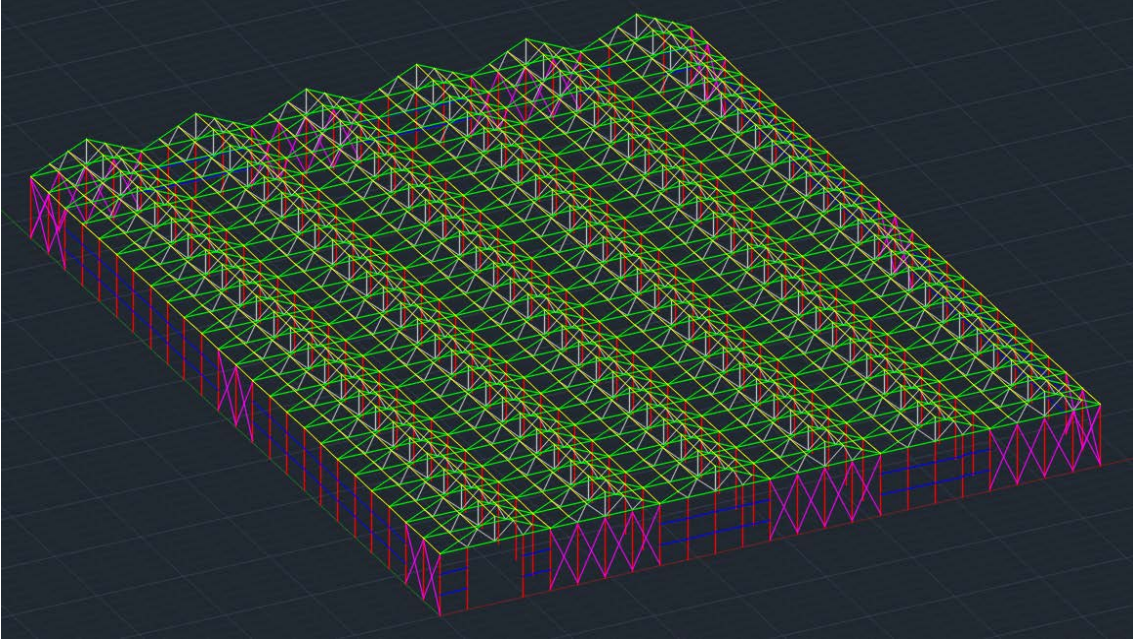
3.2.1. Sera sistemlerinin ön tasarımının yapılması

Yüklemeler, malzeme sınıfı ve profil tipi belirlendikten sonra (TS EN 10025-2, 2019; TS EN 10025-5, 2019; TS EN 13206:2017+A1, 2020) veriler kullanılarak, gotik ve beşik çatılı sistemlerde 6 m, 8 m ve 9.6 m makas açıklığı ile 2.5 m ve 3 m makas aralığı olmak üzere 12 farklı durum incelenmiştir.

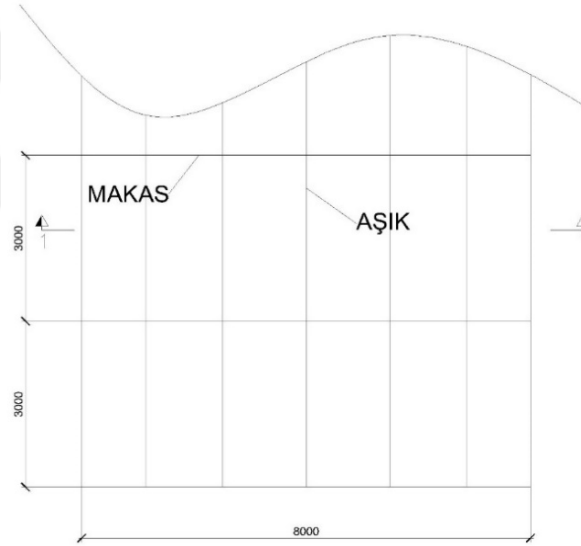
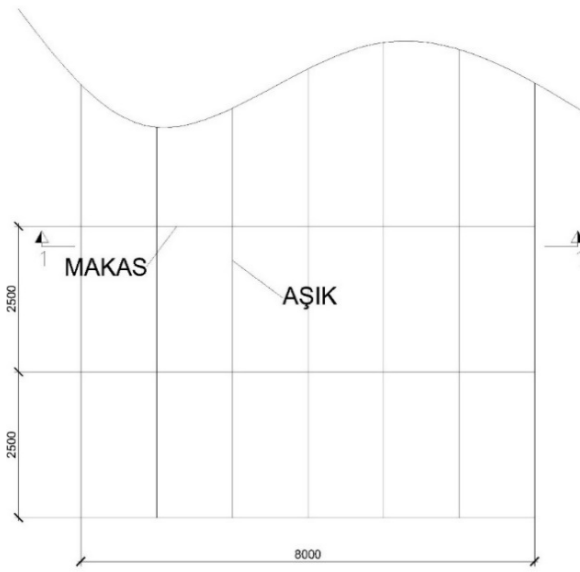
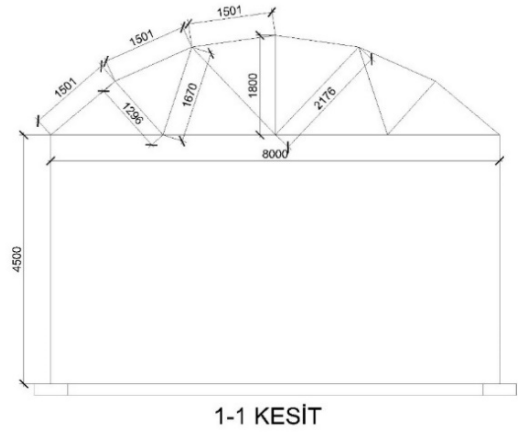
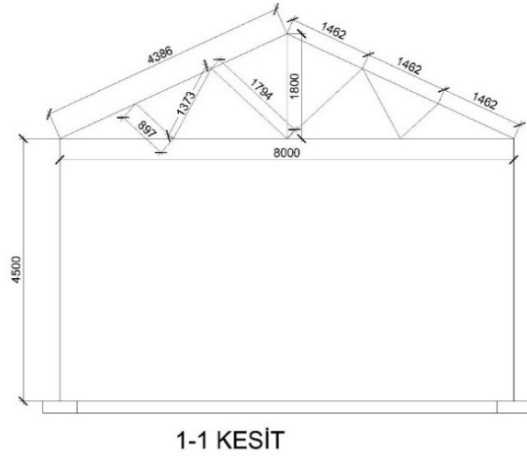
Sera sistemlerinin Autocad 2020 yazılımının 3 boyutlu çizim özelliği ile yerleşim planı, aks tanımlaması ve sistem modellemeleri yapılmıştır. Örnek olarak sera yapılarından beşik çatılı, 9.6 m makas açıklığı, 2.5 m makas aralığına sahip sistemin modelleri ve yerleşim planları Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de verilmiştir. Ayrıca gotik ve beşik çatı sistemlerinin makas plan ve kesitleri örnek olarak 8 m makas açıklığı için Şekil 3.12 ile Şekil 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Seranın üstten görünüşü



Şekil 3.11. 3D Modeli



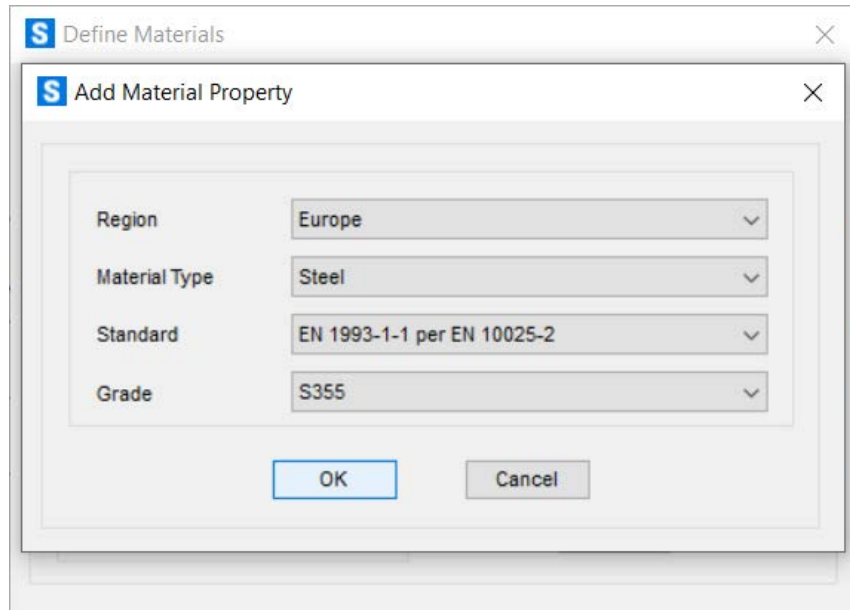
Şekil 3.12. Beşik çatılı sera makas plan ve kesit örneği

Şekil 3.13. Gotik çatılı sera makas plan ve kesit örneği

3.2.2. SAP2000 paket yazılımı ile sera sistemlerinin modellenmesi ve analizi

Sera tasarımıda kullanılan SAP2000 yazılımı, Windows işletim sisteminde grafik kullanıcı arayüzüne sahip, yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırılması için kullanılan genel amaçlı yapısal analiz programıdır. Tüm işlemler özel grafik kullanıcı (GUI) arayüz yardımı ile SAP2000 ekranı üzerinden gerçekleştirilmektedir. Birçok çelik ve betonarme yapının analiz ve modellemesinde yaygın kullanılan yazılım, analizi sonlu elemanlar yöntemi ile gerçekleştirmektedir. Düzlemsel ve üç boyutlu yapı çerçevelerinin modellenmesinde taşıyıcı sistem elemanları için çubuk elemanlar kullanılmıştır. Çalışmada SAP2000 yazılımında yapı modelleme aşamaları sırası ile malzeme tanımlamaları, kullanılan elemanların kesit tanımlamaları, Autocad yazılımında modellenen yapının içe aktarılması, aktarılan elemanların kesit atamaları, yük türlerinin tanımlanması ve yük kombinasyonlarının oluşturulması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

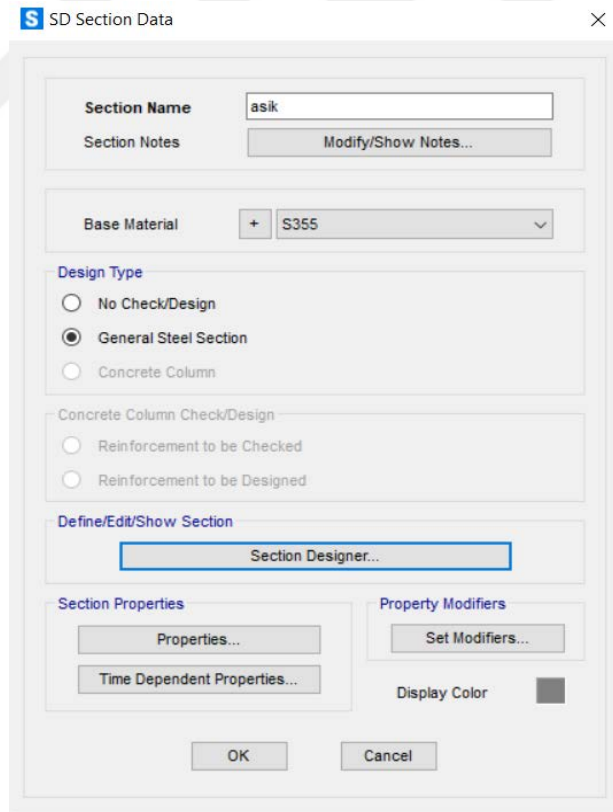
Malzeme tanımlaması: tanımlama (define) menüsünden TS EN 10025-2 standartlarına göre çelik malzeme sınıfı S355 olarak tanımlaması yapılmıştır. Bu çelik malzeme tüm sera sistemlerinin analizinde kullanılmıştır.



