KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

AHŞAP STRÜKTÜREL ELEMANLARIN MALZEME, FORM VE AÇIKLIK GEÇME OLANAKLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Mehmet Ceyhun BULUT

OCAK 2018

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

AHŞAP STRÜKTÜREL ELEMANLARIN MALZEME, FORM VE AÇIKLIK GEÇME OLANAKLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ

İnş. Müh. Mehmet Ceyhun BULUT

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

"YÜKSEK LİSANS (MİMARLIK)"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18 / 12 / 2017

Tezin Savunma Tarihi : 05 / 01 / 2018

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Nilhan VURAL

Trabzon 2018

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mimarlık Anabilim Dalında
Mehmet Ceyhun BULUT Tarafından Hazırlanan

AHŞAP STRÜKTÜREL ELEMANLARIN MALZEME, FORM VE AÇIKLIK GEÇME OLANAKLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 19 / 12 / 2017 gün ve 1732 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Asiye PEHLEVAN .....

Üye : Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nilhan VURAL .....

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

"Ahşap Strüktürel Elemanların Malzeme, Form ve Açıklık Geçme Olanakları Açısından İncelenmesi" isimli bu araştırma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Nilhan VURAL'a; öğrenim hayatım boyunca edindiğim mesleki bilgilerim için KTÜ Mimarlık Bölümü ve İnşaat Mühendisliği Bölümü ailesine; bana eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Asiye PEHLEVAN, Prof. Dr. Selim PUL ve Prof. Dr. Metin HÜSEM'e; günlük hayatımda ve tez çalışmam süresince yanımda olan değerli arkadaşlarım İnş. Müh. Tanju SAĞLAM, İnş. Müh. Cemal Kürşat AYDIN, İnş. Müh. Kadir ÖZDEMİR, Hrt. Müh. Ferhat TERZİ, Arş. Gör. Alper UZUNALİ, Arş. Gör. Muzaffer Kerem ERTEK, Arş. Gör. Volkan AYDOĞDU, Aybüke GÖKENÇ AKKOÇ, Halil BAŞ ve Yavuz YAVUZYİLMAZ'a; desteklerini ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli aile büyüğümüz Fransızca Dilbilimci Haydar ZEYTİN'e; bana sürekli destek verip yanımda olan Kimyager Ceren BİRİNCİ'ye teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemi sağlayıp hayatım boyunca maddi, manevi beni hep destekleyen anneme, babama ve abime, ayrıca BULUT ve BAHADIR ailelerine en içten sevgilerimi, saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Ceyhun BULUT

Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Ahşap Strüktürel Elemanların Malzeme, Form ve Açıklık Geçme Olanakları Açısından İncelenmesi" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Nilhan VURAL'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 05 / 01 / 2018

Mehmet Ceyhun BULUT

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ……..... III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ..... IV
İÇİNDEKİLER…..... V
ÖZET…..... VII
SUMMARY..... …. VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ..... IX
TABLOLAR DİZİNİ..... XI
SEMBOLLER DİZİNİ..... XV
1. GENEL BİLGİLER..... 1
1.1. Giriş..... 1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı..... 2
1.3. Tanım ve Özellikler..... 4
1.3.1. Ahşap..... 4
1.3.1.1. Ahşabın Yapısı..... 4
1.3.1.2. Ahşabın Özellikleri..... 5
1.3.1.3. Ahşabın Performansını Düşüren Etmenler ve Bunlara Karşı Koruma Yöntemleri..... 6
1.3.1.4. Ahşabın Yapı Üretimindeki Yeri..... 8
1.3.1.4.1. Yapı Üretiminde Kullanılan Ahşap Malzemelerin Sınıflandırılması..... 9
1.3.1.5. Ahşap Yapı Üretiminde Kullanılan Standartlar..... 10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR..... 12
2.1. Literatür Çalışması..... 12
2.1.1. Ahşap Strüktürel Elemanların Malzeme, Form ve Açıklık Geçme Olanakları..... 13
2.1.1.1. Ahşap Strüktürel Elemanlarda Malzeme Kullanımı..... 15
2.1.1.1.1. Yapısal Kompozit Keresteler..... 17
2.1.1.1.1.1. Yapısal Kompozit Kerestelerin Üretim Esasları (Fabrikasyon)..... 24
2.1.1.1.1.1.1. Tomruklama, Ahşap Tabakaların Seçimi ve Hazırlama..... 25
2.1.1.1.1.1.2. Ahşap Tabakaların Uç Eklemeleri ve Tutkallama..... 27
2.1.1.1.1.1.3. Kalıplama ve Presleme..... 31

2.1.1.1.1.1.4. Bitirme, Emprenye ve Ön Montaj İşlemleri 32
2.1.1.1.1.1.5. Nakliye ve Montaj 33
2.1.1.1.1.2. Yapısal Kompozit Kerestelerin Avantajları ve Dezavantajları 34
2.1.1.2. Geniş Açıklıklı Ahşap Strüktürel Elemanlarda Açıklık Geçme Olanakları 37
2.1.1.2.1. Tek Yönlü (Çizgisel) Elemanlar 38
2.1.1.2.1.1. Dolu Gövdeli Basit Kirişler 38
2.1.1.2.1.2. Kemerler 41
2.1.1.2.2. İki Yönlü (Düzlemsel) Elemanlar 43
2.1.1.2.2.1. Çerçeveler 43
2.1.1.2.2.2. Makaslar 45
2.1.1.2.2.3. Kirişli Döşemeler 47
2.1.1.2.3. Üç Yönlü (Hacimsel) Elemanlar 49
2.1.1.2.3.1. Kubbeler 50
2.1.1.2.3.2. Izgara Kabuk Sistemler 52
2.1.1.2.3.3. Katlanmış Plakalar 54
2.1.1.2.3.4. Özel Formlu Sistemler 56
2.2. Analiz Çalışması 56
2.2.1. Veri Toplama ve Örneklerin Seçimi 57
2.2.2. Yapı Analiz Tablolarının Oluşturulması 57
2.2.2.1. Yapıya Ait Bilgiler 58
2.2.2.2. Yapıya Ait Görseller ve İncelemeler 60
3. BULGULAR VE İRDELEME 61
3.1. Yapı ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler 61
3.2. Strüktür Sistemleri ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler 65
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 70
4.1. Strüktür Malzemeleriyle İlgili Sonuçlar 71
4.2. Strüktür Sistemleriyle İlgili Sonuçlar 72
4.3. Genel Sonuçlar 74
4.4. Öneriler 75
5. KAYNAKLAR 76
6. EKLER 103
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

AHŞAP STRÜKTÜREL ELEMANLARIN MALZEME, FORM VE AÇIKLIK GEÇME OLANAKLARI AÇISINDAN İNCELENMESİ

İnş. Müh. Mehmet Ceyhun BULUT

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nilhan VURAL
2018**,** 102 Sayfa, 201 Sayfa Ek

Ahşap, ham maddesi doğada kolay bulunabilen, dayanıklı ve taşıyıcılık kapasitesi yüksek bir malzemedir. Ahşabın günümüz teknolojisiyle birleştirilerek kullanılması doğal ahşabın hem mekanik, hem dayanım, hem de boyutsal sınırlandırmalarını ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle yapılar, özellikleri geliştirilen masif ahşap ve yapısal kompozit keresteler kullanılarak inşa edilebilmektedir. Bu malzemeler istenilen formun uygulanabilmesi ve geniş açıklık geçilmesi için tasarım ve uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Özellikle yapısal kompozit keresteler, pek çok avantajı bünyesinde barındıran ahşap esaslı malzemelerdir ve yük taşıma kapasitelerinin yüksek olmasından dolayı geniş açıklı yapılarda kullanımları tercih nedenidir. Bu tercihte yapısal kompozit kerestelerin üretiminde küçük ahşap parçaların değerlendirilmesi ve ahşap malzemelerin bünyesinde karbon depolaması yoluyla sürdürülebilirliğe katkı sağlaması da önemli bir etkendir.

Yapılan bu çalışmada, geniş açıklıklı ahşap strüktürel elemanların kullanıldığı yapı örnekleri yük dağılım yönlerine göre sınıflandırılmış ve analiz edilmiştir. Çalışmanın amaçları; ahşap strüktürel elemanları ve ahşap strüktürel sistemleri malzeme, form ve açıklık geçme olanakları açısından incelemek; bu konuda bilimsel araştırmalara katkı sağlamak ve ülkemizde ahşap malzemenin yapı strüktüründe kullanımı ile ilgili farkındalık yaratmaktır.

Toplam dört bölümden oluşan bu çalışmada, yük dağılım yönlerine göre on metreden iki yüz metreye kadar açıklıkların farklı formlarda ahşap strüktürler ile geçilebileceği; yüksek dinamik ve statik yük altındaki strüktürlerde ahşabın kullanılabileceği; yangın, salınım ve deformasyon açısından yapısal kompozit kerestelerin diğer malzemelere göre üstünlükleri olduğu ve bu üstünlüğün geniş açıklıklı strüktür oluşturmakta bir avantaj olduğu; ahşabın yapı oluşturmada kullanımının artmasının sürdürülebilirliğe katkı yaptığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, Masif ahşap, Yapısal kompozit kereste, Geniş açıklık, Strüktür

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF STRUCTURAL TIMBER ELEMENTS IN TERMS OF THE MATERIAL, FORM AND SPAN LENGHTS FACILITIES

C.E.Mehmet Ceyhun BULUT

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architectural Graduate Program
Supervisor: Asst. Prof. Nilhan VURAL
2018, 102 Pages, 201 Pages Appendix

Timber, which can be easily as a raw material in the nature, is a material that have durable and high bearing capacity. The production of timber with different techniques by combining with connectors in today's technology eliminates the limits of mechanical, durability and dimensions of timber. For this reason, buildings can be construct by using improved solid woods and structural composite lumbers. These materials provide ease of design and application in order to apply the desired form and to achieve wide span. Especially, structural composite lumber, are wood based materials which carry lots of advantages and are used in this concept. Because of their high capacity of carrying loads, they are the reason of choice in wide span building. The evaluation of small pieces of wood parts or timber disposal in the production of structural composite lumbers in addition to carbon storage in the body of timber materials can also be a factor in turns of sustainable contribution.

In this study the structure examples where these wide span timber structural elements are used are grouped and analyzed according to their load directions The aims of the study; to investigation structural timber elements and structural timber systems in terms of the material, form and span lengths facilities; to contribute to scientific researches and to create awareness about the use of timber materials in the building structures in our country.

In this study, which consist of four parts, have reached the conclusion such as: according to load distribution direction, span of ten meters up to two hundred meters wide can be passed through timber structures indifferent forms; timber can be used in structure under high dynamic and static load; fire, swing and deformation of structural composite lumbers in terms of superiority compared to other materials is an advantage; the use of timber in building construction contributes to sustainability.

Key Words: Timber, Solid wood, Structural composite lumber, Wide span, Structure

ŞEKİLLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Heybeliada Rum Yetimhanesi 14
Şekil 2. Glulam katmanları ve eleman örneği 19
Şekil 3. LVL katmanları ve eleman örnekleri 20
Şekil 4. PSL katmanları ve eleman örnekleri 21
Şekil 5. LSL katmanları ve eleman örnekleri 22
Şekil 6. CLT katmanları ve eleman örneği 23
Şekil 7. Çeşitli ahşap malzemelerin birim boyda yük taşıma kapasiteleri 23
Şekil 8. Laminasyon tekniğiyle üretimi yapılmış ahşap strüktürel eleman 24
Şekil 9. Kompozit kereste üretim ve stok tesisi 25
Şekil 10. Farklı şekillerde kesilerek tabakalama 26
Şekil 11. Tabakaların fırında kurutulma aşaması 27
Şekil 12. Tomruklardan üretilen çeşitli ahşap ürünler 27
Şekil 13. En yönünde birleştirmeler: a-düz birleştirme, b-dişli birleştirme, c-kama dişli (incelen kurtağzı) birleştirme 28
Şekil 14. Boy yönünde birleştirmeler: a-uç-uca birleştirme, b-pahlı birleştirme, c-düşey parmak-geçme birleştirme, d-yatay parmak-geçme birleştirme 28
Şekil 15. LVL elemanlarda pahlı birleşim 29
Şekil 16. İncelen kurtağzı birleşim 29
Şekil 17. Ahşap elemanı tutkallama işlemi 30
Şekil 18. Kalıplama ve presleme işlemleri 31
Şekil 19. Ahşap elemanların emprenye işlemi 32
Şekil 20. Ahşap elemanların paketlenme ve nakliye işlemleri 33
Şekil 21. Ahşap elemanların şantiyede montajı 33
Şekil 22. Yangına maruz kalan 160 mm x 400 mm boyutlu kompozit kerestenin 30 ve 60 dakika sonundaki durumları 35
Şekil 23. Dolu gövdeli basit kirişlerle yapılan yapılar 38
Şekil 24. Düz kirişler 39
Şekil 25. Trapez kirişler 39
Şekil 26. Konsol kiriş 40
Şekil 27. Alttan gergili kirişler 40

Şekil 28. Kemerlerle yapılan yapılar 41
Şekil 29. İki mafsallı kemer 41
Şekil 30. Üç mafsallı kemer 42
Şekil 31. Kafes kemer 42
Şekil 32. Çerçevelerle yapılan yapılar 43
Şekil 33. İki mafsallı çerçeve 44
Şekil 34. Üç mafsallı çerçeve 44
Şekil 35. Makaslarla yapılan yapılar 45
Şekil 36. Üçgen Makaslar 46
Şekil 37. Paralel Başlıklı Makas 46
Şekil 38. Trapez Makaslar 47
Şekil 39. Kirişli döşemelerle yapılan yapı 48
Şekil 40. 60°'lik kirişli döşeme 48
Şekil 41. 90°'lik kirişli döşeme 49
Şekil 42. Kubbe tipi formlarla oluşturulmuş yapılar 50
Şekil 43. Radyal kubbe formları 51
Şekil 44. Jeodezik kubbe formları 52
Şekil 45. Izgara kabuk formları 52
Şekil 46. Tek tabakalı ızgara kabuk sistem 53
Şekil 47. Çift tabakalı ızgara kabuk sistem 54
Şekil 48. Katlanmış plak sistemiyle oluşturulmuş yapı 55
Şekil 49. Katlanmış plak sistemleri 55
Şekil 50. Özel formlarda oluşturulmuş yapı sistemleri 56

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. DIN 4102`ye göre kompozit kerestelerin yangına dayanım sınıfları. 35
Tablo 2. Analizi yapılan yapıların dönemler göre dağılımı 62
Tablo 3. Analizi yapılan yapıların ülkelere göre dağılımı..... 63
Tablo 4. Analizi yapılan yapıların işlevlerine göre dağılımı..... 64
Tablo 5. Analizi yapılan yapıların geçtiği açıklığa göre dağılımı..... 65
Tablo 6. Ahşap strüktürel elemanlarda strüktür açıklığına göre strüktür yüksekliği formülleri..... 66
Tablo 7. Analizi yapılan yapıların geçtiği açıklıkların strüktürel forma göre dağılımı..... 67
Tablo 8. Analizi yapılan yapıların strüktür malzemesine göre dağılımı 68
Ek Tablo 1.1. Tek Yönlü Çizgisel Elemanlar Ait Genel Analiz Tablosu 103
Ek Tablo 1.2. İki Yönlü Düzlemsel Elemanlar Ait Genel Analiz Tablosu 104
Ek Tablo 1.3. Üç Yönlü Hacimsel Elemanlara Ait Genel Analiz Tablosu 105
Ek Tablo 2.1. Yapı Analiz Tablo Örneği 106
Ek Tablo 2.1.1. Palanga Konser Salonu..... 108
Ek Tablo 2.1.2. Manloud Geri Dönüşüm Merkezi..... 110
Ek Tablo 2.1.3. Kaufmann Bobingen Dağıtım Merkezi 113
Ek Tablo 2.1.4. Goldäcker Yüzme Havuzu ve Spor Merkezi..... 115
Ek Tablo 2.1.5. Mistissini Köprüsü..... 117
Ek Tablo 2.1.6. Hilwood Lojistik Merkezi..... 120
Ek Tablo 2.1.7. Afrycarium - Oceanarium Sergi Pavyonu 122
Ek Tablo 2.1.8. Holzformart Üretim Tesisi..... 124
Ek Tablo 2.1.9. Münchinger Dağıtım Binası 126
Ek Tablo 2.1.10. Pollmeier Katı Ahşap Fabrikası..... 128
Ek Tablo 2.1.11. Martin Nadaud Çok Amaçlı Spor Salonu..... 130
Ek Tablo 2.1.12. Autzen Stadyumu..... 132
Ek Tablo 2.1.13. Lord’s Kriket Stadyumu 134
Ek Tablo 2.1.14. Essen Ekmek Fabrikası..... 136
Ek Tablo 2.1.15. St. Gerold Binicilik Salonu..... 138
Ek Tablo 2.1.16. UQAC Arena Spor Merkezi 140
Ek Tablo 2.2.1. Erfurt Arena Buz Pisti 141

Ek Tablo 2.2.2. New Wels Fuar Merkezi 143
Ek Tablo 2.2.3. Norwich Open Akademi 145
Ek Tablo 2.2.4. Richmond Olimpik Stadyumu 147
Ek Tablo 2.2.5. Salzburg Arena Gösteri Merkezi 149
Ek Tablo 2.2.6. South Hedland Şehir Meydanı Performans Örtüsü 151
Ek Tablo 2.2.7. Fretheim Köprüsü 152
Ek Tablo 2.2.8. Marie-Victorin Spor Kompleksi 153
Ek Tablo 2.2.9. Portland Gübre Deposu 155
Ek Tablo 2.2.10. Ulnes Köprüsü 157
Ek Tablo 2.2.11. TC Biel-Bienne Tenis Salonu 158
Ek Tablo 2.2.12. Vitam'Parc Tema Park 160
Ek Tablo 2.2.13. Evenstad Köprüsü 162
Ek Tablo 2.2.14. Håkons Salonu 164
Ek Tablo 2.2.15. IBM Gezici Pavyonu 166
Ek Tablo 2.2.16. Tynset Köprüsü 168
Ek Tablo 2.2.17. Viking Gemisi-Hamar Olimpik Salonu 170
Ek Tablo 2.3.1. Dittersdorf Tuz Deposu 172
Ek Tablo 2.3.2. Donauwörth Tuz Deposu 173
Ek Tablo 2.3.3. LeMay Amerikan Arabaları Müzesi 175
Ek Tablo 2.3.4. ONE Fashion Outlet AVM 177
Ek Tablo 2.3.5. Salaria Spor Köyü Fitnes Salonu 179
Ek Tablo 2.3.6. Kitazawa Kenchiku Ahşap Fabrikası 181
Ek Tablo 2.3.7. Leeds Atık Enerji Santrali 182
Ek Tablo 2.3.8. Hipo Arena Šamorín Binicilik Binası 184
Ek Tablo 2.3.9. Koski Manor Mandırası 186
Ek Tablo 2.3.10. Riesenbeck Uluslararası Binicilik Merkezi 187
Ek Tablo 2.3.11. Hodge Spor Salonu 189
Ek Tablo 2.3.12. Peek & Cloppenburg Köln Mağazası 191
Ek Tablo 2.3.13. Tanne Kilisesi 193
Ek Tablo 2.4.1. Kallnach Çok Amaçlı Salonu 195
Ek Tablo 2.4.2. Palasport Spor Kompleksi 197
Ek Tablo 2.4.3. Sneek Köprüsü 199

Ek Tablo 2.4.4. VAC Avenches Dağıtım Merkezi 201
Ek Tablo 2.4.5. Cavalese Bisiklet ve Yaya Köprüsü 202
Ek Tablo 2.4.6. Kirchdorf Spor Salonu 204
Ek Tablo 2.4.7. Nantes Acil Müdahale Merkezi 206
Ek Tablo 2.4.8. Eloubau Elektrik Bileşenleri Üretim Salonu 208
Ek Tablo 2.4.9. Beer Holzbau AG Üretim Binası 210
Ek Tablo 2.4.10. Kjøllsæter Köprüsü 212
Ek Tablo 2.4.11. Meyrin Buz Pisti 214
Ek Tablo 2.4.12. Pilatus Havacılık Uçak Montaj Binası 216
Ek Tablo 2.4.13. TV Oberneuland e. V. Çok Amaçlı Salonu 218
Ek Tablo 2.4.14. Zuchwil Buz Pisti 219
Ek Tablo 2.4.15. ETH Zurich Üniversitesi Arch_Tec_Lab 222
Ek Tablo 2.4.16. Emmen Keşif Uçağı Eğitim Merkezi 224
Ek Tablo 2.4.17. Herger Klimaholzbau GmbH Doğrama Atölyesi 225
Ek Tablo 2.4.18. i+R GmbH Binası 227
Ek Tablo 2.4.19. Strüby Holzbau AG Üretim Binası 229
Ek Tablo 2.4.20. VS Jedenáctka Spor Kompleksi 231
Ek Tablo 2.5.1. Balkendwarsweg Karayolu Destek Merkezi Tuz Deposu 234
Ek Tablo 2.5.2. Windmill Hill Çalışma Salonu ve Arşivi 236
Ek Tablo 2.5.3. World Design Capital Helsinki 2012 Buluşması Pavyonu 239
Ek Tablo 2.5.4. Luzern Tiyatrosu Box Pavyonu 242
Ek Tablo 2.5.5. Belair Spor Merkezi 244
Ek Tablo 2.5.6. Arena Geisingen Paten Salonu 245
Ek Tablo 2.5.7. Villaz –St. Pierre Çok Amaçlı Spor Salonu 247
Ek Tablo 2.5.8. Montréal Futbol Stadyumu 249
Ek Tablo 2.6.1. Budapeşte Aquaworld Havuzu 252
Ek Tablo 2.6.2. DinoDome Hayvanat Bahçesi 253
Ek Tablo 2.6.3. Eilat Buz Pisti ve AVM 255
Ek Tablo 2.6.4. Izome Kubbesi 257
Ek Tablo 2.6.5. Leylek Yuvası At Çiftliği Salonu 258
Ek Tablo 2.6.6. Superior Dome Spor Salonu 261
Ek Tablo 2.6.7. Brindisi Kömür Kubbeleri 263

Ek Tablo 2.6.8. Ōdate Jukai Kubbesi 266
Ek Tablo 2.6.9. Saldome 1 Tuz Deposu 268
Ek Tablo 2.6.10. Saldome 2 Tuz Deposu 269
Ek Tablo 2.7.1. Canary Wharf Metro İstasyonu 272
Ek Tablo 2.7.2. Friedrichshafen Çok Amaçlı Salonu 274
Ek Tablo 2.7.3. Karlsruhe Yeni Gösteri Merkezi 275
Ek Tablo 2.7.4. Kassel Tren Garı 277
Ek Tablo 2.7.5. Ohrdruf Spor Merkezi 279
Ek Tablo 2.7.6. Mannheim Çok Amaçlı Salonu 280
Ek Tablo 2.7.7. Minna no Mori Şehir Kütüphanesi 283
Ek Tablo 2.7.8. Pompidou-Metz Çağdaş Sanatlar Müzesi 285
Ek Tablo 2.7.9. Savill Ziyaretçi Binası 288
Ek Tablo 2.8.1. Alfriston Yüzme Havuzu 290
Ek Tablo 2.8.2. Binderholz Kontraplak Fabrikası 292
Ek Tablo 2.8.3. Tesco Mağazası 293
Ek Tablo 2.9.1. Hannover Expo Çatısı 295
Ek Tablo 2.9.2. Metropol Parasol Seyir Terası 298
Ek Tablo 2.9.3. Wilkhahn Üretim Binaları 300
Ek Tablo 2.9.4. Bürgenstock Hotels & Resort Tenis Salonu 302

SEMBOLLER DİZİNİ

SCL : *Structurel Composite Lumber* - Yapısal Kompozit Ahşap

Glulam : *Glued Laminated Timber* - Tutkallı Tabakalanmış Ahşap

LVL : *Laminated Veneer Lumber* - Lamine Kaplama Kereste

PSL : *Parallel Strand Lumber* - Paralel Şerit Kereste

LSL : *Laminated Strand Lumber* - Lamine Şerit Kereste

CLT : *Cross Laminated Timber* - Çapraz Lamine Ahşap

FF : Fenol formaldehit

PRF : Fenol resorsinol formaldehit

MUF : Melamin üre formaldehit

A.B.D. : Amerika Birleşik Devletleri

CWC : *Canadian Wood Council* - Kanada Ahşap Konseyi

AITC : *American Instute of Wood Construction* - Amerikan Ahşap Standartları Enstitüsü

DIN : *Deutsches Institut für Normung* - Alman Standartlar Enstitüsü

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

vb : ve benzeri

m : metre

cm : santimetre

cm^2 : santimetre kare

mm : milimetre

mm^2 : milimetre kare

m^3 : metre küp

N : Newton

kg : kilogram

kgf : kilogramkuvvet

gr : gram

MPa : megapascal

C : celcius

1. GENEL BİLGİLER

1.1.Giriş

Tarihsel sürece bakıldığında endüstri devrimiyle biçimlenen sosyal, ekonomik ve çevresel koşullar, yoğun nüfus ihtiyacına cevap vermek için kısa sürede hızlı ve plansız kentleşme ortamını hazırlamıştır[1]. Buna bağlı olarak günümüz inşaat sektörü, kullandığı teknoloji sonucunda yüksek oranda doğal kaynak ve enerji tüketimi gerektiren ve birçok zararlı madde içeren malzemeleri kullanıp çeşitli çevre sorunlarına yol açmaktadır[2]. Söz edilen olumsuzluklar düşünüldüğünde yaşanılan çevreyi gelecek nesillere sağlıklı bir şekilde bırakabilmek için, kullanılan malzemelerin çevreye zarar vermeyen, sağlık koşullarına uygun ve yenilenebilir olması dikkat edilen bir konu haline gelmiş ve bunun sonucunda sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır.

Sürdürülebilirlik, insan ile doğa arasında denge kurarak doğal kaynakları tüketmeden gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına ve kalkınmasına imkân verecek şekilde bugünün ve geleceğin yaşamını programlama demektir. Sürdürülebilirlik; sosyal, çevresel, ekonomik, mekânsal ve kültürel boyutları olan bir kavramdır[1].

Sürdürülebilir bir yapı yapılırken çevresel kaynakların korunması temel esastır. Kaynakların korunmasıyla hem sağlıklı hem de ekonomik yapılar yapılmakta ve bu kriterlere bağlı olarak ekolojik, ekonomik ve sağlığa uygunluk açısından yapılarda kullanılan diğer malzemelere göre ahşap, sürdürülebilirliği destekleyen üstün bir malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ahşap yenilenebilir ve fazla atık oluşturmadan üretilebilir doğal bir yapı malzemesidir, sağlığa zararlı madde içermez, üretiminde kullanılan fosil enerji miktarı düşüktür, bünyesinde karbondioksit depolar[3]. Isı ve ses yalıtımı konusunda elverişlidir ve tutuşabilir bir madde olmasına rağmen yangın davranışı uygundur[4]. Hammaddesi ahşap olan elemanlar ömürleri bitince yeniden kullanılabilir, biyolojik yolla yok edilebilir, kolayca depolanabilir, nakledilebilir, enerji veya hammadde olarak değerlendirilebilirler. Ahşap yapıların üretimi hızlıdır[5].

Zaman, konfor ve güvenliğin günümüzde önemli unsurlar olduğu göz önüne alındığında ahşap malzemelerin yapılarda çelik ve betonarme gibi ana strüktür malzemesi

olarak uygulanmasını düşünmemek imkânsızdır. Ahşap, endüstrinin gelişmesiyle yapılarda hem strüktürel eleman olarak kullanılmakta hem de ahşap esaslı ürünlerle tamamlayıcı malzeme olarak görev yapmaktadır. Bu bağlamda günümüzde yapı üretimi için sürdürülebilirlik kavramıyla örtüşen bir malzeme olan ahşabın kullanımı gittikçe artmaktadır. Özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerinde ahşabın taşıyıcı malzeme olarak kullanıldığı kamu yapıları ve özel yapıların inşa edildiği görülmektedir.

Ahşap ilk zamanlarda ham maddeye yakınlık nedeniyle daha çok kırsal kesimlerde fabrikasyondan geçirilmeden kullanılmış, zamanla teknolojinin ilerlemesi ve çevre bilinciyle oluşan sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasıyla farklı üretim teknikleriyle işlenerek yapılarda uygulanmıştır. Ahşap malzemeler, günümüzde birçok ülkede montaj, estetik, konfor, dayanım, hafiflik, bakım, sağlık gibi avantajlarının önde olması nedeniyle çeşitli yapılarda ana taşıyıcı strüktür olarak tercih edilmekte ve strüktürel eleman olarak yapılarda masif ahşap ve yapısal kompozit keresteler kullanılmaktadır.

Masif ahşap malzemeler, ham ahşabın fabrikada temel koruma işlemlerinden geçirilerek kullanıma hazır hale getirilmesiyle oluşturulurlar. Bu malzemelere koruma işlemleri haricinde fazla bir endüstriyel süreç uygulanmaz. Masif ahşap, mekanik değerler ve form açısından sınırlı değerlere sahip olsa da uygulamada malzemenin ana strüktür olarak kullanıldığı örnekler mevcuttur.

Yapısal kompozit keresteler, ahşabın endüstriyel süreçlerden geçirilip işlenmesiyle ortaya çıkmıştır. Özellikle ham halin ortaya koyduğu dezavantajların üstesinden gelip strüktürün taşıma kapasitesini arttırmasından dolayı bu tür malzemeler, geniş açıklıkları daha kolay geçme imkânına sahiptir ve geniş açıklıklı yapılarda kullanımına pek çok örnek vermek mümkündür.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Ahşap, ham maddesi doğada kolay bulunabilen ve yapı malzemesi olarak kullanılabilen temel bir malzemedir. Ahşabın günümüz teknolojisiyle birleştirilerek kullanılması doğal ahşabın mekanik, dayanım ve boyutsal sınırlandırmalarını ortadan kaldırmakta ve normalde çelik ve betonarme ile geçilebilecek geniş açıklıkları ahşap ile geçebilmeye imkân tanımaktadır.

Ahşap strüktürel elemanların malzeme, form ve açıklık geçme olanakları açısından incelendiği bu çalışmanın amaçları:

1. Değişik yapı tiplerine göre kullanılan strüktürleri incelemek,
2. Yapılarda kullanılan ahşap strüktürel sistem türlerine göre geçilebilecek açıklıkları, strüktürlerin kullanım yerlerini ve işlevsel açıdan strüktürel formlara uygun olan yapı türlerini göstermek,
3. Geniş açıklıklı yapılarda kullanılan ahşap strüktürleri sınıflandırıp kullanılan malzemeleri tanıtarak ahşap yapılar ile ilgili sınırlı sayıda kaynağa katkı sunmak ve bu konuda araştırmacılara başvurabilecekleri bir kaynak sağlamak,
4. Geniş açıklıklı yapılarda (spor salonu, konferans salonu vb.) ahşabın strüktürel olarak kullanılabilirliğini farklı yönlerden ele almak ve ahşap malzemenin ülkemizdeki yapı strüktürlerinde kullanımının yaygınlaşmasına katkı sunmak,

olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında çeşitli ülkelerde tamamlanmış ve strüktürü 10 metrenin üzerinde açıklık geçen ahşap elemanların kullanıldığı yapı örnekleri yük dağılım yönlerine göre ele alınmış ve bu örneklerde uygulanmış olan strüktür tipleri irdelenmiştir. Bu amaçla, ahşabın özelliklerini ve yapı strüktürleri için üretilen ahşap malzemeleri (masif ahşap ve kompozit keresteler) gösterme; üretilen malzemelerin yapı formuna bağlı olarak geniş açıklıklı strüktürlerde (düz kirişler, makaslar, kemerler, kubbeler vb.) kullanımı, kullanılan strüktür sistemlerin geçebileceği açıklık ve yükseklik miktarını, kullanım yerini, avantajlarını ve dezavantajlarını gösterme; strüktürlerin biçimsel özelliklerine ek olarak mekanik yönlerinin incelenmesi; ayrıca farklı disiplinlerin (mimarlık ve inşaat mühendisliği) ortak bir araştırması olması bu çalışmanın kapsamında ortaya koyulmaktadır. Bu çalışmada incelenmiş olan yapıların maliyetleri ve mevcut yapı fiziği sorunları kapsam dışı bırakılmıştır.

1.3. Tanım ve Özellikler

1.3.1. Ahşap

Ahşap, canlı bir organizma olan ağacın meydana getirdiği, lifli, homojen ve anizotrop bir dokuya sahip organik esaslı doğal bir malzemedir[6].

1.3.1.1. Ahşabın Yapısı

Ahşap, bünyesinde bulunan odunun hücre yapısından dolayı diğer yapı malzemelerine oranla daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu yapıyı üç kısma indirgemek gerekirse bunlar; ahşabın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısı olarak sıralanabilir[7].

Ahşabın fiziksel yapısına bakıldığında, hammaddesi olan ağacın en kesitinin iç içe halkalardan oluştuğu görülmekte ve bu doku da mukavemetini etkilemektedir[7]. Ahşabın mukavemeti ve işlenebilirliği liflere paralel olarak artar. İşlenebilirlik, ahşabın sertliğini ve yumuşaklığını da etkilemektedir. Ahşaplardan büyük hücre boşluklarına sahip olanları yumuşak, uzun liflere sahip olanları yüksek mukavemetli olur[6].

Ahşabın kimyasal yapısı genel olarak bitkisel hücrelerden meydana gelir. Hücre zarını oluşturan esas maddeler selüloz, lignin ve hemiselülozdur. Özellikle selüloz ve lignin kuru odun ağırlığının % 80 - 85'lik bölümünü oluşturur[7]. Selüloz, hücrelerin yapısının yumuşak halde olmasını sağlar; lignin ise liflerin yapısının sert ve mukavemetli olmasını sağlar[6]. Belirtilen bu maddeler dışında ağacın yapısında reçine, yağ, albümin, mum, tanen ve bazı boyalı maddeler de bulunmaktadır[7].

Ahşabın biyolojik yapısını oluşturan en küçük doku birimi olan hücreler; traheler, traheidler, paranşim hücreleri ve skleranşim lifleri olarak sıralanabilir[7].

1.3.1.2. Ahşabın Özellikleri

Ahşabın özellikleri fiziksel ve mekanik olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir.

Ahşabın fiziksel özellikleri, dış görünümün yanı sıra nem oranı, yoğunluk, özgül ağırlık, şişme ve büzülme, iletkenlik ve dayanıklılık olarak sıralanabilir.

- Nem, ahşap malzemenin mukavemetini etkileyen bir faktördür. Eğer ahşap neme maruz kalırsa mukavemetinde belli oranda düşme görülür ve mukavemet azalışı % 30 nem oranından sonra sabit kalır. Ancak, ahşabın nemli bir ortamda hava ile teması kesilirse uzun seneler bu oranda dayanımını sürdürür. Ahşap, normal kullanımda 30 - 120 yıl, tatlı su içerisinde 50 - 500 yıl, rutubetsiz ortamda 500 - 1000 sene mukavemet göstermektedir[10].
- Ahşabın yoğunluğu, ağaç türüne göre genellikle 320 - 720 kg/m^3 aralığındadır. Ağacın nem oranının artmasıyla kütlesi ve hacmi artar, sonuç olarak yoğunluğu değişir[11]. Ahşabın % 15 nem oranına karşılık gelen yoğunluğu (D15) "normal yoğunluk" ahşap malzemenin önemli karakteristiklerindendir[10].
- Özgül ağırlık genel olarak, madde yoğunluğunun su yoğunluğuna oranıdır. Ahşapta ise hücre duvarı miktarının ölçülmesine dayanır. Ahşabın nem oranı % 0 kabul edilerek ağırlığının, aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranı hesaplanarak bulunur[8]. Ahşabın özgül ağırlığı, ağacın türüne ve tomruktan biçilip alındığı bölüme göre değişkenlik göstermektedir[12].
- Ahşapta şişme ve büzülmeye emme suyu neden olur ve bu durum ahşabın çalışması olarak nitelendirilir. Doku yoğunluğu yüksek olan ahşap, doku yoğunluğu az olan ahşaba göre daha çok çalışır ve bu, yapıdaki deformasyon oranında artışa neden olur. Deformasyon, ahşap lifleri yönüne göre farklılıklar gösterir. Ahşaptaki çalışma liflere paralel yönde çok az olsa da liflere ve yaş halkalarına dik yönde çok daha fazladır. Ahşapta çalışmalar iç gerilmelere neden olacağından çatlamalar olabilir. Bu yüzden yapılarda kullanılacak ahşabın fırınlarda nem oranının optimum seviyelere düşürülmesi ve yapı ömrü boyunca neme karşı korunması gerekmektedir[10].
- Ahşabın iletkenliği elektrik, ses ve ısı açısından ele alınır. Ahşabın elektrik iletkenliğini bünyesinde bulunan nem etkiler. Nem oranı düşük ahşaplar elektriği iletmez[10]. Ahşabın ses iletkenliği, elastisite modülü ile doğru; yoğunluğu ile ters orantılıdır. Ayrıca, nem oranı veya sıcaklık arttıkça, ses iletkenliği azalır. Ahşabın ısı

iletkenliği, hücre yapısını oluşturan selüloz nedeniyle düşüktür[9]. Dolayısıyla, dokular arasındaki boşluklu yapı ne kadar fazla ise ahşap o derece yalıtkan özellik gösterir[10]. Ancak ahşabın ısı iletimi özelliği, türüne ve liflerin yönlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir[13]. Ahşap malzemenin strüktürel eleman olarak kullanıldığı durumlarda ısı iletkenliği önem kazanmaktadır. Isı iletkenlik katsayısının çelik gibi malzemelere göre düşük olması ahşap malzemeye yangın anında ek bir dayanım sağlamakta ve dayanımın daha geç kaybolup çökmenin gecikmesine neden olmaktadır[12].

- Ahşabın dayanıklılığı, ahşaba herhangi bir önlem almadan mikroorganizmalara karşı koyabilme yeteneğine denir. Ağaç türlerinin dayanıklılık değerleri tatlı suda, toprakla temasta iken ve havada farklılık göstermektedir. Alınan çeşitli kimyasal önlemlerle selüloz ve ligninle beslenen mikroorganizmalara karşı ahşap korunabilir[10].

Ahşabın mekanik özelliklerinin bilinmesi, her ağacın farklı dayanıma sahip olması, yapı strüktüründe kullanılacak ağaçların türünü ve boyutunu etkilemesinden dolayı çok önemlidir. Ahşabın mekanik özellikleri; boyut ve şekil değiştirmelere, gerilme ve kırılmalara yol açan dış kuvvetlere ve çeşitli yüklemelere karşı koyma derecesini ve durumunu belirten özellikler olarak adlandırılmaktadır ve bunun diğer bir adı da dayanımdır. Ahşabın mekanik özellikleri; elastikiyet modülü, aşınma direnci, sertlik direnci, basınç direnci, çekme direnci, eğilme direnci, makaslama direnci, yarılma direnci ve dinamik eğilme (şok) direnci olarak gösterilebilir[7]. Ancak ahşabın dayanımında özellikle paralel basınç, paralel çekme ve eğilme dirençleri önemlidir.

1.3.1.3. Ahşabın Performansını Düşüren Etmenler ve Bunlara Karşı Koruma Yöntemleri

Ahşap, büyük oranda organik çok küçük oranda da inorganik maddelerden meydana gelen hücrelerden oluşmuş bir malzemedir. Organik maddeler nedeniyle doğal bir ürün olan ahşabın mantarlar ve böcekler tarafından biyolojik zarara uğratılması ağacın genetik potansiyeli ve yetiştiği çevre şartlarına göre değişmektedir. Özellikle ahşabın kullanıldığı ortamda ışık, sıcaklık, rutubet gibi çevre şartları biyolojik zararın önemli nedenlerindendir[12].

Ahşabın biyolojik zarara ve boyut değiştirmelere maruz kalmadan korunması için kullanılmadan önce kurutulup, çeşitli işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir, aksi takdirde biyolojik zarara maruz kalması kaçınılmazdır. Bu amaçla ahşabın korunması için iki ana yöntem vardır ve bunlar şu şekilde sıralanabilir[12]:

1. Pasif Önlemler
2. Aktif Önlemler

Pasif önlemler, ahşabın dış etkilere karşı korunmasından daha çok malzemenin fonksiyonunu etkilemeyecek şekilde çalışmasına imkân verecek yapısal önlemler alınmasıdır. Örneğin, çeşitli yatay ve dikey elemanlarda malzemenin çalışmasına imkân verecek birleşim boşlukları bırakmak bu tür bir önlemdir[12].

Aktif önlemler, ahşabın korunmasını sağlayan en etkin yöntemlerdir. Biyolojik yapıya sahip ahşabı deformasyona uğratan bitkisel (mantarlar) ve hayvansal (böcekler, deniz canlıları vb.) zararlılara, ateşe ve boyut değiştirmeye karşı korumak için malzeme boşluklarına kimyasal madde yerleştirme işlemine kimyasal koruma ya da emprenye denir. Emprenye edilmiş ahşap malzemenin dayanıklılığı artmakta, sağlamlığı ve direnci değişmeden uzun yıllar (30 - 50 yıl ya da daha fazla), hatta birçok yerde yüzlerce yıl hizmet vermektedir. Koruma işleminde kullanılacak emprenye maddesine ve tekniğine karar vermeden önce ahşap malzemenin kullanım alanını bilmek gerekir[12]. Ahşap malzemenin kullanım alanı belirlendikten sonra emprenye maddesi seçiminde çevreye uyumlu, insan sağlığı bakımından problem yaratmayan ve malzemeyi güvenilir şekilde koruyan kriterleri göz önüne alınır[14]. Uygulamada kullanılan tekniklerden basınçsız yöntemler; fırça ile sürme, püskürtme, kısa süreli batırma ve daldırma tekniklerdir. Özellikle daldırma tekniği yapısal ahşabın emprenyesinde sık olarak kullanılmaktadır. Basınçlı yöntemlerde ise, ahşap malzemeye kapalı silindirlerde birbirini izleyen vakum ve basınç işlemleriyle kimyasal koruyucu yeterli olarak ya da tamamen nüfuz ettirilir. Tel direkleri, traversler, temel kazıkları, iskele direkleri ve bina strüktürlerinde bu yöntemler kullanılır. Emprenye edilmiş ve edilmemiş malzemenin maliyeti yıllara bölündüğünde, emprenye edilmeyen malzemenin maliyetinin daha yüksek olduğu görülmektedir[14].

1.3.1.4. Ahşabın Yapı Üretimindeki Yeri

Tarih boyunca geleneksel sivil mimari strüktürlerinde görülen ahşap malzeme, günümüzde kullanılan diğer yapı malzemelerinin yanında, genel yapı sektörü içinde teknolojik gelişmelere paralel olarak kaynağını yenileyebilen, doğal bir mühendislik malzemesi olarak önemini her geçen gün biraz daha arttırmaktadır[15].

Ahşabın yapı strüktüründe neredeyse doğadan elde edildiği şekliyle ya da çok az işlenip ilkel teknikler uygulanarak kullanılması, barınma ihtiyacıyla başlar ve uzun yıllar denenip oluşturulan geleneksel yapım teknikleriyle strüktürler oluşturulmasıyla devam eder[47, 48]. Ancak ahşap, yapı üretiminde tek bir amaçla kullanılmayıp strüktür, kaplama malzemesi, yardımcı eleman gibi pek çok amaçla kullanılmaktadır. Geniş açıklıklı yapılarda ahşabın strüktür malzemesi olarak kullanılması 20. yüzyılın başlarına rastlamaktadır. Gittikçe yaygınlaşan sanayileşmenin ortaya çıkardığı ihtiyaçlar ile I. Dünya Savaşı öncesinde ve savaş yıllarında değerli bir silah hammaddesi olan çeliğin yapı alanından çekilmesi, ahşap malzemenin farklı işlevdeki yapılarda yoğun olarak kullanılmasını gerektirmiştir. Bugün kullanılan ahşap malzemelerdeki modern birleşim elemanlarının birçoğunun bulunması, ahşabın çeşitli dış etkilere karşı korunmasını sağlayan ürünlerin ve kullanma yöntemlerinin geliştirilmesi de bu dönemde olmuştur[16].

Günümüz yapılarında strüktür elemanı olarak kullanılan ahşap malzemeler kullanım amacına göre değişmekte ve mekanik değerler bakımından masif ahşaba göre daha avantajlı olan kompozit keresteler yoğunlukla kullanılmaktadır. Üretildikleri ilk yıllarda isim verilmemesine rağmen geliştirilen kompozit keresteler II. Dünya savaşından önce uçak endüstrisinde kullanılmıştır. Lifleri paralel tutkallanmış ladin kaplamalardan, yüksek direnç özelliğinden dolayı uçak kanatlarında, kanatların destek kirişlerinde ve uçakların diğer yapısal elemanlarının yapımında yararlanılmıştır[17]. Uçak sanayisinde kullanılan bu tür ahşabın çok yüksek mukavemet göstermesinden dolayı yapı malzemesi olarak kullanılması gündeme gelmiştir.