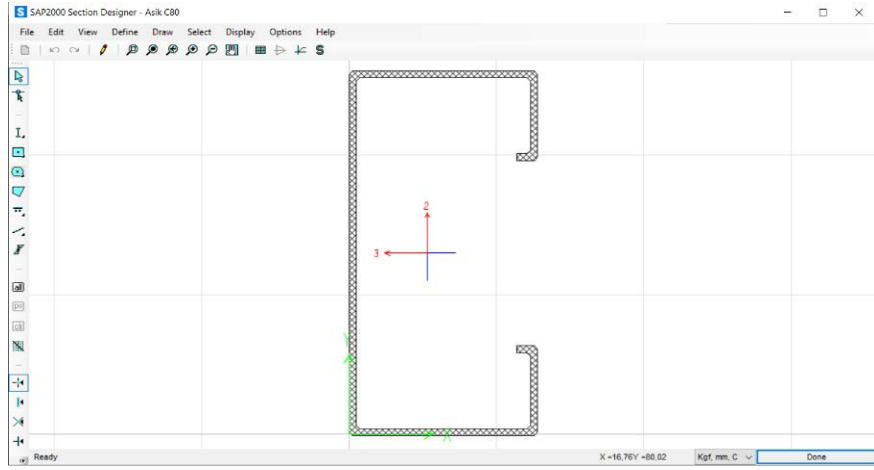
Şekil 3.14. Malzeme tanımlama

Eleman kesitlerinin tanımlanması:

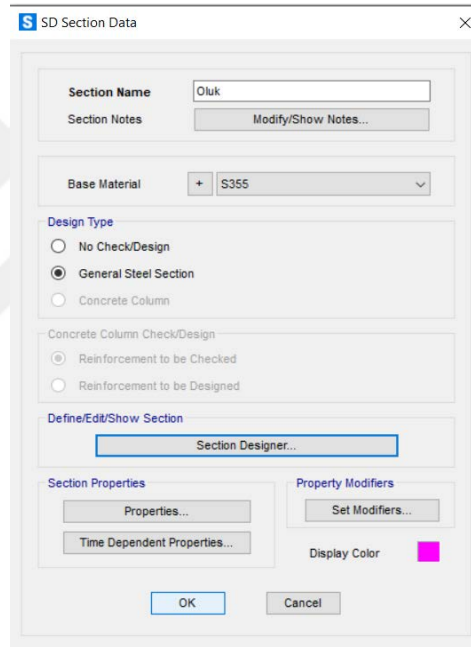
Çalışmada doğrudan veya bazı özellikleri değiştirilerek kullanılabilen ve istenilen türde kesit tanımları da yapılabilen çeşitli kesit tipleri ayrı sekmelerde verilerek, seçilen veya tanımlanan kesitler sistem elemanlarına aktarılmıştır. SAP2000 programı içerisinde standart olarak, tüm özellikleri ile tanıtılmış malzemelerin yapısal özellikleri bulunmaktadır. Ayrıca yeni malzeme özellikleri de tanımlanıp kullanılabilir. Çalışmada planlanan sera sistemlerinde kullanılan aşık profilleri kesit kütüphanesinde bulunmadığından, kesit tanımlamaları kesit tasarımı özelliği ile yapılmıştır. Bu profiller 2 mm kalınlığında C80, C100 ve C120 profiller olup Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'deki gibi SAP2000 yazılımına tanımlamaları yapılmıştır. Oluklar ise 4 mm sacdan bükülerek yapılmış olup kesit tanımlamaları Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'da gösterilmiştir. Sera sistemlerinde kolon elemanlar için kutu profil, çatı elemanları ve stabilite çaprazlarında ise boru profil kullanılmıştır.



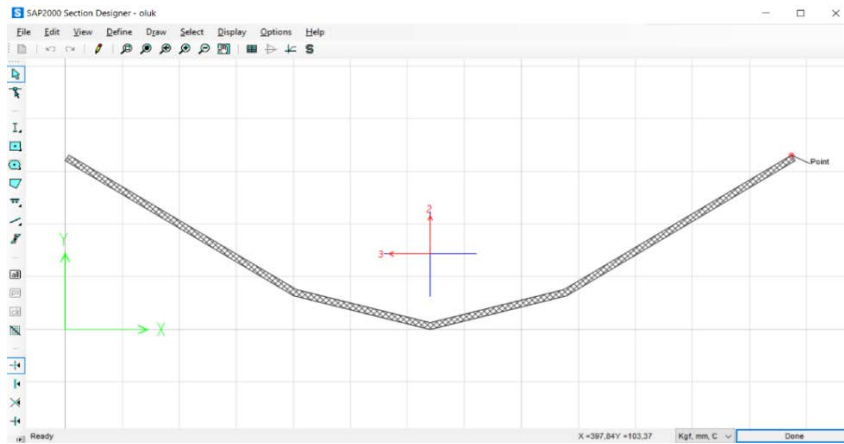
Şekil 3.15. Aşık elemanların kesit tanımlaması



Şekil 3.16. Aşık elemanların kesit tasarımı



Şekil 3.17. Oluk elemanların kesit tanımlaması



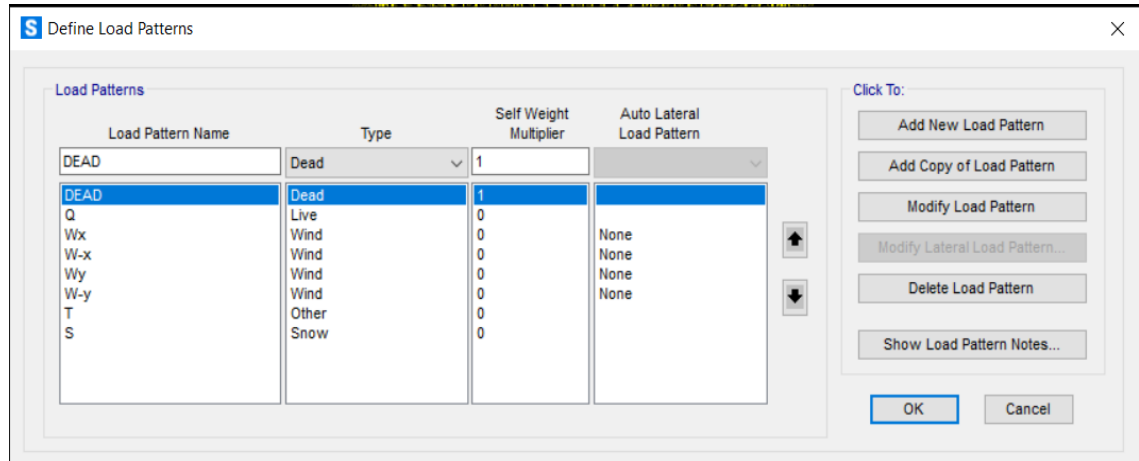
Şekil 3.18. Oluk elemanların kesit tasarımı

Çizelge 3.5. Sera sistemlerinde kullanılan profiller

Kullanılan yapı elemanı	6 m açıklık			
	2.5 m aralık		3 m aralık	
	Gotik çatı	Beşik çatı	Gotik çatı	Beşik çatı
Ayak	RHS 150x100x3.2 mm	RHS 150x100x3.2 mm	RHS 180x100x3.2 mm	RHS 180x100x3.2 mm
Makas	CHS 76.1x2 mm	CHS 76.1x2 mm	CHS 76.1x2 mm	CHS 76.1x2 mm
Diagonal	CHS 33.7x2 mm	CHS 33.7x2 mm	CHS 33.7x2 mm	CHS 33.7x2 mm
Çapraz	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm
Aşık	C80	C80	C100	C100
Cephe aşık	C80	C80	C80	C80
8 m açıklık				
Ayak	RHS 150x100x3.2 mm	RHS 180x100x3.2 mm	RHS 180x100x3.2 mm	RHS 180x100x3.2 mm
Makas	CHS 88.9x2 mm	CHS 88.9x2 mm	CHS 101.6x2 mm	CHS 88.9x2.5 mm
Diagonal	CHS 33.7x2 mm	CHS 33.7x2 mm	CHS 33.7x2 mm	3 CHS 3.7x2 mm
Çapraz	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm
Aşık	C100	C100	C120	C120
Cephe aşık	C80	C80	C80	C80
9.6 m açıklık				
Ayak	RHS 180x100x3.2 mm	RHS 180x100x3.2 mm	RHS 180x100x3.2 mm	RHS 200x100x4 mm
Makas	CHS 88.9x2 mm	CHS 101.6x2 mm	CHS 101.6x2 mm	CHS 101.6x2 mm
Diagonal	CHS 48.3x2.5 mm	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm
Çapraz	CHS 60.3x2 mm	CHS 60.3x2 mm	CHS 76.1x2 mm	CHS 60.3x2 mm
Aşık	C100	C100	C120	C120
Cephe aşık	C80	C80	C80	C80

Yük ve yük kombinasyonlarının tanımlanması:

Çalışmada daha önce açıklandığı şekilde yük türleri yazılıma tanımlanmış olup, tanımlanan bu yükler yapı elemanlarına uygun tekil veya yayılı yükler şeklinde düğüm noktalarına, çubuklara veya sonlu elemanlara aktarılmıştır. Yazılıma tanımlanan yükler ilgili yönetmelikler ve standartlar doğrultusunda yük katsayıları ile çarpılarak, yükleme kombinasyonları (Şekil 3.19 ve Şekil 3.20) oluşturulmuştur.