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanımındaki ikinci büyük aşama, II. Dünya Savaşı ve onu izleyen yıllarda olmuştur. Savaş sanayi kollarında geliştirilmiş olan, sıcağa ve rutubete dayanıklı yapay reçine tutkalları yapı strüktürlerindeki ahşap elemanlarda kullanılmıştır. Tutkalların geliştirilmesi yapısal kompozit kerestelerin tercih edilmesini sağlayarak özellikle geniş açıklıklı yapı strüktürlerinin inşa edilmesini hızlandırmıştır[16]. Günümüze kadar inşa edilen yapıların geneline bakılınca yapısal

kompozit kerestelerin yoğunlukla kullanılmasının yanında fabrikasyon süreçlerden geçirilen masif ahşap malzemelerin de kullanıldığı görülmüştür.

1.3.1.4.1. Yapı Üretiminde Kullanılan Ahşap Malzemelerin Sınıflandırılması

Doğada yaklaşık 40.000 tür değişik ağaç vardır fakat, günümüzde bu türlerin yaklaşık 600'ünden ahşap elde edilmektedir. Ağaç türleri; renkleri, dokuları, sertlikleri, taşıma kabiliyetleri, dayanıklılıkları, boya tutma kabiliyetleri, kurutulma kolaylıkları ve lif düzgünlükleriyle birbirinden ayrılırlar[18]. Yapı üretiminde kullanılan ağaçlar iğne yapraklı (yapraklarını dökmeyen açık tohumlular - kozalaklı) ve geniş yapraklı (yapraklarını döken - kapalı tohumlular) olmak üzere iki grupta incelenir[16].

- İğne Yapraklı Ağaçlar (Kozalaklı): İğne yapraklı ağaçlara, yumuşak ağaçlar da denir. Yapı üretiminde kullanılan ahşabın % 80'i bu ağaçlardan elde edilir. Bu ağaç türleri çamlar ve köknarlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Ayrıca sedir, ladin ve selvi ağaçları da bu türlere dâhil edilebilir[16].
- Geniş Yapraklı Ağaçlar (Kapalı Tohumlular): Geniş yapraklı ağaçlar, işlenmesi zor, sert ve çok dayanıklıdırlar. Bu ağaçların başında meşe gelir. Kayın, gürgen, dişbudak ve ceviz de geniş yapraklı ağaç türlerindendir[16]. Sert ağaç türleri, ekonomik olmadıklarından yapı endüstrisinde tercih edilmez[19].

Ağaçlar yapılarına göre farklı sertlik dereceleri göstermektedirler. Genel olarak çabuk yetişen ağaçlar gevşek dokulu, hafif ve yumuşak olmaktadırlar. Yavaş yetişen ağaçlar ise sıkı dokulu, ağır ve sert olmaktadır. Bundan dolayı sertlik derecesine göre ağaçlar; sert ağaçlar, orta sert ağaçlar ve yumuşak ağaçlar olarak üç gruba ayrılırlar[3]:

- Sert ağaçlar: Akçaağaç, dişbudak, kayın, meşe
- Orta sert ağaçlar: Çamlar, köknarlar, karaağaç, kestane
- Yumuşak ağaçlar: Kavak, kızılağaç, kiraz, ladin

Hem işlenebilme özellikleri hem de mukavemet özellikleri açısından yapı üretiminde orta sert ve yumuşak ağaç türleri kullanılmaktadır. Çam ve ladin türleri, yapı endüstrisinde en fazla tercih edilen ağaçlardır.

1.3.1.5. Ahşap Yapı Üretiminde Kullanılan Standartlar

Ahşap yapı üretimiyle ilgili dünya çapında kabul görmüş çeşitli standartlar vardır. Bu standartlar, ülkelerin kendi dinamiklerine göre ve çeşitli saptamalar sonucu oluşturmuşlardır. Kanada'da Kanada Ahşap Konseyi (*Canadian Wood Council* - CWC), ABD'de Amerikan Ahşap Standartları Enstitüsü (*American Instute of Wood Construction* - AITC), Avrupa'da 1973'te başlatılan ve yürürlüğe sokulan Eurocode5 (EC5) standardı bunlardan birkaç tanesidir[13]. Ayrıca Alman Standartlar Enstitüsü (*Deutsches Institut für Normung* - DIN)'de ahşap yapılar konusunda standartlara sahiptir. Türkiye'de yapısal ahşapla ilgili standart çalışmalarını yapan kuruluş Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'dür ve TSE'de ahşapla ilgili standartları belirlerken genellikle Eurocode5'den yararlanmıştır. TSE tarafından yayımlanan ahşap yapı standartlarının en önemlileri şunlardır[49];

TS 647	Ahşap yapıların hesap ve yapım kuralları
TS EN 1995-1-1	Eurocode 5: Ahşap yapıların projelendirilmesi bölüm 1-1: Genel kurallar ve bina kuralları
TS EN 1995-1-2	Ahşap yapıların tasarımı - Bölüm 1-2: Genel - Yapısal yangın tasarımı (Eurocode 5)
TS EN 1995-2	Ahşap yapıların tasarımı - Bölüm 2: Köprüler
TS EN 14080	Ahşap Yapılar - Tutkallı lamine kereste ve tutkallı masif ahşap - Özellikler
TS EN 14081-1	Ahşap yapılar - Dikdörtgen kesilmiş yapı kerestelerinin mukavemet sınıflandırması - Bölüm 1: Genel özellikler
TS EN 16351	Ahşap yapılar - Çapraz tabakalanmış ahşap levha - Gerekler
TS EN 14374	Ahşap yapılar - Soyma tabakalı yapısal lamine kereste - Gerekler
TS EN 386	Tutkallanmış lâmine kereste - performans özellikleri ve asgarî imalat şartları

TS EN 387	Tutkallı lamine ahşap - Geniş kama dişli birleştirmeler- Performans ve asgari üretim özellikleri
TS EN 390	Yapıştırılmış lamine kereste - Boyutlar - Kabul edilebilir sapmalar
TS EN 14279+A1	Soyma tabakalı lamine kereste (LVL) - Tarifler, sınıflandırma ve özellikler
TS EN 1194	Yapı keresteleri - Yapıştırılmış lamine kereste- Mukavemet sınıfları ve karakteristik değerlerin tayini
TS EN 408+A1	Ahşap yapılar - Yapı kerestesi ve tutkallanmış lamine kereste - Bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tez kapsamında yapılan çalışmalarda, ahşap strüktürel elemanlar yapı formuna göre açıklık geçme ve bu elemanların üretiminde kullanılan ahşap malzemelerin özellikleri, üretimi, avantajları ve dezavantajları açısından incelenmiştir. Ekler kısmında geniş açıklıklı olarak inşa edilen ve yük taşıma yönlerine göre sınıflandırılan 100 adet yapı örneği analiz edilmiştir.

Bu çalışmanın yürütülmesinde,

1. Literatür Çalışması
2. Analiz Çalışması
   - Örneklerin seçimi
   - Yapı analiz tablolarının oluşturulması
   - Yapıların analizi

aşamaları izlenmiştir.

2.1. Literatür Çalışması

İnsanoğlunun en temel ihtiyaçlarından biri barınma olduğundan bu doğrultuda ihtiyaçların giderilmesi amacıyla ahşap malzemeyi tarih boyunca kullanmıştır. Ahşap malzemenin barınma gibi temel bir ihtiyaçta kullanılması ile ahşap sürekli olarak güncelliğini korumuştur. İlk zamanlarda ham hale yakın bir şekilde kullanılan ahşap, teknolojinin gelişmesiyle çeşitli fabrikasyon işlemlerden geçirilmiş, böylece ahşabın hem açıklık geçme yeteneği artmış hem de kullanım süresi uzamıştır. Teknolojiyle buluşan ahşap malzeme ileri süreçlerde sadece barınma ihtiyaçlarını gidermek amaçlı üretilen konutlarda değil aynı zamanda köprü, konferans ve spor salonları, depolar, alış-veriş merkezleri gibi geniş açıklıklı yapıların ana taşıyıcı strüktürlerinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Geniş açıklıklı strüktür kavramı, yapıların işlevselliğini çoğaltmak için geçilen açıklık miktarını arttırmak düşüncesinden ortaya çıkmıştır. Ahşapla geniş açıklıklı strüktür oluşturma düşüncesi ülkemizde fazla bilinmese de dünyanın pek çok ülkesinde

yıllardır uygulanmaktadır. Ahşabın gelişen yapı teknolojilerinde beton ve çeliğe alternatif bir ürün olması sebebiyle dünyada kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Özellikle teknolojinin gelişmesi, kullanımın ve bilincin artmasıyla 20. yüzyılın ikinci yarısından başlayarak ahşabın geniş açıklıklı yapı oluşturmada kullanımı artmıştır ve zamanla artmaya devam edeceği düşünülmektedir. İncelenen konu, gelişmelere açık olması ve konuyla ilgili ülkemizde kaynak sayısının az olması nedeniyle yapılacak araştırmalara yardımcı olacaktır.

Literatür çalışması kapsamında, ahşap strüktürel elemanlar ve malzemeleri tanıtılmakta, kullanılan yapı türüne göre strüktür – form ilişkisi ortaya koyulmakta ve tüm bunlara bağlı olarak geçilebilen açıklıklar ve strüktür yükseklikleri araştırılıp yapı örnekleri sunulmaktadır. Literatür çalışması, yapı analiz tablolarının oluşturulmasında kullanılmak üzere geniş açıklık geçebilen ahşap strüktürel elemanlarla ilgili bilgilerin toplanması amacıyla yapılmıştır.

2.1.1. Ahşap Strüktürel Elemanların Malzeme, Form ve Açıklık Geçme Olanakları

İnsan yaşamında ve kültürünün gelişmesinde ahşap ve ahşaptan yapılan ürünlerin önemli bir yeri vardır. Ahşabın lifli bir yapıda oluşu mühendislik uygulamalarında yüksek mukavemet göstermesine yol açmış ve esnek formdaki kullanımlara izin vermiştir[50]. Ayrıca, ahşabın insanda yarattığı sıcaklık duygusuyla kullanıldığı yerde insanın doğayla ilişkisini sürdürme isteği uyandırması ahşabın yapılarda kullanılma nedenlerindendir.

Yangın, dayanım ve dayanıklılık açısından insanlarda oluşan ön yargılar ahşabın yapı strüktürlerinde kullanımını olumsuz şekilde etkilemiştir. Fakat günümüzde, ahşabın yapı strüktürlerinde kullanılmasına karşı var olan ön yargının aksine, mimarlığını Alexandre Vallaury'nin yaptığı, 1898 - 1899 yılları arasında otel olarak inşa edilip hala yıkılmadan duran Avrupa'daki en büyük, dünyada ise ikinci büyük çok katlı ahşap yapı olan Heybeliada Rum Yetimhanesi, ahşabın uzun ömürlü bir yapı malzemesi olarak kullanılabileceğinin bir kanıtıdır[51] (Şekil 1).

Şekil 1. Heybeliada Rum Yetimhanesi[51]

Ahşabın uzun ömürlü bir malzeme olmasının getirdiği avantajla son zamanlarda gelişen teknolojilerin yardımıyla ahşap taşıyıcı sistemlerin konutların haricinde farklı yerlerde (spor salonları, köprüler, depolar vb.) kullanımı gündeme gelmiş ve geniş açıklıklar, teknolojinin yardımıyla dayanım ve dayanıklılıkları arttırılmış ahşap malzemelerle birlikte farklı strüktürel formlar kullanılarak geçilmeye çalışılmıştır. Açıklık boyutlarının artmasıyla ahşap malzemenin önemi ortaya çıkmış ve ahşabın geniş açıklıkları geçebilmesi üzerinde durulmuştur. Teknolojinin yardımıyla teknik özellikleri geliştirilen ahşabın geniş açıklıkları geçebilme yeteneğinden dolayı üzerinde hareketli ve sabit yük miktarlarının yüksek seviyelerde olduğu geniş açıklıklı yapılarda kullanılması mümkün hale gelmiş ve bu tür yapılarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu noktada geniş açıklıklı strüktürlerde kullanılan ahşap malzemeler ve üretimleri önem kazanmıştır.

Genel olarak yapı strüktürlerinde kullanılan ahşap malzemeler, doğal ahşap ve yapay ahşap olmak üzere iki grupta sınıflandırılır. Masif ahşap olarak bilinen doğal ahşap malzeme, 10 metrenin üzerinde açıklık geçmesine rağmen boyutları nedeniyle yapılarda geniş açıklıklı taşıyıcı sistem oluşturmada yetersizdir. Bu nedenle geniş açıklıkların geçilmesinde, masif ahşaptan daha fazla tanımlanmış özelliklere sahip yapay ahşap malzemeler yani yapısal kompozit keresteler yoğunlukla kullanılır[52].

Gelişen teknoloji ile birlikte küçük veya büyük ahşap parçaların tutkal yardımıyla yapıştırılıp ahşaptan en ufak parçasına kadar yararlanmayı sağlayan, masif ahşaptan daha geniş açıklıklar geçebilen, istenilen her türlü şeklin verilebildiği ve çağdaş bir malzeme olarak günümüz tasarım dünyasında önemli bir yere sahip olan yapısal kompozit keresteler kullanılmaktadır[53].

2.1.1.1. Ahşap Strüktürel Elemanlarda Malzeme Kullanımı

Güncel yapı teknolojilerinin gelişmesi, ahşabın kullanım özelliklerinin geleneksel tipte yapılan yapılanlardan daha iyi olmaya zorlamış ve bunun sonucunda endüstrileşmeyle gelen teknolojiyle strüktür malzemesi olarak kullanılan ahşap malzemeler sürekli gelişerek günümüz yapı sektöründe çok fazla kullanılır hale gelmiştir. Kullanılan bu strüktürel malzemeler, masif ahşap ve yapısal kompozit keresteler olarak karşımıza çıkmaktadır. Masif ahşap malzemeler, tomruktan biçilip alınan ham ahşabın fabrika ortamında koruma işlemlerinden geçirilmesi ve yapı strüktüründe kullanıma hazır hale getirilmesi ile oluşturulur. Bu malzemeler biyolojik ve fiziksel deformasyona uğramaması için fabrika ortamında koruma işlemleri haricinde fazla bir işlemden geçirilmeden yapı strüktürlerinde kullanılır. Masif ahşap malzemeler mekanik değerler ve yapı formuna uygun şekil verilebilme açısından sınırlı kullanıma sahip olsa da uygulamada ana strüktür olarak kullanıldığı örnekleri mevcuttur. Genel olarak ahşap yapı uygulamalarında masif ahşaba göre daha avantajlı ve esnek kullanım imkânına sahip olan yapısal kompozit keresteler yoğunlukla kullanılmaktadır. Buradaki amaç, doğal ahşabın olumlu özelliklerinden yararlanırken (hafiflik, kolay işlenebilirlik, doğal/sağlıklı bir malzeme olması vb.), olumsuz özelliklerini (uzunluk ve boyut kısıtlaması, fiziksel etkilere karşı dayanıksızlık vb.) teknolojinin el verdiğince ortadan kaldırabilmektir[54].

Yapısal kompozit keresteler, ahşap levhaların, kerestelerin ve yongaların lifleri belirli yönlere gelecek şekilde, basınç altında yapıştırılmasıyla elde edilen endüstrileşmiş yapı malzemeleridir. Bu elemanları oluşturmanın teknolojisi, kısaca küçük veya büyük boyutlu birçok ahşap elemanın tabaka halinde veya belirli bir dizilim olmaksızın yığılıp özel tutkallar kullanarak birbirleri ile yapıştırılması, hammadde odunun daha tasarruflu olarak kullanımı ve yapı elemanlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi olarak ifade edilebilir[55]. Bu teknoloji tipik bir ön yapım teknolojisinin avantajlarını taşımasının yanında bağımsız yapı elemanlarının inşaat sahasında çelik ve betonarme gibi başka yapı elemanları ile birlikte kullanılmasına da olanak sağlamaktadır[53].

Tutkallı birleşimin, diğer birleşimlerden farkı; bağımsız parçaların birbirleriyle belli noktalardan değil yüzeysel olarak üst üste birleştirilmesidir. Bu teknolojide, istenilen her formda taşıyıcı yapı elemanı ve gerekli bağlantı elemanı fabrikada üretilebilmektedir.

Böylece; üretilen ahşap malzeme, ön yapım teknolojisinin avantajlarını taşımakla birlikte aynı zamanda da bağımsız yapı elemanları ile birlikte kullanılabilmektedir[56].

Yapısal kompozit kerestelerin strüktürel elemanlarda kullanımı 16. yüzyıla dayanmaktadır[56]. İlk olarak 16. yüzyılda Leonardo Da Vinci, ahşabın strüktür malzeme olarak tasarımı üzerinde çalışmıştır. O çağlarda ahşap, taşıyıcı bir eleman olarak daha çok doğal ağaç gövdesinin şekillendirilmesi yoluyla kullanılmaktaydı. Da Vinci, ahşap kütüklerin daha ince dilimlenmesi ve bu dilimlenmiş kerestelerin kenarlarının dişlendirilmesi ve üst üste yapıştırılması veya yine ahşap kamalarla birbirine bağlanması ile oluşturulacak birleşik kesitlerin, daha büyük açıklıkları geçebilecek birtakım yapı taşıyıcı elemanları olarak kullanılabileceğini keşfeden ilk kişidir[57].

16. yüzyıldan itibaren gelişen tutkallı ahşap sistemi ilerleyerek günümüze kadar gelmiştir. Bu sistemin en olgunlaşmış halinin 20. yüzyılda Hetzer sistemiyle olduğu görülmektedir. İsviçreli bir mühendis olan Otto Hetzer 1893 yılında, bugünkü uygulamalara benzer olarak, yaklaşık 5 cm genişliğinde, 20 cm yüksekliğinde, 1,5 - 5,0 m uzunluğunda kesilmiş ahşap elemanları uçları "kurtağzı" şeklinde çentmek ve bu elemanları uç uca ve üst üste "kazein" esaslı bir tutkal ile yapıştırıp tabakalamak yoluyla, formu belirli taşıyıcı ahşap yapı elemanları üretmiş ve bu sistemin patentini alarak bir tesis kurmuştur[57]. Oluşturulan bu ahşap eleman günümüzde "Glulam" adıyla yaygın olarak üretilen malzemedir.

20. yüzyılın başlarında yapısal kompozit kerestelerle yapılmış yapıların bazıları günümüze kadar ulaşmıştır. O dönemde kullanılan kazein tutkalının her türlü şarta cevap verecek durumda olmayışı, bu gelişmeyi yavaşlatmıştır. Bu konudaki en önemli adım, 1930'dan sonra sentetik tutkalların elde edilmesiyle atılmıştır. Bundan sonraki süreçte bu teknoloji; gemi yapım endüstrisinde, sivil yapılarda ve köprülerde kullanılmaya başlanmıştır[56]. Yapı fiziği açısından kompozit keresteler, yangın direnci yüksek olan, nefes alan, iyi bir ısı yalıtımı sağlayan ve akustik özelliği yüksek malzemelerdir. Yapısal kompozit kerestelere istenilen şeklin verilebilmesi ve diğer yapı malzemeleri ile kullanılabilmesi mimari tasarım zenginliğini arttırmaktadır[53]. İlk zamanlarda yaygın olarak Glulam üretilmiş olsa da özellikle endüstrinin gelişmesi ve kaynakların daha verimli kullanılmasıyla birlikte LVL, PSL, LSL, CLT gibi farklı özellikte olan yapısal kompozit keresteler oluşturulmaya ve yapı strüktürlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

2.1.1.1.1. Yapısal Kompozit Keresteler

Genel olarak kereste, levha, yonga, lif, talaş gibi ahşap malzemelerin bağlayıcı maddeler ile çeşitli şekillerde fabrika ortamında bir araya gelmesiyle oluşan, homojen ve izotrop malzemelere kompozit keresteler denir. Kompozit keresteler, masif ahşap malzemeden daha yüksek değerde mekanik ve teknolojik özelliklere sahip olmakla birlikte, masif ahşabın kusurlarını ve dezavantajlarını taşımayan, üstün nitelikli malzemelerdir[20].

Kompozit kereste teknolojisi, dünyada azalmakta olan orman kaynaklarının ahşap endüstrisinde daha akılcı bir şekilde kullanılmasını sağlamanın yanı sıra, kullanım ve işlenebilme kolaylıkları, ucuz oluşları, atık ahşabın değerlendirilmesi ve geri dönüştürülebilir özellikleri bakımından ve çevreye olan olumlu katkıları nedeniyle giderek artan bir öneme sahiptir[20].

Kompozit keresteler, teknolojinin gelişmesiyle birlikte tek bir üründen oluşmamaktadır. Günümüz üretim teknolojilerine, değişen fabrikasyon aşamalarına, kullanılan ham maddelere ve tutkallara göre değişik nitelikte birden fazla ürün elde edilmektedir.

Kompozit kereste ürünlerinde yalnızca yüksek dayanımlı olanları taşıyıcı işlevi görebilir. Ürünlerin sağlamlığı, üretim aşamasında uygulanan preslemeden, yapımda kullanılan ahşap bileşenlerin sağlamlığından ve sertleşen tutkaldan kaynaklanmaktadır. Bileşenlerin birleştirilme şekli panelin kullanım biçimini belirler, birleştirilme yönleri ise panellerin taşıyıcılığının belirlenmesini sağlar. Malzemenin statik gerilmelere dayanımı ve esneme kapasitesi bu noktada önem kazanır[21].

Ahşap esaslı ürünlerin taşıyıcı özelliğe sahip olanına yapısal kompozit keresteler denir. Yapısal kompozit keresteler (SCL - *Structural Composite Lumber*), ahşap malzemelerin suya dayanıklı yapıştırıcılarla birleştirilmesiyle oluşturulan ürünlere verilen genel addır. Hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı ağaç odunlarından üretilmektedir. Yapısal kompozit kerestelerin en önemli avantajı küçük boyutlu ve düşük değerdeki ağaç malzemeden büyük boyutlu ve direnç değerleri yeterli ürünler elde edilebilmesidir[13]. Teknolojinin sağladığı imkânlar çerçevesinde üretilen yapısal kompozit kereste ürünleriyle, istenilen boyutlarla geniş açıklıklı ahşap strüktürel elemanlar oluşturulup üretmek mümkün hale gelmiştir.

Yapısal kompozit keresteler; Tutkallı Tabakalanmış Ahşap (Glulam - *Glued Laminated Timber*), Lamine Kaplama Kereste (LVL - *Laminated Veneer Lumber*), Paralel Şerit Kereste (PSL - *Parallel Strand Lumber*), Lamine Şerit Kereste (LSL - *Laminated Strand Lumber*) ve Çapraz Lamine Ahşap (CLT - *Cross Laminated Timber*) başlıklarında sıralanabilir.

- Glulam (*Glued Laminated Timber*) - Tutkallı Tabakalanmış Ahşap

Günümüzde Glulam olarak adlandırılan malzeme yapısal kompozit kerestelerin içinde geniş açıklıklı yapı üretimi için kullanılan ilk malzemedir ve ilk kez 1893 yılında İsviçre Basel'de bir oditoryumun inşasında kullanılmıştır. Glulam, masif ahşap elemanların büyük boyut oluşturmak için uç uca ve üst üste eklenmesiyle üretilir. Kavisli elemanlarda 1 inç (2.54 cm) kalınlıktaki keresteler kullanılırken, az kavisli ya da düz elemanlar için 2 inç (5.08 cm ≅ 5 cm) kalınlıktaki keresteler kullanılmaktadır. Glulam; yatay, dikey ve eğimli elemanlar olarak tasarlanarak yapılarda yüksek yük taşıyıcı yapısal eleman olarak kullanılır ve katlardaki elemanların lif yönünün birbirine paralel olarak düzenlenmesi daha yaygındır. Günümüzde, liflerin plastikle takviye edilmesiyle birlikte Glulam elemanların enine kesitinde daha fazla miktarda düşük kalite ahşap eleman kullanarak yüksek dirençli eleman elde etmek mümkün olmuştur[31].

Glulam elemanlar üretilirken ahşap keresteler kullanılır ve bunun için öncelikle kullanılacak ağaçlar seçilir. Seçilen ağaçların kabuk soyma işlemleri yapılarak ağaçlar keresteler halinde kesilerek hazırlanır. Üretilen keresteler birleştirme işlemi için fırınlarda kurutulur ve kurutma işleminden sonra tutkallanır. Tutkallama işleminden sonra keresteler lif yönleri paralel olarak katmanlı şekilde dizilir ve preslenme aşamasında yapı formuna göre yüksek basınç altında pres uygulanarak istenilen şekil verilir. Glulam eleman üretiminde ahşap kerestelerin en ve boy birleşiminde kurtağzı, pahlı ve dişli birleşimler gibi özel birleşim yöntemleri uygulanır. Bu farklılıklar glulam elemanları özel kılar ve istenilen geniş açıklığı geçmede glulam elemanların kullanılmasına olanak sağlar. Yapılardaki Glulam'la üretilmiş basit kiriş elemanlarla 25 m; kemer ve çerçeve oluşturan elemanlarla 100 - 150 m açıklık geçebilmektedir[17]. Şekil 2'de Glulam elemanları oluşturan katmanlar ahşap elemanların yapısını göstermektedir.

Şekil 2. Glulam katmanları ve eleman örneği[42, 43]

- LVL (*Laminated Veneer Lumber*) - Lamine Kaplama Kereste

Lamine kaplama kereste (LVL), ilk olarak günümüzde Weyerhaeuser olarak bilinen eski Truss Joist Corporation şirketi tarafından 1969 yılında geliştirilmiştir[22]. LVL, iki ya da daha fazla soyma kaplama katın tutkallanarak, katların lif yönlerinin birbirine paralel gelecek şekilde birleştirilmesiyle elde edilen bir malzemedir. LVL laminasyonunda farklı ağaç türü, değişken kat sayısı, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir[31].

LVL üretiminde maksimum 3,2 mm kalınlıktaki kaplama tabakanın kullanıldığı laminasyonlar kullanılmaktadır. Laminasyonda daha büyük boyutlu kaplama tabaka kullanılırsa bunlar Glulam olarak adlandırılır[31]. Kompozit kereste üretimi için ilk olarak hazırlanan ahşaplardan oluşturulan soyma kaplamalar kurutulur ve sınıflandırılır. Kaplama yüzeylerinin üzerine bir tabaka su geçirmez yapısal tutkal sürüldükten sonra düşük kaliteli kaplamalar iç taraflara, yüksek kalitedeki kaplamalar ise yüzlere yerleştirilir ve tutkallanmış kaplamalar oluşturulacak yapı formuna göre ayarlanmış kalıplara sokulup yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenerek işlem sona erdirilir[23]. İstenilen boyda elemanlar üretmek için elemanın her iki ucuna 3 cm uzunlukta pahlı birleşimler uygulanır. Bu birleşimler arasındaki mesafe 10 cm den daha fazla olmalıdır[63]. LVL'yle 36 m açıklığa kadar kirişler inşa edebilmek mümkündür[44]. Şekil 3'de LVL elemanlarını oluşturan katmanlar ahşap elemanların yapısını göstermektedir.

Şekil 3. LVL katmanları ve eleman örnekleri[34, 35]

- PSL (*Parallel Strand Lumber*) - Paralel Şerit Kereste

Paralel Şerit Kereste (PSL), 1970'li yıllarda MacMillan Bloedel adlı şirket tarafından geliştirilmiştir. PSL'nin üretim amacı, gövde çapı küçük olan ağaçlar ve kalitesi düşük zayıf keresteyi güçlü keresteye dönüştürebilmektir[24].

PSL üretiminde önce yuvarlak soyma ile kaplamalar elde edilir ayrıca LVL üretiminden artakalan malzemeler de üretimde kullanılabilmektedir. Şerit halinde elde edilen keresteler 3 mm kalınlığında ve 19 mm genişliğindedir. Bu şerit kerestelerin boyu en az 0,6 m uzunlukta olmak zorundadır[25]. Soyma yöntemi ile elde edilen keresteler, şeritler haline getirilmeden kurutulmaktadır[26]. Bu işlemi şerit kerestelere tutkal sürme işlemi takip etmektedir. Genellikle PSL üretiminde suya ve dış ortam şartlarına dayanıklı tutkallar kullanılmaktadır. Tutkal sürülmesinden sonra oluşturulacak olan kompozit malzeme yüksek basınç altında bir yapışma için preslenir. Sürülen tutkalın mikrodalga ile kurutulması, oluşturulan malzemenin iç ve dış kısmını hızlıca kurutur. Daha sonra ürün boyutlandırılır[50]. Presleme aşaması esnasında, hazırlanan ahşap elemanların birleştirilmesi üst üste yığma şeklinde olur. Burada, preslenmemiş ahşap elemanların boyutları herhangi bir özel birleşim yönteminin kullanılmasını mümkün hale getirmemektedir.

PSL üretiminde birçok ağaç türü kullanılabilir olmasına rağmen şu anda ABD'de PSL üretimi için kullanılan türleri köknar, çam ve lale ağacıdır[31]. PSL ile 20 m'ye kadar açıklıklar geçmek mümkündür[45]. Şekil 4'de PSL elemanlarını oluşturan katmanlar ahşap elemanların yapısını göstermektedir.

Şekil 4. PSL katmanları ve eleman örnekleri [36, 37]

- LSL (*Laminated Strand Lumber*) - Lamine Şerit Kereste

Lamine Şerit Kereste (LSL), 1990'lı yıllarda MacMillan Bloedel adlı şirket tarafından geliştirilmiştir[24]. LSL, büyük boyutlu odun yongalarından elde edilir. LVL ve PSL'nin aksine, LSL üretiminde kullanılan tomrukların soyulabilir olmasına ihtiyaç yoktur. Pek çok türe ait daha küçük ve eğri tomruklar LSL üretiminde kullanılabilir[31].

LSL üretiminde, PSL üretimine benzer bir şekilde oluşturulmuş ahşap şerit yongalar kurutulur ve dış ortam şartlarına dayanıklı tutkallar kullanılarak, elemanın taslağını oluşturacak şekilde üretilen şeritler birbirlerine paralel yönde düzenlenir [27]. Üretimde kullanılan şeritlerin kalınlığı 0,7 - 1,2 mm, genişliği en fazla 30 mm ve uzunluğu en fazla 300 mm olmalıdır[28, 29]. Daha sonra eleman, buhar enjeksiyon presleme yöntemiyle sıkıştırılarak ahşap kompozit oluşturma işlemi tamamlanır[30]. Presleme aşamasında, ahşap şeritlerin boyutlarından dolayı kompozit oluşturulmasında herhangi bir özel birleşim yönteminin kullanılması mümkün değildir. Bu aşamada şeritler tutkallanma aşamasından sonra üst üste yığılarak presleme yapılır.

LSL elemanlarının üretiminde kullanılan ağaç türleri kavak ve lale ağacıdır[31]. LSL paneller yardımıyla 12 m'ye kadar açıklıklar geçmek mümkündür[46]. Şekil 5'de LSL elemanlarını oluşturan katmanlar ahşap elemanların yapısını göstermektedir.

Şekil 5. LSL katmanları ve eleman örnekleri [38, 39]

- CLT (*Cross Laminated Timber*) - Çapraz Lamine Ahşap

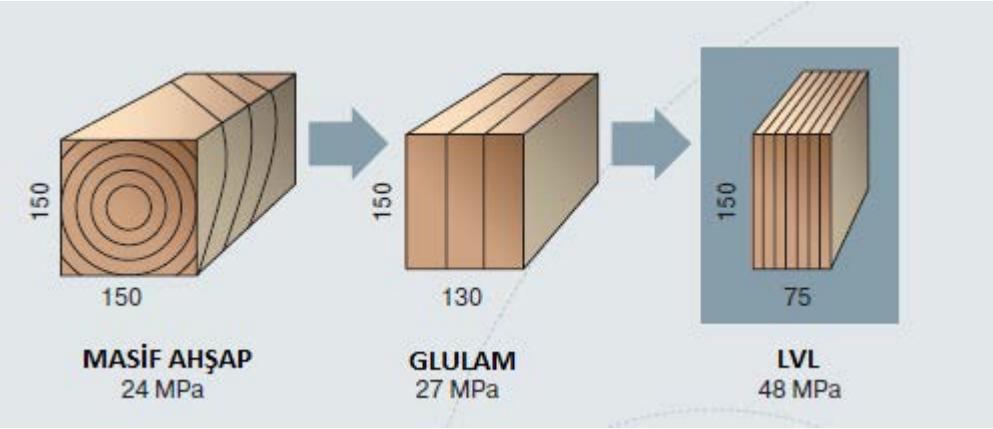
Dünyada CLT, KLH, BSP, X-LAM ve benzeri çeşitli kısaltmalarla tanımlanan "Çapraz Lamine Ahşap" kullanımı ilk olarak 1990 yıllarının başlarında İsviçre'de başlamıştır. 1996 yılında Avusturya'da endüstrinin ve akademik araştırmaların gayretiyle geliştirilen çapraz lamine ahşap teknolojisinin kullanımı 2000'li yılların başında yaygınlaşmaya başlamıştır[32].

CLT üretiminde diğer yapısal kompozitlerin üretim aşamasına benzer şekilde öncelikle üretimde kullanılacak olan ahşaplar için ağaçlar seçilir ve bu ağaçların kabuk soyma işlemleri yapılır. Kabuk soyma işlemleri yapılan ağaçlar keresteler halinde kesilerek hazırlanır. Oluşturulmuş olan keresteler panel birleştirilmesi için öncelikle fırınlarda kurutulur ve kurutma işleminden sonra birleştirme için tutkallanır. Tutkallama işleminden sonra keresteler üretim projesindeki boyutlara uygun olarak 3, 5, 7 veya daha fazla tabakalı şekilde her tabakadaki ahşap liflerin açısının 90° olmasına dikkat edilerek birleştirilir ve preslerde yüksek basınca maruz bırakılır. Oluşturulan kompozit yapının preslemeden çıkarılmasıyla panel üretimi tamamlanır. CLT elemanlar liflerin birbirine 90° açılı birleştirilmesi sebebiyle eğimli olarak üretilemezler. CLT üretiminde kerestelerin katlar halinde ve çapraz yerleşimle uygulanması nedeniyle kerestelerin birleştirilmesinde herhangi özel bir birleşim yöntemi kullanılmamakta bunun yerine uç uca birleştirme tercih edilmektedir. CLT'nin Glulam'dan farkı, CLT'de kereste lif yönlerinin birbirine zıt olacak şekilde yerleştirilmesindendir. Glulam'da keresteler lif yönleri birbirlerine paralel olacak şekilde bir araya getirilerek yapıştırılır[33]. 14 m uzunluğa kadar taşıyıcı panelleri kullanmak mümkündür[10].

Çapraz lamine ahşap elemanlarla yapılan panel sistemin taşıyıcı özellikleri ve statik gereksinimleri büyük boyutlu prefabrike betonarme paneller gibidir. CLT elemanlarla birlikte günümüzde 10 katlı yapılar üretilmiştir. Ayrıca, bu elemanların strüktürel özellikleri ve boyutsal kararlılıkları nedeniyle 40 kata kadar yapıların yapılması araştırmaları vardır[20]. Şekil 6'da CLT elemanlarını oluşturan katmanlar ahşap elemanların yapısını göstermektedir.

Şekil 6. CLT katmanları ve eleman örneği[40, 41]

Endüstriyel olarak üretilen ahşap yapı malzemelerinin birim boyda yük taşıma kapasitelerini basitçe kıyaslamak gerekirse, ahşap endüstrisinin gelişmesi hammadde tasarrufu sağlamanın yanı sıra incelen boyutlarla dayanımı daha yüksek ahşap elemanların strüktürlerde kullanılmasına imkân tanır. Şekil 7'de masif ahşap, Glulam ve LVL'nin birim boyda yük taşıma kapasiteleri MPa (N / mm^2) cinsinden gösterilmiştir. (1 MPa = 10,197 kgf/cm^2)



Şekil 7. Çeşitli ahşap malzemelerin birim boyda yük taşıma kapasiteleri[44]

2.1.1.1.1.1. Yapısal Kompozit Kerestelerin Üretim Esasları (Fabrikasyon)

Yapısal kompozit keresteler belli bir fabrikasyon aşamasından geçirilip oluşturulurlar. Bu aşamaların hepsine birden laminasyon tekniği denir.

Laminasyon tekniğinde eleman oluşturmanın teknolojisi, küçük kesitli birçok ahşabın tabakalar halinde birbirleriyle yapıştırılması ve temel ham madde olan odunun daha tasarruflu kullanımı yani yapı elemanlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi olarak ifade edilebilir. Bu teknolojide, farklı ağaç türleri değişen tabaka sayılarıyla, farklı boyut ve şekillerle uygulanabilmektedir[58] (Şekil 8).

Şekil 8. Laminasyon tekniğiyle üretimi yapılmış ahşap strüktürel eleman[59]

Endüstrinin gelişmesiyle laminasyon teknolojisinin en büyük avantajı, ahşabın doğal boyundan çok daha uzun yapı elemanı olarak üretilmesidir. Bunun dışında kısa, küçük ve artık kereste parçalarından büyük ölçülü yapı elemanı üretilmesi, kaynakların daha verimli kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır[53].

Yapısal kompozit kerestelerin üretimi ileri teknoloji gerektiren, büyük alanlarda kurulmuş fabrikalarda yapılmaktadır. Fabrikaların kurulumu için genellikle ham maddeye yakın bölgeler seçilmektedir. Farklı kompozit kerestelerin üretiminde bazı farklılıklar olmasına rağmen üretim standartları birbirine benzer süreçler izlemektedir. Ancak, kompozit kereste üretiminde proje bazında üretim yaygındır. Genel olarak çok az oranda standart üretim ve stok vardır, üretim daha çok proje talebine göre şekillenmektedir[57]. Standart bir endüstriyel ahşap üretim ve stok tesisi Şekil 9'da havadan görülmektedir.

Şekil 9. Kompozit kereste üretim ve stok tesisi[60]

Kompozit kereste üretiminde izlenecek ana yollar şu şekilde sıralanır:

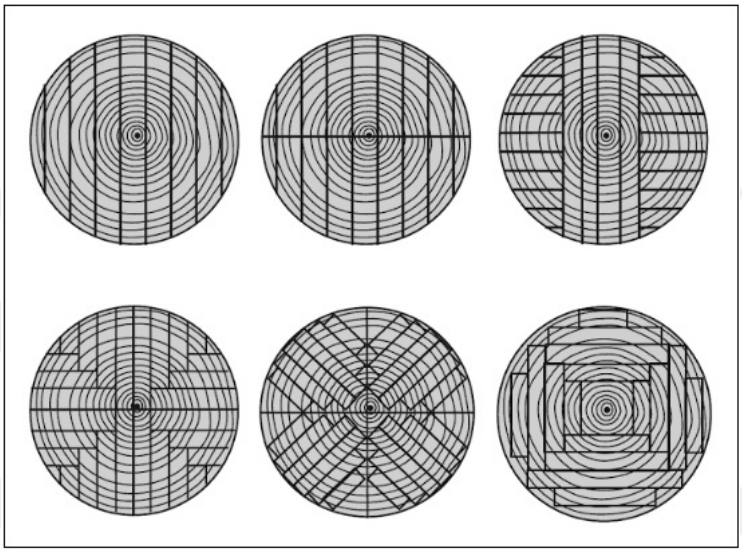
1. Tomruklama, ahşap tabakaların seçimi ve hazırlama
2. Ahşap tabakaların uç eklemeleri ve tutkallama
3. Kalıplama ve presleme
4. Bitirme, emprenye ve ön montaj işlemleri
5. Nakliye ve montaj

2.1.1.1.1.1.1. Tomruklama, Ahşap Tabakaların Seçimi ve Hazırlama

Yapısal kompozit kereste üretiminin ilk aşaması olan hammadde seçiminde, genellikle köknar ve çam gibi yumuşak ağaçlar kullanılmaktadır. Ayrıca, çok çabuk yenilenebilir ağaç türleri de tercih edilmektedir[53].

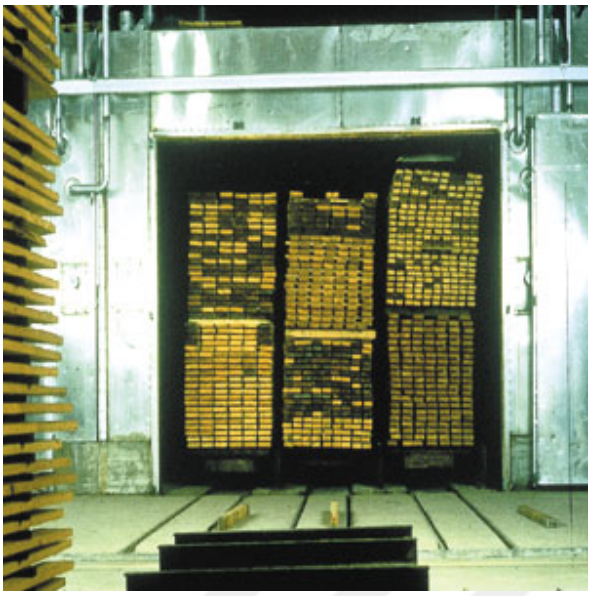
Kalın ve kabaca kesilmiş olan ağaç gövdesinde (kütük) bulunan bütün dal, ur ve şişkinliklerin temizlenmesi, kabuklarının soyularak istenilen boylara bölünmesi işlemine "tomruklama"; kabuksuz orta çapı en az 21 cm, boyu 1,5 m ve daha uzun olan yuvarlak oduna ise "tomruk" denir[61].

Yapısal kompozit kereste üretimi için ormanlardan seçilen ağaçlardan oluşturulan kütükler fabrika sahasına getirilir ve tomruklama işlemleri yapılarak açık alanda istiflenir[62]. İstiflenen tomruklardan üretim için seçilenleri fabrikaya getirilir. Kabukları soyulan tomruklar atölyelerde kesilerek kereste haline getirilir. Tomruklara farklı yerlerden ve yönlerden biçme işlemleri uygulanabilir[63] (Şekil 10).



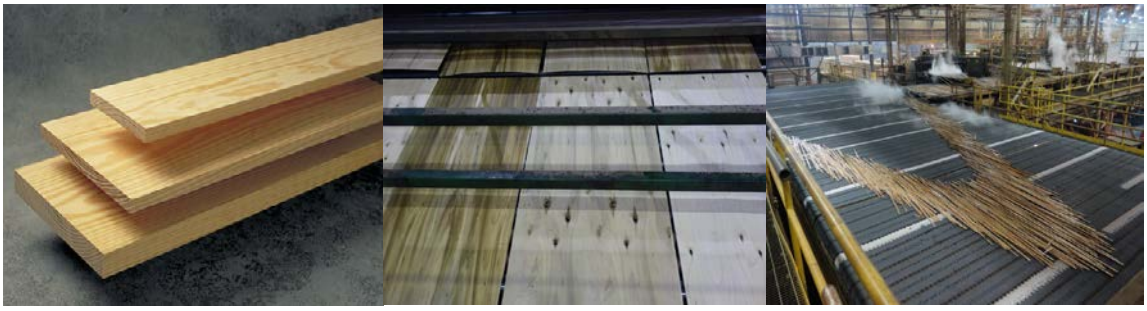
Şekil 10. Farklı şekillerde kesilerek tabakalama[64]

Tomruklardan üretilen ağaç tabakaları, budakların büyüklük ve dağılımına, liflerin yönlerine ve açılarına göre sınıflandırılır. Ahşap tabaka yüzeyleri, bağlayıcı aderansını en üst seviyeye çıkarmak için düzleştirilir. Tüm ahşap tabakalar üretim hattına girmeden önce, 5 gün ve ortalama 70℃ ısıda fırınlanır. Böylece, ahşabın bünyesindeki yüksek nem oranı % 12 seviyesine getirilerek ahşapta var olan böcek gibi canlılar yok edilir(Şekil 11). Bu işlemden sonra üretim bandına giren ahşap tabakaların, bünyesindeki nem elektronik sensörlerle tekrar kontrol edilerek oluşturulan tabakalar genişliklerine göre ayrılır[67].



Şekil 11. Tabakaların fırında kurutulma aşaması[67]

Oluşturulacak kompozitlere göre kerestelerden yonga veya levha üretimi gerekiyorsa bu malzemeler üretilir yoksa keresteler bir sonraki işlem için sevk edilir (Şekil 12).