Şekil 3.19. Yük türlerinin tanımlanması

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): KOMB 4-a

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
Wx	Linear Static	1	1.6
DEAD	Linear Static	1	1.2
Q	Linear Static	1	1
S	Linear Static	1	0.5
Wx	Linear Static	1	1.6

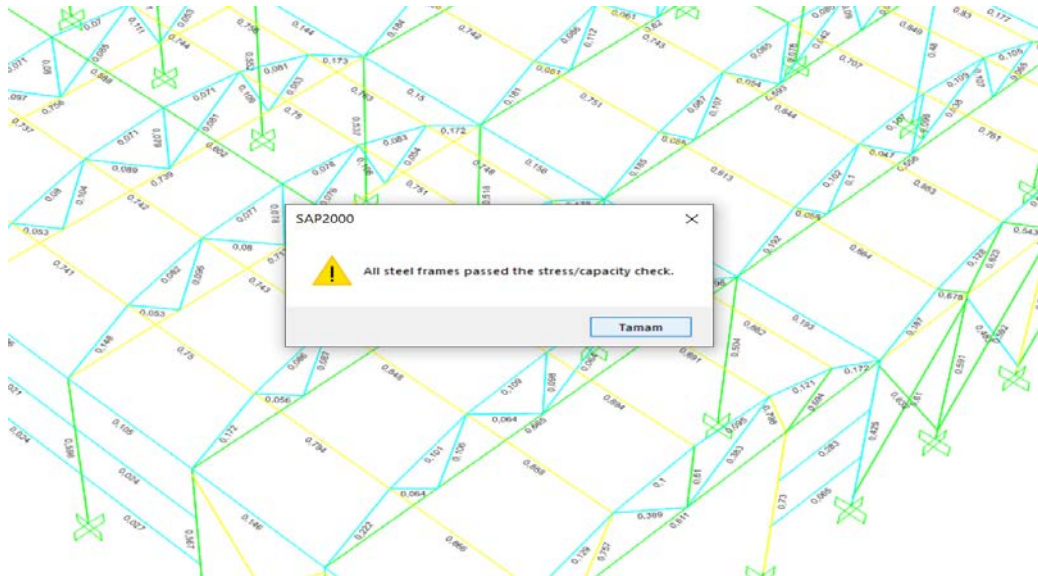
Add, Modify, Delete buttons

OK, Cancel buttons

Şekil 3.20. Yük kombinasyonlarının tanımlanması

Sera sistemlerinin SAP2000 paket yazılımı ile statik analizinin yapılması

Sistem modelinin malzeme, kesit özellikleri ve yüklemeleri tanımlanarak yapının modellemesinin tamamlanması sonrasında YDKT yöntemine göre analizleri yapılmıştır. Analizler, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği (Anonim, 2018a) SAP2000 yazılımında tanımlı olan yönetmelik ve standartlar arasında bulunmadığı için, bu yönetmeliğin de referans aldığı AISC 360-10 (2010) standardı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda yapı elemanları kontrol edilmiş olup, yapılan kontroller sonucunda yetersiz en kesit görülmemiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Tüm elemanların kapasite ve gerilme kontrolü

Gerilme kontrolü yapılırken göz önüne alınması gereken etmen, alt ve üst başlıktaki tüm elemanların, yönetmeliklerde belirtilmiş zorunluluk olmasa da, uygulamanın kolaylığı ve konstrüktif nedenlerden dolayı aynı kesitli olması gerektiğidir. Bu nedenle alt ve üst başlık elemanlarındaki uç kuvvetler tek tek incelenip, yalnızca en elverişsiz yükleme durumunda oluşan yüke göre gerilme kontrolü yapılmaktadır. Analizden önce seçilen çelik kalitesine (S355) ve profil kesitine (U profili, L profili yada Kutu profil) göre yapılan gerilme kontrolü, otomatik olarak sistem tarafından yapılmaktadır (Yakut, 2007). SAP2000 yazılımı, yapılan statik analiz sonucunda farklı iki çatı tipi ve farklı makas aralık ve açıklıklarına sahip elemanların YDKT esasına göre en elverişsiz durumda elemanlarda oluşabilecek en elverişsiz gerilme durumlarını ve elemanların taşıyabileceği gerilmeleri hesaplayarak oranlamaktadır. Bu oranlamaya taşıyıcı elemanlarda oluşacak en büyük kapasite kullanım oranları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. En elverişsiz durumda en büyük kapasite kullanım oranları (%)

Yapı Elemanı	6 m açıklık			
	2.5 m aralık		3 m aralık	
	Gotik çatı	Beşik çatı	Gotik çatı	Beşik çatı
Kolon	52.35	51.61	50.86	50.14
Makas	24.21	21.40	31.44	41.92
Diagonal	24.21	21.40	31.44	41.92
Çapraz	24.21	21.40	50.86	50.14
Aşık	75.77	69.08	94.47	90.30
Cephe aşık	24.21	21.40	50.86	50.14
Oluk	24.21	21.12	24.59	26.34
8 m açıklık				
Kolon	86.26	81.60	57.04	78.23
Makas	40.53	49.54	44.21	57.59
Diagonal	40.53	49.54	44.21	57.59
Çapraz	61.66	56.57	57.04	60.60
Aşık	86.26	81.60	81.96	78.23
Cephe aşık	86.26	81.60	57.04	78.23
Oluk	23.68	26.17	30.76	32.68
9.6 m açıklık				
Kolon	57.39	93.66	57.77	90.26
Makas	53.07	54.29	18.39	45.40
Diagonal	53.07	72.39	18.39	45.40
Çapraz	53.07	93.66	30.61	72.84
Aşık	98.41	93.66	93.48	90.26
Cephe aşık	57.39	93.66	57.77	90.26
Oluk	25.42	30.33	18.39	37.29

Sera yapılarının yer değıştirme sınırları TS EN 13031-1 (2020)'e göre;

(1) Seranın oluk seviyesinde, oluk yönünde yatay yer değıştirmeleri aşağıdaki gerekliliğe uygun olacaktır (Şekil 3.22):

$$\bullet u_{h; //} \leq h/75 \quad (3.5)$$

$$\bullet u_{h; //} \leq 60 \text{ mm}, \quad (3.6)$$

yalnızca rüzgâr etkisi altında oluk seviyesindeki yer değıştirmeler için,

$u_{h; //}$:Sera'nın oluk seviyesinde, oluk yönünde hesaplanan yatay yer değıştirmesidir;

h :Temel ile oluk arasında ölçülen kolon uzunluğudur.

(2) Seranın oluk seviyesinde, oluğa dik olan yatay yer değıştirmeleri aşağıdaki gerekliliğe uygun olacaktır (Şekil 3.23).

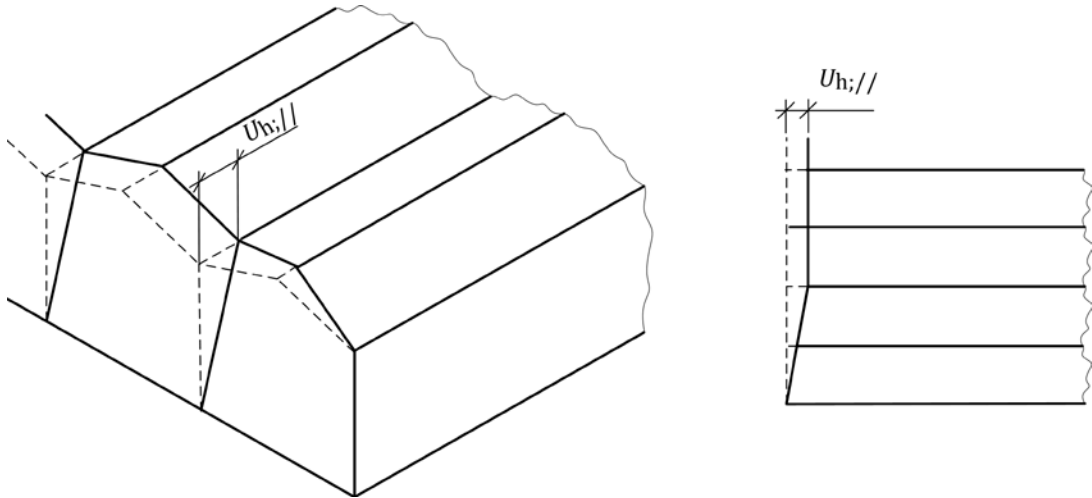
$$\bullet U_{h; \perp} \leq h/75 \quad (3.7)$$

$$\bullet U_{h; \perp} \leq 60 \text{ mm}, \quad (3.8)$$

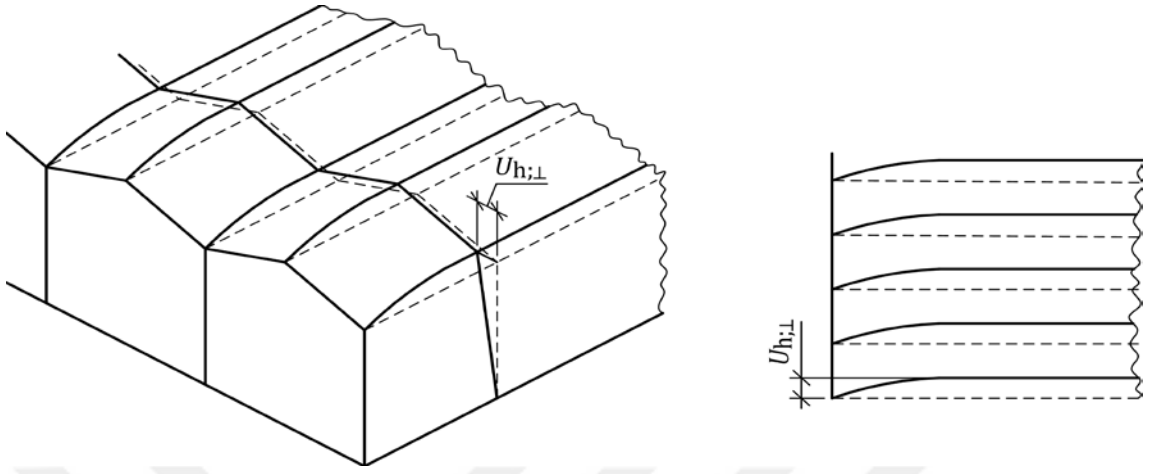
Yalnızca rüzgâr hareketleri altında oluk seviyesindeki yer değıştirmeler için,

$U_{h; \perp}$; sera'nın oluk seviyesinde, oluğa dik olarak hesaplanan yatay yer değıştirmesidir.

h ; temel ile oluk arasında ölçülen kolon uzunluğudur.