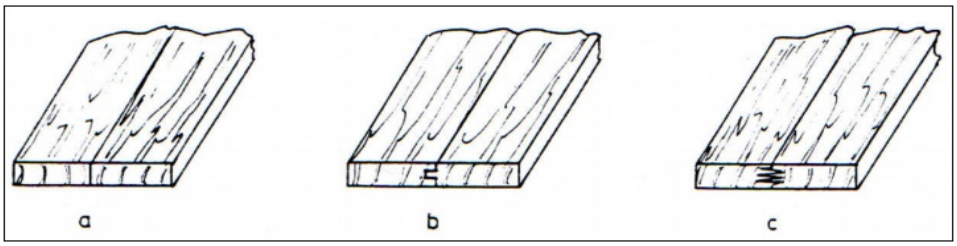
Şekil 12. Tomruklardan üretilen çeşitli ahşap ürünler[65, 66]

2.1.1.1.1.1.2. Ahşap Tabakaların Uç Eklemeleri ve Tutkallama

Kullanılan ahşap malzemenin kayıp oranını azaltmak ve var olan kusurlarından arındırmak için kompozit keresteyi oluşturan katlarda en ve boy yönlerinde uç ekleme yani birleştirme yapılması zorunluluğu vardır[56]. Uç ekleme teknolojisinin en büyük

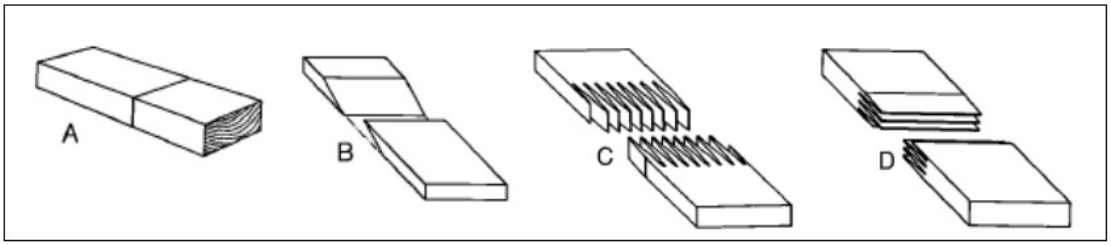
avantajı, ahşabın doğal boyundan çok daha uzun yapı elemanı üretilerek geniş açıklıkta strüktür oluşturmaya olanak vermesidir[67].

Şekil 13'de görüldüğü gibi en yönünde ki birleştirmeler; düz birleştirme, dişli birleştirme, kama dişli (incelen kurtağzı) birleştirme şeklinde yapılmaktadır[56].



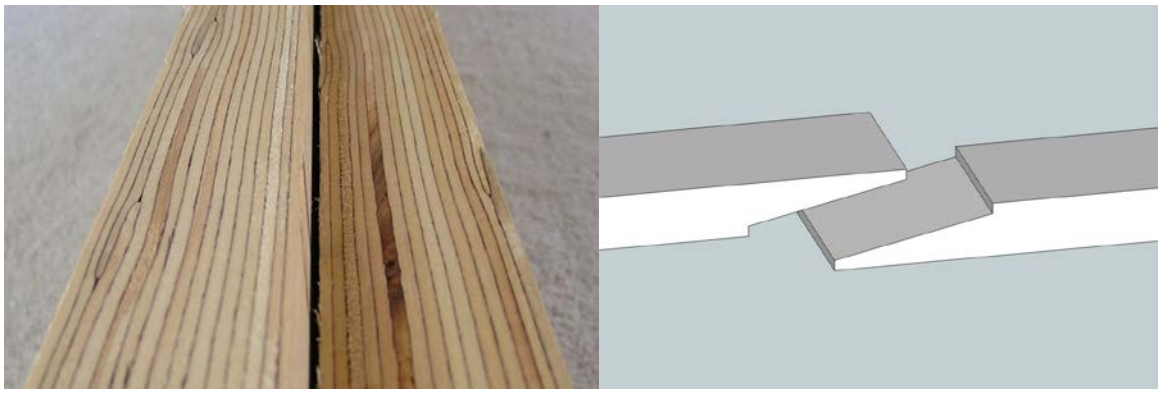
Şekil 13. En yönünde birleştirmeler: a-düz birleştirme, b-dişli birleştirme, c-kama dişli (incelen kurtağzı) birleştirme[70]

Boy yönünde yapılan birleştirmeler ise Şekil 14'de görülen; uç-uca, pahlı, düşey parmak geçme ve yatay parmak geçme şeklinde uygulanmaktadır.



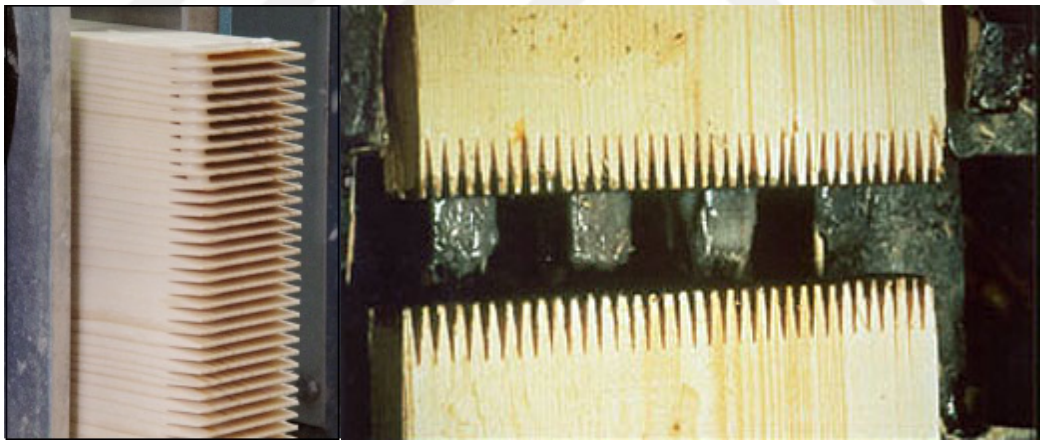
Şekil 14. Boy yönünde birleştirmeler: a-uç-uca birleştirme, b-pahlı birleştirme, c-düşey parmak-geçme birleştirme, d-yatay parmak-geçme birleştirme[71]

Uç eklemelerin çoğunluğu kereste kalınlıklarından dolayı Glulam elemanlarda kullanılmaktadır. Ancak, LVL elemanlarda kaplama kalınlığı 3 mm olduğundan sadece pahlı birleştirme uygulanmaktadır (Şekil 15). Diğer elemanlara bakılınca sadece CLT elemanlarda düz birleştirmenin tercih edildiği görülmekte, PSL ve LSL elemanlarda ise yonga ve şerit ahşap kullanıldığından herhangi bir özel birleşim yöntemi kullanılmayıp üst üste preslenerek birleşim sağlanmaktadır.



Şekil 15. LVL elemanlarda pahlı birleşim[68, 69]

Glulam elemanların birleştirilmesinde en fazla kullanılan yöntem, eleman uçlarında, incelen kurtağzı şeklinde birleşim kesimidir (Şekil 16). Bu özel birleşim kesimi yüksek teknoloji makinelerle yapılmaktadır. Kurtağzı ekler, çok iyi bağlanma ve birleşme imkânı verirken, elemanlarda istenilen yüksek dayanımları rahatlıkla sağlamaktadır[67].

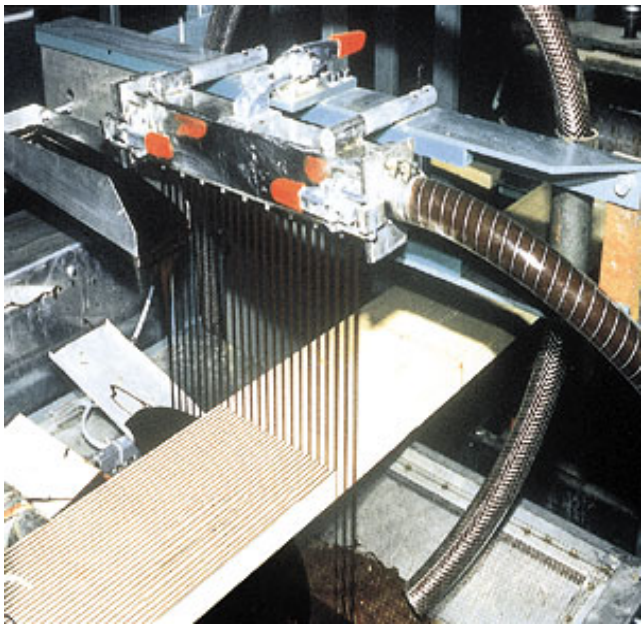


Şekil 16. İncelen kurtağzı birleşim[67, 60]

Birleştirme yapılan ahşap elemanların ek yerleri, birbirini takip eden katlarda üst üste gelmeli ve mümkün olduğunca şaşırtmalı şekilde uygulanmalıdır. Alman DIN 1052 yönetmeliğini boy yönünde birleştirme yapılan ahşap elemanların; en az 30 - 50 cm arasındaki mesafede, şaşırtmalı şekilde uygulanmasına izin vermektedir[56].

Kompozit kereste teknolojisinde kullanılan bağlayıcılar, ahşap teknolojisinin gelişimini ilerleten önemli bir faktördür. İlk olarak Otto Hetzer ile modern anlamda başlamış olarak kabul edilen kompozit kereste üretiminde bağlayıcı olarak "Kazein" kullanılmaktaydı. II. Dünya Savaşı'na kadar kullanılan Kazein, özellikle mantarlar üremesine neden olduğu için yerini sentetik bağlayıcılara bırakmıştır. Yüksek teknoloji ürünü sentetik bağlayıcıların, yangın direnci ve aderans kalitesi yüksek, melamin üre formaldehit (MUF), fenol formaldehit (FF) ve fenol rezorsinol formaldehit (PRF) tipleri ahşap yapı elemanı üretiminde kullanılmakta ve ahşap yapı elemanının kullanılacağı yere göre (iç, dış, nemli ortam vb.) kullanılacak bağlayıcı tipi değiştirilmektedir[67]. Yapısal kompozit kerestelerin üretiminde kullanılan tutkallar, üretilecek malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemesi açısından büyük önem taşımaktadır[56].

Kompozit kereste üretiminde tutkallanacak ahşap yüzey, en üst düzeyde yapışma sağlanması için planya makinesiyle pürüzsüz hale getirilir. Daha sonra tutkal karışımı hazırlanır ve hazırlanan ahşap parçalar tutkal püskürtülen bir banttan geçirilerek tutkallama işlemi yapılır (Şekil 17). Uygulanacak tutkal türüne bağlı olarak ortam nem ve sıcaklık değerleri önceden sağlanır[63]. Tutkallama işleminin hemen sonrasında kompozit kereste oluşturmak için tutkallanan ahşap elemanlar kalıplara yerleştirilir.



Şekil 17. Ahşap elemanı tutkallama işlemi[67]

2.1.1.1.1.1.3. Kalıplama ve Presleme

Tutkallanan ahşap yüzeylerde iyi bir yapışma sağlanması için yüzeylerin belli bir basınç altında sıkıştırılması gerekmektedir. Endüstride bu işleme presleme denir ve genellikle 20℃ ısı ve % 65 bağıl nem ortamında yapılır[63].

Tutkallanan ahşap yüzeyler, oluşturulacak yapı elemanın formuna göre hazırlanmış düz, eğik veya eğrisel kalıpların içine yerleştirilir ve kalıplar pnömatik kilitlerle kilitlenerek basınç uygulanır (Şekil 18). Bu işlemle ahşap yüzeylerin birbirine bağlanması ve uygulanan fazla tutkalın atılması sağlanmış olur.

Şekil 18. Kalıplama ve presleme işlemleri[60, 72]

Basınçlı kalıplardaki elemanın kür süresi 8 - 24 saattir ve bu sürede tutkal, ahşap yüzeylere yapışma için nüfuz eder (Şekil 19). Üretilen ahşap elemanların istenen dayanım değerlerini sağlayıp sağlamadığını ölçmek için tutkallama ve tabakalandırma süreçlerinde alınan numuneler tesis laboratuvarlarında değişik dayanım testlerine tutulurlar. Tutkalın katılaşmasıyla, elemanlar kalıptan çıkarılır ve bitirme işlemleri için taşınır[67].

2.1.1.1.1.1.4. Bitirme, Emprenye ve Ön Montaj İşlemleri

Kalıptan çıkarılan ahşap elemanlar yüzey düzeltme ve kalınlık işlemlerini aynı anda yürütebilen, gereken kesim, delik gibi ince işçilikleri yapabilen ayrı bir banda getirilir. Bantta bütün işlemleri biten ahşap elemanlara montajda birleştirme için gereken metal bağlantı elemanları (ST 36 kalitesinde sıcak daldırma galvaniz çelik) montaj yapılır[67].

Yapısal kompozit elemanları yangına, mantarlara ve böceklere karşı korumak için kullanılan kimyasal maddelere genel olarak emprenye maddeleri denilir[56]. Üretim bandında işlemleri tamamlanan ahşap elemanlara isteğe uygun renkte ve ahşap elemanların kullanılacağı yere göre seçilen emprenye maddesi, basınçlı şekilde (en az 100 gr/m^2) uygulanır[67] (Şekil 19). Kullanılan emprenye maddesinin insan sağlığına ve çevreye uyumlu olması için içeriğinde arsenik gibi ağır metaller içermemesi gerekir ve yapı üretiminde kullanılacak ahşabın korunmasında bu özellikteki emprenye maddeleri seçilir.

Şekil 19. Ahşap elemanların emprenye işlemi[75]

Emprenye işleminden sonra ön montaj işlemleri için şantiyede yapılması zor olan ve ekonomik olmayan makas, kolon gibi yapı elemanları, tesisin ayrı bir bölümünde birleştirilir ve nakliyeye hazır hale getirilir[67].

2.1.1.1.1.1.5. Nakliye ve Montaj

Fabrikadan çıkan ürünün nakliye sırasında montaja başlayana kadar zarar görmemesi, şantiye ortamındaki şartlardan etkilenmemesi ve kirlenmemesi için fabrikadan çıkmadan paketleme yapılır[63]. Ahşabın hafif olması, elemanlara önemli avantajlar getirmekle birlikte nakliye masraflarını düşürmektedir. Fakat uzun yapı elemanlarının taşınması da nakliyeye uygun araç ve yardımcı ekipmanları gündeme getirmektedir[67]. Yekpare olarak 65 m uzunlukta elemanlar üretilebilmesine rağmen ülkelerin karayollarında taşıma sınırlıkları bu uzunluklara izin vermemektedir, ancak yine de uzun genişlikte eleman üretileceği zaman bu elemanların taşınması deniz yoluyla yapılmaktadır[73, 74] (Şekil 20).

Şekil 20. Ahşap elemanların paketlenme ve nakliye işlemleri[60]

Tüm prefabrike uygulamalarda olduğu gibi, yapısal kompozit elemanlarda da şantiyede yapılacak işlerin en az olacağı bir uygulama yapılmakta ve buna bağlı olarak değişik büyüklükteki vinçler kullanılmaktadır. Bu vinçler yardımıyla fabrikada üretilmiş ahşap elemanların montajı çok kısa sürelerde ve kolaylıkla yapılmaktadır (Şekil 21).

Şekil 21. Ahşap elemanların şantiyede montajı[76]

Ahşabın kolay işlenilebilirliği açısından, ahşaptaki montajın beton veya çelik eleman montajına göre daha rahat olabileceği, şantiye koşullarındaki montaj esnasında ölçü problemlerinin daha rahat halledilebileceği söylenebilir. Ahşap elemanların montajı genel olarak, marangoz ekipleriyle yapılmakta, montaj esnasında kullanılan ekipman ve eleman benzerliği sonucu bazı genel uygulamaları çelik montaj ekipleri bile gerçekleştirebilmektedir[67].

2.1.1.1.1.2. Yapısal Kompozit Kerestelerin Avantajları ve Dezavantajları

Günümüz yapı teknolojileri içinde betonarme, çelik ve masif ahşaba göre yapısal kompozit kerestelerin kullanılması bazı avantajlar ve dezavantajlar içermektedir.

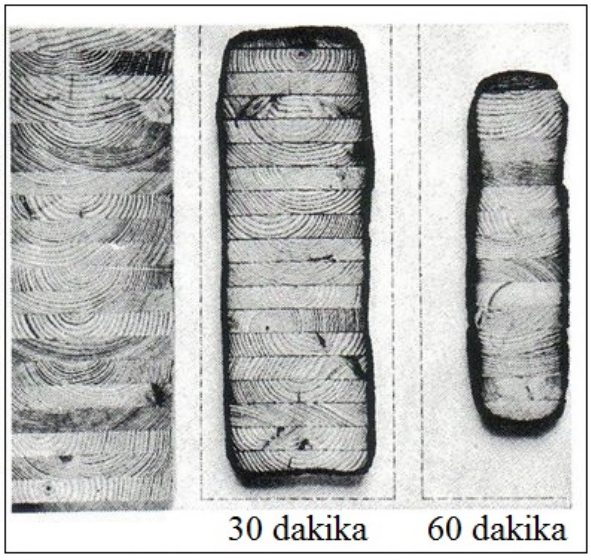
Yapısal kompozit kerestelerin avantajları:

- İyi bir ısı yalıtım değerine sahiptir[67].
- Bakım maliyeti çok azdır[67].
- Benzer yapıda üretilmiş çelik ve betonarmeye göre daha ekonomiktir[77].
- Kompozit kereste elemanlarının hafifliği (400 kg/m^3), düşey taşıyıcılar ve temel hesaplarında inşaat mühendislerine önemli avantajlar getirmiştir[67].
- Kompozit kereste elemanlarının hafifliği aynı zamanda, dinamik kuvvetleri de azalttığından yapının deprem anındaki davranışının diğer tipteki yapı elemanlarına oranla daha başarılı olduğu söylenebilir[67].
- Kısa ve küçük ahşap parçalarından büyük ölçülü yapı elemanı üretilmesi, ağaç kaynaklarının daha verimli kullanılabilmesine imkân tanır[67].
- Şekil verilebilme özelliği yüksek formlar üretebilmesi, tasarımcıya hafif, yüksek dayanımlı, istenen formda yapı strüktürü tasarlayabilme olanağını vermiştir[67].
- Tasarımcının bütün ve özgün mekan arayışlarının en çok yoğunlaştığı dini yapılar, oditoryum, tiyatro salonları, eğitim yapıları gibi yapılarda çerçeve, kubbe, kemer, gibi geometrik strüktür olanaklarının hepsine yanıt verebilir[67].
- Kompozit keresteler akustik özelliği yüksek bir malzemedir. Fakat özel akustik istenen mekânlarda değişik yapı elemanlarıyla desteklenmesi gerekmektedir[67].

- Genel düşüncenin aksine, yangında taşıma yeteneğini en geç kaybeden yapı elemanı olmasından dolayı yangın direnci en yüksek yapı elemanıdır. Çelik elemanlar, yangında 15 dakikada doğal şeklini ve taşıma yeteneğini kaybeder. Aynı zamanda çok iyi bir iletici olduğu için ısı yayılmasını da hızlandırır. Betonarmenin yangın performansı, çelikten daha iyi olmasına rağmen, donatının betondaki pas payı ortadan kalktığında, donatı çelik yapıdaki gibi iletken olmakta ve yaklaşık 30 dakika sonra taşıma özellikleri ortadan kalkmaktadır (Tablo 1). Fakat kompozit kerestelerin statik hesaba göre yangın anında aldığı minimum kesit en az 30 dakika (F 30) direnç sağlamakta ve 30 dakikadan sonra 0,7 mm/1 dk kesit azalması olmaktadır[67] (Şekil 22).

Tablo 1. DIN 4102`ye göre kompozit kerestelerin yangın dayanım sınıfları[78]

Yangına Dayanım Sınıfları	**Yangına Dayanıklılık Süresi**
F 30	30 – 59 dakika
F 60	60 – 89 dakika
F 90	90 – 119 dakika
F 120	120 – 179 dakika
F 180	180 dakika ve üstü



Şekil 22.Yangına maruz kalan 160 mm x 400 mm boyutlu kompozit kerestenin 30 ve 60 dakika sonundaki durumları[79]

- Kompozit kerestenin laminasyon malzemesi dikkatle seçildiği için eleman boyutu büyük olsa da hasara karşı dayanıklıdır. Eğer ahşap malzemede hasar varsa mevcut olan hasarlar ek yerlerine denk getirilip eleman üzerinde yayılarak üretilen ahşap eleman en düşük hasarla çözümlenebilmektedir[77].
- Masif ahşap kirişler kendi yükü altında bile sehim yapma eğilimindeyken kompozit kerestelerde hesaba katılmayacak kadar az sehim oluşmaktadır[77].
- Kompozit kereste teknolojisinin ürünleriyle, mesnetler arasında, mukavemet hesaplarına göre tasarımcının isteyebileceği değişken kesitli ve geniş açıklıklı yapı elemanı tasarlayıp hesaplayabilmek mümkün hale gelmiştir. Bundan dolayı masif ahşabın ölçü sınırlamalarını ortadan kaldırmıştır[67].
- Özellikle büyük mühendislik yapılarında (köprü, hangar vb.) kompozit kereste teknolojisi statik açıdan yüksek performans göstermektedir[67].
- Ahşap, nefes alabilen ve kendini yenileyebilen bir elemandır, dolayısıyla kimyasal gazların veya su buharının yer aldığı ortamlara uyum göstermiştir, ayrıca paslanmaması ve sudan etkilenmemesi de önemli bir avantajdır. Bu yüzden, kompozit keresteler en fazla köprüler, yüzme havuzları, stadlar ve kapalı arıtma tesislerinde kullanılır. Örneğin; % 80 nem ve 10℃ ısı koşullarındaki kapalı bir ortamda kompozit kereste 4 ay dayanabilir[67].
- Kurutulma aşamasının fırınlarda yapılması hem ekolojik hem de sağlık açısından önemli bir faktördür[67].

Yapısal kompozit kerestelerin dezavantajları:

- Üretim aşamasında gelişmiş üretim teknikleri kullanılmasını gerektirir. Özellikle tutkal uygulama adımı büyük dikkat istemektedir[80].
- Büyük boyutlardaki kompozit kereste elemanlarının fabrikadan inşaat sahasına taşınmasında özel araçlara gereksinim duyulabilir[80].
- Elemanlarının şantiye sahasında montajı için nitelikli eleman gerekebilir[80].
- Kompozit kereste elemanlarının masif ahşaba göre maliyeti yüksektir.
- Üretim aşamasında dış etmenlere karşı yalıtım aşaması özellikle dikkat ister. Kompozit kereste elemanlarının ömrü ne kadar da uzun olsa da yalıtımının iyi yapılması yapının ömrünü daha da uzatır.

2.1.1.2. Geniş Açıklıklı Ahşap Strüktürel Elemanlarda Açıklık Geçme Olanakları

Ahşabın kullanım alanının tarihsel süreçte gelişmesi, günümüzde ahşabı değişik formlarda ve özelliklerde karşımıza çıkarmaktadır. Eski yapılarda strüktür malzemesi olarak yoğunlukla masif ahşap kullanılmaktayken günümüzde masif ahşabın var olan sıkıntıları ve daha geniş açıklık geçme isteği insanlar günümüzde büyük oranda yapısal kompozit kerestelere yönelmektedir. Fakat yapıların geneline bakılınca masif ahşabın strüktür oluşturmada belli açıklıklara kadar rahatça kullanıldığı görülmektedir. Endüstrinin gelişmesiyle kullanılmaya başlanan yapısal kompozit keresteler sayesinde istenilen formda ve açıklıkta strüktürel elemanlar oluşturmak mümkündür. Günümüz teknolojisinde ahşap strüktürlerle yaklaşık 200 metreye kadar açıklık geçilebilmekte ve teknolojinin gelişmesiyle bu açıklıkların daha da artması öngörülmektedir.

Geniş açıklık geçen strüktürel ahşap elemanları çok değişik şekillerde ve özelliklerde sınıflandırmak mümkün olsa da bu tez kapsamında elemanlar yük dağılım yönlerine göre üç başlık altında incelenmiştir. Bunlar;

1. Tek Yönlü (Çizgisel) Elemanlar
2. İki Yönlü (Düzlemsel) Elemanlar
3. Üç Yönlü (Hacimsel) Elemanlar

Kirişler, kolonlar gibi asıl taşıyıcı elemanlar değil yük iletimi yapan elemanlardır. Burada söz edilen tek yönlü, iki yönlü ve üç yönlü kavramları, uzay düzleminde x, y, z olmak üzere üç eksen doğrultusu olduğundan kiriş görevi gören strüktürel elemanların yük iletim doğrultularının kaç tane eksen düzeyinde olduğunu göstermektedir. Burada analitik düzlemde x, yatay; y, düşey; z, dikey eksenleri ifade etmektedir.

Bu üç başlığın içindeki strüktürel elemanlar aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

1. Tek yönlü (Çizgisel) Elemanlar
    - Dolu Gövdeli Basit Kirişler
    - Kemerler
2. İki Yönlü (Düzlemsel) Elemanlar
    - Çerçeveler
    - Makaslar
    - Kirişli Döşemeler

3. Üç Yönlü (Hacimsel) Elemanlar
    - Kubbeler
    - Izgara Kabuk Sistemler
    - Katlanmış Plaklar
    - Özel Formlu Sistemler

2.1.1.2.1. Tek Yönlü (Çizgisel) Elemanlar

Tek yönlü (çizgisel) elemanlar, bir eksen boyunca yani x veya y ekseni boyunca yük taşır. Bu elemanların uzunlukları, diğer boyutlarına oranla büyüktür ve elemanlarda yük dağılımı idealleştirilmiş eksen boyuncadır[56]. Bu elemanlar içerisinde dolu gövdeli basit kirişler ve kemerler incelenmektedir.

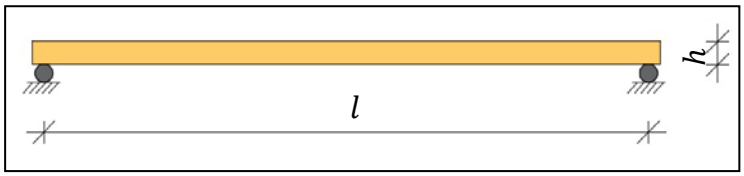
2.1.1.2.1.1. Dolu Gövdeli Basit Kirişler

Kesiti eğilmeye karşı iyi bir dayanım gösterecek biçimde seçilen uzun ve yatay taşıyıcı elemana kiriş adı verilir[81]. Kirişler, kolonların üzerine oturan yük aktarıcı elemanlardır. Dolu gövdeli basit kirişlerle, geçilen açıklık ve istenen mimari formlara göre 50 metreye yakın açıklık geçmek mümkündür. Masif ahşap, LVL ve Glulam malzemelerinden yapılabilirler[82]. Dolu gövdeli basit kirişlerde en fazla uygulama alanı bulan düz, üçgen, konsol ve alttan gergili tiplerdir (Şekil 23).

Şekil 23. Dolu gövdeli basit kirişlerle yapılan yapılar[85, 86]

- Düz Kirişler

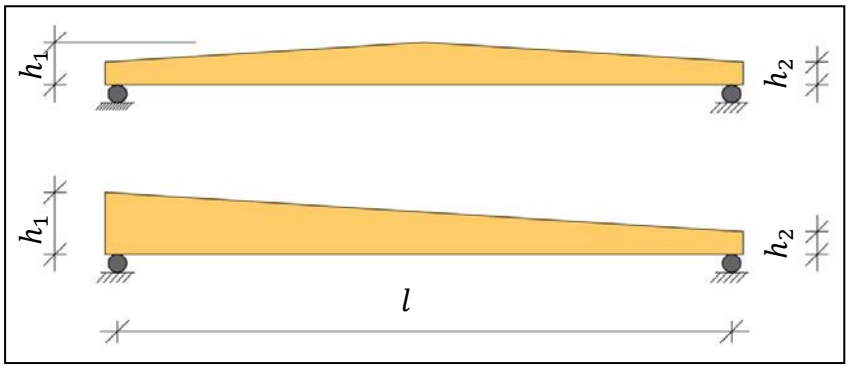
Basit mesnetli olup genellikle dikdörtgen kesitlidir ve mukavemet değeri, kesit yüksekliğine bağlıdır (Şekil 24). Kirişlerdeki yanal burkulma olasılığına karşı kirişler arası çaprazlama elemanı gerekebilir[74]. Düz kirişlerle yaklaşık 40 metreye kadar açıklık geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{10} \sim \frac{l}{20}$)[432].



Şekil 24. Düz kiriş

- Trapez Kirişler

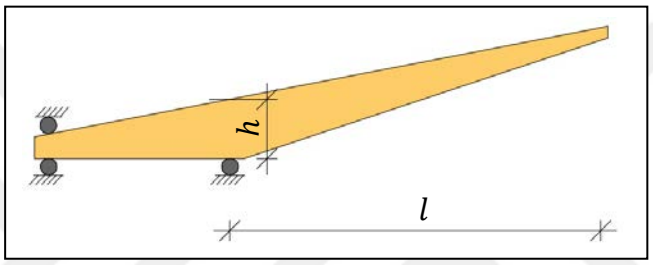
Düz kirişlerle geçilen açıklıklardan daha geniş olan açıklıklarda, düz kirişlere göre daha ekonomik çözümler üretmek amacıyla tasarlanır. En çok tercih edilen, kavisli - çift eğimli (eğim 5 - 20° arasında) kiriştir. Üzerine binen yük durumlarına göre, bir ucu diğer ucundan daha yüksek olan kirişler de yapılabilir[74] (Şekil 26). Profilden bakılınca orta noktası üçgen şeklinde olan veya bir ucu diğerinden daha yüksek olan modelleri vardır. Trapez kirişlerle yaklaşık 70 metreye kadar açıklık geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h_{1,2} =$ strüktür yükseklikleri, $h_1 = \frac{l}{16}$, $h_2 = \frac{l}{25} \sim \frac{l}{30}$) [433].



Şekil 26. Trapez kirişler

- Konsol Kirişler

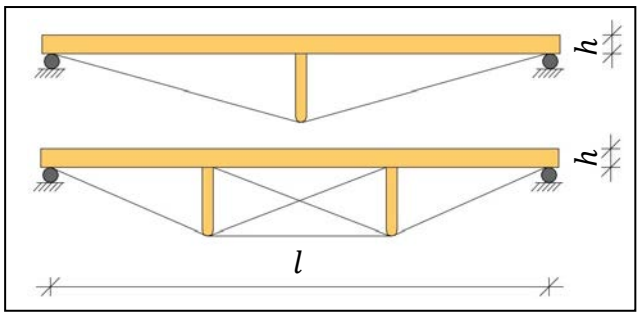
Statik olarak uygun bir noktadan sabitlenmiş olan kirişlerdir (Şekil 25). Tek uçtan konsollu kirişlerde, mesnette artan eğilme momenti ve kesme kuvvetini karşılamak için, eleman ile mesnet noktası arasında basınç ve çekme elemanları ile statik denge sağlanır. İki uçtan konsol kiriş, ortasındaki maksimum eğilme momentini azalttığı için statik açıdan daha olumlu bir yaklaşımdır[84]. Fakat tek uçtan konsollu kirişler uygulamada daha çok tercih edilmekte ve bu kirişlerle yaklaşık 30 metreye kadar açıklık geçmek mümkündür. Balkon, saçak, çatı gibi yapılar için uygundur[83]. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{10}$)[434].



Şekil 25. Konsol kiriş

- Alttan Gergili Kirişler

Görünüş olarak düz kirişlerden tek farkı kirişin bir ucundan öbür ucuna bir veya birden fazla sayıda gergi noktasına sahip olan çelik halatlarla geçilen bir yapıya sahip olmasıdır (Şekil 27). Düz kirişin altından çelik gergiyle geçilmesi kirişin yük taşıma kapasitesini arttırmakta ve dolayısıyla bu kirişlerle normalden daha geniş açıklık geçilmektedir. Alttan gergili kirişlerle yaklaşık 50 metreye kadar açıklık geçilebilmektedir[83]. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{30} \sim \frac{l}{40}$)[435].



Şekil 27. Alttan gergili kirişler

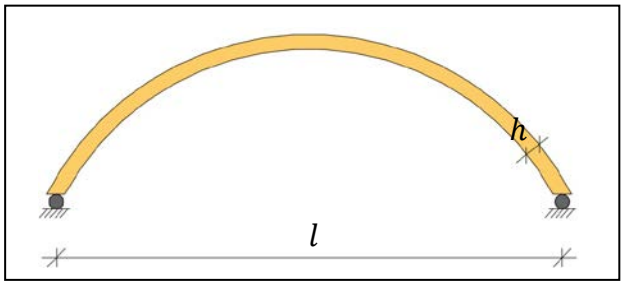
2.1.1.2.1.2. Kemerler

Kemer, iki uçtan kolonlara veya zeminde oluşturulan platforma mesnetli, belli bir eğrilik yarıçapı olan ve yük altında basınca çalışan tek yönlü strüktürel elemandır (Şekil 28). Kemerlerle forma uygun olarak 120 metreye yakın açıklık geçilebilir. LVL ve Glulam malzemelerinden yapılabilirler[82]. İki mafsallı, üç mafsallı ve kafes kemer tipleri vardır.

Şekil 28. Kemerlerle yapılan yapılar[87, 88]

- İki Mafsallı Kemerler

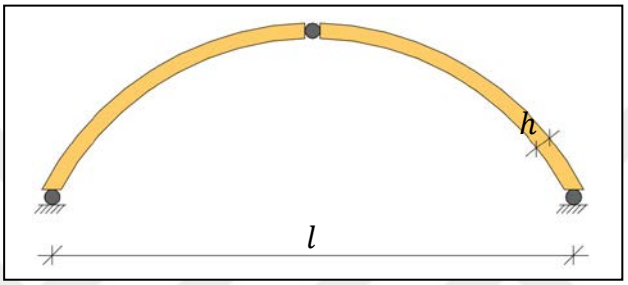
Statik olarak kararsızdırlar ve kemerin yönünde basınç gücüyle oluşan dış reaksiyonlar üretirler (Şekil 29). Merkezdeki eğilme momenti ve bağlantı yerlerinin sıkılığı tasarıma yön verir. Eğer yükler yatay harekete izin veriyorsa, iki mafsallı kemer deforme olur[13]. İki mafsallı kemerlerle yaklaşık 100 metreye kadar açıklıklar geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{35} \sim \frac{l}{50}$)[3].



Şekil 29. İki mafsallı kemer

- Üç Mafsallı Kemerler

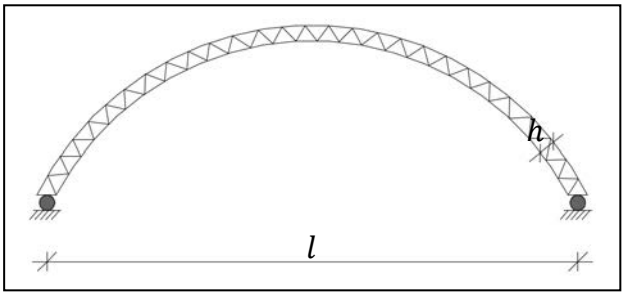
Statik olarak kararlıdır. Kemer boyunca, basınç oluşturan dış yüklere dayanıklıdır[89] (Şekil 30). İki mafsallılardan farkı üstte bir mafsalın daha yer almasıdır. Üstteki mafsal yanal rüzgâr, kar, deprem gibi hareketli yüklerin oluşturduğu momente karşı direnç sağlar ve bundan dolayı iki mafsallı kemerlere göre daha fazla açıklık geçilmesine olanak verir. Üç mafsallı kemerlerle yaklaşık olarak 100 metreye kadar açıklıklar geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{30} \sim \frac{l}{50}$)[3].



Şekil 30. Üç mafsallı kemer

- Kafes Kemerler

Geçilen açıklığa göre; ekonomik olması, statik dengenin daha kolay sağlanması ve hesap kolaylığı açısından kafes kemerler seçilebilir[63] (Şekil 31). Kafes kemerler, üç mafsallı kemerden hem daha az sabit yüke sahip hem de daha kararlıdır. Bu yüzden hareketli yüklere direnci daha fazladır. Bu kemerlerle, yaklaşık 120 metre açıklık geçme imkânı vardır. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{20} \sim \frac{l}{40}$)[3].



Şekil 31. Kafes kemer

2.1.1.2.2. İki Yönlü (Düzlemsel) Elemanlar

İki yönlü (düzlemsel) elemanlar, iki eksen boyunca yük taşırlar ve burada bir düzlem oluştururlar. Bu yüzden düzlemsel elemanlar da denmektedir. Bu elemanlar içerisinde çerçeveler, makaslar ve kirişli döşemeler incelenmektedir.

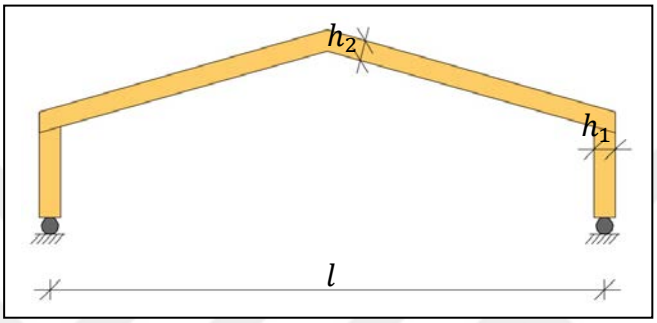
2.1.1.2.2.1. Çerçeveler

Çerçeveler, en kesit ölçüleri boylarına oranla küçük olan, yatay ve düşey elemanlarla oluşturulmuş formlardır. Yatay ve düşey yüklerin aktarılmasını sağlarlar. Bu sistemin amacı, yapıdaki düşey taşıyıcı elemanlarla yatay taşıyıcı elemanları birleştirerek bir çerçeve oluşturmak ve oluşan çerçevenin tüm kuvvetlere karşı birlikte çalışmalarını sağlamaktır[90] (Şekil 32). Çerçevelerin avantajları; yapının yüksekliğini azaltması, mekânın açıklığını arttırması, montaj ve korumada etkinliğidir; diğer taraftan dezavantajları da strüktürel malzemenin daha ağır olması ve montaj ekibinin detaylara yabancı olabilmesidir[91]. Çerçeveler LVL ve Glulam malzemelerden oluşturulabilir ve 50 metre civarında açıklık geçebilir. İki mafsallı ve üç mafsallı olmak üzere iki türü vardır[432].

Şekil 32. Çerçevelerle yapılan yapılar[92, 93]

- İki Mafsallı Çerçeveler

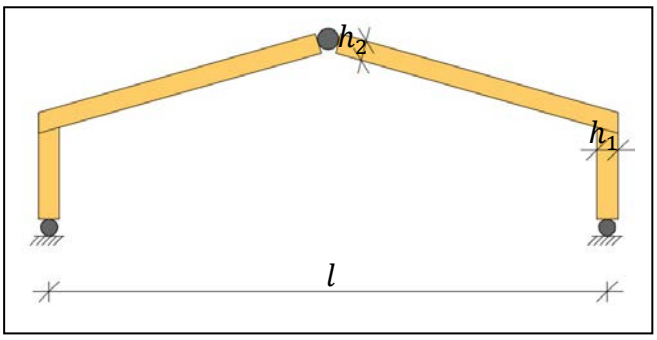
İki mafsallı çerçeveler, ayaklarından mafsallanarak zemine sabitlenir. Strüktür yapısı olarak iki mafsallı kemerlere benzer (Şekil 33). Bu strüktürel sistem üç mafsallı sisteme oranla daha küçük alanlar için kullanılmaktadır. İki mafsallı çerçevelerle yaklaşık 35 metre açıklık geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h_{1,2} =$ strüktür yükseklikleri, $h_1 = \frac{l}{20} \sim \frac{l}{30}$, $h_2 = \frac{l}{15} \sim \frac{l}{20}$) [54, 432].



Şekil 33. İki mafsallı çerçeve

- Üç Mafsallı Çerçeve

Üç mafsallı çerçeveler, iki mafsallı çerçevelerden farklı olarak tepeden de mafsallanır ve bundan dolayı moment yüklerini iki mafsallı çerçevelere göre daha fazla karşılar (Şekil 34). Taşıma ve montaj kolaylığı açısından üç mafsallı çerçeveler daha çok tercih edilir. Üç mafsallı çerçevelerle yaklaşık 50 metreye kadar açıklık geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h_{1,2} =$ strüktür yükseklikleri, $h_1 = \frac{l}{20} \sim \frac{l}{40}$, $h_2 = \frac{l}{30} \sim \frac{l}{60}$)[54, 432].



Şekil 34. Üç mafsallı çerçeve

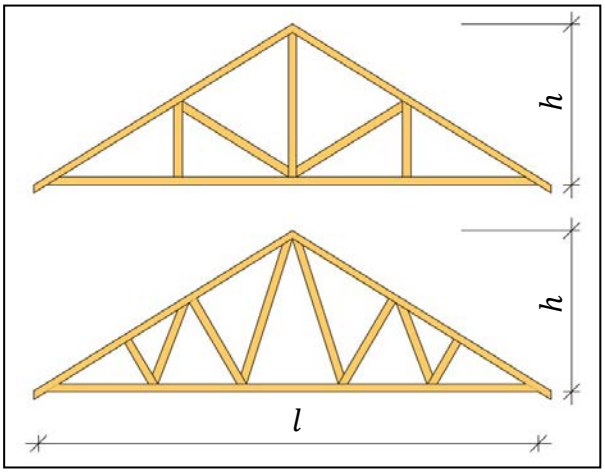
2.1.1.2.2.2. Makaslar

Makaslar, ahşap elemanların çapraz birleşimlerinden oluşan iki yönlü yük taşıyan kirişlerdir. Çapraz birleşimler basınç ve çekme yükleri altında kirişin mukavemetini arttırır. Makaslara, kafes kirişler de denmektedir. Kafes kirişler, doğrusal çubukların mafsallı düğüm noktalarıyla birleştirilmesiyle ortaya çıkan ve bünyesinde basınç ve çekme gerilmeleri oluşan bir taşıyıcı sistem türüdür[54] (Şekil 35). Makaslar LVL ve Glulam malzemelerden oluşturulabilir ve yaklaşık 100 metre açıklık geçilebilir[13, 82]. Üçgen, paralel başlıklı, karma ve trapez makas tipleri en çok uygulamada olan tiplerdir.

Şekil 35. Makaslarla yapılan yapılar[94, 95]

- Üçgen Makaslar

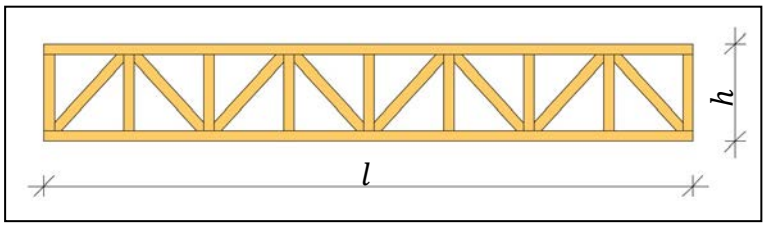
Üçgen makaslar klasik yapıda, makas ana hatlarını oluşturan yatayda bırakma kirişi ve bunu tepeye asan dikeyde askı kirişi (baba) formunda üretilebileceği gibi dikey elemanların eğimli olarak yerleştirildiği şekillerde de üretilebilir (Şekil 36). Üçgen makaslarla yaklaşık 80 metreye kadar açıklıklar geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{8}$)[13, 434].



Şekil 36. Üçgen Makaslar

- Paralel Başlıklı Makaslar

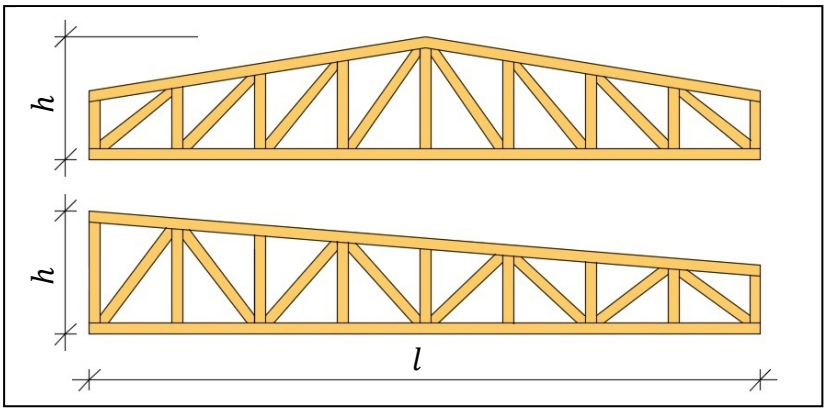
Paralel başlıklı makaslarda alt ve üst başlık kirişleri birbirine paraleldir. Köşegenler üçgenleşmeyi sağlar (Şekil 37). Yapının genelinde düz bir hat oluşturmakta yaygın olarak kullanılan bu makaslar ile yaklaşık 80 metreye kadar olan açıklıklar geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{14}$)[13, 434].