Şekil 3.22. Seranın oluk seviyesinde oluk yönünde yatay yer değıştirmeleri

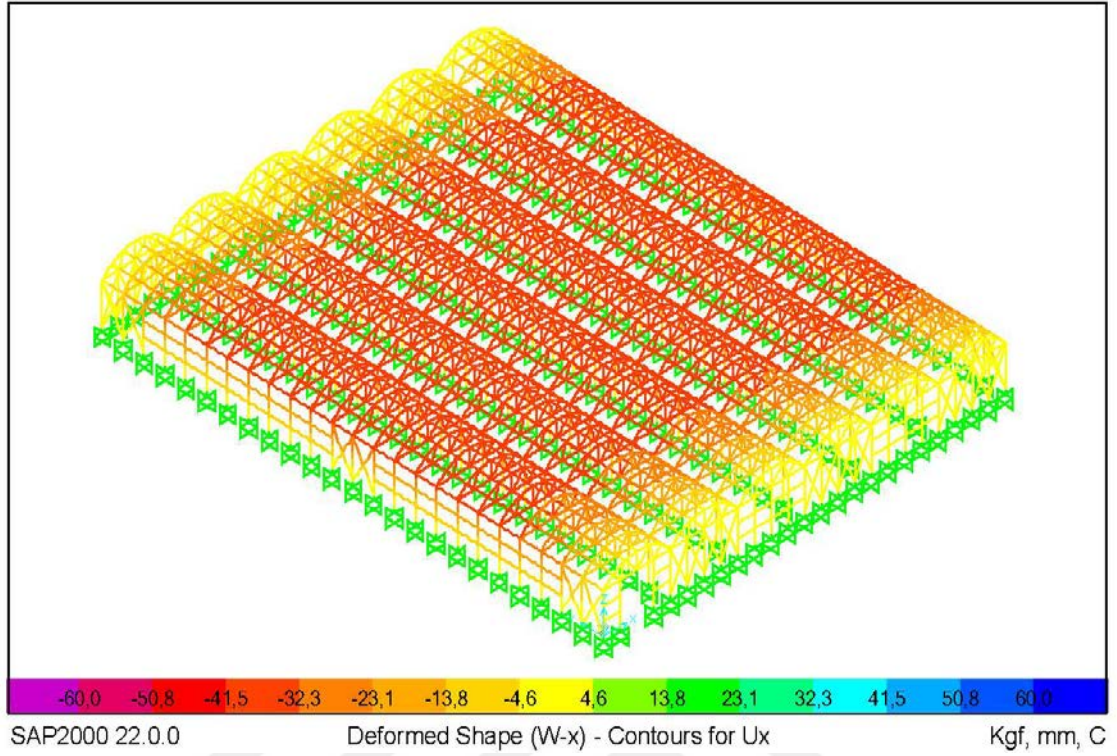


Şekil 3.23. Seranın oluğa dik oluk seviyesindeki yatay yer değiştirmeleri

Eşitlik 3.5 ve 3.7’de verilen eşitliklerle tüm sera sistemleri için yapılan yer değiştirme hesaplamalarına göre limit değerler 60 mm’dir. Rüzgâr yükü altında, eşitlik 3.6 ve 3.8’a göre yapılan hesaplamalara göre limit değerler yine 60 mm’dir.

Sera sistemlerinin yer değiştirme değerlerine bakıldığında rüzgâr yükü altında 60 mm değerlerinin çok altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu duruma örnek olarak 8 m makas açıklığında 2.5 m makas aralığında gotik çatı sisteminin rüzgâr altında oluk seviyesinde ve oluğa dik yönde yer değiştirmeleri Şekil 3.24’te verilmiştir. Yer değiştirme değerleri renk skalası ile belirtilmiş olup -60 mm değeri mor renk, 60 mm değeri ise koyu mavi rengi ile belirtilmiştir. Bu renk skalasından da anlaşılacağı üzere 60 mm değerinin altında ve -60 mm değerinin üzerinde değerler elde edilmiştir.

Tüm sera sistemlerinin oluk seviyesinde en elverişsiz yükleme durumundaki oluğa dik ve paralel yöndeki yer değiştirme değerleri Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’de görüldüğü üzere 60 mm’nin altında olmaktadır.



Şekil 3.24. Rüzgâr yükü altında oluk seviyesinde ve oluğa dik yer değiştirmeleri

Çizelge 3.7. Yüklemeler durumunda oluk seviyesinde ve oluğa dik yönde en büyük yer değiştirme değerleri (mm)

Makas açıklığı	Gotik çatı		Beşik çatı	
	Makas aralığı			
	2.5 m	3 m	2.5 m	3 m
6 m	56.50	50.77	55.73	50.16
8 m	57.05	54.89	51.31	57.41
9.6 m	46.73	49.17	55.86	49.28

Çizelge 3.8. Yüklemeler durumunda oluk seviyesinde ve oluğa paralel yönde en büyük yer değiştirme değerleri (mm)

Makas açıklığı	Gotik çatı		Beşik çatı	
	Makas aralığı			
	2.5 m	3 m	2.5 m	3 m
6 m	22.06	21.22	18.76	18.50
8 m	25.73	34.18	31.76	31.45
9.6 m	39.55	33.67	28.52	27.53

3.2.3. Metraj ve keşif

Sera taşıyıcı sistemlerinin SAP2000 yazılımı aracılığı ile yapılan analizleri sonrasında yazılımdan alınan çıktı değerleri ile oluşturulan tablolar, MS Office Excel formatına aktarılmıştır. Excel yazılımına aktarılan sonuçların düzenlemeleri yapılarak, sera sistemlerinin metrajları çıkartılmıştır (Çizelge 3.9, Çizelge 3.10).

Sera konstrüksiyonlarının maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılacak olan birim fiyatlar, 2022/3 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabında bulunan 15.165.1001 ve 15.165.1002 poz numaralı analizlerdir. Birim Fiyatların analizleri Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.9. Gotik çatılı sera metrajı (kg)

Kullanılan Eleman	2.5 m makas aralığı			3 m makas aralığı		
	Makas açıklığı					
	6 m	8 m	9.6 m	6 m	8 m	9.6 m
Kolon	14.923	13.871	11.009	14.534	11.194	9.525
Makas alt ve üst başlık	9.324	10.935	10.921	7.832	10.528	10.515
Çaprazlar	953	979	782	972	998	1.018
Diagonal	2.834	2.834	5.074	2.380	2.380	4.341
Oluk	7.625	5.931	5.083	7.625	5.931	5.083
Aşık	5.694	4.694	3.912	6.259	5.754	4.795
Yan aşık	683	617	655	655	588	626
TOPLAM	42.035	39.860	37.437	40.257	37.373	35.903

Çizelge 3.10. Beşik çatılı sera metrajı (kg)

Kullanılan Eleman	2.5 m makas aralığı			3 m makas aralığı		
	Makas açıklığı					
	6 m	8 m	9.6 m	6 m	8 m	9.6 m
Kolon	14.923	12.926	11.009	14.534	11.194	12.706
Makas alt ve üst Başlık	9.194	10.782	12.358	7.723	11.256	10.381
Çaprazlar	953	979	782	972	998	801
Diagonal	2.328	2.328	4.281	1.955	1.955	3.596
Oluk	7.625	5.931	5.083	7.625	5.931	5.083
Aşık	5.694	4.694	3.912	6.259	5.754	4.795
Yan aşık	683	617	655	655	588	626
TOPLAM	41.400	38.257	38.080	39.723	37.677	37.989

Çizelge 3.11. 15.165.1001 poz numaralı birim fiyat analizi

Poz No	Analizin Adı	Ölçü Birimi			
15.165.1001	Her çeşit profil demirin münferit veya birleşik olarak hazırlanması ve yerine tespit edilmesi (aşık olarak yapılan mertekler, hurdi döşemler, mütemadi kirişler, basit olarak kullanılan münferit çatı aşıkları ve mertekleri, lentolar, hurdi döşemeler, köşe takviye demirleri, kolonlar, dikmeli kolonların bağlanması ve kullanılan hatıllar ve benzeri imalatlar)	(Ton)			
Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (TL)
	Malzeme:				
10.130.1708	Profil demiri (Zaiyatıyla)	Kg	1020	13.80	14 076.00
10.200.1708	Düz siyah sac (Kaynak, perçin ve bulonlu irtibat karşılığı %5)	Kg	51	13.80	703.80
	İşçilik:				
	Yapılması				
19.100.1089	Demir doğrama imalat atölyesi	Sa	7	891.37	6 239.59
19.100.1113	Mobil vinç	Sa	2	382.79	765.58
10.100.1019	Soğuk demirci ustası	Sa	2	45.00	90.00
10.100.1062	Düz işçi (İnşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma)	Sa	2	32.50	65.00
	Malzeme + İşçilik Tutarı				21 939.97
	%23 Yüklenici karı ve genel giderler				5 484.99
	1 Ton Fiyatı				27 424.96

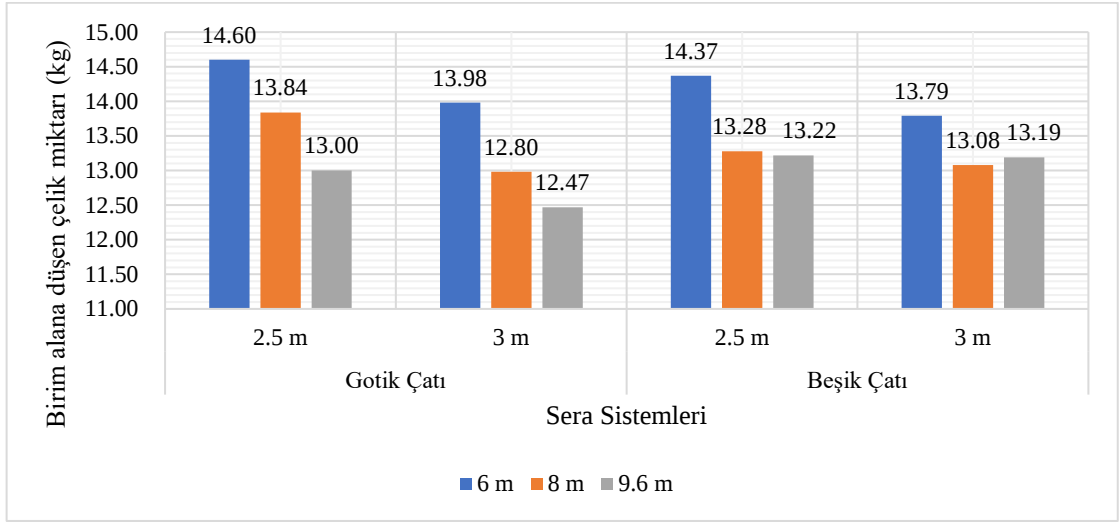
Çizelge 3.12. 15.165.1002 poz numaralı birim fiyat analizi