Şekil 37. Paralel Başlıklı Makas

- Trapez Makaslar

Trapez makaslar, dolu gövdeli trapez kirişlere benzer. Alt ve üst başlık kirişlerinin eğimleri paralele yakındır fakat bir ucu diğer ucundan daha yüksek olan ve orta noktası üçgen şeklinde yükselen olmak üzere iki ana modelde üretilir (Şekil 38). Dolu gövdeli tiplerine göre daha az sabit yüke sahiptir ve bundan dolayı yaklaşık 100 metreye kadar olan açıklıklar geçebilirler. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{12}$)[13, 434].



Şekil 38. Trapez Makaslar

- Karma Makaslar

Bu tür makasların belirli bir şekli yoktur. Makasları oluşturan ana kirişler eğimli, düz, kemerli, mafsallı gibi çok değişik formlarda olabilir. Bu tür makaslar 15 metre ile 80 metre arası açıklık geçebilirler.

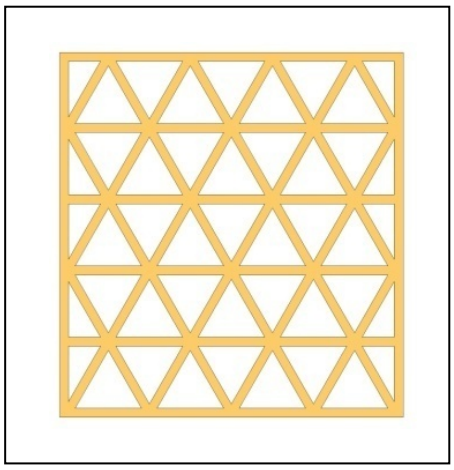
2.1.1.2.2.3. Kirişli Döşemeler

Kirişli döşemeler, bir döşemenin tüm yatay eksenleri boyunca dikey elemanlara yük iletimi yaptıkları için iki yönlü elemanlar sınıfındadır. Kirişli döşemeleri oluşturan kirişler birbirlerini 90° veya 60° açılarıyla kestikleri için kutu formuna benzer ve bu döşemelerin diğer bir adı da kaset döşemelerdir. Kirişli döşemenin bir bütün halinde görünmesi mimari açıdan tercih nedenidir (Şekil 39). Kirişli döşemeler CLT, LVL ve Glulam malzemeleriyle oluşturulabilir ve bu yapı formlarıyla değişik ahşap malzemeler bir arada kullanılarak geçilebilen en büyük açıklık 70 metre civarındadır. 90°'lik ve 60°'lik kirişli döşemeler olmak üzere iki tipi vardır.

Şekil 39. Kirişli döşemelerle yapılan yapı [96]

- 60°'lik kirişli döşemeler

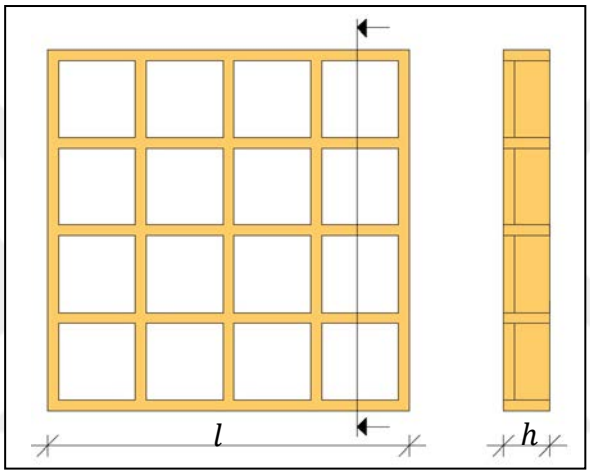
Izgara kirişler döşemede birbirlerini 60°'lik açılarla kestiği için bu ismi almıştır (Şekil 41). Tasarım aşamasında görsel olarak verev form verdiği için mekânda hareket duygusunu verir. Uygulaması 90°'lik kirişlere göre zordur. Kirişlerin birleşme açılarından dolayı bir noktada en fazla altı kiriş bağlantısı olur, bundan dolayı işçiliği fazladır. Bu sistemler ile 30 metreye kadar açıklık geçebilen örnekler mevcuttur.



Şekil 40. 60°'lik kirişli döşeme

- 90°'lik kirişli döşemeler

Izgara kirişler, döşemede birbirlerini 90°'lik açılarla kestiği için bu ismi almıştır. Tasarım ve uygulamada kirişler birbirlerini dik kestikleri için daha kolay uygulama olanağına sahiptir ve birleşme açılarından dolayı bir noktada en fazla dört kiriş bağlantısı olur (Şekil 40). Bu sistemlerle 70 metreye kadar açıklık geçebilen örnekler vardır. Ancak teorikte 24 metre civarında açıklıklar bu sistemlerle geçilebilir. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{16} \sim \frac{l}{30}$) [3].



Şekil 41. 90°'lik kirişli döşeme

2.1.1.2.3. Üç Yönlü (Hacimsel) Elemanlar

Üç yönlü (hacimsel) elemanlar, uzay ekseninde her üç yönde de yük taşır ve bu yüzden bir hacim oluşturur. Bu nedenle hacimsel elemanlar olarak da adlandırılmaktadır.

Üç yönlü elemanların kullanım alanı geniştir ve strüktür formları çok yaygın bir biçimde geniş açıklıkları geçmede kullanılmaktadır. Bu elemanlar içerisinde tonozlar, kubbeler, ızgara kabuk sistemler, katlanmış plakalar, dokuma ahşap yapılar ve özel formda bazı yapılar incelenmektedir. Üç yönlü elemanlar, yapı sektöründe en fazla gelişme kaydeden alandır.

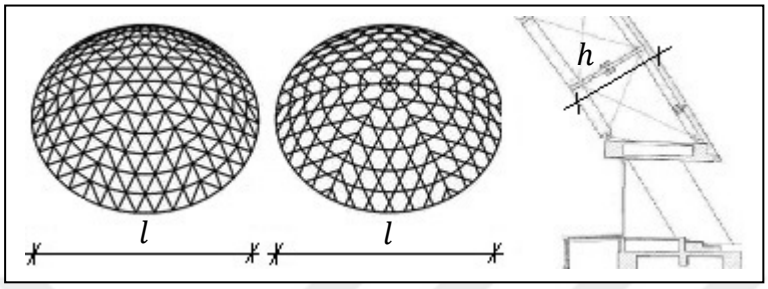
2.1.1.2.3.1. Kubbeler

Kubbeler, Gauss Eğrilik Teorisi'ne göre pozitif eğrilikli kabuk yapılardır. Kubbeler, kuvvetleri membran şartlarına göre karşılar. Buna göre, hem çekme ve basınç hem de kesme kuvvetleri kabuk yüzeyinde dağılır[97]. Kabuk yüzeylerinde uzaysal üç eksene de yük aktarıldığı için bu tip formlar, üç yönlü (hacimsel) elemanlar olarak adlandırılır ve uzayda belli bir hacmi kaplar. Kubbelerin, küre veya küreye yakın yüzeyleri olması nedeniyle düzlemsel yapılara oranla ek bir stabiliteye sahiptir ve form nedeniyle geniş açıklıklar için daha uygun olmaktadır. Eskiden kubbe oluşturmak için betonarme kabuklar tercih edilirken, günümüzde eğri veya düz çubuk ahşap elemanlar ile inşa edilen ağ kubbe yapılar tasarlanmaktadır. Bu tip yapılarda, birçok düğüm noktası bulunmakta ve bu sayede eleman boyları küçülmektedir. Sonuç olarak, hem yapının maliyeti azalmakta hem de kurulum süresi kısalmaktadır. Kubbe biçimi, küre, elips veya parabol geometrilerden türetilebilir[54]. Kubbe formundaki yapılar LVL ve Glulam elemanlardan oluşturulabilir ve bu strüktür sistemiyle 200 metreye yakın açıklık geçebilir[434]. Günümüzde birçok kubbe formu olmasına karşın en fazla kullanılan tipler radyal ve jeodezik kubbe formlarıdır (Şekil 42).

Şekil 42. Kubbe tipi formlarla oluşturulmuş yapılar[98, 99]

- Radyal Kubbeler

Radyal kubbeler, üstten bakılınca bir merkeze toplanan daireler olarak görülür (Şekil 43). Bu sistemler ile yaklaşık 150 metreye kadar açıklıklar geçilebilir[82]. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{50} \sim \frac{l}{300}$) [3].

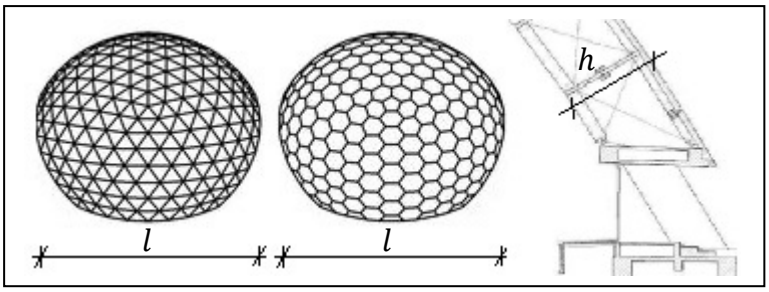


Şekil 43. Radyal kubbe formları[100, 352]

Radyal kubbeleri oluşturmak için daireleri bir merkezde toplayıp her daireyi üçgen bağlantılarla oluşturmak bir yoldur. İzlenebilecek diğer bir yol da bir dairesel planı aynı merkezli, gittikçe küçülen dairelere bölüp ortaya çıkan halkaları aynı sayıda üçgene bölmektir. İki durumda da küre kapağı, enlemlerle şeritlere bölünmüş olmaktadır. Her bir halkada iki tip üçgen alan vardır. Ancak, tüm yayların kubbe merkezinde birleşmesi yapının kurulumunda sorunlar ortaya çıkarabilir. Bu sorunun çözümü için izlenebilecek iki yöntem vardır. Birincisi, küreyle aynı merkezli bir basınç çemberi öngörmek ve böylece merkezdeki yığılmayı ortadan kaldırmak, ikicisi ise, her bir şeritteki üçgen sayısını alt bölgelerde aynı sayıda tutarken merkeze yaklaşıldığı yerlerde yarıya indirerek merkezde kolay detaylandırılabilecek kadar çubuk bırakmaktır[54].

- Jeodezik Kubbeler

Jeodezik kubbelere üstten bakıldığında sonsuza giden geometrik düzen olduğu hissini verir (Şekil 44). Bu sistemde işçilik daha zor olduğundan yapım esnasında daha çok dikkat etmek gerekir. Bu yüzden radyal kubbelere göre daha az tercih sebebidir. Bu sistemler ile yaklaşık 180 metreye kadar açıklıklar geçilebilir[82]. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h = \frac{l}{50} \sim \frac{l}{300}$) [3].

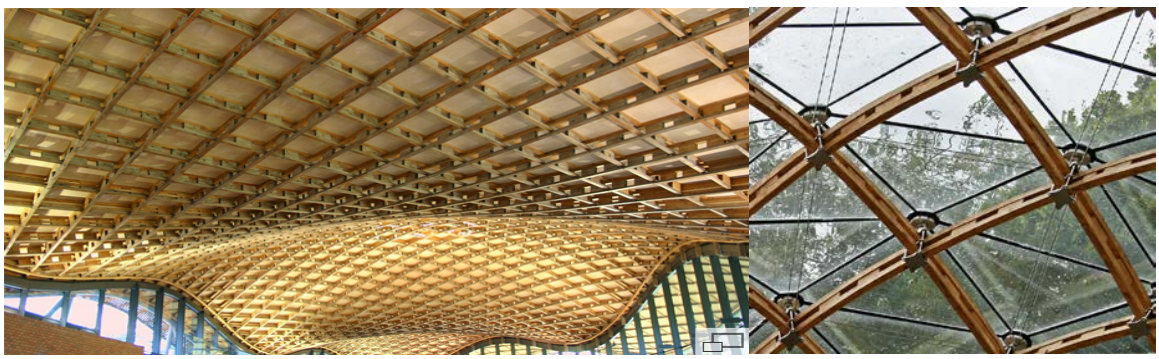


Şekil 44. Jeodezik kubbe formları[100, 352]

Jeodezik kubbelerde, yüklerin en kısa yoldan komşu elemanlara oradan da temellere homojen olarak aktarılabilmesi sağlanmaktadır. Jeodezik bölme yönteminde üçgenin üç eksenli simetrisinden yararlanılarak eleman tip sayısı azaltılabilmekte; böylece, imalat, nakliyat ve montaj maliyeti azalmaktadır. Jeodezik kubbeler, "kapladığı alan/kubbe ağırlığı" oranı diğer yapı sistemlerine göre en çok olan yapılardır. Kullanılan elemanlar narin görünse de yapısal olarak oldukça güçlüdür[54].

2.1.1.2.3.2. Izgara Kabuk Sistemler

Kubbe formlardan daha karmaşık yapıdadır. Tasarımındaki hesaplar diğer formlara benzememektedir. Bu sistemler uzay düzleminde üç yönlü yük aktardığı ve kendi başına bir yapıyı oluşturduğu için üç yönlü eleman sınıfındadır. Kabuk, uygulanan yüklere, kendi doğal şekli nedeniyle kazandığı dayanımı ile karşı koyar (Şekil 45). Çekme, basınç ve kesme kuvvetleri, kabuk yüzeyinde dağılır. Bu nedenle, kabuklar yapısal olarak ince kesitlerle oluşturulabilmektedir. Kabuk yüzeyler, kubbeler bölümünde bahsedildiği gibi, Gauss teorisine göre nitelendirilebilir[54].

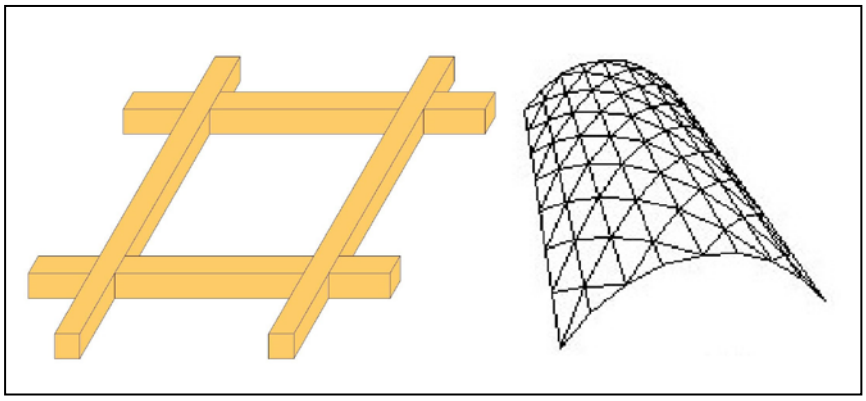


Şekil 45. Izgara kabuk formları[101, 102]

Izgara kabuk sistemler masif ahşap, LVL ve Glulam elemanlarla oluşturulabilir. Bu sistemler tek tabakalı ve çift tabakalı olmak üzere iki ayrı form altında incelenebilir. Bu sistemlerle üretilmiş olan ve yaklaşık 100 metre civarındaki açıklık geçen yapı örnekleri mevcuttur.

- Tek Tabakalı Izgara Kabuk Sistem

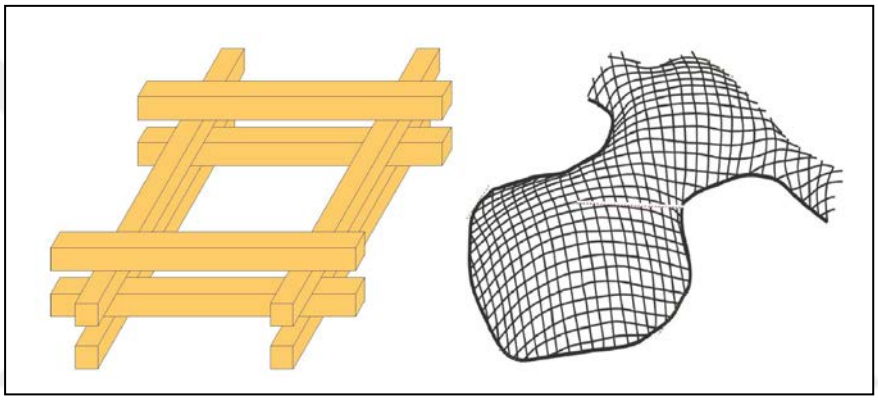
İlk bakıldığında kubbelerle benzerlik gösteren ancak, tam anlamıyla bir ızgara kabuk oluşturabilme imkânı verdiğinden kubbe formundan daha farklı geometrik şekillere ulaşmaya olanak sağlayan sistemdir (Şekil 46). Özellikle son 10 - 15 yıl içerisinde ahşap teknolojisinin gelişmesiyle daha geniş kullanım alanı bulmuştur. Her proje için hesaplanan kesitler istenen boyutlarda ve miktarlarda üretilebilmektedir. Gerekirse her parça üretim sırasında farklı eğim - eğrilik ile üretilip, numaralandırılıp, şantiye ortamında kuruluma hazır hale getirilmektedir[63]. Tek tabakalı denmesindeki amaç, oluşacak taşıyıcı strüktürel sistemin tek tabaka halinde inşa edilmesindendir. Bu sistem, dışarıdan bakıldığında kirişli sistemler ve yapılar ile kubbeler arasında geçiş formu gibi algılanmaktadır. Bu sistemler ile 70 metreye yakın açıklık geçen yapı örnekleri mevcuttur.



Şekil 46. Tek tabakalı ızgara kabuk sistem[103]

- Çift Tabakalı Izgara Kabuk Sistem

Çift tabakalı ızgara kabuk sistemle oluşturulabilecek açıklıkların potansiyeli oldukça yüksektir. Bu sistem, tasarlanmasından üretilmesi ve kurulmasına kadar, günümüzde ahşap kompozitlerle inşa edilen çift tabakalı ahşap ızgara kabuk yapılara yol göstermiştir. Bu gün hala aynı birleşim noktası detayı ile sistem kurulmaktadır[63]. Çift tabakalı ızgara kabuk yapılarda genel olarak, elemanlar önce düz bir platformda kurulur ve sonra yükseltme-itme-biçimini bozma yöntemleriyle projedeki halini alır (Şekil 47). Bu sistemler ile 100 metreye yakın açıklık geçen yapı örnekleri mevcuttur.



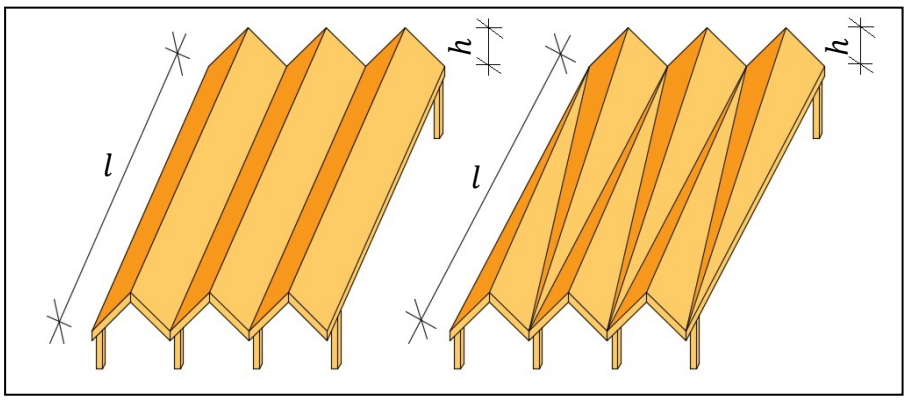
Şekil 47. Çift tabakalı ızgara kabuk sistem[103]

2.1.1.2.3.3. Katlanmış Plaklar

Katlanmış plaklar; düzlem yüzeysel taşıyıcı elemanların (plakların) bir açı altında birleşerek oluşturdukları uzaysal taşıyıcı sistemlerdir (Şekil 48). Son yıllarda taşıyıcı sistem olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemdeki ana mantık, iki ucundan tutulduğunda kendini taşıyamayan, kendi ağırlığı altında dahi sarkan bir kâğıt parçasının, bir takım katlanmalardan sonra kendini taşımanın yanı sıra ek yükleri dahi taşıyabilir duruma gelmesi üzerine oturtulmuştur. Bu sistem, bu katlama mantığıyla oluşturulmuştur[54] (Şekil 49).

Şekil 48. Katlanmış plak sistemiyle oluşturulmuş yapı[104, 105]

Yüzeysel sürekli taşıyıcı elemanlardan oluşan katlanmış plakların yük taşıma biçimi, statik ilkeler açısından plak ve perde çalışmasına benzetilmektedir. Geçilecek açıklık sabit tutulup, plak kalınlığı değişken alındığında katlanmış bir yüzeyin katlanma sayısı arttıkça, plak kalınlığının azalacağını statik hesaplamalar göstermektedir[54]. Genel formundan dolayı üç yönde de yük iletmeye müsaittir. Bu yüzden üç yönlü elemanlar sınıfındadırlar. Bu sistem Masif Ahşap, LVL ve Glulam elemanlarıyla oluşturulabilir ve bu sistemle yaklaşık 50 metreye yakın açıklık geçen yapı örnekleri mevcuttur. ($l =$ strüktür açıklığı, $h =$ strüktür yüksekliği, $h \geq \frac{l}{8}$) [432].



Şekil 49. Katlanmış plak sistemleri[106]

2.1.1.2.3.4. Özel Formlu Sistemler

Ahşap yapı sistemlerinin, yapılan sınıflandırmaların herhangi birine uygun özel bir formu olmayan örnekleri özel formlu sistemler başlığı altında incelenmiştir.

Özel formlu sistemler, yapının strüktürünün genellikle organik formda olduğu sistemlerdir (Şekil 50). Bu yüzden bu yapılar üç yönlü yük taşımaya elverişlidir ve üç boyutlu eleman sınıfındadır. Oluşturulan yapı sistemleri organik formlarından dolayı LVL ve Glulam elemanlarla oluşturulmaktadır ve bu sistemler ile 50 metreye yakın açıklık geçen yapı örnekleri mevcuttur.

Şekil 50. Özel formlarda oluşturulmuş yapı sistemi örnekleri[108, 107]

2.2. Analiz Çalışması

Yapılan çalışma kapsamında, ahşap malzemeler kullanılarak oluşturulan geniş açıklıklı strüktürel elemanlar, bu elemanların uygulanış biçimleri ve bu elemanların uygulandığı örnek yapılar hakkında gerekli bilgilerin elde edilmesi amacıyla analiz çalışması yapılmıştır.

Analiz çalışmasında sırasıyla aşağıdaki aşamalar izlenmiştir. Bunlar;

1. Veri toplama ve örneklerin seçimi
2. Yapı analiz tablolarının oluşturulması

2.2.1. Veri Toplama ve Örneklerin Seçimi

Ahşap strüktürel elemanların araştırılmasında makalelerden, tezlerden, kitaplardan, dergilerden, çeşitli internet kaynaklarından ve kişisel bilgilerden faydalanılmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda geniş açıklık kavramına uyan strüktürler seçilmiş, değişik açılardan sınıflandırılmış ve farklı biçimlere sahip olan strüktürler belirlenen başlıklarda analiz edilip irdelenmiştir.

Geniş açıklıklı ahşap strüktürel eleman kavramı geniş bir anlam ifade ettiği için dinamik ve statik yük altındaki yapı strüktürlerinin yük dağılım yönlerine göre sınıflandırması yapılmıştır. Seçilen örneklerin sınıflandırma başlıklarına uygun, mimari karakteristiği yüksek ve literatüre girmiş olmasına dikkat edilmiştir.

Örnekler içerisinde hem masif ahşaptan hem de endüstriyel tekniklerle üretimi yapılan yapısal kompozit keresteler ile oluşturulmuş yapı örnekleri vardır. Geniş açıklık kavramına farklı kaynaklarda mutlak bir yaklaşım olmamasından dolayı burada incelenen örneklerde 10 metreden daha geniş açıklıklı ahşap yapı strüktürleri dikkate alınmış ve çalışma kapsamına dâhil edilmiştir.

Çalışma kapsamına dâhil olan yapı örnekleri yük dağılım yönlerine göre üç ana başlık altında analiz edilmiştir. Bu amaçla 1975 – 2016 yılları arasında inşa edilmiş toplamda 100 adet örnek incelenmiştir.

2.2.2. Yapı Analiz Tablolarının Oluşturulması

Çalışma kapsamına dâhil olan örnekler, “EKLER” kısmında oluşturulmuş olan yapı analiz tablolarında incelenmiştir. Bu tabloların oluşturulmasında literatür araştırmasından elde edilen bilgilerden faydalanılmıştır. Örnek yapıların incelendiği tabloların hepsi aynı kriterler göz önüne alınarak oluşturulmuş ve bu tablolarda yapıya ait bilgilere ek olarak yapının hem genel görüntüsünü hem de detay görüntülerini içeren fotoğraflar kullanılmıştır.

Günümüzde ahşapla oluşturulan strüktürler dünyanın birçok ülkesinde çeşitli avantajları barındırdığı için giderek daha fazla uygulanmaya başlanmıştır.

Geniş açıklıklı ahşap strüktürel elemanların incelendiği yapı analiz tabloları iki bölümden oluşmaktadır. Bunları;

1. İncelenen yapıya ait bilgilerin olduğu giriş bölümünü,
2. İncelenen yapının strüktür sistemini gösteren, genel ve detay görsellerin olduğu bölümünü,

kapsamaktadır.

2.2.2.1. Yapıya Ait Bilgiler

Yapılarda kullanılan ahşap malzemeler, günümüzde ahşap teknolojisinin gelişmeyle birlikte artmaya başlamıştır. Geniş açıklıklı strüktür oluşturmak için çelik ve betonarme dışında endüstriyel ahşap malzemelerin diğer bir alternatif olduğu inşa edilen yapılarla birlikte görülmektedir. Ahşap strüktürel elemanlarla oluşturulmuş yapılar her geçen gün dünyadaki birçok ülke için hem yapım ve yapım sonrası kullanımdaki avantajlarından, hem de çevreye kattığı olumlu özelliklerinden dolayı artan bir oranda tercih nedeni olmaktadır. Son yıllara bakıldığında, bu tür yapıların artan bir oranda inşa edildiği görülmektedir. İnşa edilmiş bu yapı örneklerinden çalışma kapsamına uygun olanları seçilerek incelenen yapıya ait bilgi vermek amaçlı yapı analiz tabloları oluşturulmuştur.

Yapı analiz tablolarının bulunduğu Ek Tablo'larda incelenen geniş açıklıklı ahşap strüktürel elemanla ilgili yapı örneğine ait yapının adı, yapının mimarı, strüktür mühendisi, yapının yeri, yapım yılı, yapının işlevi, yapının boyutları, taşıyıcının malzemesi, geçilen açıklık ve strüktür taşıyıcı tipi bilgileri yer almaktadır.

- Yapının Adı

İncelenen yapı örneğinin literatürde kullanılan Türkçe adını ifade eder.

- Yapının Mimarı

İncelenen yapı örneğinin mimari tasarımını yapan mimar/tasarım ekibi/tasarım firmasını ifade eder.

- Strüktür Mühendisi

İncelenen yapı örneğinin strüktür tasarımını yapan mühendis/mühendis ekibi/mühendislik firmasını ifade eder.

- Yapının Yeri

İncelenen yapı örneğinin inşa edildiği kent ve ülkeyi ifade eder.

- Yapım Yılı

İncelenen yapı örneğinin strüktürünün inşasının bitirildiği yılı ifade eder.

- Yapının İşlevi

İncelenen yapı örneğinin güncel kullanım amacını ifade eder.

- Yapının Boyutları

İncelenen yapı örneğinin yapısal olarak işgal ettiği yeri metre (m) cinsinden ifade eder. Ancak bazı durumlarda bu ifade metrekare (m^2) cinsinden belirtilmiştir.

- Taşıyıcının Malzemesi

İncelenen ahşap yapı örneğinin strüktüründe kullanılan malzemeyi ifade eder.

- Açıklık / Yükseklik

Açıklık, yapı örneğindeki incelenen strüktürün desteksiz olarak geçtiği iki mesnet arasındaki en geniş açıklığı metre (m) cinsinden ifade eder.

Yükseklik, yapı örneğindeki incelenen strüktürün orta noktasındaki kısmının alt ve üst kalınlıkları arasındaki mesafeyi metre (m) cinsinden ifade eder.

- Strüktür Taşıyıcı Tipi

İncelenen yapı örneğinin strüktür sisteminin literatür çalışmasında belirtilen yük dağılım yönleri altında hangi alt sınıfa girdiğini ifade eder. Diğer bir deyişle, incelenen yapının özelliklerine göre kullanılan strüktür sistemin yük dağılım yönünün tek yönlü mü, iki yönlü mü, yoksa üç yönlü mü olduğu tespit edilir ve sonra bu tespite göre yapı örneğinin strüktürünün literatür çalışmasında belirtilen yük dağılım yönlerindeki alt başlıklarından hangisine uygun olduğu ifade edilir.

2.2.2.2. Yapıya Ait Görseller ve İncelemeler

Yapı analiz tablolarında yapıya ait fotoğraflar ve çeşitli çizimler kullanılmıştır. Bu fotoğraflardan giriş kısmındakiler, yapı örneğinin dışından ve içinden nasıl bir formda olduğunun bilgisini ana hatlarıyla aktarmaktadır. Daha sonra kullanılan fotoğraflar, üzerinde yapı strüktürünün çeşitli ölçülerini ve strüktürü tanımayı sağlayan bilgileri barındıran detay fotoğraflardır.

Burada fotoğrafların ve çeşitli çizimlerin kullanılmasındaki asıl amaç, hem analiz tablosunda kullanılan yapının strüktür tipinin literatür çalışmasına uygunluğunu denetlemek hem de yapı strüktürünün ne olduğunu tam anlamıyla kavramaktır.

3. BULGULAR VE İRDELEME

Dünya genelinde giderek artan bir kullanıma sahip olan ahşap yapı sistemleriyle oluşturulmuş ahşap strüktürel elemanların incelendiği bu çalışmada ilk olarak literatür çalışması yapılarak bilgiler elde edilmiş ve bu bilgiler doğrultusunda yük dağılım yönlerine göre (bir yönlü, iki yönlü ve üç yönlü) dolu gövdeli kirişler, kemerler, çerçeveler, makaslar, kirişli döşemeler, tonozlar, kubbeler, ızgara kabuk sistemler, katlanmış plaklar ve özel formlu sistemler olarak 10 farklı strüktürel formda sınıflandırılan ve 10 metreden daha geniş açıklığa sahip dünya genelinde değişik ülkelerde inşası tamamlanmış 100 adet örnek, yapı analiz tablolarında (EKLER) ele alınmış ve analiz edilmiştir.

Analizlerin sonucunda elde edilen bulgular ve irdelemeler;

1. Yapı ile ilgili bulgular ve irdelemeler,
2. Strüktür sistemleri ile ilgili bulgular ve irdelemeler,

olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

3.1. Yapı ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler

- Yapım Yılı

İncelenen yapılar, yapısal kompozit kerestelerin gelişmeye başladığı 1970'li yıllardan başlayarak 10'ar yıllık periyotlara bölünerek toplam dört dönem olarak ele alınmıştır.

Bu dönemler sırasıyla şöyledir:

1. 1970 – 1979 dönemi
2. 1980 – 1989 dönemi
3. 1990 – 1999 dönemi
4. 2000 – 2016 dönemi

İnşası tamamlanan yapı sayısının dönemlere göre dağılımı Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2. Analizi yapılan yapıların dönemlere göre dağılımı

Yapının İnşasının Tamamlandığı Dönem	**Yapı Adedi**
1970 – 1979 dönemi	1
1980 – 1989 dönemi	2
1990 – 1999 dönemi	11
2000 – 2016 dönemi	86
Toplam	**100**

Tablo 2'den elde edilen bulgulara göre ahşap malzemelerle üretilmiş strüktürel sistemlerin inşa tarihlerinin ahşap endüstrisinin gelişmesine paralel olarak ilerlediği anlaşılmaktadır. Özellikle Otto Hetzer'in lamine ahşap teknolojisini 1893 yılında kullanmaya başlamasıyla geniş açıklık geçebilen ahşap yapı strüktürleri inşa edilmeye çalışılmıştır. 1930'lardan sonra tutkal teknolojisinin gelişimiyle lamine ahşap teknolojisi gelişmiş fakat 1970'li yıllara kadar kayda değer şekilde geniş açıklıklı ahşap strüktüre sahip yapılar inşa edilmemiştir. Tabloda görüldüğü gibi geniş açıklıklı strüktür elde etmek için 1970'lerden sonra ahşap kullanımına başlandığı ve özellikle 2000'li yıllardan sonra endüstriyel ve teknolojik imkânların gelişmesiyle ahşaptan strüktürel anlamda daha çok faydalanıldığı görülmektedir.

- Yapının Yeri

Analizi yapılan 100 adet yapı örneği farklı ülkelerde inşa edilmiştir. İnşası tamamlanan yapıların ülkelere göre dağılımı Tablo 3'de gösterilmektedir.

Tablo 3. Analizi yapılan yapıların ülkelere göre dağılımı

Yapının Yeri (Ülke)	**Yapı Adedi**
Almanya	23
İsviçre	17
İngiltere	8
Norveç	7
Avusturya	6
Kanada	5
İtalya	5
Japonya	4
ABD	4
Fransa	4
Hollanda	3
Slovakya	2
Çekya	2
Finlandiya	2
İsrail	1
Macaristan	1
Yeni Zelanda	1
Polonya	1
Litvanya	1
Lüksemburg	1
İspanya	1
Avustralya	1
Toplam	**100**

Tablo 3'ten elde edilen bulgulara göre, incelenen 100 adet yapı örneğinin 22 farklı ülkede olduğu görülmektedir. Strüktürü 10 metrenin üzerinde açıklık geçen yapıların Almanya, İsviçre, İngiltere, Norveç ve Avusturya gibi Avrupa ülkelerinde yoğun olarak inşa edildiği ve ayrıca Kuzey Amerika ülkeleri olan Kanada ve A.B.D.'de bu tür yapılara çok sayıda örnek verilebileceği görülmüştür. Burada hem teknolojik ve endüstriyel gelişmişlik olarak hem de hammadde kaynağına yakınlık olarak avantajı elinde bulunduran Almanya, açıklığı 10 metrenin üzerinde olan ahşap strüktürel eleman üretiminde ön sırada görülmektedir. Türkiye'deki ahşap endüstrisinin gelişmemiş ve hammadde ihtiyacının sağlandığı plantasyon ormanlarının kısıtlı olması ahşap strüktürel elemanların inşasını olumsuz etkilemektedir. Bu noktada ahşap strüktürel sistemlerin inşası için hammadde ve endüstriyel gelişmişlik temel ihtiyaçtır.

- Yapının İşlevi

Ahşap strüktürel elemanların uygulandığı yapılar kullanım bakımından birbirinden farklı işlevlere sahiptir. Bu nedenle incelenen yapı örnekleri dini yapı, eğitim yapısı, fabrika, depo, konut, ulaşım yapısı, spor yapısı, gösteri/sergi merkezi, yönetim yapısı ve kamu yapısı olmak üzere Tablo 4'de 9 farklı işleve ayrılarak incelenmiştir.

Tablo 4. Analizi yapılan yapıların işlevlerine göre dağılımı

Yapı İşlevi	**Yapı Adedi**
Dini Yapı	1
Eğitim Yapısı	6
Fabrika	15
Depo	11
Ulaşım Yapısı	10
Spor Yapısı	36
Gösteri/Sergi Merkezi	13
Yönetim Yapısı	1
Kamu Yapısı	7
Toplam	**100**

Tablo 4'de elde edilen bulgulara göre Strüktürü 10 metrenin üzerinde açıklık geçen ahşap elemanların birçok işlevde tercih edildiği görülmektedir. Özellikle çok geniş açıklıklara sahip olan spor yapıları başta olmak üzere pek çok değişik yapıda geniş açıklıklı ahşap strüktürlerin kullanılması, ahşabın yük taşıma başta olmak üzere diğer avantajları nedeniyle de tercih edildiğini göstermektedir.

3.2. Strüktür Sistemleri ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler

- Geçilen Açıklık

Yapılarda strüktür tipi değiştikçe ve geliştikçe oluşturulan strüktür sisteminin geçebildiği açıklık da artmaktadır. İncelenen 100 adet yapı örneğinin strüktürüne bakıldığı zaman çeşitli açıklıklar geçilebildiği görülmektedir. Burada her yapının geçtiği açıklık farklı olduğu için yapıların geçtiği açıklıklar 50 m'den küçük, 50 m – 100 m arası ve 100 m'den büyük olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Tablo 5'de yapıların geçtiği açıklığa göre dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 5. Analizi yapılan yapıların geçtiği açıklığa göre dağılımı

Geçilen Açıklık	**Yapı Adedi**
< 50 m	70
50 m – 100 m	24
100 m >	6
Toplam	**100**

Analizi yapılan yapıların Tablo 5'de elde edilen bulgularına göre, gösterilen her üç açıklık grubunda da ahşap strüktürel eleman oluşturmak mümkündür. Bu gruplandırmada en fazla yapı örneğinin 50 metreden daha küçük açıklıklarda olduğu görülmektedir. Bu durum 50 metreden küçük açıklıkların hem uygulama hem de nakliye açısından diğer açıklıklara göre daha hızlı ve sorunsuz olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat, 50 ile 100 metre arasındaki açıklıklar ahşap strüktür ile geçilmek istenirse, kullanılacak ahşap malzeme rahatlıkla strüktürlerde uygulanabilmekte ve 100 metrenin üzerindeki açıklıklarda ise ahşap malzemenin kullanımı özel strüktürel sistemlerle mümkün olabilmektedir.

- Strüktür Yüksekliği

Analizi yapılan yapılardaki bazı ahşap strüktür elemanların strüktür açıklığına göre strüktür yüksekliğinin bulunmasını sağlayan formüller, Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Ahşap strüktürel elemanlarda strüktür açıklığına göre strüktür yüksekliği formülleri

Strüktürel Form		**Yükseklik Formülü***
Dolu Gövdeli Basit Kirişler	Düz Kirişler	$h = l/10 \sim l/20$
	Trapez Kirişler	$h_1 = l/16, \quad h_2 = l/25 \sim l/30$
	Konsol Kirişler	$h = l/10$
	Alttan Gergili Kirişler	$h = l/30 \sim l/40$
Kemerler	İki Mafsallı Kemerler	$h = l/35 \sim l/50$
	Üç Mafsallı Kemerler	$h = l/30 \sim l/50$
	Kafes Kemerler	$h = l/20 \sim l/40$
Çerçeveler	İki Mafsallı Çerçeveler	$h_1 = l/20 \sim l/30, \quad h_2 = l/15 \sim l/20$
	Üç Mafsallı Çerçeveler	$h_1 = l/20 \sim l/40, \quad h_2 = l/30 \sim l/60$
Makaslar	Üçgen Makaslar	$h = l/8$
	Paralel Başlıklı Makaslar	$h = l/14$
	Trapez Makaslar	$h = l/12$
Kirişli Döşemeler	90°'lik kirişli döşemeler	$h = l/16 \sim l/30$
	60°'lik kirişli döşemeler	-
Kubbeler	Radyal Kubbeler	$h = l/50 \sim l/300$
	Jeodezik Kubbeler	$h = l/50 \sim l/300$
Izgara Kabuk Sistemler	Tek Tabakalı Sistemler	-
	Çift Tabakalı Sistemler	-
Katlanmış Plaklar		$h \geq l/8$
Özel formlu Sistemler		-

*l = strüktür açıklığı, h, h_1, h_2 = strüktür yüksekliği

Tablo 6'dan elde edilen bulgulara göre, incelenen yapı formlarına ait geçilen açıklığa bağlı strüktür yüksekliğini belirten formüllerden kirişli döşemeler içerisindeki 60°'lik kirişli döşemelerin, ızgara kabuk sistemlerin, katlanmış plakların ve belirli herhangi bir formu olmayan özel formlu sistemlerin formüllerine ulaşılamamıştır. Ulaşılan formüllere bakıldığı zaman bu formüllerin geniş açıklıklı strüktür elemanı oluşturmakta ön bilgi sağlayarak ilk tasarımı yapmaya yardım edebileceği, fakat oluşturulacak strüktür elemanı için nihai tasarımın ancak malzeme, form ve geçilen açıklığa bağlı olarak yapılacak statik hesaplamalardan sonra elde edileceği görülmüştür.

İncelenen strüktür elemanlarının formüllerine bakıldığında seçilen açıklığa göre en küçük strüktür yüksekliğinin gelen statik ve dinamik kuvvetleri form ve yük dağılım açısından rahatlıkla taşıyabilen ve en geniş açıklık geçme yeteneğine sahip kubbelerle oluşturulduğu görülmektedir. En büyük yüksekliklerin ise katlanmış plaklar, konsol kirişler, makaslar ve düz kirişlerde olduğu anlaşılmaktadır. Burada katlanmış plaklar,

strüktürel formunun kırıklı bir yapıda olması nedeniyle; konsol kirişler, yüksek moment yüklerini karşılaması nedeniyle; makaslar, yatay elemanların yük taşıma kapasitesini arttırmak için strüktürel formunun içerdiği eğimli elemanların varlığı nedeniyle ve düz kirişler, üzerine gelen statik ve dinamik yükleri tek başına yatay bir elemanla karşılaması nedeniyle fazla strüktür yüksekliklerine sahiptir.

Tez kapsamında incelenen ancak strüktür yüksekliği ile ilgili formülleri olmayan strüktürel elemanlara bakıldığında eğimli formlara sahip olmanın verdiği yüksek yük taşıma kapasitesi avantajıyla ızgara kabuk sistemler ve özel formlu sistemlerde strüktür yükseklikleri geçilen açıklıklara göre düşük seviyelerdedir. 60°'lik kirişli döşemeler ise 90°'lik formlarla aynı yüksekliklere sahiptir. Bu durumun nedeni, yük aktarma noktalarının 60°'lik kirişli döşemelerde daha fazla olmasının bu formlara yükleri karşılama açısından avantaj sağlaması ancak yük aktarma noktalarının fazlalığının eleman sayısındaki ve dolayısıyla sabit yük miktarındaki artışa neden olarak bu kirişlerin 90°'lik formlarla aynı yüksekliklere sahip olmasından ileri gelmektedir.

- Strüktürel Form

Yapılar istenilen yükseklik ve biçimde inşa edilebilmeleri için formu daha önceden belirlenmiş ve mühendislik hesaplamalarıyla güvenli şekilde taşıyıcı görevi yapabilen belirli strüktürel sistemlere sahiptirler. Çalışmada incelenen 100 adet yapı örneğinin strüktürel formları 9 ana başlık altında Tablo 7'de incelenmiştir.

Tablo 7. Analizi yapılan yapıların geçtiği açıklıkların strüktürel forma göre dağılımı

Strüktürel Form	**Geçilen Açıklık**		
	< 50 m	**50 m – 100 m**	**100 m >**
Dolu Gövdeli Kirişler	16	-	-
Kemerler	9	8	-
Çerçeveler	11	2	-
Makaslar	17	3	-
Kirişli Döşemeler	6	2	-
Kubbeler	1	3	6
Izgara Kabuk Sistemler	4	5	-
Katlanmış Plaklar	3	-	-
Özel Formlu Sistemler	4	-	-
Toplam Yapı Adedi	**100**		

Tablo 7'den elde edilen bulgulara göre, çalışmada incelenen bütün strüktürel formlar 50 metreden küçük açıklıklarda oluşturulabilmekte ve genel olarak bu açıklıklarda yük dağılım yönlerine göre en çok bir ve iki yönlü olan dolu gövdeli kirişler, kemerler, çerçeveler, makaslar ve kirişli döşemeler uygulanmaktadır. 50 ile 100 metre arasına bakıldığında en çok eğrisel formdaki kemerler ve ızgara kabuk sistemler kullanılmakta fakat iki ve üç yönlü olan diğer sistemler de bu açıklıklarda inşa edilmektedir. 100 metreden geniş açıklıklarda ise strüktürel formunun özelliğinden dolayı yüksek yük taşıma kapasitesiyle daha geniş açıklıkları geçmeye imkân veren kubbelerin kullanıldığı görülmekte ve yapı analiz tablolarına bakıldığında Japonya'da inşa edilmiş olan Ōdate Jukai Kubbesi'nin 178 metre ile günümüze kadar ahşap malzemeyle yapılmış en geniş açıklığa sahip yapı olduğu bilinmektedir.