Poz No	Analizin Adı	Ölçü Birimi			
15.165.1002	Profil demirlerinden çatı makası yapılması ve yerine konulması	Ton			
Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (TL)
	Malzeme:				
10.130.1708	Profil demiri (Zayıtiyla)	Kg	1020	13.80	14 076.00
10.130.1708	Profil demiri (Kaynak, perçin ve bulonlu irtibat karşılığı)	Kg	51	13.80	703.80
	İşçilik:				
	Yapılması				
19.100.1089	Demir doğrama imalat atölyesi yerine konulması	Sa	8	891.37	7 130.96
19.100.1113	Mobil vinç	Sa	2.5	382.79	956.98
10.100.1018	Sıcak demirci ustası	Sa	2	45.00	90.00
10.100.1062	Düz işçi (İnşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey tasıma, boşaltma dahil)	Sa	2	32.50	65.00
	Malzeme + İşçilik Tutarı				23.022,74
	%23 Yüklenici karı ve genel giderler				5 755.69
	1 Ton Fiyatı				28 778.43

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

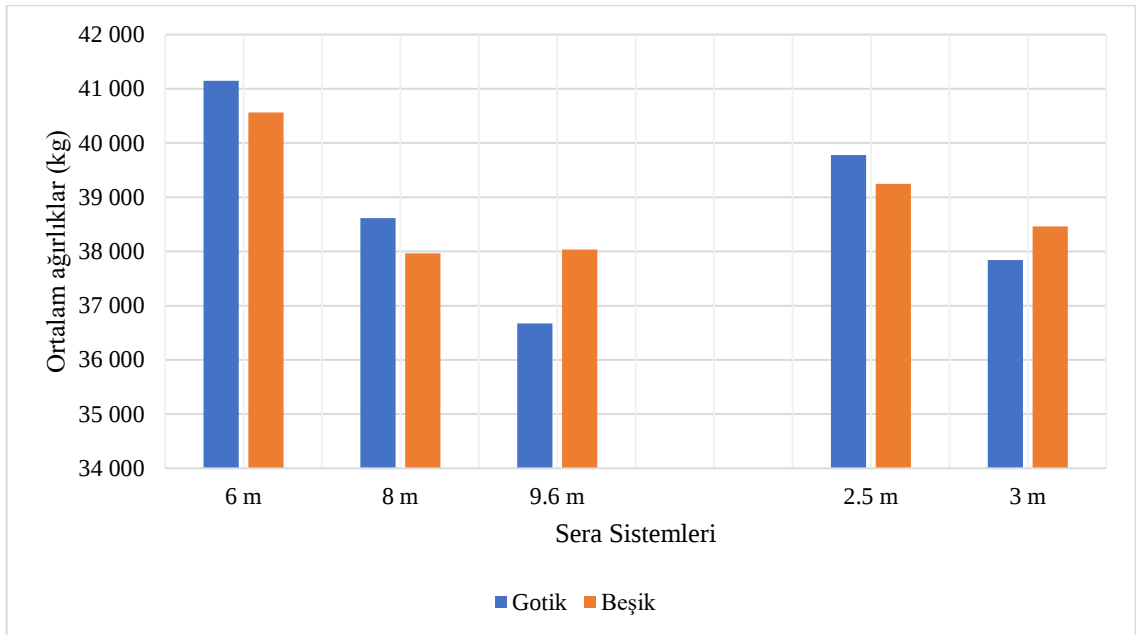
Bu çalışmada 6 m, 8 m, 9.6 m makas açıklığına ve 2.5 m, 3 m makas aralığına sahip gotik ve beşik çatılı sera yapılarının Autocad yazılımında teknik çizimi gerçekleştirildikten sonra analiz ve tasarım için geliştirilmiş sonlu elemanlar yöntemine dayalı SAP2000 yapısal analiz programında modellenmiştir. Seraların projelenmesinde ana ilke, diğer tüm yapılarda olduğu gibi, yapıya etkiyen ve faydalı ömrü boyunca etkiyebilecek yüklere emniyetle karşı koyabilecek, en ekonomik yapı elemanlarının seçimidir. En ekonomik yapı elemanının seçimi için modellenen sistemlerin TS EN 13031-1 (2020) ve TS 498 (2021)'e göre yapıya etki edecek yükleri hesaplanmış ve yazılıma işlenmiştir. Yönetmelikler ve diğer standartlar doğrultusunda yapılan analizlerden; seraların yer değiştirme değeri, birim alana düşen yapısal çelik miktarı ve kesit taşıma kapasitelerinin kullanım oranları elde edilmiştir. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliğine (Anonim, 2018a)'e uygun şekilde analizleri yapılan sistemlerin yazılım aracılığı ile metraj ve keşifleri alınarak, MS Office Excel yazılımında düzenlemeleri yapılmış ve net veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler ve Birim Fiyat Cetveli (Anonim, 2022d) ışığında, maliyet analizleri yapılmıştır.

Metraj ve keşif hesapları sonucunda, gotik çatılı seralarda 2.5 m makas aralığındaki 6 m, 8 m ve 9.6 m makas açıklığına sahip sistemlerin ağırlıkları sırasıyla 42 035 kg, 39 860 kg, 37 437 kg; 3 m makas aralığı bulunan sistemlerin sırasıyla 40 257 kg, 37 373 kg, 35 903 kg ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. Beşik çatılı sera sistemlerinde ise 2.5 m makas aralığındaki 6 m, 8 m ve 9.6 m makas açıklığına sahip sistemlerin sırasıyla ağırlıklarının 41 400 kg, 38 257 kg, 38 080 kg; 3 m makas aralığı bulunan sistemlerin ise 39 723 kg, 37 677 kg, 37 989 kg ağırlığına sahip olduğu belirlenmiştir. Sera sistemlerinin birim alana düşen çelik ağırlıkları Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Birim alana düşen çelik miktarı (kg)

Gotik çatılı tüm sera sistemlerinin ağırlıklarının ortalamaları 38 811 kg ve beşik çatılı tüm sera sistemlerinin ağırlıklarının ortalamaları 38 854 kg olarak hesaplanmış olup iki çatı tipinde de ağırlık açısından anlamlı fark oluşmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bunun sebebi ise sera sistemlerinin TS EN 13031-1(2020) doğrultusunda yatay yer değiştirme değerlerinin limit değerler arasında kalması için kullanılan profil en kesitlerinin Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliğine (Anonim, 2018a) göre yapılan tasarımlardan daha büyük seçilmesidir.



Şekil 4.2. Sera sistemlerinin ortalama ağırlıkları

Çelik yapıların tasarım, hesap ve yapımına dair esaslar yönetmeliği (Anonim, 2018a)'ne göre yapılarda yatay yer değiştirme konusunda limit değerlerin sınırlandırılmasının gerekli olduğu ifade edilmesine karşın, herhangi sınır değer verilmemiştir. Ancak TS EN 13031-1 (2020)'de yatay yer değiştirme açısından sınır değerler net bir şekilde ifade edilmiştir. Çalışmada sera sistemlerinin Anonim (2018a)'e göre analizi yapılmış olup, yatay yer değiştirme sınır değerleri TS EN 13031-1 (2020)'e göre ele alınmıştır. İlgili yönetmelik doğrultusunda analiz gerçekleştirildiğinde ve TS EN 13031-1 (2020) uyarınca yatay yer değiştirme sınırları göz önüne alınmadığı durumda, daha küçük en kesit özelliklerinde profil kullanılabilir. Ancak TS EN 13031-1(2020) standardının sınır değerleri göz önüne alınması gerekmekte olup, sera sistemlerinin yatay yer değiştirme değerleri sınır değerlerinin altında kalması için profil en kesit özellikleri yatay yer değiştirme sınır değerlerinin göz önüne alınmadığı durumlardan daha büyük seçilmelidir. Bu nedenle sera sistemlerinde kullanılan profil en kesitleri daha büyük seçilmiştir.

Makas açıklığı 6 m, 8 m ve 9.6 m olan sistemlerin ağırlıklarının ortalamaları sırası ile 40 854 kg, 38 292 kg, 37 352 kg bulunmuştur (Şekil 4.2). Makas açıklığı 9.6 m olan sistemler 6 m olan sistemlerden %9.3; 8 m olan sistemlerden ise %2.52 daha hafiftir. Makas açıklığı büyüdüğünde profillerin en kesitlerinde büyüme olmasına karşın, kullanılacak malzeme miktarında azalma olduğundan, sera ağırlıkları açıklık arttıkça azalmıştır.

Makas aralıkları 2.5 m olan sistemlerinin ağırlıklarının ortalaması 39 512 kg ve 3 m makas açıklığı bulunan sistemlerin ağırlıklarının ortalaması da 38 154 kg olarak belirlenmiştir. Makas aralığı 2.5 m olan sistemler 3 m makas aralığına sahip sistemlerden %3.56 daha hafif olup, makas aralığı artması ile doğru orantılı olarak profillerin en kesitlerinde büyüme olmuştur. Ancak ters orantılı olarak kullanılan malzeme miktarı azalmasından dolayı yine maliyetlerde düşüş gözlenmiştir.