- Strüktür Malzemesi

İncelenen ahşap strüktür sistemlerin malzemeleri Glulam, LVL, LVL – Glulam, CLT – Glulam ve Masif Ahşap olmak üzere 5 ana kısma ayrılmış ve analiz edilen yapıların Tablo 8'de strüktür malzemesine göre dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 8. Analizi yapılan yapıların strüktür malzemesine göre dağılımı

Strüktür Malzemesi	**Yapı Adedi**
Glulam	85
LVL	7
LVL – Glulam	2
CLT – Glulam	1
Masif Ahşap	5
Toplam	**100**

Tablo 8'den elde edilen bulgulara göre strüktürü 10 metrenin üzerinde açıklık geçen ahşap elemanları inşa edebilmek için Glulam malzemesi, hem işlenebilirliğinin yüksek olması hem de uzun yıllar kullanımından sonra oluşan bilgiye dayanan teknik verilerinin güvenli sonuçlar vermesi nedeniyle çok büyük oranda tercih edilip kullanılmaktadır. Fakat yapı örneklerinin tamamına bakılınca LVL, LVL – Glulam, CLT – Glulam ve Masif Ahşap malzemeleri kullanılarak oluşturulan yapı strüktürlerinin de olduğu görülmektedir.

- Strüktürel Elemanların Birleşim Noktaları

Yapılarda strüktür olarak kullanılan ahşap elemanlara bakılınca sistemin yekpare olmayıp bir veya birkaç parçadan oluştuğu görülmektedir. Burada, ahşap strüktürel elemanların oluşturulmasında iki nokta vardır. Bunlar; strüktürel elemanı oluşturacak parçaların montajı ve oluşturulan elemanların şantiyede birleştirilmesi. Her iki aşamada da elemanlar birleştirilirken sağlamlığı statik testler yardımıyla kanıtlanmış ve paslanmaz özellikte olan çelik veya alaşım metaller kullanılmaktadır. Fabrikada ahşap strüktürel elemanlar oluşturulurken ve oluşturulan strüktürel elemanlar şantiyede kolon üzerine veya beton zemine sabitlenirken birleşim yerleri, özel olarak tasarlanan metal elemanlarla veya plakalarla desteklenerek metal cıvatalarla birleşim yapılır. Özellikle mafsallar ve strüktürel sistemlerin yere sabitlenme noktası için üretilen metal birleşim parçaları, ahşap strüktürel sistemin ana yük aktarma noktalarında olduğundan statik açıdan tasarlanıp (metal parça kalınlıkları, metal dayanımları, kullanılacak cıvata sayısı ve delik noktaları gibi) üretilmesi çok dikkatle yapılmaktadır. Ayrıca, montajın işçilik açısından kaliteli yapılması da oluşturulacak birleşimlerin kaliteli olmasını sağlamaktadır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ahşap malzemeler geçmişten günümüze yaşamı kolaylaştıran çok farklı işlevlerde kullanılmıştır ve bu kullanımların başında da yapıların ana taşıyıcı unsuru olan strüktürel eleman olarak uygulanması gelmektedir. Tarihsel sürece bakıldığında, yapılarda strüktürel eleman olarak kullanılan ve ahşap hammaddesinden üretilen malzemelerin özelikle geniş açıklıkları geçme yeteneklerinin bilimsel ve teknolojik gelişimle doğru orantılı olduğu incelenen örneklerden anlaşılmaktadır. Özellikle sentetik yapıştırıcıların geliştirilmesiyle yapı strüktüründe kullanılacak olan ahşap malzeme çeşitliliği artmış ve II. Dünya Savaşı'ndan sonra artan çelik ihtiyacıyla ahşap malzemeler yapı strüktürlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1950 ve sonrası yıllarda bilimsel ve teknolojik gelişmelerle birlikte fabrikalarda üretilen ahşap malzemelerde çeşitlilik artmış ve strüktürel eleman olarak kullanılan diğer malzemelerin geçebildiği açıklıklar, yüksek teknoloji yardımıyla üretilen ahşap malzemelerle geçilebilir hale gelmiştir. Günümüzde üretimi yapılan ahşap malzemelerin geniş açıklıkları geçebilmesi, sayısız avantajlarının yanında hem diğer yapı malzemelerine alternatif olması hem de ahşabın yenilenebilir bir kaynaktan üretilmesi açısından da çok önemlidir. Güncel yapı örneklerine bakıldığında, dünyanın birçok ülkesinde ahşap malzemelerle geniş açıklıklar geçilmesine rağmen ülkemizde ahşap malzemenin strüktür oluşturmada kullanımı sınırlıdır ve yapılan tez çalışmasında seçilen kriterlere uygun büyük ölçekli bir yapı örneğine rastlanmamıştır.

Ahşap strüktürel elemanların malzeme, form ve açıklık geçme olanakları açısından incelendiği bu çalışmada ulaşılan sonuçlar, strüktürel elemanlarda kullanılan malzemeler ve bu elemanlarla oluşturulan geniş açıklıklı strüktürler göz önünde bulundurularak üç başlık altında toplanmıştır:

1. Strüktür malzemeleriyle ilgili sonuçlar
2. Strüktür sistemleriyle ilgili sonuçlar
3. Genel sonuçlar

4.1. Strüktür Malzemeleriyle İlgili Sonuçlar

Ahşap malzemelerin strüktür elemanı olarak özellikle 10 metrenin üzerindeki açıklıklarda yoğun kullanımı son 50 yılda sentetik tutkalların geliştirilmesiyle hız kazanmıştır. Bu çalışmada incelenen 100 adet yapı örneğinden elde edilen bulgular ve irdelemeler doğrultusunda 10 metrenin üzerindeki açıklıklarda kullanılan ahşap strüktür malzemeleriyle ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Yapıların ana taşıyıcı strüktürlerinde Glulam, LVL, CLT ve Masif Ahşap malzemeler kullanılmıştır. PSL ve LSL malzemeleri strüktürlerde ana taşıyıcı eleman olarak değil kirişler arası stabilite elemanı, kiriş başlık elemanı gibi yardımcı taşıyıcı elemanlar olarak işlev görmektedir.
2. LVL ve CLT'nin, Glulam ile birlikte kullanılması gibi diğer yapısal ahşap malzemeler de bir arada kullanılarak geniş açıklıklar geçilebilir.
3. Glulam'ın esneklik kabiliyetinin yüksek olmasıyla forma uygun istenilen şeklin verilebilmesi ve bu malzemenin yıllarca kullanımından oluşan deneyim nedeniyle strüktürlerde büyük oranda Glulam malzemesinin kullanıldığı görülmüştür.
4. İncelenen malzemelere bakıldığında, en geniş açıklıkların Glulam ile geçilmesine rağmen en kesit olarak LVL boyutları, aynı yerde kullanılan Glulam boyutlarından daha küçüktür. Bu durum, LVL'nin kullanıldığı strüktürlerin, yapıya daha az ağırlık verdiğini göstermiştir.
5. LVL'nin dayanım özellikleri Glulam'a göre daha yüksek olmasına rağmen istenilen şeklin verilmesi dolayısıyla eğimli formlarda strüktürel sistemlerin oluşturulması LVL elemanlarda daha zordur.
6. LVL'nin Glulam kadar esnek yapısı olmamasına rağmen yüksek dayanım özelliklerine sahip olması, bu malzemenin özellikle 2000 yılından sonra yapılarda strüktür malzemesi olarak kullanılmasını sağlamıştır.
7. Bazı geniş açıklıklı yapılarda masif ahşap malzemelerin kullanıldığı görülmüştür. Masif ahşap düz kiriş olarak kullanılacaksa malzeme boyutlarından dolayı en fazla 15 metreye kadar; çerçeve, makas, ızgara sistemlerde kullanılacaksa en fazla 60 metreye kadar strüktür oluşumuna izin vererek geniş açıklıklı yapılarda kullanımının sınırlı kaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

8. Strüktür malzemesi olarak kullanılan ahşapların üretim süreçlerine bakıldığında masif ahşap hariç büyük oranda aynı fabrikasyon teknikler kullanılmıştır.
9. Strüktür oluşturacak ahşap elemanlar fabrikalarda kurutulup emprenye işlemleri yapılarak dayanım ve dayanıklılık değerlerinin en üst seviyelerde olması sağlanmaktadır. Özellikle yapısal kompozit kerestelerle üretilmiş strüktürler çelik ve betonarme gibi yüksek dayanım performansı göstermektedir.
10. Strüktürlerde kullanılan metal bağlantı elemanlarının özellikleri (ST 36 kalitesinde sıcak daldırma galvaniz çelik) ahşap malzemeye göre farklılık göstermez fakat boyutlar ve bağlantı tipi malzemeye göre değişkendir.

4.2. Strüktür Sistemleriyle İlgili Sonuçlar

Yapıların ayakta durmasını, dinamik ve statik çeşitli kuvvetlere karşı yıkılmadan kalmasını sağlayan ana sistemler yapı strüktürleridir. Her yapıda strüktür aynı özellikte olabileceği gibi yapının formuna göre değişkenlik gösterebilir. Bu çalışmada incelenen 100 adet yapı örneğinden elde edilen bulgular ve irdelemeler doğrultusunda ahşap strüktür sistemlerle ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Genel olarak, ahşap strüktür sistemler 50 metre ve daha altındaki açıklıklarda yoğunlukla kullanılmıştır. Fakat yapı geometrisine ve formuna bağlı olarak ve özel olarak üretilen yapısal kompozit keresteler yardımıyla 200 metreye yaklaşan açıklıkları geçmek mümkündür.
2. Ahşap strüktür sistemlerde olan "strüktür yüksekliği" değişkendir. Bu değişkenliğin aynı strüktürel sistemlerde dahi olmasındaki ana etkenler, yük taşıma ve açıklık geçme kapasitesinin artmasının yanı sıra strüktürel sistemin formundan, yapı geometrisinden, kullanılan sistemdeki destekleyici elemanlardan ve sistemde kullanılan malzemeden kaynaklanmaktadır.
3. Eğrisel formda oluşturulan sistemlerin basınç, çekme, kesme, moment gibi kuvvetleri daha fazla karşılamasından dolayı bu sistemlerin düz formda oluşturulan sistemlere göre daha geniş açıklıklar geçtiği görülmüştür.
4. Sistem bütünlüğü sağlayarak statik ve dinamik yükleri orantılı karşılamasından dolayı kubbeler tüm sistemler arasında en geniş açıklık geçen strüktürlerdir.

5. Üç mafsallı sistemler ve kubbeler gibi mafsal sayısının çok olduğu sistemlerde işçilik daha fazla olmasına rağmen strüktür sistem elemanlarına gelen moment kuvvetleri daha iyi karşıladığı için geniş açıklıklar geçilmek istenirse bu sistemler daha çok tercih edilmektedir.
6. Geniş açıklıklı ahşap strüktür oluşturmak için en fazla kullanılan elemanlar bir ve iki yönlü sistemler içerisinde olan dolu gövdeli kirişler, kemerler, çerçeveler, makaslar ve kirişli döşemelerdir.
7. Üç yönlü sistemler içerisinde yer alan kubbeler, ızgara kabuk sistemler, katlanmış plaklar ve özel formlu sistemlerin yapılarda kullanımı sayıca daha azdır ve bu sistemlerin kullanıldığı yapılarda işçilik daha fazla özen ister.
8. Geniş açıklıklı ahşap strüktür sistemler en çok spor yapılarında ve yapıların üzerini örten çatı strüktürü şeklinde uygulanmıştır. Aynı şekilde fabrika, depo ve gösteri/sergi merkezlerinde de bu tür uygulama örneği fazladır. Ayrıca, ahşap strüktürlerin ulaşım yapısı olan köprülerin ana strüktürlerinde kullanıldığı örnekler de mevcuttur.
9. Strüktürel sistemlerin montajı yapılırken özellikleri standartlarla belirlenmiş ve sistem elemanlarının birbirleriyle ve zeminle bağlantısını sağlayan metal elemanlar strüktür sisteminin tipine, mimari forma ve kullanıldığı yere göre değişkenlik göstermektedir.
10. Ahşap strüktürel sistem üretiminin ilk aşaması fabrikalarda yapıldığı için sistem elemanlarının şantiye sahasına nakliyesi üretim süreci içerisindedir. Bütün sistemler içerisinde; dolu gövdeli kirişler, kemerler, çerçeveler ve makaslar gibi yekpare olarak üretimi yapılan elemanların nakliyesi daha zordur, fakat strüktürel sistemde mafsal gibi birleşim yerlerinin olması nakliyeyi kolaylaştırır. Şantiye ortamında işçiliğin daha fazla olduğu kubbeler, ızgara kabuk sistemler, katlanmış plaklar ve özel formlu sistemlerin fabrikada üretilen elemanlarının nakliyesi daha kolaydır.
11. Dolu gövdeli kirişler, kemerler, çerçeveler ve makaslar biçiminde oluşturulan strüktürlerin montaj aşamasında yekpare şekilde çalışıp dinamik kuvvetler olan rüzgâr ve deprem yükleri altında sağlam kalabilmesi için, elemanlar arasında belli aralıklarla ve çapraz şekilde yerleştirilen ahşap stabilite elemanları kullanılmaktadır.

4.3. Genel Sonuçlar

10 metre üzerinde açıklık geçen strüktürlerde kullanılan ahşap malzemeler ve strüktürler ile ilgili elde edilen sonuçlara ek olarak genel sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Gelişen teknoloji, geniş açıklıklı strüktürlerin inşasında çelik ve betonarmenin dışında ahşap malzemeyi alternatif olarak sunmuş ve 10 metreden 200 metre açıklığa kadar ahşap malzemelerden strüktürler oluşturmaya imkân tanımıştır. Özellikle 2000'li yıllardan sonra geniş açıklıklı ahşap strüktür üretiminde artış görülmektedir. Bu artış, yapısal kompozit keresteler yardımıyla geniş açıklıklı strüktür oluşturmanın daha kolay hale gelmesinden, fabrikaların çoğalmasından ve teknolojinin gelişerek daha yüksek dayanımlı ürün üretilmesinden kaynaklanmaktadır.
2. Yapısal kompozit keresteler, yangın performansı açısından çelik ve betonarmeyle karşılaştırıldığında bu malzemeler arasında stabilitesini en geç kaybeden malzemedir.
3. Yapı strüktürlerinde kullanılan ahşap malzemelerin sürdürülebilir olması ve üretilen malzemelerin strüktür elemanı olarak kullanılması çevresel açıdan hem daha az enerji tüketimine hem de daha az kirlilik oluşumuna neden olur.
4. Yapı strüktürlerinde kullanılan ahşap malzemeler çelik ve betonarmeye göre hafif olduğu için dinamik yükler altında diğer malzemelere göre salınımı ve deformasyonu daha azdır. Bundan dolayı ahşap daha iyi performans gösterir.
5. Üzerinden ağır tonajlı iş makinelerinin geçebildiği köprü gibi sürekli dinamik yüke maruz kalan yapılarda, yapısal kompozit kerestelerle oluşturulmuş strüktürler uygulanmaktadır. Bu durum, yapısal kompozit kerestelerin ağır yükler altında da çalışabileceğini göstermektedir.
6. Strüktürlerin tamamına bakıldığında yük dağılım yönünün artmasıyla taşıma kapasitesinin yükseldiği ve dolayısıyla ahşap malzemelerle üretilmiş strüktürel sistemler arasında geçilebilecek en geniş açıklıklı taşıyıcı formların kubbelerle olduğu görülmektedir. Kubbelerin içerisinde ise yük dağılımının daha kararlı ve form yapısının daha simetrik olduğu jeodezik kubbelerle en geniş açıklıkların geçildiği gözlemlenmiştir.

4.4. Öneriler

Geniş açıklıklı ahşap strüktürlere bakıldığında, bu yapıların yoğunluklu olarak Avrupa ve Amerika'da inşa edildiği görülmektedir. Bu durum ham madde temini, teknolojinin gelişmesi ve yapısal kompozit kerestelerle üretilen geniş açıklıklı strüktürlere bakış açısıyla ilgilidir. 1979 yılında ülkemiz şartlarına uygun olarak Türk Standartları Enstitüsü'nün hazırladığı TS 647 kodlu ahşap yapıların hesap yapım ve kurallarını içeren ilk standardın yürürlüğe girmesiyle ahşap yapılar ilk defa ülkemizde resmi olarak tanınmıştır. Fakat ülkemizde teknoloji ve ham madde kısıtlılığı ve ahşap malzemeye karşı önyargı, geniş açıklıklı strüktürlerin ahşap malzemeler yardımıyla inşa edilmesine engel oluşturmuştur. Günümüzde Eurocode kaynaklı bazı standartlar yayımlanmış ve bu konuda çalışmalar devam ediyor olsa da hem standartların ve teknolojinin yetersizliği hem de yapısal kompozit kerestelerin tanıtılmamış olmasından kaynaklanan önyargı, ülkemizde geniş açıklıklı strüktürlerin ahşap malzemelerle inşa edilmesinin önüne geçmektedir.

Yapısal kompozit keresteler ile ilgili malzemelerin beton ve çelik gibi malzemelerle kullanılarak taşıma gücünün arttırılması ve en kesit boyutlarının küçültülmesine yönelik çalışmalar vardır. Bu çalışmalar teknolojik gelişmeler ve bilimsel çalışmalar ile desteklendiğinde yapısal kompozit kerestelerin özellikle geniş açıklıklı strüktür üretiminde kullanımını arttıracaktır. Yapısal kompozit keresteler için teknolojinin gelişmesi, bu malzemelerin dünya geneline yayılarak daha fazla kullanılmasına yardımcı olacaktır. Ülkemiz özelinde, yapısal kompozit kerestelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin daha fazla tanıtılması ön yargıyı kıracak ve bununla birlikte yapısal kompozit kereste üretimi için teknolojik alt yapının hazırlanması özellikle geniş açıklıklı ahşap strüktürlerden oluşturulmuş yapıların inşa edilmesinin yolunu açacaktır. İlk olarak üniversitelerde yapılacak olan hem literatür çalışmaları hem de deneysel çalışmalar, yapısal kompozit kerestelerin özelliklerinin mimarlar ve inşaat mühendisleri arasında tanınmasına ve bu yolla bilimsel çalışmalar yapılarak ülkemizde bu alanda devlet destekli projeler yürütülmesine yol açarak geniş açıklıklı yapıların ahşap malzemelerle üretilmesinde etkin rol oynayacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Uslu, A., Geniş Açıklıklı Yapılarda Sürdürülebilir Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.

2. Merl, A.D., Nachhaltigkeit, Bauwesen und Holz, Resource Management for the Construction Sector in Urban Spaces ,Yayımlanmamış Doktora Tezi, Viyana Teknik Üniversitesi, Viyana, s.6-11, 2005.

3. Herzog, T., Natterer, J., Schweitzer, R., Volz, M. ve Winter, W., Holzbau Atlas, Institut für internationale Architektur-Dokumentation, Münih, 2003.

4. Affentranger, C., Hässig, W., Schuppisser, S., Kolb, J. ve Büren, C., Prix Lignum: Bauten und Fassaden mit Holz, Baufachverlag AG, Zürih, 2000.

5. Somer, M.E., Sürdürülebilir ve Ekolojik Yapı Elde Etmede Ahşap Kullanımı. http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=368&RecID=2440 10 Mayıs 2017

6. Eriç, M., Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İstanbul, 1994.

7. Erkoç, E., Günümüz Teknolojisiyle Üretilen Ahşap Konutların Tasarım-Uygulama Kullanım Üçgeninde Değerlendirilmesi (İstanbul Örnekleri), Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.

8. Society of Wood Science and Technology (SWST), Properties of Wood, Slide set 1. http://www.swst.org/edu/teach/teach2/properties2.pdf 19 Temmuz 2014.

9. Akgül T., Ahşapların ve Birleşim Noktalarının Fiber Takviyeli Polimerlerle (FRP) Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2007.

10. Ayaz C., Çok Katlı Sürdürülebilir Yapı Tasarımında Ahşabın Strüktürel Olarak Kullanım Olanakları ve Dünyadaki Örnek Uygulamalar, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

11. Simpson, W. ve TenWolde, A., Physical Properties and Moisture Relations of Wood. http://www.ltpf.ufra.edu.br/imagens/biblioteca/CH03.pdf 24 Temmuz 2014

12. Aslankelle, T., Tutkallı Tabakalı Ahşap Kirişlerin, Geniş Açıklıklı Strüktürel Sistemlerde Etkin Kullanımın İrdelenmesi ve Türkiye'de Örnek bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2002.

13. Altunkaya, P., Tutkallı Tabakalanmış Ahşap Strüktür Sistemlerinin Mimaride Kullanım Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2007.

14. Erdoğmuş, E., Ahşap Hurafeler ve Gerçekler, YEM Yayın, İstanbul, 1995.

15. Winter, S. ve Kehl, D., Untersuchung zur Objektivierung der Bewertung des Verkehrswertes von Gebäuden in Holzbauweise im Vergleich zu anderen Bauweisen, Leipzig, 2002.

16. Ünal, O., Yapı Malzemesi Ders notları. http://www.teknolojikarastirmalar.com/eegitim/yapi_malzemesi/icerik/ahsap.htm 23 Ağustos 2014

17. Nelson, S., Structural Composite Lumber. Engineered Wood Products: A Guide for Specifiers, Designers and Users. Edited by Stephen Smulski, PFS Research Foundation, Madison, WI. 1997.

18. Pfeifer, G., Liebers, A. ve Reiners, H., Der Neue Holzbau, Callwey Verlag , Münih, 1998.

19. Aghayere, A. ve Vigil, J., Structural Wood Design. https://books.google.com.tr/books?id=YSkgbTRhBMAC&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false 27 Ağustos 2014

20. Güzel, N. ve Yesügey, S.C., Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Malzeme ile Çok Katlı Ahşap Yapılar. http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=396&RecID=3627 12 Mayıs 2017

21. Hegger, M., Drexler H. ve Zeumer, M., Adım Adım Yapı Malzemeleri, YEM Yayın-194 Birinci Baskı, İstanbul, Mayıs 2012.

22. Strand, R., The Evolution of Structural Composite Lumber, STRUCTURE Magazine. http://www.structuremag.org/wp-content/uploads/2014/09/D-Prod-Watch-Strand-August071.pdf 27 Ağustos 2017

23. Nelson, S., Engineered Wood Products: A Guide for Specifiers, Designers and Users, Edited by Stephen Smulsk PFS Research Foundation, Madison, WI, 1997.

24. Yihai L. ve Lee, W., Selected Properties of Parallel Strand Lumber Made From Southern Pine and Yellow Poplar, Holzforschung, 57 (2003) 207-212.

25. Hernandez, R., Moody, R. ve Liu, Y., Glued Structural Members, Wood Handbook - Wood as an engineering material, 113 (1999) 463-486.

26. Geoffrey, S. The Design of a Parallam® Bridge Deck, Yüksek Lisans Tezi, West Virginia Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, West Virginia, 2003.

27. Thelandersson S. ve Larsen H., Timber Engineering, John Wiley & Sons, İngiltere, 2003.

28. Ozelton, E. C. ve Baird, J. A., Timber Designers' Manual, Third Edition, Blackwell Publishing, İngiltere, 2006.

29. Sizüçen, H., Titrek Kavak Yongalarından Üretilen (LSL, LVL, PSL) Lamine Ağaç Malzemelerin Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi, Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2008.

30. Porteous, J. ve Kermani A., Structural Timber Design to Eurocode5, First Edition, Blackwell Publishing, İngiltere, 2007.

31. Güller, B., Odun Kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A Sayı: 2 ISSN: 1302-7085 (2001) 135-160.

32. CEN EN 1995-1-1 (E), "Eurocode 5: Design of Timber Structures, Part 1-1: General - Common Rules and Rules of Building", European Committee for Standardization, , Brüksel, 2004.

33. Karacabeyli, E. ve Douglas, B., CLT Handbook – Cross Laminated Timber, US Edition, FPInnovations, Pointe-Claire, 2013.

34. http://www.cltcrosslaminatedtimber.com.au/products/lvl-laminated-veneer-lumber LVL- Laminated Veneer Lumber. 29 Temmuz 2017.

35. http://www.storaenso.com/newsandmedia/Modern-Laminated-Veneer-Lumber Modern Laminated Veneer Lumber. 29 Temmuz 2017.

36. https://ww3.truevalue.com/11013/AdditionalPages/BuildingMaterials/EngineeredWoodProducts.aspx Goecker Buildıng Supplies INC. 29 Temmuz 2017.

37. https://www.weyerhaeuser.com/woodproducts/engineered-lumber/parallam-psl/parallam-psl-beams/ Eastern Parallam® PSL. 29 Temmuz 2017.

38. http://www.europeanwood.org.cn/en/laminated-strand-lumber Laminated strand lumber (LSL). 29 Temmuz 2017.

39. https://www.weyerhaeuser.com/woodproducts/engineered-lumber/timberstrand-lsl/timberstrand-lsl-beams/ Timberstrand® LSL Beams. 29 Temmuz 2017.

40. https://builditwithwood.org/tag/cross-laminated-timber/ Timber City exhibit opens in D.C. 29 Temmuz 2017.

41. https://timberfirst.wordpress.com/2012/07/25/what-is-cross-laminated-timber-clt/ What is cross-laminated timber (CLT)?. 29 Temmuz 2017.

42. http://www.pfeifergroup.com/en/products/glulam/ Glulam. 29 Temmuz 2017.

43. http://sterrittlumber.com/product/gp-glulam-columns-and-beams/ GP Glulam Columns and Beams. 29 Temmuz 2017.

44. http://www.ultralam.com.tr/sayfa.aspx?dil=tr&sayfa=162&kategori=86 Ultralam. 17 Kasım 2014.

45. Çavuş, V., I-214 (POPULUS X EURAMERİCANA) Melez Kavak Klonundan Fenol Formaldehit ve Üre Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestelerinin (PŞK) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2008.

46. http://www.timberimagineering.com/?section=products Timber Imaginaring. 18 Kasım 2014.

47. Örs, Y. ve Togay, A., Ahşap Yapı Endüstrisinin Tanımı, Sınıflandırılması, Türkiye'de Uygulanan Üretim Teknikleri, Politeknik Dergisi, 6, 3 (2003) 569-577.

48. Halıcıoğlu, F. H., Konvansiyonel ve Geliştirilmiş Konvansiyonel Yapım Sistemleriyle Üretilen Yapılarda Betonarme Elemanların Dayanıklılığını Olumsuz Etkileyen Etkenlerin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 9 Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1999.

49. https://www.tse.org.tr Türk Standartları Enstitüsü, Standart Arama. 15 Mayıs 2017.

50. Duerr, A. W., Timber; problems, prospects, policies, Iowa State University Press, Ames, IOWA, 1973.

51. http://www.mimdap.org/?p=146442 Avrupa'nın en büyük ahşap yapısı Büyükada Rum Yetimhanesi'nden bugüne. 15 Mayıs 2017.

52. Bahadır, Ş. S., Büyük Açıklıklı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.

53. Beceren Öztürk, R. ve Arıoğlu, N., Türk sarıçamından lamine ahşap kirişlerin mekanik özellikleri, İTÜ Dergisi/a , 2, 1 (2006) 25-36.

54. Türkçü, H. Ç., Çağdaş Taşıyıcı Sistemler, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003.

55. Karayılmazlar, S., Çabuk, Y., Tümen, İ. ve Atmaca, A., Laminasyonlu Ahşap Kirişlerin Çeşitli Yapılarda Kullanımı, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 10, 14 (2008) 13-21.

56. Kalay, E., Tutkallı Tabakalı Ahşap ve Çelik Malzemeli Taşıyıcı Yapı Elemanlarının Form ve Açıklık Kriterleri Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006.

57. Yesügey, C., Büyük Açıklıkları Geçebilen Çağdaş ve Estetik Bir Strüktür Sistemi Tutkallı Tabakalı Ahşap Teknolojisi, Yapı Dergisi, 249 (2002) 93-96.

58. Dilik, T., Lamine Ağaç Malzemeden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.

59. http://finahsap.com.tr/page/tr/58/Lamine_Kirisli_Yapilar Lamine Kiriş. 16 Mayıs 2017.

60. http://www.oranmimarlik.com.tr/userfiles/icerik/ahsapProje/katalog/nordlam/nordlam.pdf Nordlam Tanıtım Broşürü. 16 Mayıs 2017.

61. http://www.ogm.gov.tr T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü (OGM).16 Mayıs 2017.

62. http://www.alanyaliahsap.com.tr/ Türkiye'de bir ahşap kereste ve kompozit üretici firmanın resmi web sitesi. 16 Mayıs 2017.

63. Yılmaz D. G., Ahşap Kompozit Elemanlarla Oluşturulmuş Geniş Açıklıklı Sistemlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

64. Porteous, J. ve Kermani A., Structural Timber Design to Eurocode5, First Edition, Blackwell Publishing, İngiltere, 2007.

65. https://www.buildgp.com/southern-pine-1-inch-boards Georgia Pacific adlı ahşap üretim firmasının resmi web sitesi. 16 Mayıs 2017

66. http://www.architectmagazine.com/technology/products/how-its-made-laminated-veneer-lumber-and-parallel-strand-lumber_o How It's Made: Laminated Veneer Lumber and Parallel Strand Lumber. 16 Mayıs 2017.

67. http://www.oranmimarlik.com.tr/addons/printview.asp?pageID=7163 Ahşap Teknolojisi. 16 Mayıs 2017.

68. http://buildipedia.com/knowledgebase/division-06-wood-plastics-and-composites/06-10-00-rough-carpentry/06-17-00-shop-fabricated-structural-wood/06-17-13-laminated-veneer-lumber/06-17-13-laminated-veneer-lumber Laminated Veneer Lumber. 12 Eylül 2017.

69. https://en.wikipedia.org/wiki/Scarf_joint Scarf Joint. 2 Eylül 2017.

70. Şenay, A., Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1996.

71. Vick C. B., Adhesive Bonding of Wood Materials, The Encyclopedia of Wood, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999.

72. Augustin, M., Wood Adhesives, Handbook 1 - Timber Structures, 1 (2008) 39-47.

73. http://www.nordlam.com/ Almanya'da Bir Kompozit Ahşap Üretici Firmanın Resmi Web Sitesi. 16 Mayıs 2017.

74. http://www.derix.de/ Almanya'da Bir Kompozit Ahşap Üretici Firmanın Resmi Web Sitesi. 16 Mayıs 2017.

75. http://www.antalyaemprenye.com/icerik.asp?icid=59 Antalya'da Bir Eprenye Firması. 16 Mayıs 2017.

76. http://www.dbn.at/baureportagen/einkaufszentrum-thayapark-waidhofen-thaya.html Einkaufszentrum Thayapark schlägt Wellen. 16 Mayıs 2017.

77. Stalnaker, J., ve Harris, E., Structural Design in Wood, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.

78. Bilici, S., Ahşap Konut Üretim Sistemleri; Almanya Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Selçük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2006.

79. http://huettemann-holz.de/index.php/en/glulam/advantages/fire-resistant Almanya'da Bir Kompozit Ahşap Üretici Firmanın Resmi Web Sitesi. 17 Mayıs 2017.

80. Mengeloğlu, F. ve Kurt, R., Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler 1- Tabakalanmış Kaplama Kereste (TAK) ve Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM), KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7, 1(2004) 39-44.

81. Hasol, D., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınevi, İstanbul, 1999.

82. https://www.trada.co.uk/publications/download/?id=A2BDE73F-E4B2-4A06-811D-317AAC93A496 Wide Span Sport Structures, TRADA. 25 Nisan 2016.

83. https://asiakas.kotisivukone.com/files/en.liimapuu.kotisivukone.com/tiedostot/glulam handbook.pdf, Glulam Handbook. 17 Mayıs 2015.

84. Hıraoğlu, E., E., Ahşap ve Çelik Makas Sistemlerin Malzeme ve Sistem Özelliklerinin İncelenmesi, Bir Örnek Yapı Üzerinde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.

85. http://www.zaugg-rohrbach.ch/gewerbeindustrie/detail/hallenbau-flury-baeckerei-tea-room-ag-3425-koppigen-be/2f69a24342580289725440b65cabcf4e/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=197 İsviçre'de Ahşap Üretim Firması. 24 Şubat 2017.

86. http://www.albertani.com/grandistrutture/en/default.html İspanya'da Ahşap Üretim Firması. 24 Şubat 2017.

87. http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/10772.pdf Timber trussed arch for long span. 25 Şubat 2017.

88. http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=344624 Måsørbrua. 25 Şubat 2017.

89. Hornbostel, C. ve Hornung, W. J., Materials and Methods For Contemporary Construction, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1982.

90. Dilber, K.K., Taşıyıcı Sistem Malzemesinin Seçimindeki Etkenler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.

91. Callender, J. H., Time Savers Standards For Architectural Design Data, Mcgraw Hill Book Company, New York, 1982

92. http://www.derix.de/referenzen/sport-freizeit/gut-degenhof Gut Degenhof. 28 Şubat 2017.

93. http://www.scotscollege.school.nz/wp-content/uploads/2015/06/120906_NZ_timber_awards_Scots_Hodge_Sports_Centre.pdf Scots Hodge Sports Centre. 28 Şubat 2017.

94. http://www.hermann-kaufmann.at/index.php?pid=2&kid=&prjnr=11_14&lg=en IWL Landsberg. 20 Ocak 2017.

95. http://www.lignum.ch/fileadmin/images/Downloads_deutsch/Holzbau-Hallen.pdf Worb Kereste Fabrikası. 19 Ocak 2017.

96. http://www.ppp-architekten.com/haidl.html Haidl Atrium. 29 Ocak 2017

97. Harris, R., Dickson, M. ve Kelly, O., The Use of Timber Gridshells for Long Span Structures, 8th International Conference on Timber Engineering, 2004, Lahti, Bildiriler Kitabı, 427 - 454.

98. http://www.armin-steiger.ch/referenzen-projekte/tiergesundheitszentrum-uzwil/ Uzwil Hayvan Terapi Merkezi. 8 Mart 2017.

99. https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/5a/4d/03/5a4d0370e5efd495817896173626394c.jpg Konohana Kubbesi. 8 Mart 2017.

100. http://www.pages.drexel.edu/~jpm55/AE390/A3/description.htm Kubbe Formlarının Olduğu İnternet Sitesi. 6 Kasım 2016.

101. http://www.ridge.co.uk/project/savill-garden-visitor-centre/#prettyPhoto Savill Garden Visitor Center. 9 Mart 2017.

102. http://carpenteroakandwoodland.com/timber-engineering/gridshells-and-ribshells/ Chiddingstone Kalesi. 9 Mart 2017.

103. http://shells.princeton.edu/Mann1.html Mannheim Çok Amaçlı Salonu. 9 Mart 2017.

104. http://www.neueholzbau.ch/en/objekt-des-monats-vordach-terasse-rutli-seelisberg-ur/ Rütli Verandası. 9 Mart 2017.

105. http://www.prixlignum.ch/it/141/project/projects-down-691-/0/vordach-terrasse-ruetli.html Rütli Verandası. 9 Mart 2017.

106. Engel, H., Strüktür Sistemleri, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul, 2004.

107. http://www.archdaily.com/627497/china-pavilion-milan-expo-2015-tsinghua-university-studio-link-arc China Pavilion - Milan Expo 2015. 11 Mart 2017.

108. http://espaciosdemadera.blogspot.com.tr/2012/10/haesley-nine-bridges-golf-clubhouse.html Haesley Nine Bridges Golf Clubhouse. 11 Mart 2017.

109. https://www.archdaily.com/783156/palanga-concert-hall-uostamiescio-projektas. 13 Ocak 2018.

110. http://www.hess-timber.com/en/projects/timber-architecture/detail/concert-hall-palanga/. 13 Ocak 2018.

111. http://uostamiescioprojektas.lt/palangos-koncertu-sale. 13 Ocak 2018.

112. http://www.lignum.ch/auf_einen_klick/news/lignum_journal_holz_news_schweiz/news_detail/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=129&cHash=11efc0d953c9ff5d20c095a40b0113ac. 3 Aralık 2016.

113. http://www.pont12.ch/projet/complexe-communal-de-manloud/. 3 Aralık 2016.

114. http://www.chabloz-partenaires.ch/realisations#15. 3 Aralık 2016.

115. https://issuu.com/lignum/docs/hbu96. 3 Aralık 2016.

116. http://www.mkp-ing.com/projekte/industrie-gewerbe/distributionszentrum-bobingen-d. 3 Aralık 2016.

117. http://www.detail.de/inspiration/werkhalle-in-bobingen-107295.html. 3 Aralık 2016.

118. http://www.dinkascheiblehoffmann.de/?page=projekte&rub=Sportbauten&nr=2&id=2&v=2#img2. 5 Aralık 2016.

119. http://www.mkp-ing.com/projekte/offentlich/sport-und-schwimmhalle-goldacker-leinfelden-echterdingen-d#prettyPhoto. 5 Aralık 2016.

120. http://www.lapresse.ca/le-quotidien/actualites/201309/16/01-4689933-une-autre-premiere-pour-chantiers-chibougamau.php. 6 Aralık 2016.

121. http://www.cecobois.com/en/projects/pont-de-mistissini. 6 Aralık 2016.

122. http://nordic.ca/en/projects/structures/mistissini-bridge. 6 Aralık 2016.

123. http://www.stantec.com/our-work/projects/canada-projects/m/mistissini-wooden-bridge.html#.WCugA9KLRdg. 6 Aralık 2016.

124. http://www.2fach.info/2/?page_id=1091. 6 Aralık 2016.

125. http://www.gsegroup.com/References/HILLWOOD-EUROPE-WEITERSTADT-Allemagne/(type)/typ/(val)/94. 6 Aralık 2016.

126. http://www.hess-timber.com/projekte/industriebauten/detail/logistikzentrum-hillwood-europe/. 6 Aralık 2016.

127. http://www.holzbau.rubner.com/en/references/exhibition-pavillon-africarium-oceanarium-wroclaw-pl/29-11032.html. 8 Aralık 2016.

128. http://www.archilovers.com/projects/138723/afrykarium-oceanarium-in-wroclaw.html. 8 Aralık 2016.

129. http://www.designboom.com/architecture/arc2-completes-the-massive-afrykarium-oceanarium-in-wroclaw-10-13-2014/. 8 Aralık 2016.

130. http://www.offermann-ing.de/referenzen/neubau-einer-produktionshalle-mit-buerogebaeude. 9 Aralık 2016.

131. http://www.holztragwerke.de/index.php?id=57. 9 Aralık 2016.

132. http://www.hess-timber.com/en/projects/industrial-buildings/detail/distribution-hall-muenchinger/. 9 Aralık 2016.

133. http://www.ingenieurbuerobraun.com/images/data/3/Halle%20M%C3%BCnchinger.pdf. 9 Aralık 2016.

134. http://www.muenchinger-holz.de/. 9 Aralık 2016.

135. http://www.bollinger-grohmann.com/projekte.projekt.massivholzwerk-3-der-pollmeier-kg.html. 13 Aralık 2016.

136. http://www.cornelsen-seelinger.com/de/projects/detail/massivholzwerk-pollmeier-aschaffenburg/. 13 Aralık 2016.

137. http://www.hess-timber.com/projekte/industriebauten/detail/halle-saegewerk-pollmeier/. 13 Aralık 2016.

138. http://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/FINNBOX_COMPLEXEsport-37_2012.pdf. 13 Aralık 2016.

139. http://www.puuinfo.ee/files/pdf/WideSpanWoodSports.pdf. 13 Aralık 2016.

140. http://www.cmb-bois.fr/web2/p238_complexe-sportif-martin-nadaud-saint-pierre-des-corps-37.html. 13 Aralık 2016.

141. http://www.americanlaminators.com/proj/autz.html. 16 Aralık 2016.

142. https://www.wildish.com/autzen-stadium-expansion. 16 Aralık 2016.

143. http://www.hess-timber.com/en/projects/timber-architecture/detail/lords-cricket-ground-warner-stand/. 16 Aralık 2016.

144. http://www.constructionmanagermagazine.com/onsite/lords-test-match-special/. 16 Aralık 2016.

145. http://www.r-m-a-architekten.de/baecker-peter.html. 16 Aralık 2016.

146. https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjX2JPi98jLAhXB1hQKHVZdD3IQFghTMAM&url=http%3A%2F%2Fhbz-sh.de%2Fhbz-sh%2Findex.php%3Fal3x_download%3Dfile%26userid%3DPUBLIC%26filepath%3D%2F2_Holzbau_Handbuch%2FReihe_01_Entwurf_und_Konstruktion%2FR01_T03_F11_Industrie__und_Gewerbebau_2008.pdf&usg=AFQjCNGqOvNZf8YoP5kRt2LaLibLp63Yog&sig2=gyaz5SDNtXDnHWsm9ahokg. 16 Aralık 2016.

147. http://www.wegezumholz.de/index.php?id=46&user_timbertreasures_pi1%5BshowUid%5D=982&cHash=5329048ee6ff69d2c4c68ca122c3d5aa. 16 Aralık 2016.

148. http://admin.mkp-ing.com/projekte/offentlich/reithalle-st-gerold-a#prettyPhoto. 20 Aralık 2016.

149. http://www.hermann-kaufmann.at/?pid=2&prjnr=96_30. 20 Aralık 2016.

150. http://nordic.ca/data/files/publication/multilang_file/NS-PF01-juin2015_rev5_Web.pdf. 20 Aralık 2016.

151. http://nordic.ca/fr/projets/realisations/arena-uqac. 20 Aralık 2016.

152. http://www.lemayonline.com/en/compilation/arena-and-service-pavilion-universite-du-quebec-a-chicoutimi. 20 Aralık 2016.

153. http://www.jpf-ducret.ch/sites/default/files/references/2013/neydens_aquatique.pdf. 3 Aralık 2016.

154. http://www.jpf-ducret.ch/de/references/vitam-parc-neydens.html. 3 Aralık 2016.

155. https://gunda-niemann-stirnemann-halle.de/geschichte/. 21 Aralık 2016.

156. http://www.pohlarchitekten.de/projects/item/4-eisschnelllaufhalle-erfurt. 21 Aralık 2016.

157. http://timberconstruction.wiehag.com/Referenzen/Eisschnell-laufhalle-Erfurt. 21 Aralık 2016.

158. http://www.hainer.cn/en/case/case_view.asp?id=7. 21 Aralık 2016.

159. http://timberconstruction.wiehag.com/en/references/reference-details/LbrReferencesReference/19.html. 21 Aralık 2016.

160. http://www.ritter-group-usa.com/references/local-and-district-heating-network/wels-austria/. 21 Aralık 2016.

161. http://www.trada.co.uk/casestudies/overview/CL_Academy_Norwich. 22 Aralık 2016.

162. http://www.klhuk.com/portfolio/education/open-academy,-norwich.aspx. 22 Aralık 2016.

163. http://timberconstruction.wiehag.com/en/references/reference-details/LbrReferencesReference/54.html. 22 Aralık 2016.

164. http://www.fastepp.com/index.php/en/projects-2/recreational/richmond-olympic-oval-roof. 25 Aralık 2016.

165. http://www.trulinedrafting.com/projects/2010-richmond-olympic-oval/. 25 Aralık 2016.

166. http://www.centaurproducts.com/project-gallery/project-galleries-overview/richmond-olympic-oval. 25 Aralık 2016.

167. http://www.naturallywood.com/sites/default/files/Richmond-Olympic-Oval-Case-Study.pdf. 25 Aralık 2016.

168. http://timberconstruction.wiehag.com/en/references/reference-details/LbrReferencesReference/17.html. 2 Ocak 2017.

169. http://www.kraibacher-bau.at/index.php?option=com_gallery2&Itemid=29&g2_itemId=12. 2 Ocak 2017.

170. http://www.salzburgarena.at/seating-plans.html. 2 Ocak 2017.

171. http://lifeinthecircus.blogspot.com.tr/2010/12/salzburg-arena-salzburg-austria.html. 2 Ocak 2017.

172. http://www.timberawards.com.au/index.php?option=com_k2&view=item&id=305. 2 Ocak 2017.

173. http://www.lsaa.org/index.php/projects/small-fabric-structures/72-4304-south-hedland-town-centre-high-commendation. 2 Ocak 2017.

174. https://www.google.com.tr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=0ahUKEwiE2cW5vrTLAhUrMZoKHeQADAsQjhwIAw&url=https%3A%2F%2Fwww.sweco.no%2FGlobal%2FNorway%2FAreas%2520of%2520operation%2FBygg%2520og%2520konstruksjoner%2FTrebruer%2520versjon%252010%2520-%2520august%25202015.pdf&psig=AFQjCNF0zMnE6dOtZJF-1sbPsiyucV99Yw&ust=1457642792662115. 2 Ocak 2017.

175. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flam,_Norway.jpg. 2 Ocak 2017.

176. https://www.flickr.com/photos/andreasfe/7489066452/in/photostream/. 2 Ocak 2017.

177. http://www.eqcanada.com/projects/marie-victorin-soccer-stadium/. 4 Ocak 2017.

178. http://www.fgpconstruction.com/achievements. 4 Ocak 2017.

179. http://www.westernwoodstructures.com/wp-content/uploads/2015/02/PotashStorage.pdf. 5 Ocak 2017.

180. http://www.brockamp-jaeger.com/projects/portland-bulk-terminals-bulk-storage-expansion/. 5 Ocak 2017.

181. http://www.westernwoodstructures.com/index.php/articles/portland-bulk-terminals/. 5 Ocak 2017.