Çalışmada sera taşıyıcı elemanlarında kullanılan profil tiplerinin farklı kullanılması durumunda sonuçlarda oluşacak değişimi görebilmek amacıyla örnek olarak 8 m makas açıklığında 2.5 m makas aralığında gotik çatılı sistemde kolon profilleri IPE160, makas profilleri 2L70x6/0/, diagonaller 2L50x5/0/ ve aşıklarda UPN80 profil kullanılarak SAP 2000 yazılımında analizi yaptırılmıştır. Analiz sonucunda sera sisteminin ağırlığı 85 773 kg olarak bulunmuş olup, aynı açıklık, aralık ve çatı tipinde olan sistemden %115.19 daha ağır olduğu tespit edilmiştir. Sera emniyet ve taşıma gücü açısından bakıldığında, oluk seviyesinde oluğa dik yöndeki yer değiştirme değeri 41.85 mm, oluğa paralel yönde yer değiştirme değeri 45.16 mm ve en elverişsiz durumda taşıyıcı elemanların en büyük kapasite kullanım oranları makaslarda %98.83 ve kolonlarda %77.91 olmaktadır. Çalışmada yapılan aynı özelliklerdeki sera ile karşılaştırılması yapıldığında çalışmada kullanılan profillerin kullanılmasının, hem ağırlık hem de taşıma gücü açısından daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Maliyet analizlerinde, çatı makaslarının maliyetlerinin hesaplanmasında 2022/3 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabında 15.165.1002 poz numaralı ve “Profil demirlerinden çatı makası yapılması ve yerine konulması” isimli, 28 778.43 ₺ ton⁻¹ birim fiyatlı ve Diğer konstrüksiyon elemanlarında ise 15.165.1001 poz numaralı “Her çeşit profil demirin münferit veya birleşik olarak hazırlanması ve yerine tespit edilmesi (aşık olarak yapılan mertekler, hurdi döşemler, mütemadi kirişler, basit olarak kullanılan münferit çatı aşıkları ve mertekleri, lentolar, hurdi döşemeler, köşe takviye demirleri, kolonlar, dikmeli kolonların bağlanmasında kullanılan hatıllar ve benzeri imalatlar)” isimli, 27 424,96 ₺ ton⁻¹ birim fiyatlı analizler kullanılmıştır. Çelik konstrüksiyonların metraj ve maliyetleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’te verilmiştir.

2022/3 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından ilgili poz numaralı birim fiyat analizleri doğrultusunda çelik konstrüksiyon maliyet analizleri yapılan ve bu analizler sonucunda en ekonomik bulunan sistem, 6 m makas açıklığına sahip olan sistemler içerisinde 1 110 971.80 ₺ ile 3 m makas aralığındaki beşik çatılı sistemdir. 8 m makas açıklığına sahip sistem için 1 050 209.74 ₺ ile 3 m makas aralığında gotik çatılı sistem ve 9.6 m makas açıklığı olan sistem için ise 1 011 221.07 ₺ ile 3 m makas aralığında gotik çatılı sistemler olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. 6 m makas açıklığına sahip olan sistemin metraj ve maliyetleri

Gotik çatılı	2.5 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	24.18	663 244.96
	15.165.1002	Ton	28 778.43	17.85	513 736.13
	TOPLAM			42.04	1 176 981.09
	3 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424 96	23.79	652.321.60
	15.165.1002	Ton	28 778 43	16.47	474.018.73
	TOPLAM			40.26	1 126 340.33
Beşik çatılı	2.5 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	24.18	663 244.96
	15.165.1002	Ton	28 778.43	17.22	495 440.24
	TOPLAM			41.40	1 158 685.20
	3 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	23.79	652 321.32
	15.165.1002	Ton	28 778.43	15.94	458 650.47
	TOPLAM			39.72	1 110 971.80

Çizelge 4.2. 8 m makas açıklığına sahip sistemin metraj ve maliyetleri

Gotik çatılı	2.5 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	21.40	586 829.97
	15.165.1002	Ton	28 778.43	18.46	531 321.19
	TOPLAM			39.86	1 118 151.16
	3 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	18.71	513 160.49
	15.165.1002	Ton	28 778.43	18.66	537 049.25
	TOPLAM			37.37	1 050 209.74
Gotik çatılı	2.5 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	20.45	560 916.40
	15.165.1002	Ton	28 778.43	17.80	512 379.51
	TOPLAM			38.26	1 073 295.91
	3 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	18.71	513 160.49
	15.165.1002	Ton	28 778.43	18.97	545 795.01
	TOPLAM			37.68	1 058 955.51

Çizelge 4.3. 9.6 m makas açıklığına sahip sistemin metraj ve maliyetleri

Gotik çatılı	2.5 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	17.53	480 742.55
	15.165.1002	Ton	28 778.43	19.91	572 901.70
	TOPLAM			37.44	1 053 644.25
	3 m makas aralığı				
Gotik çatılı	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	16.25	445 726.36
	15.165.1002	Ton	28 778.43	19.65	565 494.71
	TOPLAM			35.90	1 011 221.07
	2.5 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
Gotik çatılı	15.165.1001	Ton	27.424.96	17.53	480 742.55
	15.165.1002	Ton	28.778.43	20.55	591 428.10
	TOPLAM			38.08	1 072 170.65
	3 m makas aralığı				
	Poz No	Birim	Birim fiyat (₺)	Kullanılan miktar	Maliyet (₺)
	15.165.1001	Ton	27 424.96	19.22	527 032.59
Gotik çatılı	15.165.1002	Ton	28 778.43	18.77	540 223.51
	TOPLAM			37.99	1 067 256.09

Maliyet analizleri sonrasında 9.6 m makas açıklığındaki sera sistemlerinin ortalama maliyetleri 8 m makas açıklığı bulunan sistemlerin ortalama maliyetinden %2.3 ve 6 m makas açıklığı olan sistemlerin ortalama maliyetinden %8.8 daha ekonomiktir. Makas aralığı 3 m olan sistemlerin maliyetlerinin ortalamasının ise 2.5 m olan sistemlerin maliyetlerin ortalamasından %3.5 daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Gotik çatılı sistemler ile beşik çatılı sistemlerin maliyetlerinin ortalaması karşılaştırıldığında ise anlamlı değişiklik gözlenmemiştir. Sera sistemlerinin maliyetlerinin ortalama değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

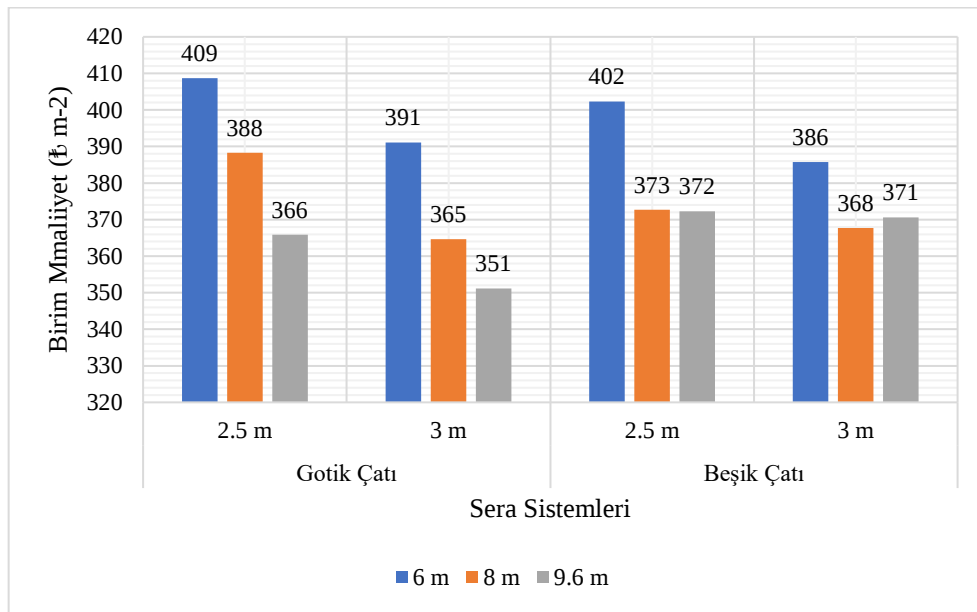
Çizelge 4.4. Sera sistemlerin ortalama maliyetleri

Sistem	Ortalama maliyet (₺)
6 m makas açıklığı	1 143 245
8 m makas açıklığı	1 075 153
9.6 m makas açıklığı	1 051 073
2.5 m makas aralığı	1 108 821
3 m makas aralığı	1 070 826
Gotik çatılı	1 089 425
Beşik çatılı	1 090 223

Makas aralığı 2.5 m olan sistemlerin ortalama maliyetleri 1 108.821 ₺ olurken, 3 m makas aralığına sahip sistemlerde 1 070 826 ₺ olmaktadır. Makas aralığı 2.5 m olan sistemler, 3 m makas aralığına sahip sistemlerden daha ekonomiktir (Çizelge 4.4). Gotik çatılı sistemler ile beşik çatılı sistemlerin maliyetleri arasında anlamlı fark oluşmamıştır.

Sera sistemlerinin gotik çatılı sistemler içerisinde birim alana düşen en düşük maliyetler 9.6 m, 8 m ve 6 m makas açıklığı bulunan sistemler için sırası ile 351.12 ₺ m⁻², 364.66 ₺ m⁻² ve 391.09 ₺ m⁻²'dir. Aynı şekilde beşik çatılı sistemler içerisinde birim alana düşen en düşük maliyetler 9.6 m, 8 m ve 6 m makas açıklığı bulunan sistemler için ise sırası ile 370.58 ₺ m⁻², 367.69 ₺ m⁻² ve 385.75 ₺ m⁻²'dir (Şekil 4.3).

Makas açıklığı ve makas aralığı sera sistemlerinin ağırlıklarını etkilediği gibi, aynı zamanda taşıma gücünü de etkilemektedir. Sera sistemleri incelendiğinde, makas aralığı ve makas açıklığının artması ile doğru orantılı olarak profillerin en kesitleri artmıştır. Ters orantılı olarak kullanılan malzeme miktarı azaldığından, metraj da azalmıştır. Makas açıklığı ve aralığının artmasıyla birlikte sera sistemlerinin ağırlıklarındaki azalma nedeniyle maliyetlerde de azalma olmuştur. Açıklık ve aralığın büyümesiyle birlikte taşıyıcı sistemde kullanılan çeliklerin kapasite kullanım oranlarında da artış gözlenmiştir. Kapasite kullanım oranındaki bu artış, kullanılan taşıyıcı elemanın daha çok gerilmeye maruz kaldığını göstermekle birlikte, makas açıklığı ve aralığı küçük olan sistemlerin taşıma gücü açısından daha güçlü olduklarını göstermektedir.