182. http://www.trefokus.no/proff/artikler/a-bygge-med-tre/broer/ulnes-bro. 5 Ocak 2017

183. https://en.wikipedia.org/wiki/Ulnes_Bridge. 5 Ocak 2017.

184. http://www.woodwisdom.net/wp-content/uploads/2014/07/01796-1100x400.jpg. 5 Ocak 2017.

185. http://www.neueholzbau.ch/en/bild-des-monats-tenisshalle-biel/. 6 Ocak 2017.

186. http://www.rjb.ch/rjb/Actualite/Regionale/25311Le-TC-Biel-Bienne-demenage-et-fait-peau-neuve.html. 6 Ocak 2017.

187. http://www.holzprojekt.ch/sportbauten/tennishalle-biel-34.html. 6 Ocak 2017.

188. http://www.a-und-p.ch/projekte-4/2011-tc-biel-bienne/. 6 Ocak 2017.

189. http://puuinfo.ee/pdf/seminar_uutpohjalapuitehituses/Large_timber_structures_in_Norway.pdf. 14 Aralık 2016.

190. http://folk.ntnu.no/bell/Projects/Evenstad.pdf. 14 Aralık 2016.

191. https://structurae.net/structures/evenstad-bridge. 14 Aralık 2016.

192. http://www.geocaching.com/seek/gallery.aspx?guid=ef2224dd-9b20-4169-9ee3-047903fff832. 14 Aralık 2016.

193. http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/10772.pdf. 14 Aralık 2016.

194. http://www.gd.no/nyheter/hakons-hall-far-idrettsgallaen/s/1-934610-4298126. 14 Aralık 2016.

195. http://www.pvv.ntnu.no/~oes/exhebitions/ol94/ol94.html. 14 Aralık 2016.

196. http://www.rpbw.com/project/ibm-travelling-pavilion. 6 Ocak 2017.

197. http://folk.ntnu.no/bell/Projects/Tynset.pdf. 15 Aralık 2016.

198. http://www.woodcenter.org/docs/ICTB2013/plenary/Plenary_Erik%20Aasheim_Norwegian%20Timber%20Bridges.pdf. 15 Aralık 2016.

199. http://www.trae.dk/leksikon/broer-af-trae/. 15 Aralık 2016.

200. http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/10772.pdf. 15 Aralık 2016.

201. https://sayhitonorway.files.wordpress.com/2015/12/mjc3b8sa4.jpg?w=768. 15 Aralık 2016.

202. http://nielstorp.no/project/olympic-hall-vikingskipet/. 15 Aralık 2016.

203. https://www.schaffitzel.de/hallenbau/lager-logistikhallen/248-salzlagerhalle-dittersdorf. 6 Ocak 2017.

204. http://www.holzbau.rubner.com/en/references/salt-storage-hall-in-donauw%C3%B6rth-ger/29-11033.html. 9 Ocak 2017.

205. http://www.quadriga-news.de/www.quadriga-news.de/data/media/2433/7_12_Architektur.pdf. 9 Ocak 2017.

206. http://www.westernwoodstructures.com/index.php/articles/americas-car-museum/. 10 Ocak 2017.

207. http://simbiosisgroup.net/29695/lemay-museum-large-architecture-us. 10 Ocak 2017.

208. http://www.largearch.com/work/lemay-museum. 10 Ocak 2017.

209. http://jtm-construction.com/project/lemay-americas-car-museum/. 10 Ocak 2017.

210. https://www.drevoprozivot.cz/drevena-stavba-roku/drevene-konstrukce-realizace-2015/6-one-fashion-outlet-voderady-restaurace. 11 Ocak 2017.

211. http://www.holzbau.rubner.com/en/references/fitness-centre-at-the-salaria-sport-village-roma-i/29-505.html. 11 Ocak 2017.

212. http://www.archiproducts.com/it/notizie/11264/palestra-salaria-sport-village-settebagni-roma.html. 11 Ocak 2017.

213. http://www.infobuild.it/progetti/salaria-sport-village/. 11 Ocak 2017.

214. https://issuu.com/zbieraj/docs/pad_-_piotr_zbierajewski. 11 Ocak 2017.

215. https://www.japlusu.com/news/remarkable-japanese-timber-structures. 11 Ocak 2017.

216. http://www.inayama.net/works_detail/%E5%8C%97%E6%B2%A2%E5%BB%BA%E7%AF%89-%E6%9C%AC%E7%A4%BE%E5%B7%A5%E5%A0%B4%E6%A3%9F. 11 Ocak 2017.

217. http://mok-msd.com/facility/facility-no25.html. 11 Ocak 2017.

218. http://www.hess-timber.com/en/projects/timber-architecture/detail/waste-to-energy-plant-leeds/. 12 Ocak 2017.

219. http://www.fkgroup.co.uk/access-all-areas-for-fk-group-at-leeds-rerf/. 12 Ocak 2017.

220. http://inhabitat.com/gorgeous-green-11mw-bioenergy-plant-in-leeds-will-sort-214000-tons-of-waste-each-year/?newinfinitescroll=true. 12 Ocak 2017.

221. https://structurae.net/structures/lees-waste-to-energy-plant. 12 Ocak 2017.

222. https://www.hasslacher.com/indoor-riding-arena-samorin. 14 Ocak 2017.

223. https://www.hasslacher.com/reithalle-samorin. 14 Ocak 2017

224. http://jezdectvi.cz/fotogalerie-detail.aspx/prvni-skokove-zavody-v-hippo-arene-samorin-ll. 14 Ocak 2017.

225. ttp://www.shadowsys.sk/referencie/administrativne-komercne-priestory/hipo-arena-samorin. 14 Ocak 2017.

226. http://www.taros-nova.cz/jizdarna-b13-hipoarena-samorin. 14 Ocak 2017.

227. http://www.metsawood.com/global/Credentials/Pages/Agricultural-building-koski-manor.aspx. 14 Ocak 2017.

228. http://www.woodarchitecture.fi/projects/cowshed-koski-manor. 14 Ocak 2017.

229. http://www.derix.de/referenzen/sport-freizeit/reitsportzentrum-riesenbeck. 17 Ocak 2017.

230. http://www.dehoefslag.nl/laatste-nieuws/algemeen/riesenbeck-international-opent-deuren.html. 17 Ocak 2017.

231. http://www.nzwood.co.nz/timber-design-awards/scots-college/. 17 Ocak 2017.

232. http://www.scotscollege.school.nz/wp-content/uploads/2015/06/120906_NZ_timber_awards_Scots_Hodge_Sports_Centre.pdf. 17 Ocak 2017.

233. http://architecturenow.co.nz/articles/the-hodge-sports-centre/#img=0. 17 Ocak 2017.

234. http://www.techlam.nz/case-studies/hodge-sports-centre/. 17 Ocak 2017.

235. http://m.trendsideas.com/article/solid-footing0A0Afield--hall-constructed-the--creative--performing-arts-centre-and-the-hodge-sports-centre-at-scots-college. 17 Ocak 2017.

236. http://www.hess-timber.com/en/projects/timber-architecture/detail/flagship-store-peek-cloppenburg/. 20 Ocak 2017.

237. http://www.architecturerevived.com/peek-cloppenburg-weltstadthaus-cologne/. 20 Ocak 2017.

238. http://www.rpbw.com/project/69/p-c-department-store/#. 20 Ocak 2017.

239. http://www.rjb.ch/rjb/Actualite/Region/20150519-Une-eglise-neuve-et-plus-que-spacieuse.html. 27 Ocak 2017.

240. http://www.evangeliques.info/articles/2015/05/20/jura-bernois-l-assemblee-chretienne-la-tanne-inaugure-une-eglise-de-900-places-12513.html. 27 Ocak 2017.

241. http://www.neueholzbau.ch/en/eglise-de-la-tanne-innenauskleidung/. 27 Ocak 2017.

242. http://www.holzing-maeder.ch/de/referenzen/offentlicher-bau/mehrzweckhalle-kallnach/. 27 Ocak 2017.

243. http://www.holzbau.rubner.com/it/novit%C3%A0/i-campioni-scelgono-rubner-per-il-loro-palazzetto-dello-sport/35-10911.html. 30 Ocak 2017.

244. http://www.ingegneri.info/news/strutture/edilizia-sportiva-copertura-in-legno-lamellare-per-un-nuovo-tempio-della-pallavolo/. 30 Ocak 2017.

245. http://www.cronachemaceratesi.it/2014/12/21/il-nuovo-palas-e-pronto-unopera-straordinaria/605962/. 30 Ocak 2017.

246. https://www.schaffitzel.de/holzbrueckenbau/referenzen/148-sneek. Şubat 2017.

247. http://cenews.com/article/8349/sneek-bridges-show-potential-of-timber. Şubat 2017.

248. http://www.archdaily.com/184653/sneek-bridge-achterbosch-architectuur-with-onix. 30 Ocak 2017.

249. http://pixguru.blogspot.com.tr/2013/08/wood-bridge-in-netherland.html. 30 Ocak 2017.

250. http://www.swissbois.ch/?page=53. 7 Aralık 2016.

251. http://www.bdl-arch.ch/#/portfolio/vac. 7 Aralık 2016.

252. http://dfab.arch.ethz.ch/web/e/forschung/201.html. 12 Ocak 2018.

253. https://books.google.com.tr/books?id=45HsDAAAQBAJ&pg=PA305&lpg=PA305&dq=The+Sequential+Roof,+Zurich&source=bl&ots=mLZhs7tCH6&sig=ubWbudd1qVrO3FlsvGIlYmqo2Kg&hl=tr&sa=X&ved=0ahUKEwiIyPTh6svYAhXMC5oKHfZpDa4Q6AEIXjAH#v=onepage&q=The%20Sequential%20Roof%2C%20Zurich&f=false. 12 Ocak 2018.

254. https://buildingconstruction.at/event/the-making-ofthe-sequential-roof-arch_tec_lab-eth-zuerich/. 12 Ocak 2018.

255. https://archidose.blogspot.com.tr/2017/06/. 12 Ocak 2018.

256. https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/medien/hintergrundinformationen/research-on-construction.html. 12 Ocak 2018.

257. http://www.holzbau.rubner.com/en/references/cycling-and-pedestrian-bridge-cavalese-tn-italy/29-484.html. 3 Şubat 2017.

258. http://www.provincia.bergamo.it/provpordocs/HOLZBAU_Relazione_ponti.pdf. 3 Şubat 2017.

259. http://www.kremsreiter-architekten.de/projekte/turnhalle-kirchdorf.aspx. 3 Şubat 2017.

260. http://www.steidle-partner.de/projekte/turnhalle/turnhalle.htm. 3 Şubat 2017.

261. http://tsv-kirchdorfaminn.de/otto-steidle-halle/. 3 Şubat 2017.
262. https://cmb-bois.fr/realisations/batiments-tertiaires/centre-de-secours-nantes-44/. 5 Şubat 2017.

263. http://barre-lambot.com/projets/centre-de-secours-gouze. 5 Şubat 2017.

264. https://www.pollmeier.com/en/references/structure-production-building-elobau.html. 5 Şubat 2017.

265. http://www.mkp-ing.com/projekte/industrie-gewerbe/elobau-probstzella. 5 Şubat 2017.

266. http://www.f64architekten.de/projekte/sortiert/chronologisch/0/0/0/0/0/detail/neubau-eines-betriebsgebaeudes-mit-produktionshalle-und-bueros-fuer-elobau-sensor-technology-in-prob/. 5 Şubat 2017.

267. http://www.neueholzbau.ch/en/fachwerk-ostermundigen/. 10 Şubat 2017.

268. https://www.beer-holzbau.ch/index.php/aktuelles/event/ProjektwocheBFH. 10 Şubat 2017.

269. http://www.haus-und-wohnen.ch/de/bauen_umbauen/einfamilienhaeuser/einfamilienhaus_news/entries/170609_oekologischer-holzbau-beer.php. 10 Şubat 2017.

270. http://www.ts-l.ch/work/ersatzneubau-fachwerk-beer-holzbau-ag-ostermundigen/. 10 Şubat 2017

271. http://www.tu.no/artikler/norske-rekordbroer/242854. 3 Ocak 2017.

272. http://www.tu.no/artikler/tror-pa-flere-trebruer/242980. 3 Ocak 2017.

273. https://www.tu.no/artikler/verdens-sterkeste-trebru/322456. 3 Ocak 2017.

274. http://www.ma-ge.ch/sites/default/files/SIA_Patinoire_Meyrin.pdf. 9 Aralık 2016.

275. http://www.zaugg-rohrbach.ch/gewerbeindustrie/detail/commune-de-meyrin-1217-meyrin-ge/de40bd46ace2db2a2da210026165e6ad/. 9 Aralık 2016.

276. http://www.keytek.ch/realisation.php?id=8&lang=de. 9 Aralık 2016.

277. http://www.world-architects.com/de/projects/41513_Montagehalle_der_Pilatus_Flugzeugwerke_AG_Deckenstrahlplatten. 11 Aralık 2016.

278. http://www.scheitlin-syfrig.ch/projekt/pilatus-flugzeugwerke-endmontagehalle/galerie#bild-4(.11 Aralık 2016.

279. https://issuu.com/lignum/docs/hbu94. 11 Aralık 2016.

280. http://informationsdienst-holz.de/holzbauten/einzelansicht?id=66&tx_locator_pi1[storeUid]=9. 11 Şubat 2017.

281. http://www.cordes-holzbau.de/referenzen/turnhalle-tv-oberneuland/#. 11 Şubat 2017.

282. http://www.holzing-maeder.ch/de/referenzen/offentlicher-bau/eishalle-zuchwil/. 14 Şubat 2017.

283. http://www.halten.ch/de/tourismus/sportanlagen/welcome.php?action=showobject&object_id=10500. 14 Şubat 2017.

284. http://www.solothurnerzeitung.ch/sport/solothurn/gemeinden-unterstuetzen-die-solothurner-sportvereine-auf-vielfaeltige-art-125784912. 14 Şubat 2017.

285. http://www.mkp-ing.com/projekte/wohnen-buro-hotel/ausbildungszentrum-ads-emmen-ch. 18 Aralık 2016.

286. http://www.rigert-bisang.ch/. 18 Aralık 2016.

287. http://www.neueholzbau.ch/en/neubau-zimmereihalle-herger-klimaholzbau-gmbh-spiringen/. 14 Şubat 2017.

288. http://www.hergerklimaholzbau.ch/. 14 Şubat 2017.

289. http://www.id-holz-nrw.de/de/meldungen/201410Pollmeier.php. 15 Şubat 2017.

290. http://www.ir-gruppe.at/de/einweihung-neubau-ir-holzbau. 15 Şubat 2017.

291. https://www.pollmeier.com/en/references/timber-framework-made-of-baubuche.html. 15 Şubat 2017.

292. http://radon-photography.blogspot.com.tr/2015/04/industriehalle-ir-holzbau.html. 15 Şubat 2017.

293. http://www.neueholzbau.ch/de/produktionszentrum-struby-holzbau-ag-root-lu/. 20 Şubat 2017.

294. http://www.strueby.ch/special/holzbau/produktionszentrum-root/. 20 Şubat 2017.

295. http://www.ip-ag.ch/gewerbebau.php?lang=DE&nID=161. 20 Şubat 2017.

296. http://www.archiweb.cz/buildings.php?type=arch&action=show&id=4592. 20 Şubat 2017.

297. http://jedenactka-vodni-svet.cz/. 20 Şubat 2017.

298. http://www.taros-nova.cz/vs-jedenactka. 20 Şubat 2017.

299. http://www.archdaily.com/516409/highway-support-center-24h-architecture. 25 Şubat 2017.

300. http://www.designboom.com/architecture/24h-architecture-highway-support-center-assen-06-21-2014/. 25 Şubat 2017.

301. https://tr.pinterest.com/source/blog.24h.eu. 25 Şubat 2017.

302. http://www.pietersbouwtechniek.nl/welkom/projecten/2014-09-16/. 25 Şubat 2017.

303. http://www.greenoakcarpentry.co.uk/public-projects/special-projects/windmill-hill-farm/. 28 Şubat 2017.

304. http://www.thorntontomasetti.com/projects/windmill_hill_archive/. 28 Şubat 2017.

305. http://marshallarchitects.co.uk/windmill-hill/. 28 Şubat 2017.

306. https://www.trada.co.uk/casestudies/overview/Windmill_hill/. 28 Şubat 2017.

307. http://www.woodarchitecture.fi/projects/world-design-capital-helsinki-2012-events-pavilion. Mart 2017.

308. http://www.archdaily.com/266023/world-design-capital-helsinki-2012-pavilion-aalto-university-wood-studio. Mart 2017.

309. http://www.dezeen.com/2012/05/25/the-world-design-capital-helsinki-2012-pavilion-by-aalto-university-wood-studio-students/. Mart 2017.

310. https://www.japlusu.com/news/world-design-capital-helsinki-2012-pavilion. 1 Mart 2017.

311. http://www.neueholzbau.ch/en/box-pavillon-luzerner-theater/. 10 Ocak 2018.

312. http://www.holzbautechnik.ch/cms/jupgrade/index.php/referenzen/oeffentliche-bauten/52-theaterbox-luzern. 10 Ocak 2018.

313. http://www.luzernertheater.ch/journal/auftaktfest. 10 Ocak 2018.

314. http://www.knippershelbig.com/de/projekte/centre-des-sports-luxemburg. 2 Mart 2017.

315. http://www.auer-weber.de/en/projects/details/belair-sports-center-luxemburg.html. 2 Mart 2017.

316. http://www.bauhandwerk.de/artikel/bhw_Hoelzernes_Rund_fuer_schnelle_Skater_1260971.html. 2 Mart 2017.

317. https://www.homify.de/projekte/403496/speedskatingarena-geisingen. 2 Mart 2017.

318. http://www.centraplan-architekten.de/images/stories/Centraplan_backend/Arena2009_Nachtbild_20P-1.jpg. 2 Mart 2017.

319. http://timberconstruction.wiehag.com/en/references/reference-details/LbrReferencesReference/9.html. 2 Mart 2017.

320. http://attention.enterpriselab.ch/archi/index__wird.php?sprache=de&auswahl=4&bauten_id=619. 20 Aralık 2016.

321. http://nordic.ca/en/projects/structures/smec-soccer-stadium. 3 Mart 2017.

322. http://www.holzbau.rubner.com/en/references/aquaworld-budapest-hu/29-4.html. 3 Mart 2017.

323. http://www.hoteltelnet.hu/img/hotel/228/n/aqua-world-budapest-wellness-centre-budapest.jpg. 3 Mart 2017.

324. http://axisvm.eu/axisvm_references_detailed_projects_02_ramada_resort_aquaworld.html. 3 Mart 2017.

325. http://static.femina.hu/nyerj/aquaworld/csuszdak_1.jpg. 3 Mart 2017.

326. http://www.arc2.nl/projecten/recreatie/horeca/dinodome-gaiazoo/. 4 Mart 2017.

327. http://www.archello.com/en/project/dinodome-gaiazoo. 4 Mart 2017.

328. http://www.luning.nl/abl_dinodome_kerkrade.htm. 4 Mart 2017.

329. http://www.verkoelen.nl/gallery/161281/196424/dino-dome-gaiapark-kerkrade.aspx. 4 Mart 2017.

330. http://timberconstruction.wiehag.com/Referenzen/Ice-Park-Eilat. 4 Mart 2017.

331. http://www.brettschichtholz.de/gebaute-objekte/mn_42512?arch_uuid=9c3130d1_20ed_76a6_2c3b9f2695c92f22&objectid=wiehag_indoor_eishalle_ice_park_eil. 4 Mart 2017.

332. http://www.rtld.co.il/projects/ice-park/. 4 Mart 2017.

333. http://www.advantageaustria.org/il/oesterreich-in-israel/news/local/Ice-Park-in-Eilat1.en.html. 4 Mart 2017.

334. http://ojisanjake.blogspot.com.tr/2009/08/izumo-dome-biggest-wooden-building-in.html#.Vvcg0dKLRdh. 6 Mart 2017.

335. https://www.researchgate.net/publication/245554660_The_Izumo_Dome_Largest_Timber_Structure_in_Japan. 6 Mart 2017.

336. http://kurekenjo.blog93.fc2.com/blog-entry-49.html. 6 Mart 2017.

337. https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%87%BA%E9%9B%B2%E3%83%89%E3%83%BC%E3%83%A0. Mart 2017. 6 Mart 2017.

338. https://amanaimages.com/info/infoRM.aspx?SearchKey=25075005325&GroupCD=0&no=. 6 Mart 2017.

339. http://www.archdaily.com/202058/the-stork-nest-farm-sgl-projekt. 7 Mart 2017.

340. https://www.dezeen.com/2012/01/31/stork-nest-farm-by-sgl-projekt/. 7 Mart 2017.

341. http://staryapartner.cz/cs/projekty/kryta-jizdarna-farma-bapi-hnizdol-n-semtin-u-votic/. 7 Mart 2017.

342. http://www.taros-nova.cz/jizdarna-capi-hnizdo. 7 Mart 2017.

343. https://www.tutorperinibuilding.com/portfolio/sports-facilities/superior-dome/. 7 Mart 2017.

344. http://skyscraperpage.com/cities/?buildingID=46213. 7 Mart 2017.

345. http://www.nmuwildcats.com/general/2016-17/releases/Superior_Dome_25th_Anniversary. 7 Mart 2017.

346. https://naengmadeiras.wordpress.com/. 7 Mart 2017.

347. http://www.nmuwildcats.com/information/superior_dome. 7 Mart 2017.

348. http://www.holzbau.rubner.com/en/references/carbon-depot-enel-brindisi-i/29-8911.html. 8 Mart 2017.

349. http://building.closeupengineering.it/en/the-two-largest-domes-in-europe/245/. 8 Mart 2017.

350. http://architektur.konradin.de/wp-content/uploads/2014/05/Rubner_Holzbau_Holzkuppel_Brindisi.pdf. 8 Mart 2017.

351. http://www.luning.nl/abl_enelkoepel_brindisi.htm. 8 Mart 2017.

352. https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiq6frGrcvLAhVMDZoKHY7WB7AQFghBMAY&url=http%3A%2F%2Fwww.strab-holz.de%2Fdownloads.html%3Ffile%3Dtl_files%2Fpdf%2FBroschuere%2FBrosch%25C3%25BCre%2520Sport%2520Freizeit.pdf&usg=AFQjCNHjD221kL2f_iEYQQ-vKGqelM8vpw&sig2=19mX3vV5Hce5c3oWSOB-_g&bvm=bv.117218890,d.bGs. 8 Mart 2017.

353. http://www.toyo-ito.co.jp/WWW/Project_Descript/1990-/1990-p_19/1990-p_19_en.html. 8 Mart 2017.

354. https://en.wikipedia.org/wiki/Odate_Jukai_Dome. 8 Mart 2017.

355. http://www.wooddays.eu/en/wood-architecture/best-practice-architecture/detail/odate-jukai-dome-park/. 8 Mart 2017.

356. http://users.design.ucla.edu/~jjkaye/ito/05.htm. 8 Mart 2017.

357. http://www.baublatt.ch/news/projekte/eine-zweite-riesenkuppel-fuer-salz. 10 Mart 2017.

358. https://www.haring.ch/en/services/dome-structures/detail/article/salzlagerhalle-saldome-1-rheinfelden/. 10 Mart 2017.

359. http://www.peristyle.ch/files/u000012/34415e69-dffb-927d-ae62-0e7498e2b9fd/article.pdf. 10 Mart 2017.

360. http://www.rapp.ch/de/leistungen/areal-umwelt/vermessung/bau-ingenieurvermessung/Referenzen/Saldom2.php. 10 Mart 2017.

361. http://www.forumholzbau.com/pdf_12/nl69_Bogusch.pdf. 10 Mart 2017.

362. https://www.haring.ch/en/services/dome-structures/detail/article/detail/News/salzlagerhalle-saldome-2-rheinfelden/. 10 Mart 2017.

363. https://www.espazium.ch/riesenkuppel-aus-holz. 10 Mart 2017.

364. http://bazonline.ch/27518311/print.html. 10 Mart 2017.

365. http://timberconstruction.wiehag.com/Referenzen/Crossrail-Station-Canary-Wharf. 13 Mart 2017.

366. http://www.dezeen.com/2015/04/30/foster-partners-crossrail-place-london-roof-garden-leisure-complex-canary-wharf/. 13 Mart 2017.

367. http://www.fosterandpartners.com/projects/crossrail-place-canary-wharf/. 13 Mart 2017.

368. http://www.gmp-architekten.de/projekte/neue-messe-friedrichshafen.html. 13 Mart 2017.

369. https://structurae.net/structures/mehrzweckhalle-der-messe-friedrichshafen. 13 Mart 2017.

370. http://www.mkp-ing.com/projekte/industrie-gewerbe/mehrzweckhalle-und-halle-3-8-neue-messe-friedrichshafen-d#prettyPhoto. 13 Mart 2017.

371. http://timberconstruction.wiehag.com/Referenzen/Neue-Messe-Karlsruhe. 15 Mart 2017.

372. http://www.ep-dawa.de/refe.htm. 15 Mart 2017.

373. http://presse.karlsruhe.de/db/stadtzeitung/jahr2014/woche30/gemeinderat_reihe_von_events_steigt_in_messe.html. 15 Mart 2017.

374. https://www.world-architects.com/fr/pahl-and-weber-pahl-architekten-bda-darmstadt/project/regiotram-haltestelle-im-hauptbahnhof. 15 Mart 2017.

375. https://www.o-s-d.com/en/construction/halls-roofs/bahnsteigueberdachung-hbf-kassel. 15 Mart 2017.

376. http://architektur.startbilder.de/name/galerie/kategorie/architekten~verschiedene~2007-regio-tram-haltestelle-kassel-hbf.html. 15 Mart 2017.

377. http://www.brettschichtholz.de/gebaute-objekte/mn_42512?arch_uuid=9c321015_20ed_76a6_2c29b366acd1389e&objectid=grossmann_regio_tram_kassel. 15 Mart 2017.

378. http://www.nahrwold.com/mehrzweckhalle.html. 16 Mart 2017.

379. http://www.pohlarchitekten.de/projects/item/29-sporthalle-ohrdruf. 16 Mart 2017.

380. https://skyspots.de/gebaeude/ohrdruf-panorama/. 16 Mart 2017.

381. http://shells.princeton.edu/Mann1.html. 16 Mart 2017.

382. http://www.fastepp.com/index.php/de/projects/current/multihalle-in-mannheim. 16 Mart 2017.

383. http://www.proholz.at/zuschnitt/19/auf-den-kopf-gestellt/. 16 Mart 2017.

384. http://www.smdarq.net/case-study-mannheim-multihalle/. 16 Mart 2017.

385. http://www.promolegno.com/progetti/progetti-database/detail/multihalle-mannheim/?L=1&cHash=27354cf642a0f4c6bee397c6d8c5fd55. 16 Mart 2017.

386. http://www.designboom.com/architecture/toyo-ito-gifu-city-library-minna-no-mori-media-cosmos-06-17-2015/. 17 Mart 2017.

387. http://www.toyo-ito.co.jp/WWW/Project_Descript/2015-/2015-p_02/2015-p_02_en.html. 17 Mart 2017.

388. http://www.arch2o.com/toyo-itos-minna-no-mori-opens-japan/. 17 Mart 2017.

389. http://www.detail-online.com/inspiration/%E2%80%9Cminna-no-mori%E2%80%9D-%E2%80%93-media-cosmos-in-gifu-113506.html. 17 Mart 2017.

390. https://www.japlusu.com/news/remarkable-japanese-timber-structures. 19 Mart 2017.

391. http://www.archdaily.com/490141/centre-pompidou-metz-shigeru-ban-architects. 19 Mart 2017.

392. http://www.dezeen.com/2010/02/17/centre-pompidou-metz-by-shigeru-ban/. 19 Mart 2017.

393. http://www.architectural-review.com/today/centre-pompidou-metz-by-shigeru-ban-architects-and-jean-de-gastines-architectes-france/8600443.fullarticle. 19 Mart 2017.

394. http://www.ridge.co.uk/project/savill-garden-visitor-centre/#prettyPhoto. 20 Mart 2017.

395. http://www.glulam.co.uk/caseStudies_threedimensional.htm. 20 Mart 2017.

396. http://www.arkitera.com/proje/5476/alfriston-havuzu. 21 Mart 2017.

397. http://www.dezeen.com/2014/10/27/alfriston-school-swimming-pool-duggan-morris-architects/. 21 Mart 2017.

398. http://www.arch.cuhk.edu.hk/server1/staff1/bruce/arch3114/Precedents/Alfriston%20School%20Swimming%20Pool%20Bldg/Swimming%20Pool_pre-fad%20wood.pdf. 21 Mart 2017.

399. http://www.elliottwood.co.uk/project/alfriston-school-beaconsfield-hp9/. 21 Mart 2017.

400. http://www.arch.cuhk.edu.hk/server1/staff1/bruce/arch3114/Precedents/Alfriston%20School%20Swimming%20Pool%20Bldg/Swimming%20Pool_pre-fad%20wood.pdf. 21 Mart 2017.

401. http://www.mkp-ing.com/projekte/industrie-gewerbe/produktionshalle-binder-werk-i-jennbach-a. 23 Mart 2017.

402. http://guide.aut.cc/index.php?inc=project&id=5709. 23 Mart 2017.

403. http://www.binderholz.com/basisprodukte/massivholzplatten/. 23 Mart 2017.

404. http://www.neueholzbau.ch/en/tesco-sheringham-england/. 24 Mart 2017.

405. http://www.tekla.com/uk/bim-awards-2013/pinnacle.html. 24 Mart 2017.

406. http://www.ssa-architects.co.uk/projects/tesco-superstore-sheringham. 24 Mart 2017.

407. https://ifotophilia.files.wordpress.com/2013/10/img_4969r.jpg. 24 Mart 2017.

408. https://structurae.net/structures/expo-roof. 26 Mart 2017.

409. http://georgios-anagnostou.com/?p=558. 26 Mart 2017.

410. http://timber.ce.wsu.edu/Resources/papers/3-6-1.pdf. 26 Mart 2017.

411. http://besista.com/en/references/timber-construction/expo-roof-hannover-tension-rod-systems/. 26 Mart 2017.

412. http://www.archdaily.com/201961/metropol-parasol-j-mayer-h-arup. 26 Mart 2017.

413. http://www.ekoyapidergisi.org/366-sehrin-merkezinde-dev-ahsap-semsiye-metropol-parasol.html. 26 Mart 2017.

414. http://www.metsawood.com/fi/media/referenssit/Pages/Metropol-parasol.aspx. 26 Mart 2017.

415. http://www.uncubemagazine.com/blog/15571591. 27 Mart 2017.

416. http://www.wilkhahn.com/en/about/press-service/press-service/detail/news/detail/News/in-memory-of-frei-otto/. 27 Mart 2017.

417. http://trends.archiexpo.com/wilkhahn/project-9881-223843.html. 27 Mart 2017.

418. https://hiveminer.com/Tags/holzkonstruktion. 29 Mart 2017.

419. http://www.neueholzbau.ch/de/neubau-tennishallen-buergenstock-hotels-resort/. 29 Mart 2017.

420. http://www.ruessli.ch/e_beta/p_tennis_buergenstock.html. 29 Mart 2017.

421. https://www.buergenstock.ch/en/wellness/tennis. 29 Mart 2017.

422. https://www.krieger-produktionsag.ch/produktion/staempfli_ref/reference/index/reference_id/345/category_id/275/. 29 Mart 2017.

423. http://saucierperrotte.com/projets/centre-de-soccer-interieur-au-cesm/. 3 Mart 2017.

424. http://www.archdaily.com/784751/stade-de-soccer-de-montreal-saucier-plus-perrotte-architectes-plus-hcma. 3 Mart 2017.

425. http://inhabitat.com/savill-buildings-curvaceous-locally-sourced-wood-roof-resembles-a-giant-fallen-leaf/the-savill-building-glenn-howells-10. 19 Mart 2017.

426. http://static.burohappold.com/media/2016/04/BH_project_Savill-Building.pdf. 19 Mart 2017.

427. https://books.google.com.tr/books?id=G4Q_DwAAQBAJ&pg=PA162&lpg=PA162&dq=izumo+dome+timber&source=bl&ots=KXxJ68PYHU&sig=-e5cErq6cSf8xzVthqhAAihqJjU&hl=tr&sa=X&ved=0ahUKEwj8hYP5y-LYAhWTiqYKHXJwDeYQ6AEIQjAH#v=onepage&q=izumo%20dome%20timber&f=true. 18 Ocak 2018.

428. http://www.holzbautechnik.ch/cms/jupgrade/index.php/aktuell/45-projekte/305-aufrichten-theater-box-luzern#. 10 Ocak 2018.

429. http://3fach.ch/blog/sprechstunde_blog/box-die-neue-spielstaette-in-luzern. 10 Ocak 2018.

430. https://inhabitat.com/gigantic-bubbly-vitam%E2%80%99parc-sports-center-pops-up-in-france/. 10 Ocak 2018.

431. https://twitter.com/autodesk/status/890302219828031488. 12 Ocak 2018.

432. Götz, K, H., Natterer, J., Dieter, H. ve Möhler, K., Timber Design and Construction Sourcebook, McGraw – Hill Publishing Company, New York, 1989.

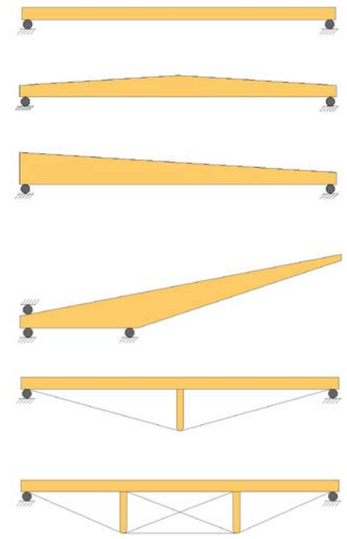
433. http://www.derix.de/data/Derix_Produktbr._2017_RZ_WEB.pdf Derix isimli ahşap üretim firmasının web sitesi. 11 Şubat 2017.

434. Holzbau, Travi Lamellari - Holzleimbinder, Holzbau Ahşap Yapım Broşürü.

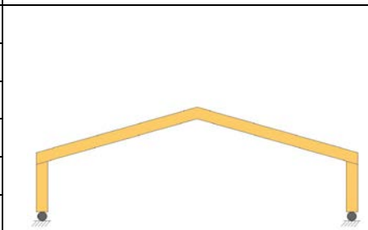
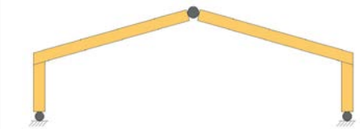
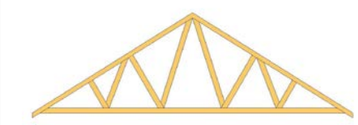
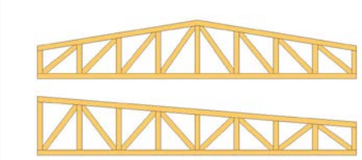
435. http://www.bischoff-schaefer.de/fileadmin/editor/PDF/EN/total_brochure.pdf Bischoff + Schäfer isimli ahşap üretim firmasının web sitesi. 13 Şubat 2017.

6. EKLER

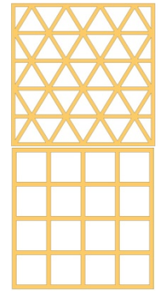
Ek Tablo 1.1. Tek Yönlü Çizgisel Elemanlar Ait Genel Analiz Tablosu

TEK YÖNLÜ (ÇİZGİSEL) ELEMANLAR										
Strüktürel Form		**Sıra No**	**Yapı Örnekleri**	**Geçilen Açıklık(m)**	**Strüktür Yüksekliği(m)**	**Strüktür Malzemesi**	**Yapım Yılı**	**Yapının Yeri**	**Yapının İşlevi**	**Strüktür Şekli**
DOLU GÖVDELİ BASİT KİRİŞLER	**DÜZ KİRİŞLER**	1	Palanga Konser Salonu	37 m	2,3 m	Glulam	2015	Litvanya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		2	Manloud Geri Dönüşüm Merkezi	13,5 m	0,6 m	Masif Ahşap	2008	İsviçre	Fabrika	
		3	Kaufmann Bobingen Dağıtım Merkezi	21 m	0,92 m	Glulam	1999	Almanya	Depo	
		4	Goldäcker Yüzme Havuzu ve Spor Merkezi	32 m	1 m	Glulam	2008	Almanya	Spor Yapısı	
		5	Mistissini Köprüsü	43 m	1,7 m	Glulam	2014	Kanada	Ulaşım Yapısı	
		6	Hilwood Lojistik Merkezi	24 m	1,2 m	Glulam	2016	Almanya	Depo	
	TRAPEZ KİRİŞLER	7	Afrycarium – Oceanarium Sergi Pavyonu	43 m	2,05 – 2,55 m	Glulam	2014	Polonya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		8	Holzformart Üretim Tesisi	24 m	1,55 – 1,75 m	Glulam	2012	Almanya	Fabrika	
		9	Münchinger Dağıtım Binası	29,2 m	1,2 – 1,9 m	Glulam	2013	Almanya	Depo	
		10	Pollmeier Katı Ahşap Fabrikası	21 m	1,3 – 1,5 m	Glulam	2008	Almanya	Fabrika	
		11	Martin Nadaud Çok Amaçlı Spor Salonu	27 m	1,25 – 1,7 m	LVL	2006	Fransa	Spor Yapısı	
	KONSOL KİRİŞLER	12	Autzen Stadyumu	17,2 m	1,83 m	Glulam	2002	A.B.D.	Spor Yapısı	
		13	Lord’s Kriket Stadyumu	12,2 m	0,9 m	Glulam	2016	İngiltere	Spor Yapısı	
	ALTTAN GERGİLİ KİRİŞLER	14	Essen Ekmek Fabrikası	21 m	0,6 m	Glulam	1998	Almanya	Fabrika	
		15	St. Gerold Binicilik Salonu	15 m	0,4 m	Glulam	1997	Avusturya	Spor Yapısı	
		16	UQAC Arena Spor Merkezi	36,9 m	0,75 m	Glulam	2008	Kanada	Spor Yapısı	
KEMERLER	**İKİ MAFSALLI KEMER**	17	Erfurt Arena Buz Pisti	85 m	1,5 m	Glulam	2002	Avusturya	Spor Yapısı	
		18	New Wels Fuar Merkezi	90 m	1,25 m	Glulam	2011	Avusturya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		19	Norwich Open Akademi	28 m	0,6 m	Glulam	2010	İngiltere	Eğitim Yapısı	
		20	Richmond Olimpik Stadyumu	100 m	2,3 m	Glulam	2008	Kanada	Spor Yapısı	
		21	Salzburg Arena Gösteri Merkezi	78 m	2 m	Glulam	2003	Avusturya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		22	South Hedland Şehir Meydanı Performans Örtüsü	15 m	0,4 m	LVL	2011	Avustralya	Gösteri/Sergi Merkezi	
	ÜÇ MAFSALLI KEMER	23	Fretheim Köprüsü	38 m	1 m	Glulam	2006	Norveç	Ulaşım Yapısı	
		24	Marie-Victorin Spor Kompleksi	70 m	2m	Glulam	2010	Kanada	Spor Yapısı	
		25	Portland Gübre Deposu	48,8 m	1,4 m	Glulam	1997	A.B.D.	Depo	
		26	Ulnes Köprüsü	35 m	1,1 m	Glulam	2003	Norveç	Ulaşım Yapısı	
		27	TC Biel-Bienne Tenis Salonu	40,5 m	0,9 m	Glulam	2011	İsviçre	Spor Yapısı	
	KAFES KEMER	28	Vitam'Parc Tema Park	36 m	3,2 m	Glulam	2009	Fransa	Spor Yapısı	
		29	Evenstad Köprüsü	36 m	6,5 m	Glulam	1996	Norveç	Ulaşım Yapısı	
		30	Håkons Salonu	85.8 m	3,45 m	Glulam	1994	Norveç	Spor Yapısı	
		31	IBM Gezici Pavyonu	12 m	0,8 m	Glulam	1983	İtalya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		32	Tynset Köprüsü	70 m	4 m	Glulam	2001	Norveç	Ulaşım Yapısı	
		33	Viking Gemisi-Hamar Olimpik Salonu	96,4 m	3,45 m	Glulam	1992	Norveç	Spor Yapısı	

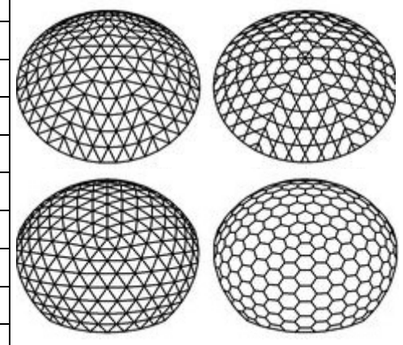
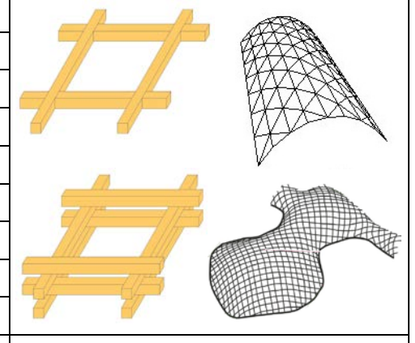
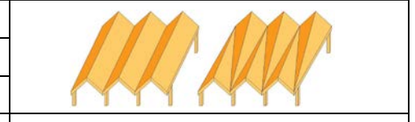
Ek Tablo 1.2. İki Yönlü Düzlemsel Elemanlar Ait Genel Analiz Tablosu

İKİ YÖNLÜ (DÜZLEMSEL) ELEMANLAR										
Strüktürel Form		**Sıra No**	**Yapı Örnekleri**	**Geçilen Açıklık(m)**	**Strüktür Yüksekliği(m)**	**Strüktür Malzemesi**	**Yapım Yılı**	**Yapının Yeri**	**Yapının İşlevi**	**Strüktür Şekli**
ÇERÇEVELER	**İKİ MAFSALLI**	34	Dittersdorf Tuz Deposu	18 m	0,5 m	Glulam	2013	Almanya	Depo	
		35	Donauwörth Tuz Deposu	12,5 m	0,24 m	LVL - Glulam	2014	Almanya	Depo	
		36	LeMay Amerikan Arabaları Müzesi	33,5 m	1,33 m	Glulam	2012	A.B.D.	Gösteri/Sergi Merkezi	
		37	ONE Fashion Outlet AVM	18 m	0,6 m	Glulam	2013	Slovakya	Kamu Yapısı	
		38	Salaria Spor Köyü Fitnes Salonu	34,6 m	2 m	Glulam	2006	İtalya	Spor Yapısı	
		39	Kitazawa Kenchiku Ahşap Fabrikası	18 m	1,1 m	Masif Ahşap	2010	Japonya	Fabrika	
		40	Leeds Atık Enerji Santrali	35 m	1,6 m	Glulam	2015	İngiltere	Fabrika	
	ÜÇ MAFSALLI	41	Hipo Arena Šamorín Binicilik Binası	48 m	0,9 m	Glulam	2014	Slovakya	Spor Yapısı	
		42	Koski Manor Mandırası	14,9 m	0,56 m	LVL	2014	Finlandiya	Fabrika	
		43	Riesenbeck Uluslararası Binicilik Merkezi	53 m	0,8 m	Glulam	2015	Almanya	Spor Yapısı	
		44	Hodge Spor Salonu	18,8 m	0,5 m	Glulam	2011	Yeni Zelanda	Spor Yapısı	
		45	Peek & Cloppenburg Köln Mağazası	60 m	0,22 m	Glulam	2005	Almanya	Kamu Yapısı	
		46	Tanne Kilisesi	20,6 m	0,8 m	Glulam	2014	İsviçre	Dini Yapı	
MAKASLAR	**ÜÇGEN**	47	Kallnach Çok Amaçlı Salonu	16,9 m	3,05 m	Glulam	2009	İsviçre	Spor Yapısı	
		48	Palasport Spor Kompleksi	51 m	6 m	Glulam	2014	İtalya	Spor Yapısı	
		49	Sneek Köprüsü	32 m	8 m	Glulam	2010	Hollanda	Ulaşım Yapısı	
		50	VAC Avenches Dağıtım Merkezi	32 m	2,5 m	Glulam	2003	İsviçre	Depo	
	PARALEL BAŞLIKLI	51	Cavalese Bisiklet ve Yaya Köprüsü	52 m	3,2 m	Glulam	2002	İtalya	Ulaşım Yapısı	
		52	Kirchdorf Spor Salonu	32 m	2,4 m	Glulam	2004	Almanya	Spor Yapısı	
		53	Nantes Acil Müdahale Merkezi	26,5 m	3 m	LVL	2006	Fransa	Yönetim Yapısı	
		54	Eloubau Elektrik Bileşenleri Üretim Salonu	25 m	2 m	LVL	2016	Almanya	Fabrika	
		55	Beer Holzbau AG Üretim Binası	23 m	4 m	Glulam	2016	İsviçre	Fabrika	
	KARMA	56	Kjøllsæter Köprüsü	45 m	4,2 m	Glulam	2006	Norveç	Ulaşım Yapısı	
		57	Meyrin Buz Pisti	42 m	4 m	Glulam	2008	İsviçre	Spor Yapısı	
		58	Pilatus Havacılık Uçak Montaj Binası	61 m	8 m	Glulam	2008	İsviçre	Fabrika	
		59	TV Oberneuland e. V. Çok Amaçlı Salonu	15 m	1,875 m	Masif Ahşap	2006	Almanya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		60	Zuchwil Buz Pisti	41,5 m	4,9 m	Glulam	2009	İsviçre	Spor Yapısı	
		61	ETH Zurich Üniversitesi Arch_Tec_Lab	15 m	1,5 m	Masif Ahşap	2015	İsviçre	Eğitim Yapısı	
	TRAPEZ	62	Emmen Keşif Uçağı Eğitim Merkezi	22 m	2,9 – 3,9 m	Glulam	2000	İsviçre	Eğitim Yapısı	
		63	Herger Klimaholzbau GmbH Doğrama Atölyesi	28 m	3 – 3,3 m	Glulam	2014	İsviçre	Fabrika	
		64	i+R GmbH Binası	17,3 m	1 – 1,4 m	LVL	2014	Avusturya	Fabrika	
		65	Strüby Holzbau AG Üretim Binası	47,5 m	2,75 – 5,5 m	Glulam	2012	İsviçre	Fabrika	
		66	VS Jedenáctka Spor Kompleksi	36,7 m	2,5 – 3,5 m	Glulam	2014	Çekya	Spor Yapısı	

Ek Tablo 1.2. İki Yönlü Düzlemsel Elemanlara Ait Genel Analiz Tablosu (devamı)

KİRİŞLİ DÖŞEMELER	**60°'LİK KİRİŞLİ DÖŞEME**	67	Balkendwarsweg Karayolu Destek Merkezi Tuz Deposu	15 m	0,9 m	Glulam	2014	Hollanda	Depo	
		68	Windmill Hill Çalışma Salonu ve Arşivi	25 m	0,3 m	Glulam	2012	İngiltere	Eğitim Yapısı	
		69	World Design Capital Helsinki 2012 Buluşması Pavyonu	21,83 m	0,65 m	Glulam	2012	Finlandiya	Gösteri/Sergi Merkezi	
	90°'LİK KİRİŞLİ DÖŞEME	70	Luzern Tiyatrosu Box Pavyonu	18,3 m	0,75 m	Glulam	2016	Almanya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		71	Belair Spor Merkezi	31 m	1,6 m	Glulam	2010	Lüksemburg	Spor Yapısı	
		72	Arena Geisingen Paten Salonu	52,5 m	1,875 m	Glulam	2009	Almanya	Spor Yapısı	
		73	Villaz –St. Pierre Çok Amaçlı Spor Salonu	29,4m	2 m	Glulam	2002	İsviçre	Spor Yapısı	
		74	Montréal Futbol Stadyumu	67 m	4,1 m	CLT - Glulam	2015	Kanada	Spor Yapısı	

Ek Tablo 1.3. Üç Yönlü Hacimsel Elemanlara Ait Genel Analiz Tablosu

ÜÇ YÖNLÜ (HACİMSEL) ELEMANLAR										
Strüktürel Form		**Sıra No**	**Yapı Örnekleri**	**Geçilen Açıklık(m)**	**Strüktür Yüksekliği(m)**	**Strüktür Malzemesi**	**Yapım Yılı**	**Yapının Yeri**	**Yapının İşlevi**	**Strüktür Şekli**
KUBBELER	**RADYAL**	75	Budapeşte Aquaworld Havuzu	70 m	1,45 m	Glulam	2007	Macaristan	Spor Yapısı	
		76	DinoDome Hayvanat Bahçesi	56 m	0,54 m	Glulam	2009	Hollanda	Kamu Yapısı	
		77	Eilat Buz Pisti ve AVM	105 m	0,85 m	Glulam	2012	İsrail	Spor Yapısı	
		78	Izome Kubbesi	143 m	0,91 m	Glulam	1992	Japonya	Spor Yapısı	
		79	Leylek Yuvası At Çiftliği Salonu	34 m	0,6 m	Glulam	2010	Çekya	Spor Yapısı	
	JEODEZİK	80	Superior Dome Spor Salonu	163m	0,95 m	Glulam	1995	A.B.D.	Spor Yapısı	
		81	Brindisi Kömür Kubbeleri	144 m	1,13 m	Glulam	2015	İtalya	Depo	
		82	Ōdate Jukai Kubbesi	178 m	5,45 m	Glulam	1997	Japonya	Spor Yapısı	
		83	Saldome 1 Tuz Deposu	94 m	0,86 m	Glulam	2005	İsviçre	Depo	
		84	Saldome 2 Tuz Deposu	120 m	0,94 m	Glulam	2012	İsviçre	Depo	
IZGARA KABUK SİSTEMLER	**TEK TABAKALI**	85	Canary Wharf Metro İstasyonu	33 m	0,36 m	Glulam	2015	İngiltere	Ulaşım Yapısı	
		86	Friedrichshafen Çok Amaçlı Salonu	67,5 m	0,75 m	Glulam	2001	Almanya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		87	Karlsruhe Yeni Gösteri Merkezi	80 m	1,1 m	Glulam	2005	Almanya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		88	Kassel Tren Garı	20 m	0,4 m	Glulam	2007	Almanya	Ulaşım Yapısı	
		89	Ohrdruf Spor Merkezi	28,8 m	0,65 m	Glulam	2002	Almanya	Spor Yapısı	
	ÇİFT TABAKALI	90	Mannheim Çok Amaçlı Salonu	60 m	0,2 m	Masif Ahşap	1975	Almanya	Gösteri/Sergi Merkezi	
		91	Minna no Mori Şehir Kütüphanesi	79,5 m	0,38 m	Glulam	2015	Japonya	Eğitim Yapısı	
		92	Pompidou-Metz Çağdaş Sanatlar Müzesi	90,9 m	0,44 m	Glulam	2010	Fransa	Eğitim Yapısı	
		93	Savill Ziyaretçi Binası	25 m	0,32 m	Glulam	2006	İngiltere	Kamu Yapısı	
KATLANMIŞ PLAKLAR		94	Alfriston Yüzme Havuzu	15,7 m	5,2 m	Glulam	2014	İngiltere	Spor Yapısı	
		95	Binderholz Kontraplak Fabrikası	44 m	2,5 m	Glulam	1996	Avusturya	Fabrika	
		96	Tesco Mağazası	29 m	2,8 m	Glulam	2013	İngiltere	Kamu Yapısı	
ÖZEL FORMLU SİSTEMLER		97	Hannover Expo Çatısı	40 m	1,1 – 1,45 m	LVL - Glulam	2000	Almanya	Kamu Yapısı	
		98	Metropol Parasol Seyir Terası	40 m	2 m	LVL	2011	İspanya	Kamu Yapısı	
		99	Wilkhahn Üretim Binaları	21,87 m	0,45 – 0,65 m	Glulam	1987	Almanya	Fabrika	
		100	Bürgenstock Hotels & Resort Tenis Salonu	38,25 m	0,6 m	Glulam	2016	İsviçre	Spor Yapısı	

Ek Tablo 2.1. Yapı Analiz Tablo Örneği

Yapının Adı :	
Yapının Mimarı :	
Strüktür Mühendisi :	
Yapının Yeri :	
Yapım Yılı :	
Yapının İşlevi :	
Yapının Boyutları :	
Taşıyıcının Malzemesi :	
Açıklık / Yükseklik :	
Strüktür Taşıyıcı Tipi :	

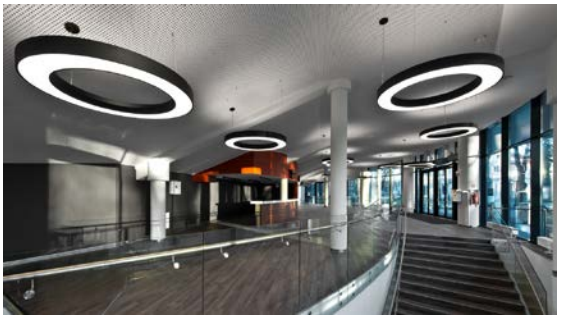
Ek Tablo 2.1. Yapı Analiz Tablo Örneği (devamı - 1)

Yapı Detayları

Ek Tablo 2.1.1. Palanga Konser Salonu [109, 110, 111]

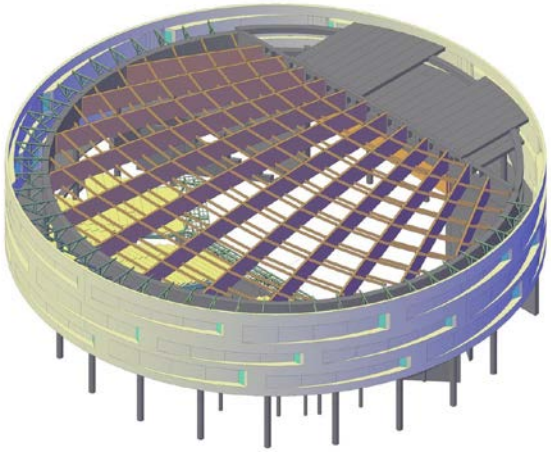
1

Yapının Adı	: Palanga Konser Salonu
Yapının Mimarı	: Uostamiescio Projektas
Strüktür Mühendisi	: Arturas Preiksaitis
Yapının Yeri	: Palanga, LİTVANYA
Yapım Yılı	: 2015
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 56,6 x 65,5 m; 14,1 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 37 m / 2,3 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Düz Kiriş

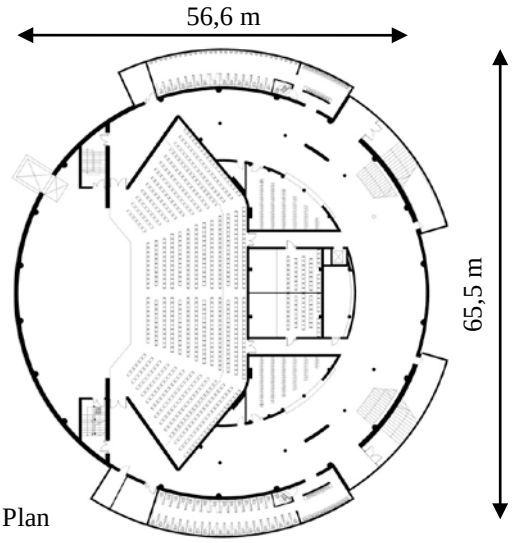


Ek Tablo 2.1.1 Palanga Konser Salonu (devamı - 1) [109, 110, 111]

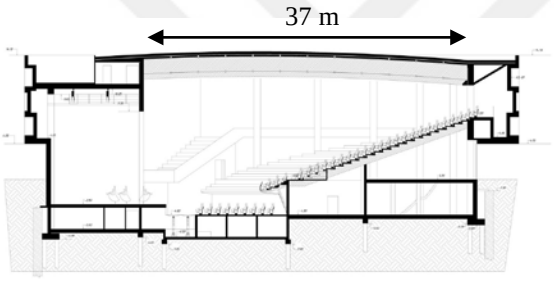
Yapı Detayları



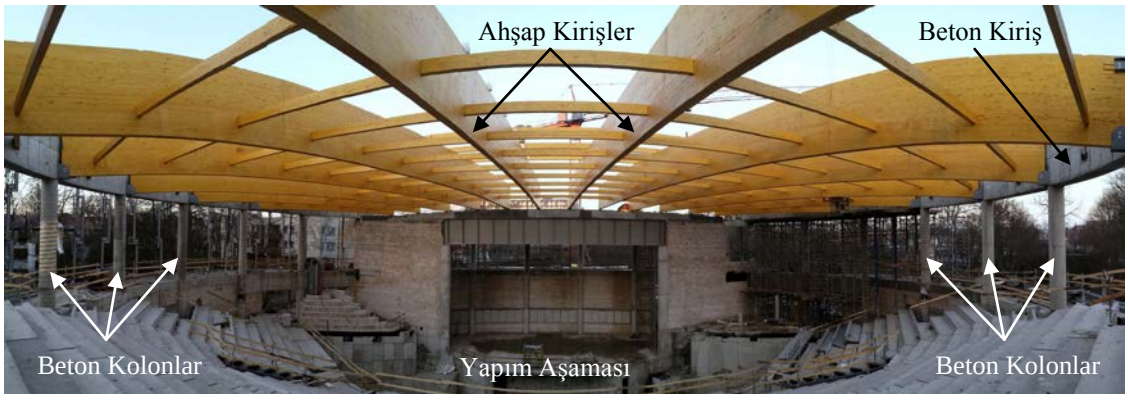
Üç Boyutlu Model



Plan



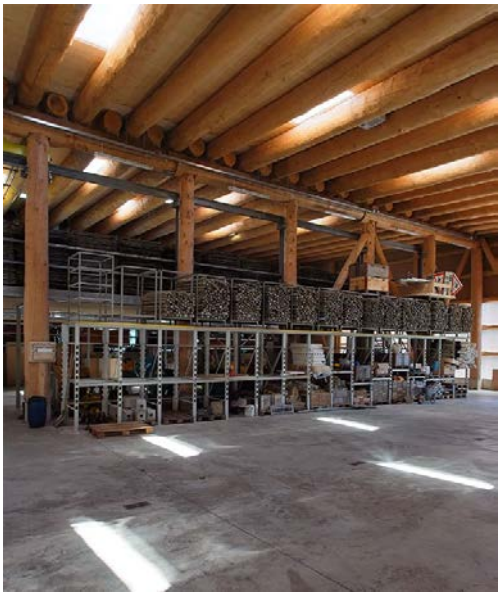
Kesit Görünüş



Ek Tablo 2.1.2. Manloud Geri Dönüşüm Merkezi [112, 113, 114]

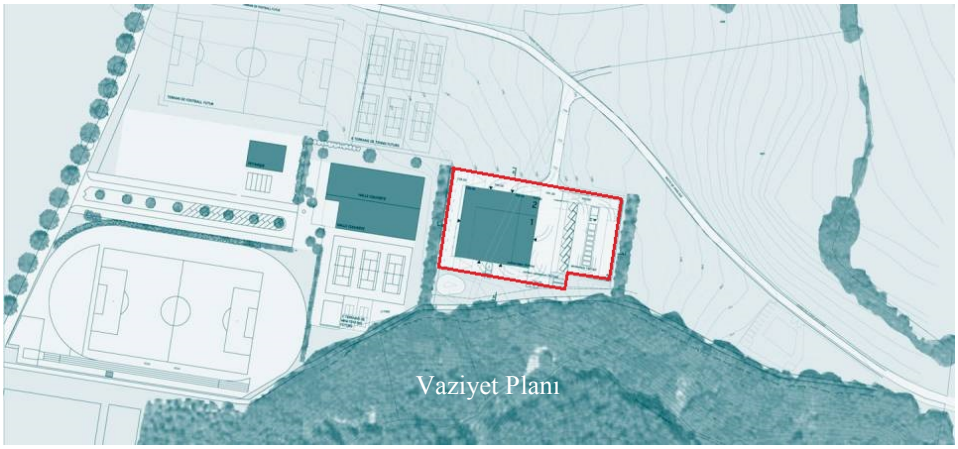
2

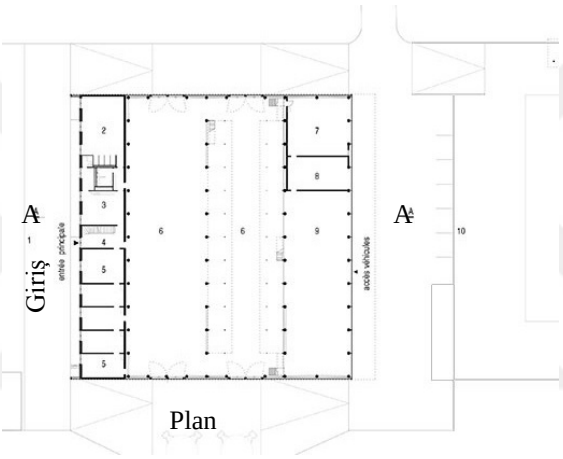
Yapının Adı	: Manloud Geri Dönüşüm Merkezi
Yapının Mimarı	: Pont 12 Architects SA
Strüktür Mühendisi	: Chabloz & Partenaires SA
Yapının Yeri	: Lozan, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2008
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 45 x 50 m; 8,3 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Masif Ahşap
Açıklık / Yükseklik	: 13,5 m / 0,6 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Düz Kiriş



Ek Tablo 2.1.2. Manloud Geri Dönüşüm Merkezi (devamı - 1) [112, 113, 114]

Yapı Detayları

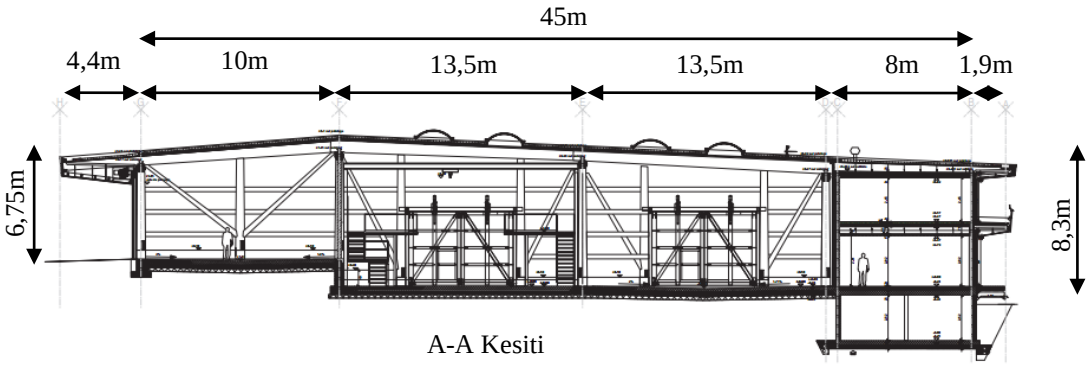




Plan

Doğu Görünüşü

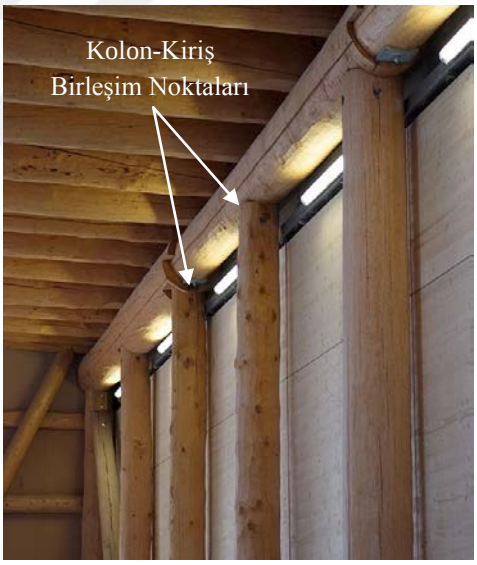
Batı Görünüşü



A-A Kesiti

Ek Tablo 2.1.2. Manloud Geri Dönüşüm Merkezi (devamı - 2) [112, 113, 114]

Yapı Detayları



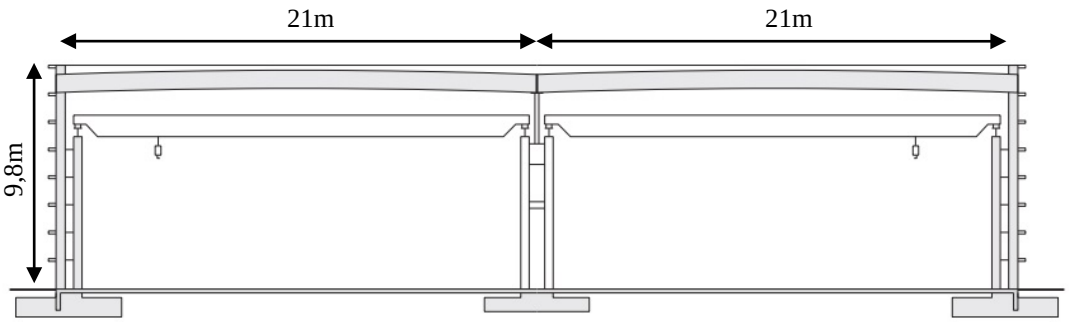
Ek Tablo 2.1.3. Kaufmann Bobingen Dağıtım Merkezi [95, 116, 117]

3

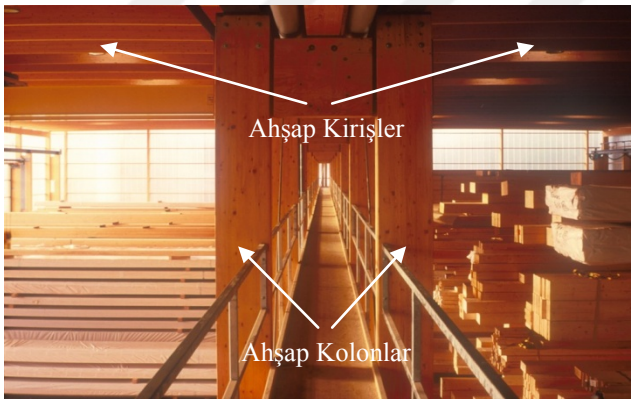
Yapının Adı	: Kaufmann Bobingen Dağıtım Merkezi
Yapının Mimarı	: Florian Nagler Architekten
Strüktür Mühendisi	: Mertz Kaufmann Partner
Yapının Yeri	: Bobingen, ALMANYA
Yapım Yılı	: 1999
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 43 x 76 m; 9,8 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 21 m / 0,92 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Düz Kiriş

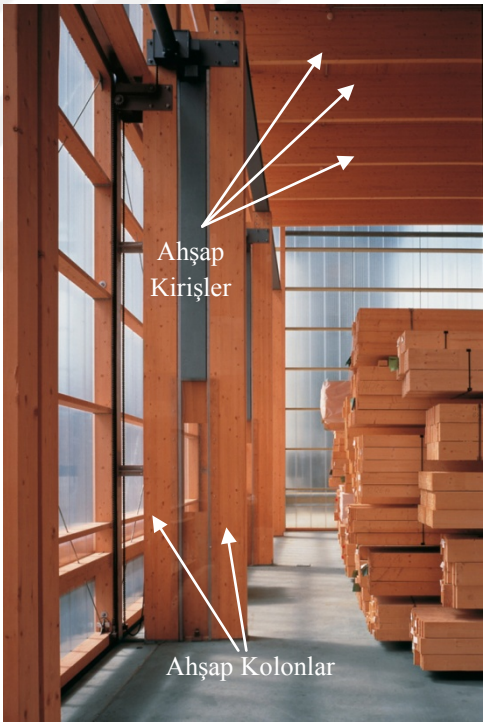
Ek Tablo 2.1.3. Kaufmann Bobingen Dağıtım Merkezi (devamı - 1) [95, 116, 117]

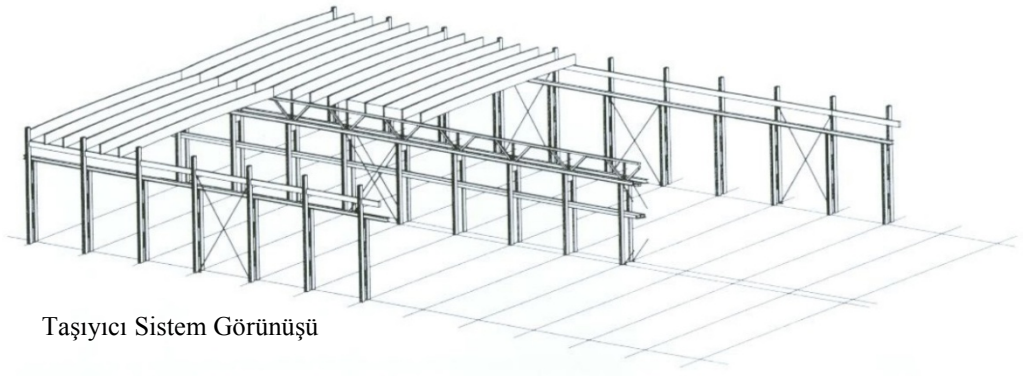
Yapı Detayları



Kesit Görünüş





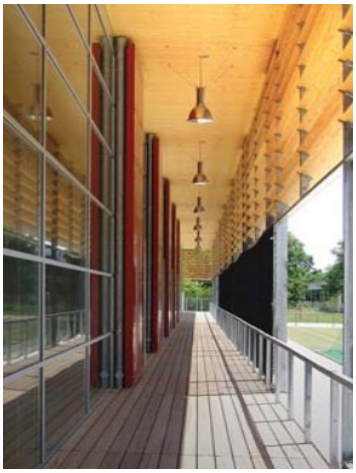


Taşıyıcı Sistem Görünüşü

Ek Tablo 2.1.4. Goldäcker Yüzme Havuzu ve Spor Merkezi [118, 119]

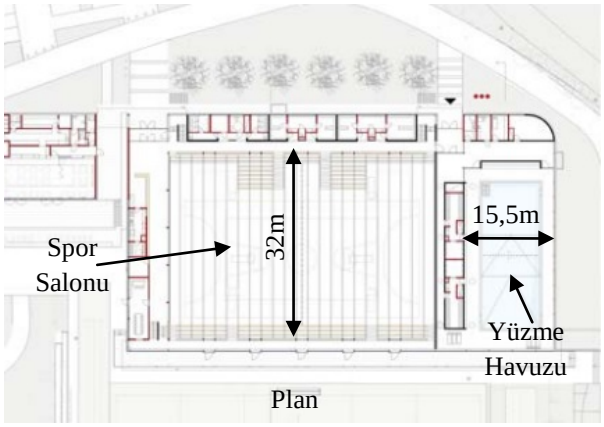
4

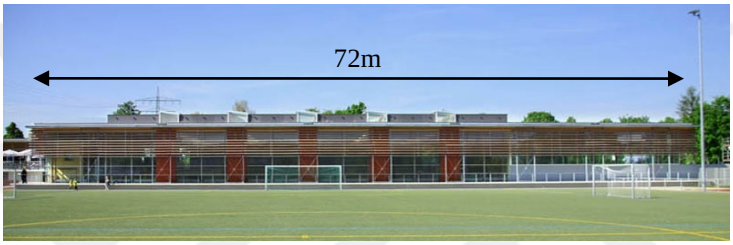
Yapının Adı	: Goldäcker Yüzme Havuzu ve Spor Merkezi
Yapının Mimarı	: D'Inka Scheible Hoffmann Stuttgart
Strüktür Mühendisi	: Merz Kley Partner
Yapının Yeri	: Baden-Württemberg, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2008
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 42 x 72 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 15,5 m ve 32 m / 1 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Düz Kiriş

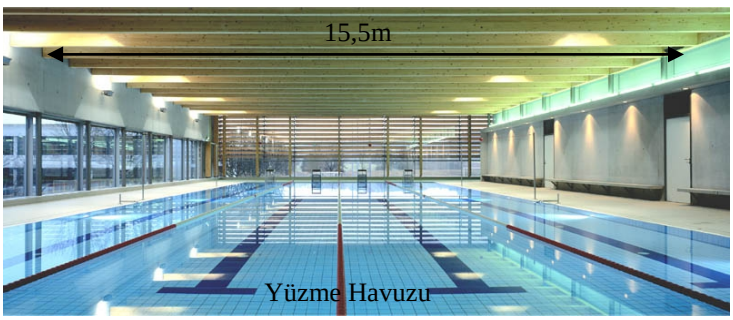


Ek Tablo 2.1.4. Goldäcker Yüzme Havuzu ve Spor Merkezi (devamı - 1) [118, 119]

Yapı Detayları



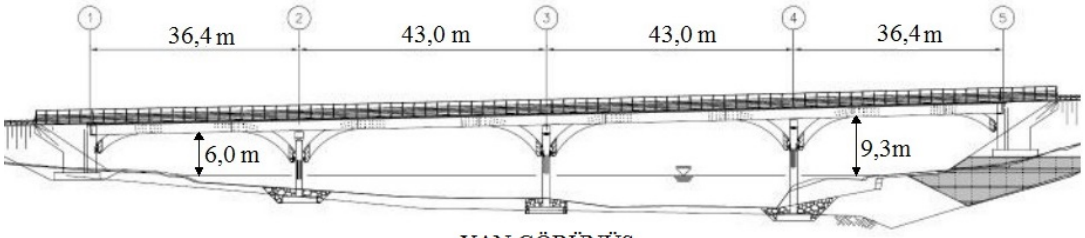




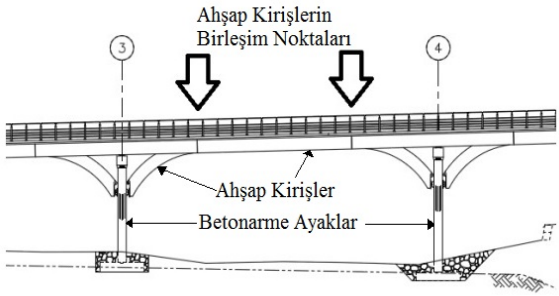
Ek Tablo 2.1.5. Mistissini Köprüsü [120, 121, 122, 123]

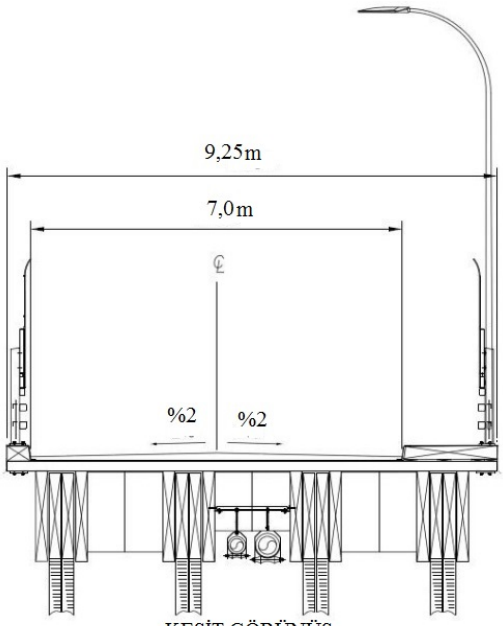
5

Yapının Adı	: Mistissini Köprüsü
Yapının Mimarı	: Stantec
Strüktür Mühendisi	: Stantec
Yapının Yeri	: Mistissini, Québec, KANADA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 9,25 x 160 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 36,4 m + 2 x 43 m + 36,4 m / 1,7 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Düz Kiriş



YAN GÖRÜNÜŞ

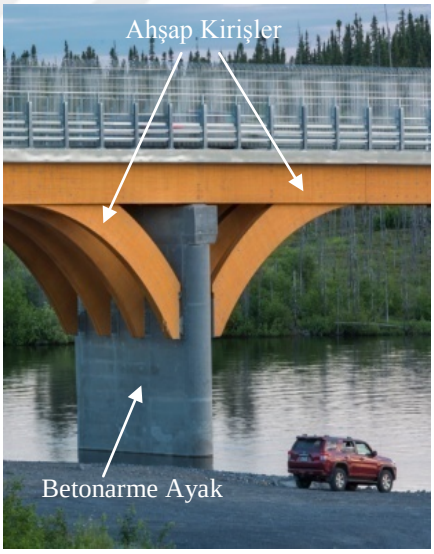


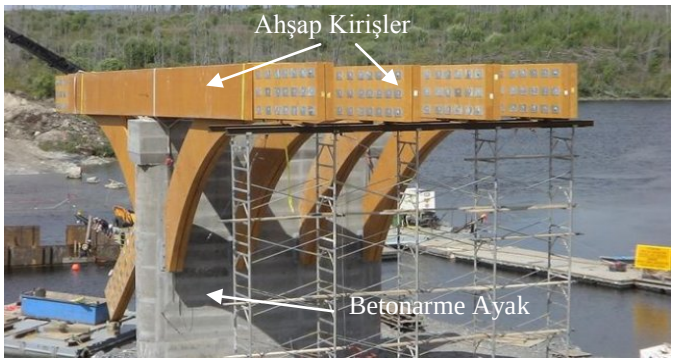


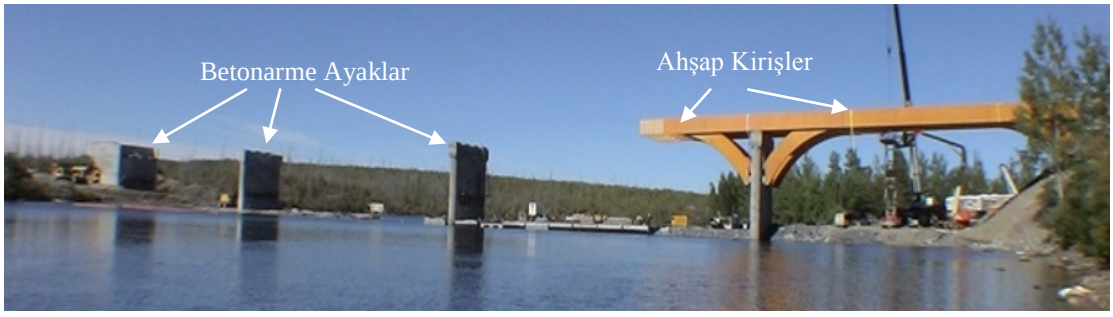
KESİT GÖRÜNÜŞ

Ek Tablo 2.1.5. Mistissini Köprüsü (devamı - 1) [120, 121, 122, 123]

Yapı Detayları

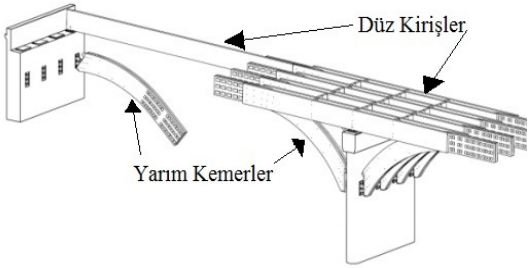


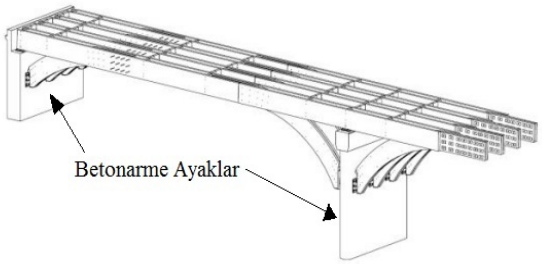


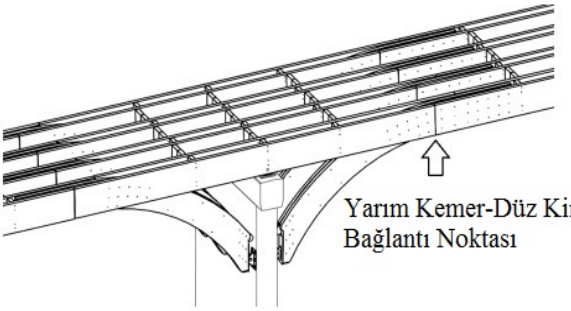


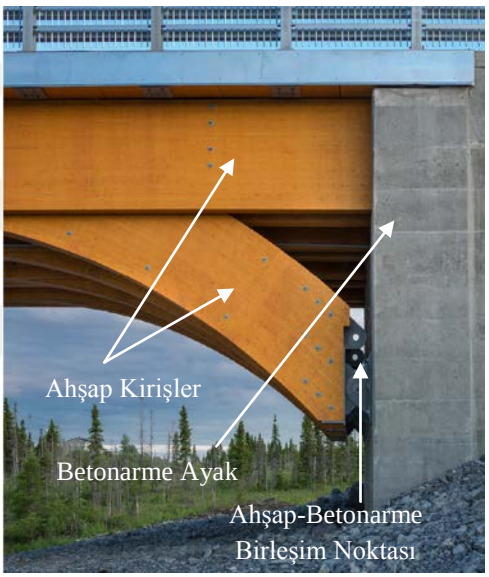
Ek Tablo 2.1.5. Mistissini Köprüsü (devamı - 2) [120, 121, 122, 123]

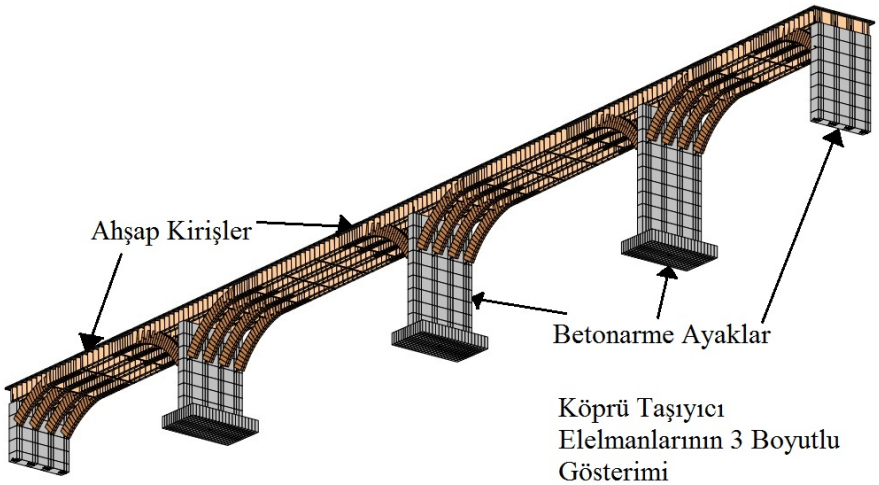
Yapı Detayları











Köprü Taşıyıcı
Elelmanlarının 3 Boyutlu
Gösterimi

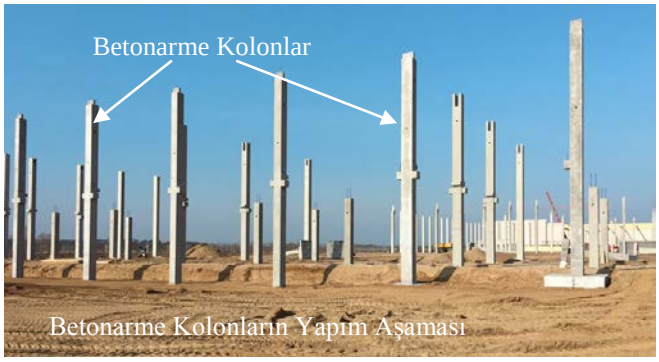
Ek Tablo 2.1.6. Hilwood Lojistik Merkezi [124, 125, 126]

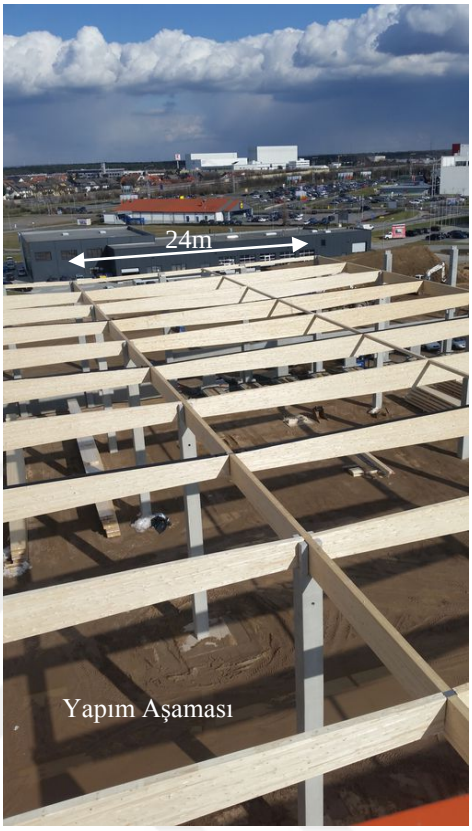
6

Yapının Adı	: Hilwood Lojistik Merkezi
Yapının Mimarı	: GSE GERMANY GmbH
Strüktür Mühendisi	: HESS TIMBER GmbH & Co. KG
Yapının Yeri	: Weiterstadt, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2016
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: Toplamda 34000 m^2 Bina Alanı
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 24 m / 1,2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Düz Kiriş

Ek Tablo 2.1.6. Hilwood Lojistik Merkezi (devamı - 1) [124, 125, 126]

Yapı Detayları





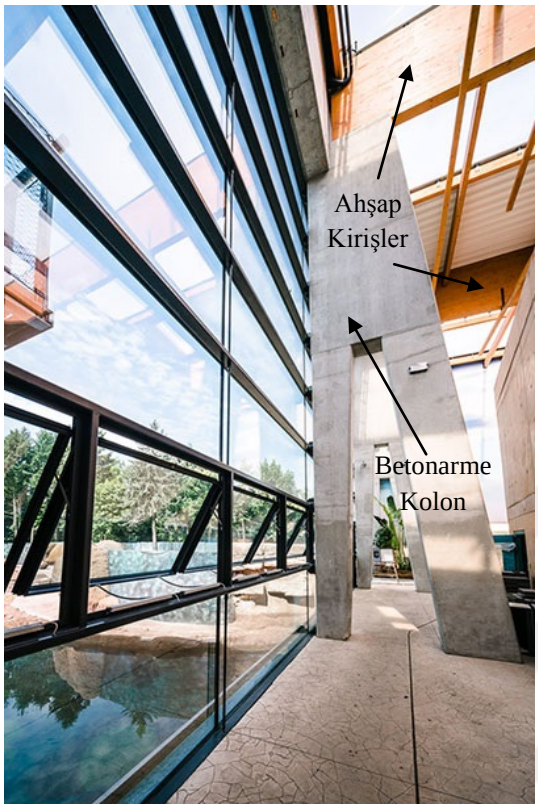
Ek Tablo 2.1.7. Afrycarium - Oceanarium Sergi Pavyonu [127, 128, 129]

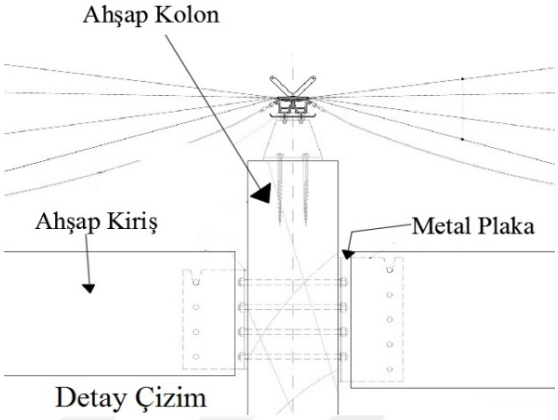
7

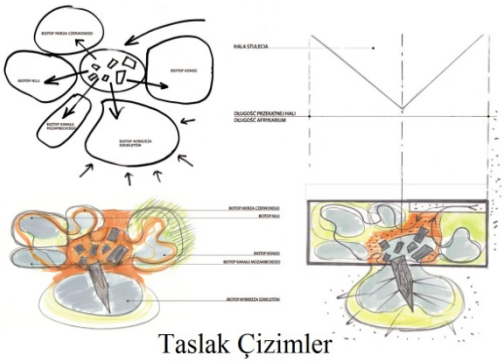
Yapının Adı	: Afrycarium - Oceanarium Sergi Pavyonu
Yapının Mimarı	: ArC2 Fabryka Projektowa
Strüktür Mühendisi	: VegaCAD, Ph. D. Maciej Minch
Yapının Yeri	: Wroclaw, POLONYA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 60 x 160 m; 12 - 15 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 43 m / 2,05 – 2,55 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Üçgen Kiriş

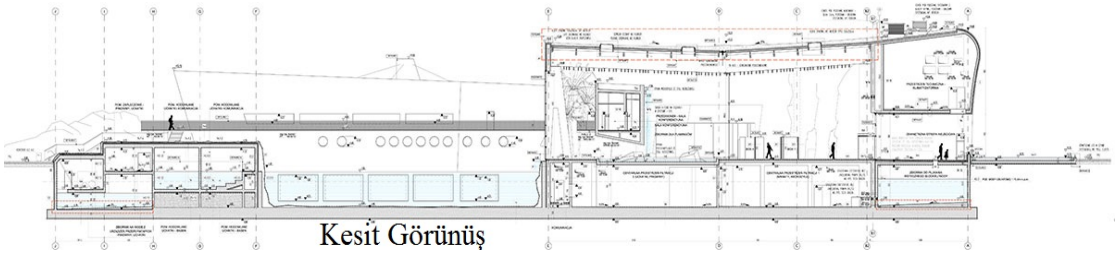
Ek Tablo 2.1.7. Afrycarium – Oceanarium Sergi Pavyonu (devamı - 1) [127, 128, 129]