Şekil 4.3. Birim maliyetler

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çelik konstrüksiyonlu seraların ilk yatırım giderlerinin yüksek olmasına karşın, diğer malzemelerden daha güçlü ve dayanıklı olması, daha az bakım gerektirmesi, hafif, kolay taşınabilir, kolay kurulabilir ve inşaat süresinin kısa olması, elastiki yapısı, estetik, işlevsellik ve süneklik özellikleri yanı sıra her türlü çevre koşullara karşı dayanıklı olması gibi üstünlükleri nedeniyle dünyada olduğu gibi ülkemizde de kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde örtüaltı yetiştiriciliği ayrı bir tarım kolu olarak teknoloji haline gelmiş olmasına karşın, ülkemizde genellikle yapısal sorunların yanı sıra örtüaltı yapılarında üretim ve kalite standartlarına ulaşamadığı ve teknolojik çalışmaların yetersiz kaldığı görülmektedir. Sera tasarımında temel amaç, bitkileri uygun olmayan çevre koşullarından koruyarak en uygun üretim ortamını sağlamak olup, göz önünde bulundurulacak en önemli etken, ekonomik üretimin yapılmasıdır. Genellikle ülkemizdeki seraların projelendirme kriterleri statik ve mukavemet hesaplamaları yapılmadan, bulundukları yörelerin iklim özellikleri göz önüne alınmadan yapılmaktadır. Bundan dolayı çevre koşulları iyi düzenlenmemiş, alt yapısı, mekanizasyon düzeyi, örtü malzemesi, yetiştiricilik ve yapısal yönünden sorunları bulunan yetersiz örtüaltı yapıları ortaya çıkmaktadır.

Yapılan bu çalışmada seraların farklı taşıyıcı sistemlerinin tasarımları, taşıyıcı özellikteki galvanizli çelik yapı malzemeleri ile statik analizi yapılarak ekonomik yönden değerlendirilmiştir. Bu amaçla gotik ve beşik çatılı 6 m, 8 m, 9.6 m makas açıklık ve 2.5 m ile 3 m makas aralığına sahip seralar projelenerek analizi yapılarak, en ekonomik durum ortaya konmuş, sera yapılarının farklı statik tasarımları ve malzeme seçimleri doğrultusunda ekonomik olarak optimizasyonu sağlanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre 9.6 m makas açıklığı bulunan sistemlerin maliyet ortalamaları 6 m makas açıklığı bulunan sistemlerden %8.77; 8 m makas açıklığı bulunan sistemlerden ise %2.30 daha ekonomiktir. Makas aralığı 3 m olan sistemlerin maliyet ortalaması, 2.5 m makas aralığı bulunan sistemlerden %3.50 daha ekonomiktir.

Sonuç olarak 3 m makas aralığında, 9.6 makas açıklığında ve gotik çatılı olan sistem diğer sistemlerden daha hafif ve ekonomik olmaktadır. Emniyet bakımından ise gotik ve beşik çatılı 6 m makas açıklığı, 2.5 m makas aralığı bulunan sistemlerin diğer sistemlerden daha üstün olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışma seraların planlanmasına makas açıklıklarının, makas aralıklarının ve çatı tipinin taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerini nasıl etkilediği ve kullanılacak malzeme kesitlerinin yapı maliyetini nasıl değiştirdiği konusunda ı ışık tutmuştur.

Bu çalışmada seralarda farklı taşıyıcı sistemlerin maliyetlerinin karşılaştırılması yapılmış olup çelik, ahşap ve alüminyum gibi farklı malzemelerin kullanılması durumunda maliyete etkisi araştırılabilir. Yine aynı şekilde sera yüksekliklerinin farklılıkları ve makas tasarımlarının farklılıklarının maliyete etkisinin araştırılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akıllı M., 1987. Seralarda Bitki Çevre İlişkileri. Sera Yetiştiriciliğinde Çevre Koşullarının Düzenlenmesi Kurs Notu, s.1-5, 2-5 Mart, Antalya.
- Aktaş Ç., Z., 2003. Örtü Altı Sebzeçilikte Üretim ve Pazarlama Yapısal Analizi: Kumluca Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. 114s., Antalya.
- Aldrich, R.A. and Bartok, J. W., 1989. Greenhouse Engineering. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, pp. 203, New York.
- Al-Helal, I. M. and Alhamdan, A.M. 2009. Effect of arid environment on radiative properties of greenhouse polyethylene cover. Solar Energy, 83 (6),790-798.
- Alkan, Z., 1977. Sera Planlama ve İnşa Tekniği, Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi Denizli Ön Lisans Yüksek Okulu, Denizli, 205s.
- Alkan, Z., 1986. Sera Planlama ve Yapı Tekniğinde Sorunlar. II. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü 29 Nisan-2 Mayıs, Cilt:1 s.187-202, Adana.
- Anonim, 2007. Sera Yapım Tekniği. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı MEGEP, Ankara,
- Anonim, 2016. Sera Tarımı. <https://defteriniz.com/sera-tarimi-temel-bitki-yetistirciligi/20729/> (31.08.2019).
- Anonim, 2017. 2. Ulusal Seracılık Çalıştayı. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara,
- Anonim, 2018a. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar Yönetmeliği. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 30333, Ankara.
- Anonim, 2018b. Sap 2000 ile yapılabilen analizler. <https://insapedia.com/sap2000-ile-yapilabilen-analizler/> (23.08.2021).
- Anonim, 2020. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. 33737.
- Anonim, 2021. Kolon. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kolon> (27.09.2021).
- Anonim, 2022a, Devlet Meteoroloji İşleri, Tokat Bölge Müdürlüğü Kayıtları, Tokat.
- Anonim, 2022b. Sera Üst Örtü Çeşitleri. <http://www.anka-international.com.tr/tr/m/urunlerimiz/sera-ortu-cesitleri.html> (15.11.2022).
- Anonim, 2022c. Polikarbon Kaplama. <https://www.emineltarim.com/tr/sera-malzemeleri/polikarbon-kaplama.html> (15.11.2022).
- Anonim, 2022d. 2022/3 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- ANSI/AISC 360-10, 2010. Specification for Structural Steel Buildings. American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois, USA.
- Arıcı, İ., 1990. Sera Yapım Tekniği. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Notları. No:44, 112s, Bursa.

- Arslangiray, B., 2008. Çelik yapılarda farklı standartların karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 89s., Eskişehir.
- Aybak, H. Ç., 1999. Sera kuracaklara öneriler I, Hasad Aylık Tarım Dergisi, 164, 16-19., İstanbul.
- Baytorun, A. N. 2016. Seralar. Yapı tipleri, Donanım ve İklimlendirme. Nobel Yayınevi. 454s. Ankara.
- Baytorun, A. N., 1995. Seralar. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:110, Ders Kitapları 29, Adana, 406s., Adana.
- Baytorun, A.N., Tokgöz, H., Üstün, S., Akyüz, A., 1994. Seralarda iklimlendirme olanakları. 3. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, Bildiriler Kitabı, 4-6 Mayıs, s. 303-313, Adana.
- Baytorun, N. ve Gültekin, U., 2017. Orta ve İleri Teknolojiye Sahip Sera Fizibiliteleri. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı, 193 s., Hatay.
- Baytorun, A. N., 2021. Hatay/Arsuz İlçesi Örtüaltı Muz Üretimi Ön Fizibilite Raporu. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı, 27s., Hatay.
- Bohn, R., 1975. Das Deutsche Norm-Gewachshaus nach DIN 11536. AID, Nr. 334, 32.s., Bohn, Almanya.
- Cemek, B., Karaman, S., Ünlükara, A., 2006. Tokat Yöresinde Seraların İklimlendirme Gereksinimleri. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 23 (1), 25-36., Tokat.
- CSI 2016. Analysis Reference Manual for SAP2000, Computers and Structures, Inc., Berkeley, CA, USA.
- Çelikkollu, A., 2014. İkinci Mertebe Etkisi. <http://www.insaathaber.org/ikinci-mertebe-etkisi/> (21.08.2021).
- Çöktü. L., 2010. İnşaat Mühendisliğinde Kullanılan Ticari Yazılımların (SAP2000 ve STA4-CAD) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 Işığında Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 144s., Adana.
- Dalai. S., Tripathy. B., Mohanta. S., Sahu. B., Palai. J. B., 2020. Green-houses: Types and structural components, Protected cultivation and smart agriculture, Sagar Maitra, Dinkar J Gaikwad and Tanmoy Shankar. page 09-17, New delhi.
- de Halleux, D. and Gauthier., 1998. Energy Consumption Due to Dehumidification of Greenhouses Under Northern Latitudes. J. Agric. Engng. Res. 69, 35-42.
- EC3 EN 1993-1-1, 2005. CEN, Eurocode 3, Design of Steel Structures Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. European Committee for Standardisation, Brussels.
- Elsner, V. B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Miströtis, A., Zabeltitz, V. C., Gratraud, J., Russo, G., Suay-Cortes, R., 2000. Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries, Part I: Design Requirements J. Agric.Engng. Res., 75,1-16.

- Emekli, N. Y., Büyüktaş, D., Büyüktaş, K., 2008. Antalya yöresinde seracılığın mevcut durumu ve yapısal sorunları. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Derim Dergisi, 25(1):26-39, Antalya.
- Emekli, N. ve Büyüktaş, K., 2006, Sera Örtü Malzemelerinin Mekanik Özellikleri, Derim Dergisi, 23 (2), s24-35, Antalya.
- Emekli, N. Y., 2007. Antalya İli Kumluca ilçesindeki Seraların Teknik ve Yapısal Yönünden İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 125s., Antalya.
- Fenkli, M., 2012. Antalya Yöresindeki Seralarda Dinamik Dış Yüklerden Dolayı Meydana Gelen Konstrüksiyon Hasarlarının Tespiti ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Çalışma. (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 175s., Isparta.
- Fırat, S. S., 2019. Sera Tipi Hafif Çelik Konstrüksiyon Yapılarda Eleman ve Birleşimlerin Tasarımı. (Yüksek Lisans Tezi), Erzurum Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 369s., Erzurum.
- Günay, A. 1985. Seracılıkta Kullanılan Örtü Malzemeleri ve Karşılaştırılması. Türkiye Seracılık Sempozyumu Bildirileri. Cam Pazarlama A.Ş., 1985/2, s33-46, Ankara.
- Hakgören, F. ve Kürklü, A., 2007. Sera Planlaması. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:6, 184s., Antalya.
- Havuz, F., 2012. Türkiye’de Jeotermal Seracılığın Teknolojik ve Ekonomik Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı, 143s., Ankara.
- Hüsem, M., 2019. Betonarme- Yapı Güvenliği. <https://avesis.ktu.edu.tr/resume/downloadfile/aysegul?key=cc6fb154-d1c3-44f2-9bb5-452b5b46b1f0> (01.08.2021).
- İkizler. Ç., 2019. Katkılı plastik sera örtü malzemelerinin seracılıkta kullanım olanakları: Bursa örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı. 67s., Bursa.
- İlbay, E., 2015. Seracılık (Örtüaltı Bitki Yetiştiriciliği) Sektör Raporu. Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı, Antalya.
- İşbecer, Ö. B., 2010. Antalya İlinde Sera Sebzeciliğinin Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 141s., Isparta.
- Kaptaner, H., 2010. Seracılık Sektör Raporu. Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı.
- Karaman, S., Sözen, Ş. and Sahin, Ş., 2013. Analysis and Design of Greenhouses with SAP2000 Software. Anadolu Journal of Agricultural Sciences ANAJAS, 28, (2), 87-93, Samsun.
- Karayer, A., Severcan, M. H., 2018. Farklı tip betonarme yapıların paket programlar ile analizi ve karşılaştırılması. Black Sea Journal of Engineering and Science, 1 (2), 41-50.
- Kaya, B., 2022, 2022. Çukurova Bölgesi Seralarının Yapısal Özellikleri ile Sulama Sistemleri Yönünden Yeterlilikleri. (Doktora tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Aana Bilim Dalı, 207s, Ankara.

- Kendirli, B., 2004. Sera İşletmelerinin Planlanmasında Sistem Yaklaşımı. Derim, 21 (1), 35-43.
- Keskin, G., 2019. Doğal Havalandırmalı Plastik Serada Bazı İklim Parametrelerinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile Belirlenmesi: Hatay İli Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 81s., Hatay.
- Kohlmeier, D., N. Baytorun, 1990. Seralarda Kullanılan Değişik Örtü Malzemesinin Dış İklim Koşullarında Zamana Bağlı Olarak Işık Geçirgenliğinin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye V. Seracılık Sempozyumu, 17-19 Ekim 1990, İzmir, 35-45.
- Külcü, R., Özay, Y., 2015. Antalya İlinde Kullanılan Sera Plastik Örtülerinin Ekonomik Ömürlerinin ve Değiştirilme Sıklıklarının Değerlendirilmesi. Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi 1 (1), 21-26.
- Mandalık, A., 2001. Tek Açıklıklı Çelik Konstrüksiyon Seralarda Strüktür Ön Maliyetinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı, 105s., İstanbul.
- Mehdiyev, K., 2019. Azerbaycan Şemkir Bölgesi'ndeki Seraların Yapısal Durumu ve Geliştirme Olanakları. (Yüksek Lisans Tezi), Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, 79s., Bursa.
- Olgun, M., 2011. Tarımsal Yapılar. Ankara Üniversitesi Yayınları, No:244, 445 s, Ankara.
- Öneş, A. 2000. Sera Planlama ve Projeleme. Ankara Üniversitesi Basımevi, 151s., Ankara,
- Özalp, Y., 2020. Çelik Taşıyıcı Sistemli Çerçeve Tipi Yapının Çythyde 2016, AISC 360-10 ve Eurocode 3 Yönetmeliklerine Göre Analiz ve Tasarımı. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 228s., Kırıkkale.
- Özçelik, S., 2000. Sera Örtü Malzemelerinin Mekanik Özellikleri ve Bu Özelliklere Etki Eden Faktörler. (Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniv. Fen Bil.Enst., Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 82s., Erzurum.
- Öztürk, H. H., Başçetinçelik, A., 2002. Seralarda Havalandırma. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü Yayınları. Yayın No: 227, 304s, Adana.
- Öztürk, M., 2014. Şişirme Örtülü Sera Geliştirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Adnan Menderes üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 77s., Aydın.
- Rastımadabadi, A., 2021. Mimari anlatımda taşıyıcı sistemler ve duvarlar ders notu, Ondokuzmayıs Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/ayda.rasti/120617/MIM103%20Mimari%20Anlat%C4%B1m%20Teknikleri-I.%2014.%20DERS%20NOTU.pdf> (16.08.2021).

- Saltuk, B., 2005. Mersin İli ve İlçelerinde Bulunan Plastik Seraların Yapısal Yöneden İncelenmesi ve Geliştirme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, 87s., Adana.
- Sevgican, A., Tüzel, Y., Gül, A., 2000. Türkiye’de Örtüaltı Yetiştiriciliği. Türkiye Ziraat Mühendisleri V. Teknik Kongresi Cilt 2, 679-707s., Ankara.
- Solak, M. M., Keleş, G., Taflan, Y., Solak, B., Solak, B., Sağlar, E., Kılıç, D., Karman, S., Albayrak, H., Keleş, E. 2014. Aziziye Termal Sularının Isıtma Amacı İle Seralarda Kullanım Fizibilite Projesi. Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı. Erzurum.
- Şentürk, F., 2015. Sera sigortası genel şartları uygulama esasları, risk inceleme ve polişe esasları, hasar tespiti, uygulama esasları. <https://docplayer.biz.tr/1427399-Sera-sigortasi-genel-sartlari-uygulama-esaslari-risk-inceleme-ve-police-seralarda-hasar-tespiti-uygulama-esaslari.html> (05.10.2021).
- Şimşek, E., Yashlıoğlu, E., Yazgan, S., Dayıoğlu, M. A., Tüzel, Y., Gül, A., Eltez, R. Z., Öztekin, G. B., Kargı, S., Tangolar, S. 2017. Örtüaltı Üretim Sistemleri. T.C. Anadolu Üniversitesi, No:2275, Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1272, Ünite (2,3), s. 14-30, Eskişehir.
- Tecim, V., 2004. Sistem yaklaşımı ve soft sistem düşüncesi. Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 19 (2), s.75-100.
- Tekinel, O., Baytorun, A. N., 1990. Seracılıkta Yeni Teknolojiler. 5. Seracılık Sempozyumu, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, s.11-20, İzmir.
- Tekinel, O., Çevik, B., Oğuzer, V., Kumova, Y., Tülücü, K., Yazar, A., Kanber, R., Baytorun, N. A. 1991. Çukurova’da Kültürteknik Sorunları ve Çözüm Önerileri. Çukurova 1. Tarım Kongresi, s.1-36, 9-11 Ocak, Adana.
- TS 12741, 2001. Sera- Terimler ve tarifleri. Türk Standartları Enstitüsü, 15 s, Ankara.
- TS 12741/T1, 2003, Sera-Terimler ve tarifleri tadil 1. Türk Standartları Enstitüsü, 5 s, Ankara.
- TS 498, 2021.Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri. Türk Standartları Enstitüsü, 28 s, Ankara.
- TS 647, 1979. Ahşap yapıların hesap ve yapım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, 50 s, Ankara.
- TS 648, 1980. Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, 49 s, Ankara.
- TS EN 1990, 2009, Yapı tasarım esasları (eurocode), Türk Standartları Enstitüsü, 70s., Ankara.
- TS EN 10025-1, 2005. Sıcak haddelenmiş yapı çelikleri - bölüm 1: Genel teknik teslim şartları. Türk Standartları Enstitüsü, 26 s, Ankara.
- TS EN 10025-2, 2019. Sıcak haddelenmiş yapı çelikleri - Bölüm 2: Alaşımсыз yapı çeliklerinin teknik teslim şartları, Türk Standartları Enstitüsü, 44 s, Ankara.
- TS EN 10025-5, 2019. Sıcak haddelenmiş yapı çelikleri- Bölüm 5: Atmosferik korozyona dayanımı iyileştirilmiş yapı çeliklerinin teknik teslim şartları. Türk Standartları Enstitüsü, 39 s, Ankara.

- TS EN 10210-1, 2006. Çelik profiller-Sıcak haddelenmiş içi boş alaşımsız ve ince taneli yapı çeliklerinden-Bölüm 1: Teknik teslim şartları. Türk Standartları Enstitüsü, 40 s, Ankara.
- TS EN 10219, 2008. Yapısal çelik borular - Dikişli, alaşımsız, ince taneli çeliklerden soğuk şekillendirilerek kaynak edilmiş - Bölüm 1: Teknik teslim şartları. Türk Standartları Enstitüsü, 36 s, Ankara.
- TS EN 13031-1, 2020. Seralar-Tasarım ve yapım-Bölüm 1: Ticari üretim seraları. Türk Standartları Enstitüsü, 96 s, Ankara.
- TS EN 13206:2017+A1, 2020. Termoplastik kaplama filmleri-Bahçe bitkileri yetiştiriciliği ve tarımda kullanılan. Türk Standartları Enstitüsü, 54 s, Ankara.
- TS EN 1993-1-1, 2022. Çelik yapıların tasarımı - Bölüm 1-1: Genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar (Eurocode 3). Türk Standartları Enstitüsü, 123 s, Ankara.
- TS EN 13031-1/AC, 2022, Seralar- Tasarım ve yapım-Bölüm 1: Ticari üretim seraları, Türk Standartları Enstitüsü, 7s., Ankara.
- Tüzel, T., Gül, A., Daşğın, H. Y., Öztekin, G. B., Engindeniz, S., Boyacı, H. F., 2015. Örtüaltı Yetiştiriciliğinde değişimler ve Yeni Arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Ankara.
- Tüzel, T., Gül, A., Öztekin, G. B., Engindeniz, S., Boyacı, F., Duyar, H., Cebeci, E., Durdu, T., 2020. Türkiye’de Örtüaltı Yetiştiriciliği ve Yeni Gelişmeler. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, Ankara.
- Uluata, A. R., 1981. Seralarda Havalandırma ve Havalandırma Sistemleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Kültürteknik Semineri, s.78-99, 21-23, Erzurum.
- Yağanoğlu, V., 2003. Sera Yapım Tekniği. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notları No: 200, Erzurum.
- Yakut, M., 2007, Çelik kafes yapıların çözüm ve boyutlandırılmasında bilgi teknolojilerinin kullanılması, (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 91s., Samsun.
- Yaman. F. Z., 2007. Geleneksel Ahşap Yapılarda Kullanılan Ahşap Yapı Elemanlarının Uzun Dönem Performansı-Giresun Zeytinlik Mahallesinde Örnek Yapı İncelemesi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana bilim Dalı, 107s., İstanbul.
- Yaslıoğlu, E., Şimşek, E., Yazgan, S., Dayıoğlu, M. A., Tüzel, Y., Gül, A., Eltez, R. Z., Öztekin, G. B., Paydaş Kargı, S. ve Tangolar, S., 2011. Örtüaltı Üretim Sistemleri. Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2275, 230s., Eskişehir.
- Yetkin, Z., 2021. Temel Nedir? Temel Çeşitleri Nelerdir? <https://www.sanalsantiye.com/temel-nedir-temel-cesitleri-nelerdir/> (27.09.2021).
- Yüksel, A. N ve Yüksel, E., 2012. Sera Yapım Tekniği. Hasad Yayıncılık, 272 s, İstanbul.
- Zabeltitz, C., 1990. Greenhouse Construction in Function of Better Climate Control. Acta Horticulturae, 263:357-374.

ÖZGEÇMİŞ