Yapı Detayları









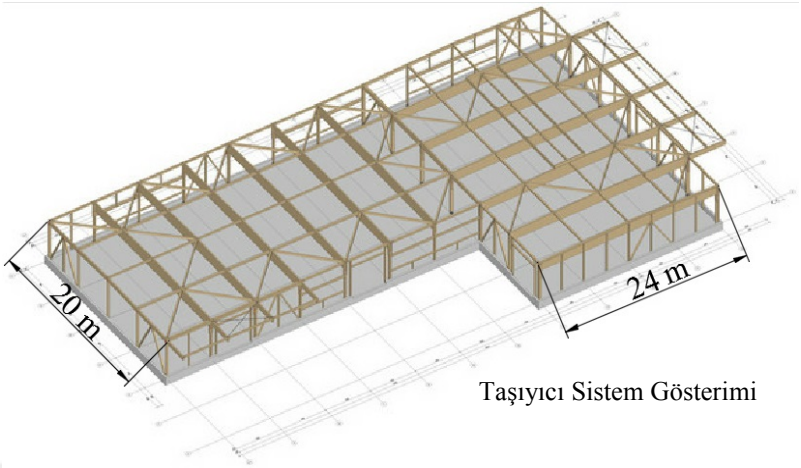
Ek Tablo 2.1.8. Holzformart Üretim Tesisi [130, 131]

8

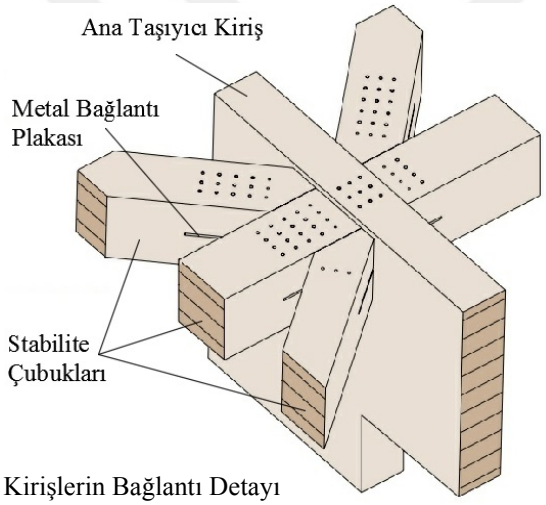
Yapının Adı	: Holzformart Üretim Tesisi
Yapının Mimarı	: Dipl.-Ing. Architekt Gerd Molter
Strüktür Mühendisi	: Offermann Ingenieurbau
Yapının Yeri	: Neukirchen-Vluyn, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2012
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: Toplamda 1850 m^2 Bina Alanı
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 24 m / 1,55 – 1,75 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Trapez Kiriş

Ek Tablo 2.1.8. Holzformart Üretim Tesisi (devamı - 1) [130, 131]

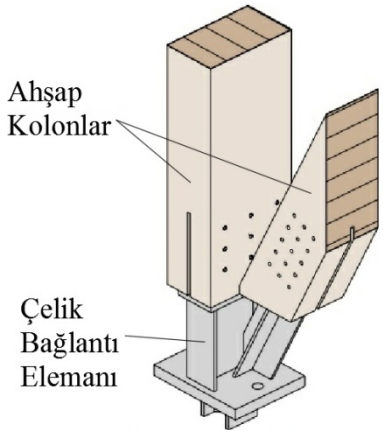
Yapı Detayları



Taşıyıcı Sistem Gösterimi



Kirişlerin Bağlantı Detayı



Kolonların Zemine Bağlantı Detayı

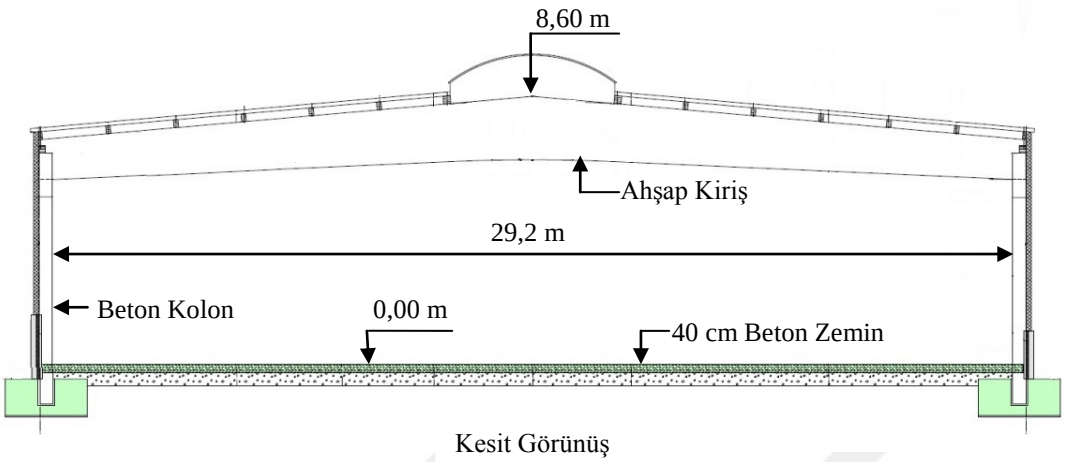
Ek Tablo 2.1.9. Münchinger Dağıtım Binası [132, 133, 134]

9

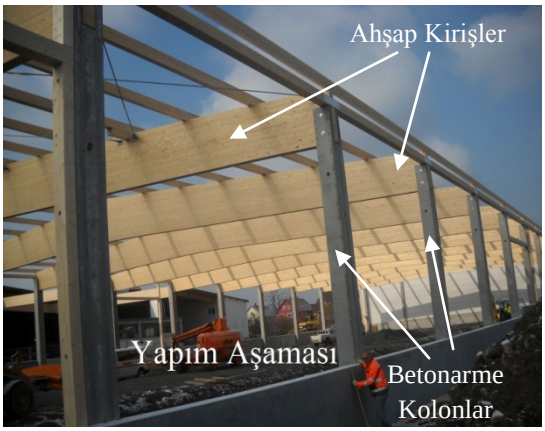
Yapının Adı	: Münchinger Dağıtım Binası
Yapının Mimarı	: Ing.-Büro Braun GmbH & Co. KG
Strüktür Mühendisi	: Ing.-Büro Braun GmbH & Co. KG
Yapının Yeri	: Ötisheim, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2013
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 30 x 115 m; 8,6 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 29,2 m / 1,2 – 1,9 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Trapez Kiriş

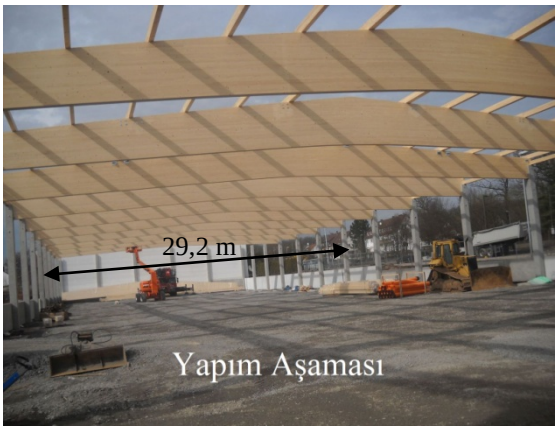
Ek Tablo 2.1.9. Münchinger Dağıtım Binası (devamı - 1) [132, 133, 134]

Yapı Detayları



Kesit Görünüş





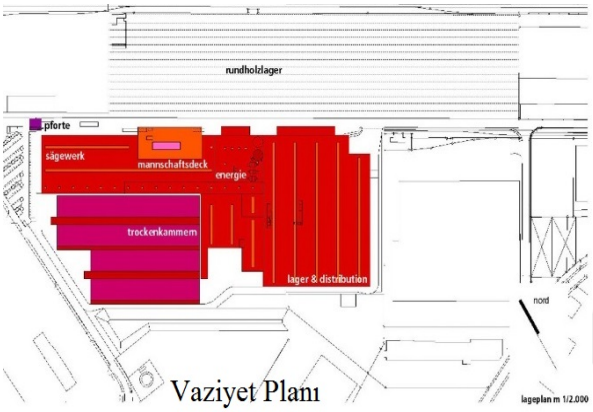
Ek Tablo 2.1.10. Pollmeier Katı Ahşap Fabrikası [135, 136, 137]

10

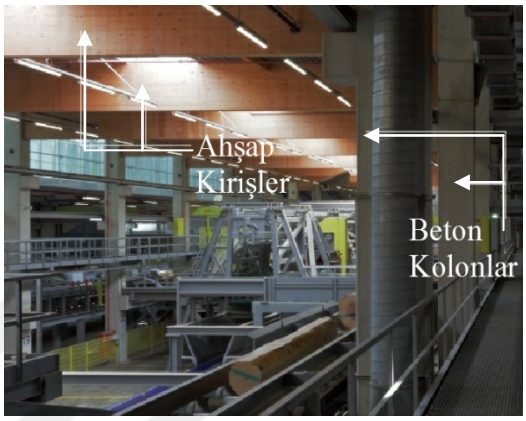
Yapının Adı	: Pollmeier Katı Ahşap Fabrikası
Yapının Mimarı	: Cornelsen-Seelinger Architekten
Strüktür Mühendisi	: Bollinger + Grohmann Ingenieure
Yapının Yeri	: Aschaffenburg, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2008
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: Toplamda 45000 m^2 Bina Alanı
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 21 m / 1,3 – 1,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Trapez Kiriş

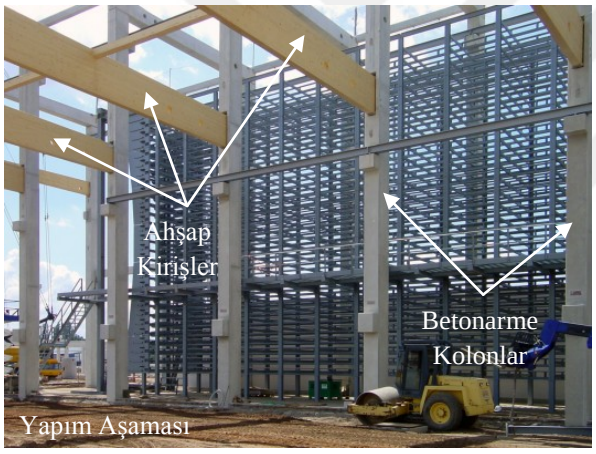
Ek Tablo 2.1.10. Pollmeier Katı Ahşap Fabrikası (devamı -1) [135, 136, 137]

Yapı Detayları



Vaziyet Planı





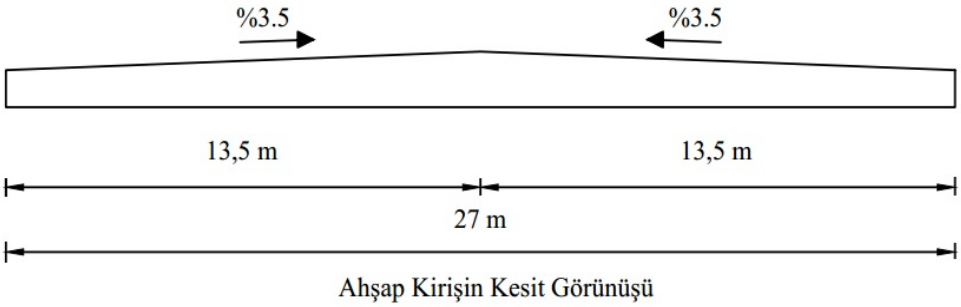
Ek Tablo 2.1.11. Martin Nadaud Çok Amaçlı Spor Salonu [138, 139, 140]

11

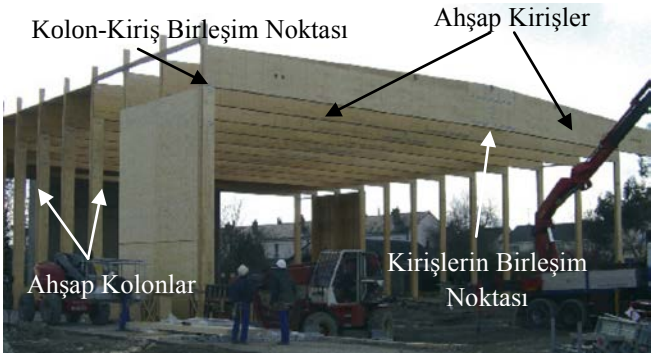
Yapının Adı	: Martin Nadaud Çok Amaçlı Spor Salonu
Yapının Mimarı	: François Bouvard
Strüktür Mühendisi	: Construction Millet Bois
Yapının Yeri	: Saint Pierre des Corps, FRANSA
Yapım Yılı	: 2006
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 28 x 84 m
Taşıyıcının Malzemesi	: LVL
Açıklık / Yükseklik	: 27 m / 1,25 – 1,7 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Trapez Kiriş

Ek Tablo 2.1.11. Martin Nadaud Çok Amaçlı Spor Salonu (devamı - 1) [138, 139, 140]

Yapı Detayları



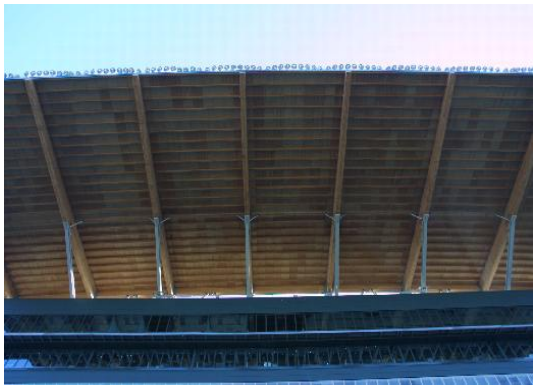
Ahşap Kirişin Kesit Görünüşü



Ek Tablo 2.1.12. Autzen Stadyumu [139, 141, 142]

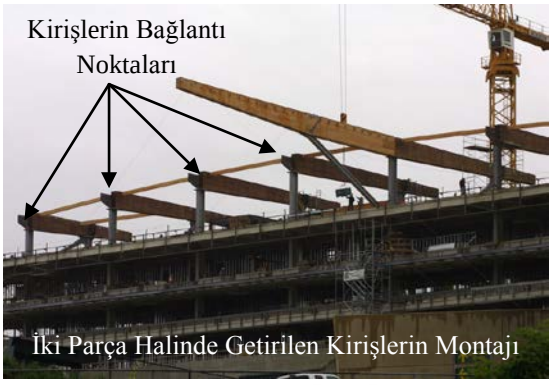
12

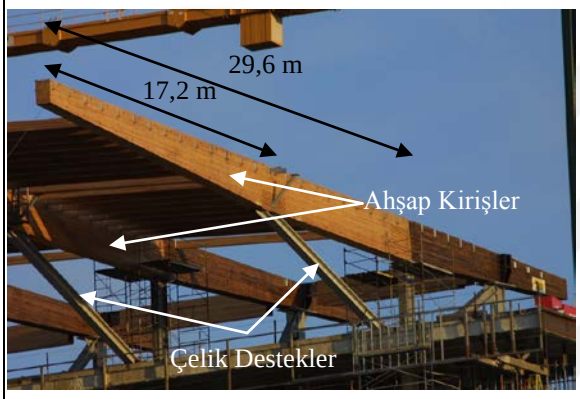
Yapının Adı	: Autzen Stadyumu
Yapının Mimarı	: Ellerbe Becket(AECOM)
Strüktür Mühendisi	: Ellerbe Becket(AECOM)
Yapının Yeri	: Oregon, ABD
Yapım Yılı	: 2002 (İlk Yapım 1967)
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 54000 Kişi Kapasiteli Stadyum
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 17,2 m / 1,83 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Konsol Kiriş

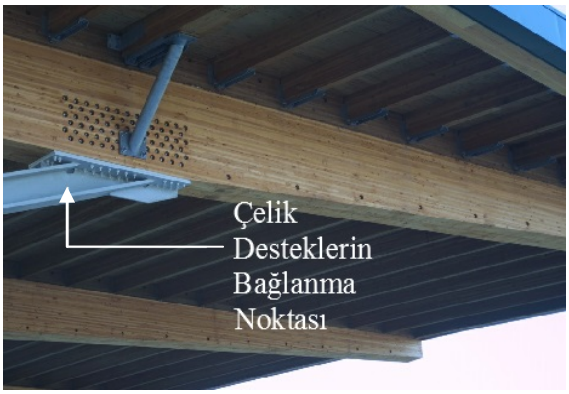


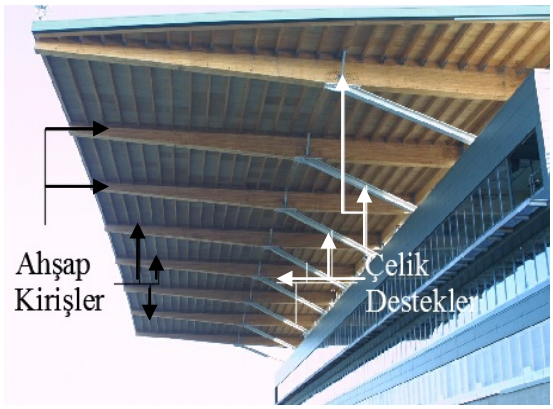
Ek Tablo 2.1.12. Autzen Stadyumu (devamı - 1) [139, 141, 142]

Yapı Detayları









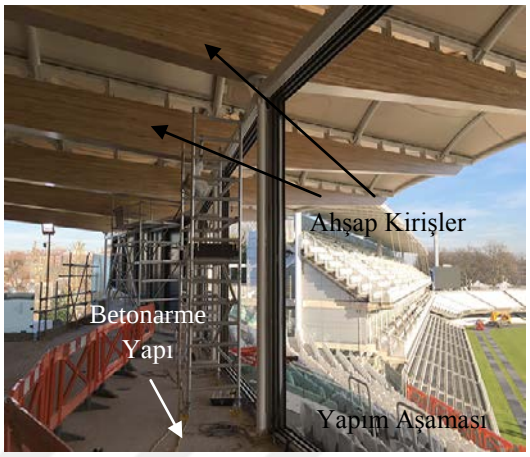
Ek Tablo 2.1.13. Lord’s Kriket Stadyumu [143, 144]

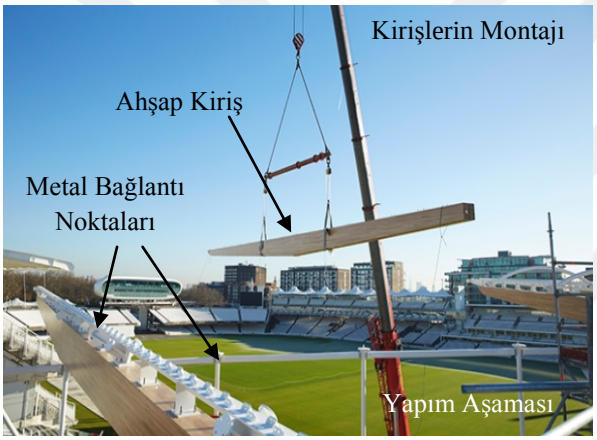
13

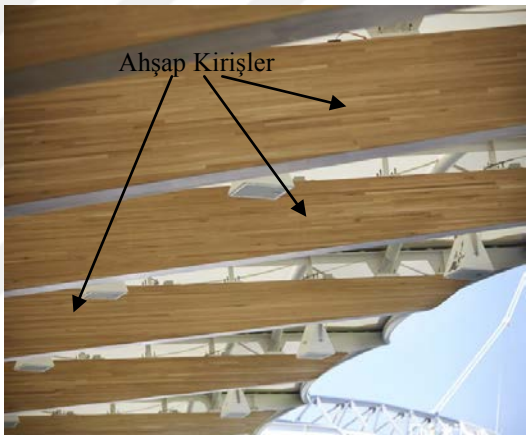
Yapının Adı	: Lord’s Kriket Stadyumu
Yapının Mimarı	: Populous
Strüktür Mühendisi	: Arup
Yapının Yeri	: Londra, İNGİLTERE
Yapım Yılı	: 2016
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 32000 Kişi Kapasiteli Stadyum
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 12,2 m / 0,9 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Konsol Kiriş

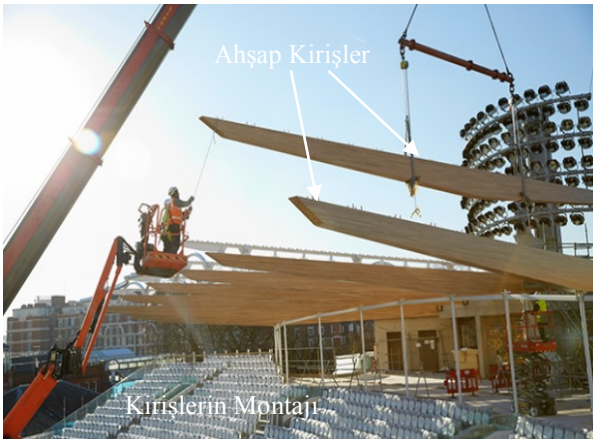
Ek Tablo 2.1.13. Lord’s Kriket Stadyumu (devamı - 1) [143, 144]

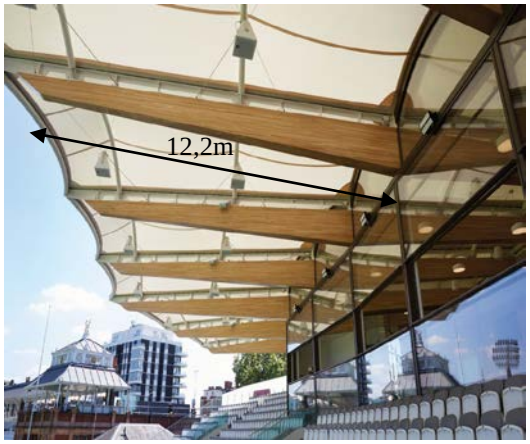
Yapı Detayları







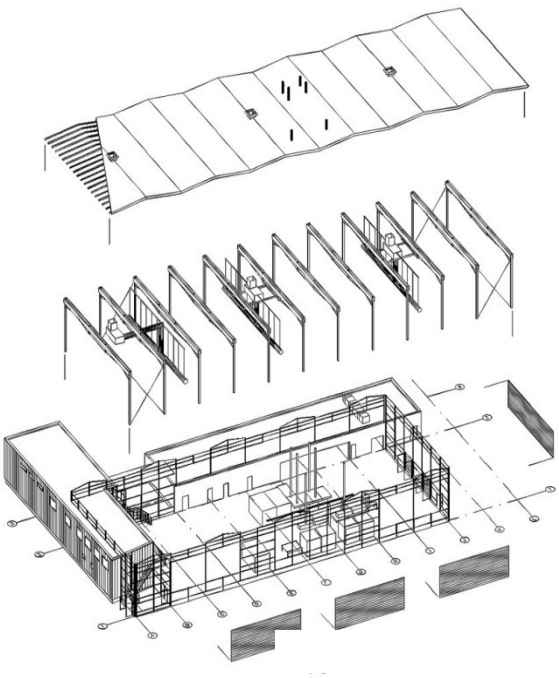




Ek Tablo 2.1.14. Essen Ekmek Fabrikası [145, 146, 147]

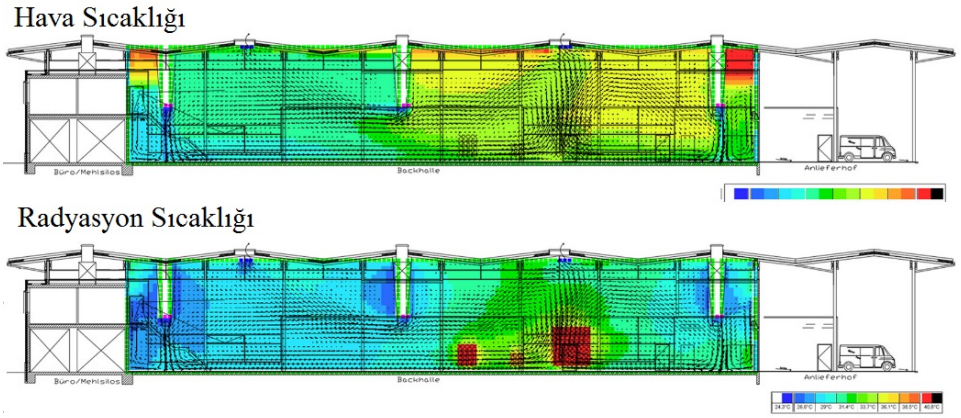
14

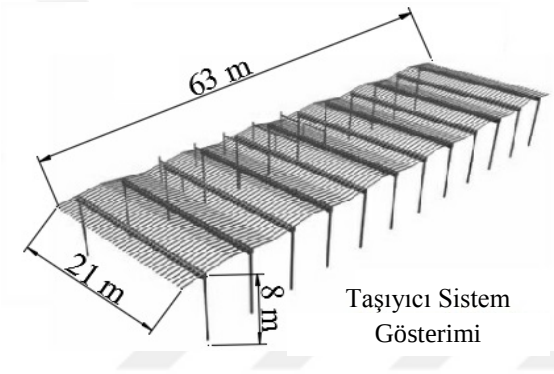
Yapının Adı	: Essen Ekmek Fabrikası
Yapının Mimarı	: Reichardt Architekten
Strüktür Mühendisi	: Baum und Weihe
Yapının Yeri	: Essen, ALMANYA
Yapım Yılı	: 1998
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 21 x 63 m; 8 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 21 m / 0,6 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Alttan Gergili Kiriş



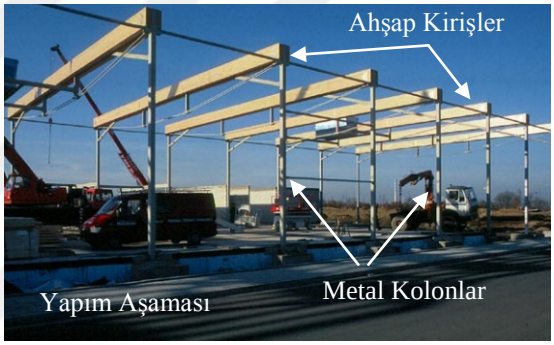
Ek Tablo 2.1.14. Essen Ekmek Fabrikası (devamı - 1) [145, 146, 147]

Yapı Detayları

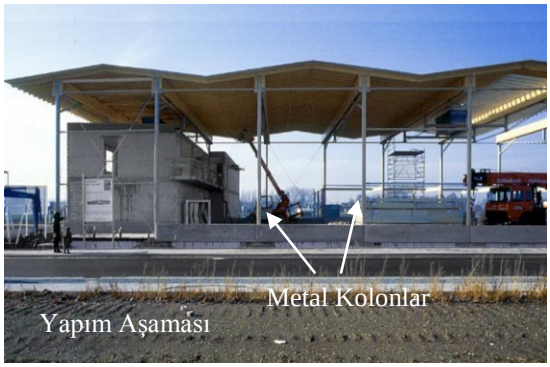


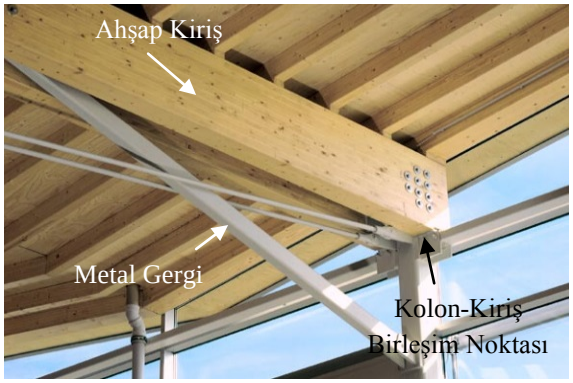


Taşıyıcı Sistem Gösterimi



Üç Boyutlu Gösterim





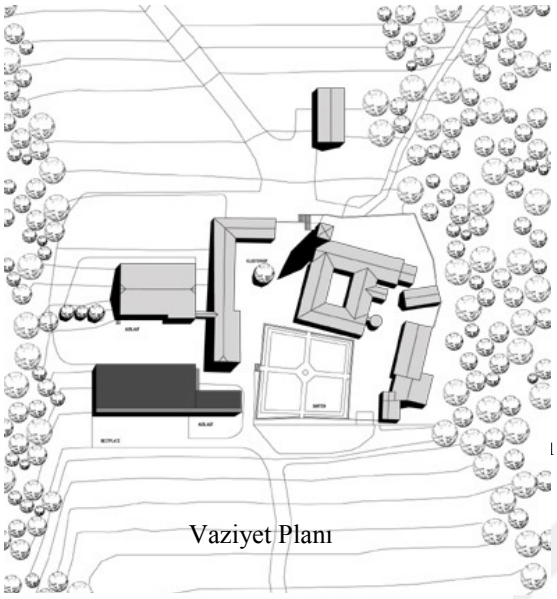
Ek Tablo 2.1.15. St. Gerold Binicilik Salonu [148, 149]

15

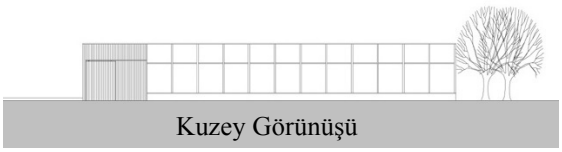
Yapının Adı	: St. Gerold Binicilik Salonu
Yapının Mimarı	: Hermann Kaufmann ZT GmbH
Strüktür Mühendisi	: Merz Kley Partner ZT GmbH
Yapının Yeri	: St.Gerold, AVUSTURYA
Yapım Yılı	: 1997
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 15 x 30 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 15 m / 0,4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Alttan Gergili Kiriş

Ek Tablo 2.1.15. St. Gerold Binicilik Salonu (devamı - 1) [148, 149]

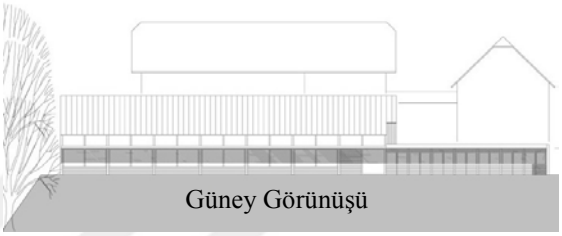
Yapı Detayları



Vaziyet Planı

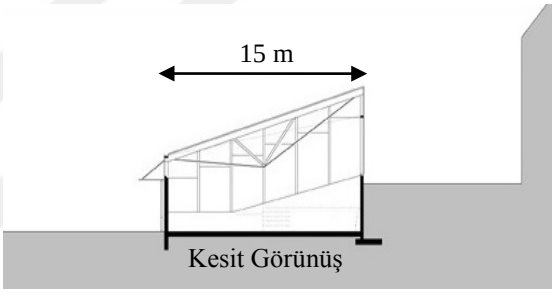


Kuzey Görünüşü

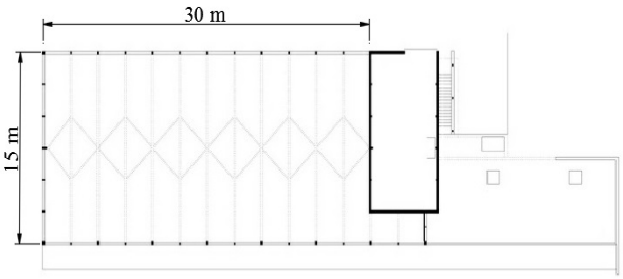


Güney Görünüşü

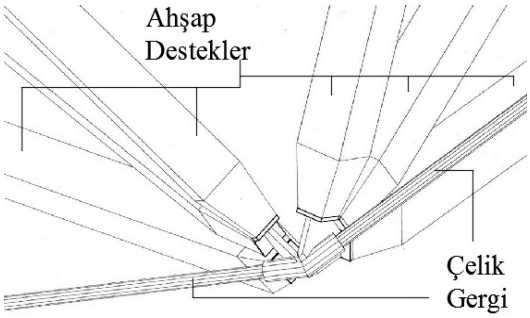
Doğu Görünüşü

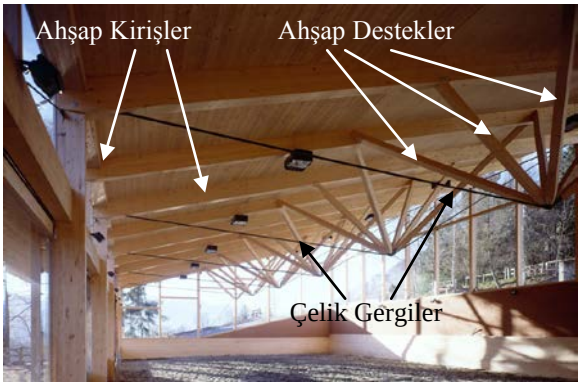


Kesit Görünüş



Plan



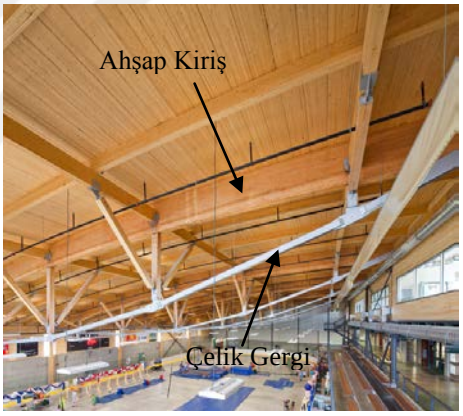


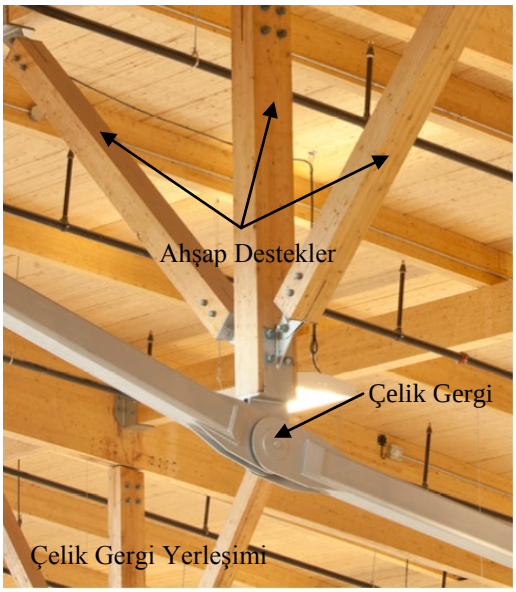
Ek Tablo 2.1.16. UQAC Arena Spor Merkezi [150, 151, 152]

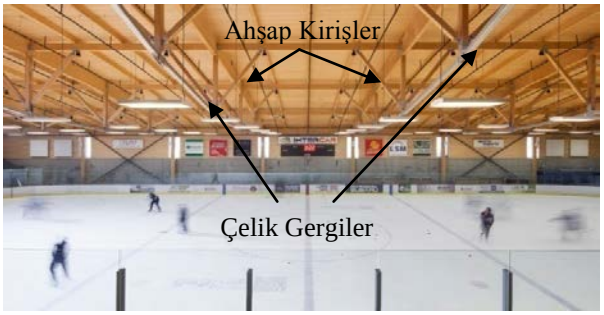
16

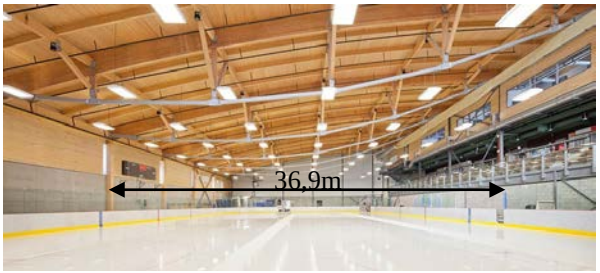
Yapının Adı	: UQAC Arena Spor Merkezi
Yapının Mimarı	: Lemay
Strüktür Mühendisi	: Conception Habitat 2000
Yapının Yeri	: Québec, KANADA
Yapım Yılı	: 2008
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: Toplamda 4,600 m^2 Bina Alanı
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 36,9 m / 0,75 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Dolu Gövdeli Alttan Gergili Kiriş

Yapı Detayları





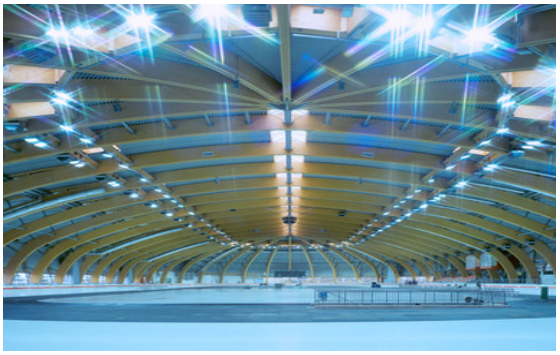




Ek Tablo 2.2.1. Erfurt Arena Buz Pisti [139, 155, 156, 157, 158]

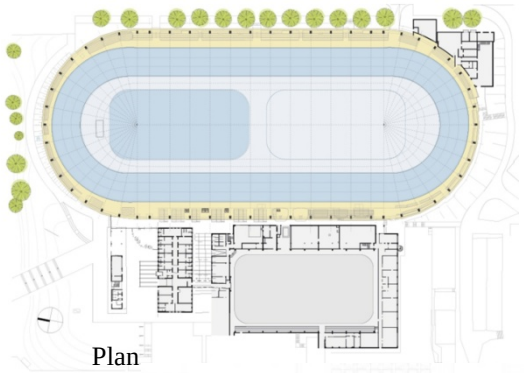
17

Yapının Adı	: Erfurt Arena Buz Pisti
Yapının Mimarı	: POHL Architekten
Strüktür Mühendisi	: Arup, Erfurth & Partner
Yapının Yeri	: Hochschneeberg, AVUSTURYA
Yapım Yılı	: 2002
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 85 x 190 m; 19 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 85 m / 1,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

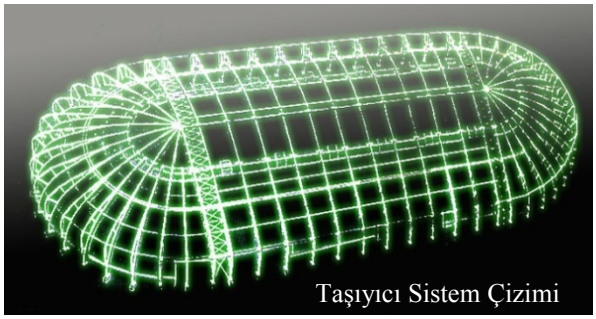


Ek Tablo 2.2.1. Erfurt Arena Buz Pisti (devamı - 1) [139, 155, 156, 157, 158]

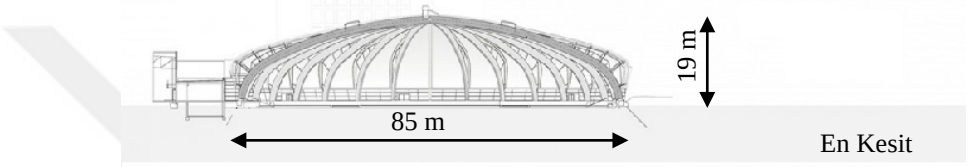
Yapı Detayları



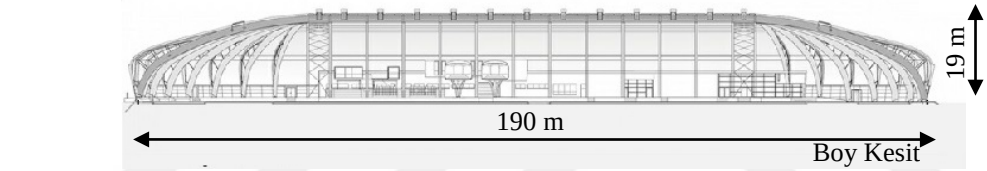
Plan



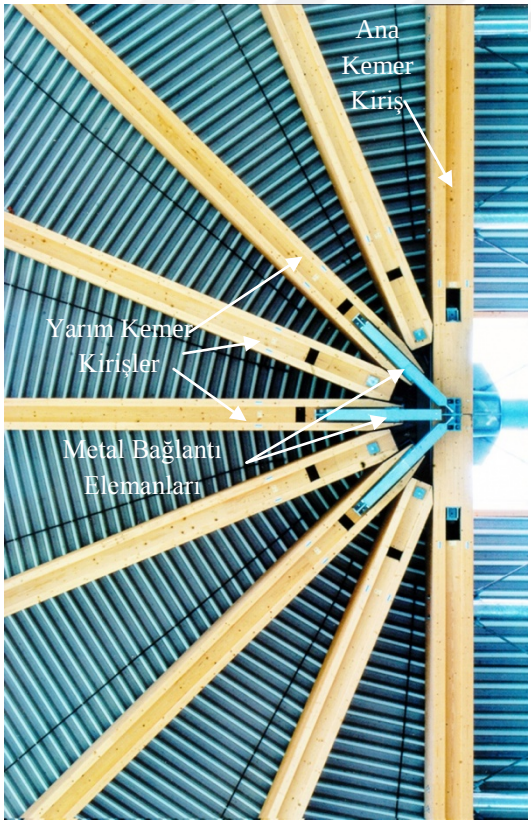
Taşıyıcı Sistem Çizimi

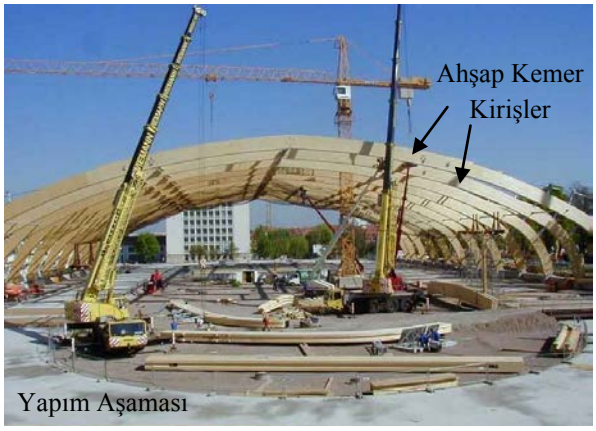


En Kesit



Boy Kesit



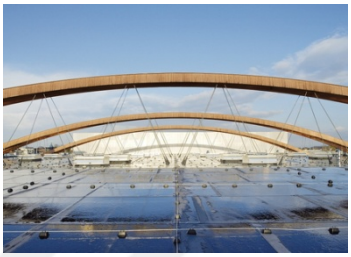


Yapım Aşaması

Ek Tablo 2.2.2. New Wels Fuar Merkezi [159, 160]

18

Yapının Adı	: New Wels Fuar Merkezi
Yapının Mimarı	: AT4 Architekten ZT GmbH
Strüktür Mühendisi	: DI Georg Hochreiner
Yapının Yeri	: Wels, AVUSTURYA
Yapım Yılı	: 2011
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 112 x 160 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 90 m / 1,25 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer



Ek Tablo 2.2.2. New Wels Fuar Merkezi (devamı - 1) [159, 160]

Yapı Detayları

Vaziyet Planı

Taşıyıcı Sistem Gösterimi

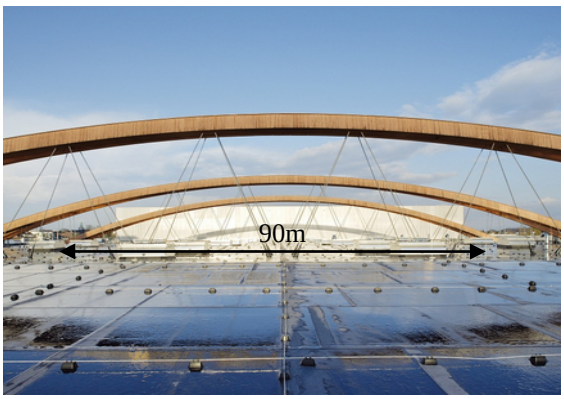
Kirişlerin Üretim Aşaması

Kirişlerin Üretim Aşaması

Nakliye Aşaması

İki Parça Halinde Getirilen Kemer Kirişin Montaj Aşaması

İki Parça Halinde Getirilen Kirişlerin Montajı



Ek Tablo 2.2.3. Norwich Open Akademi [161, 162, 163]

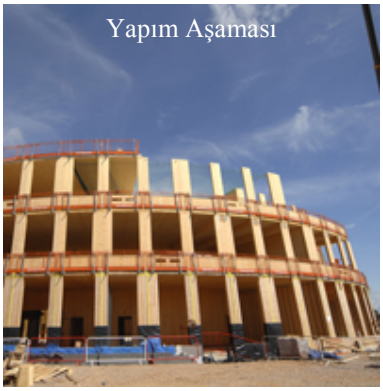
19

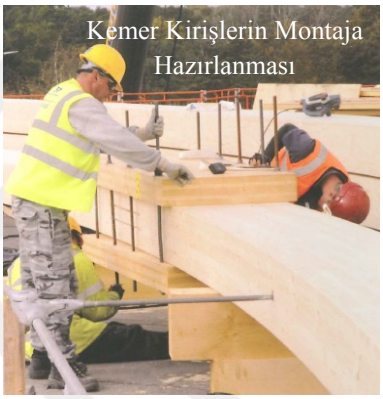
Yapının Adı	: Norwich Open Akademi
Yapının Mimarı	: Sheppard ROBSON
Strüktür Mühendisi	: Ramboll UK
Yapının Yeri	: Norwich, İNGİLTERE
Yapım Yılı	: 2010
Yapının İşlevi	: Eğitim Yapısı
Yapının Boyutları	: Toplamda 11000 m^2 Bina Alanı
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 28 m (En Geniş Kiriş) / 3,5m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

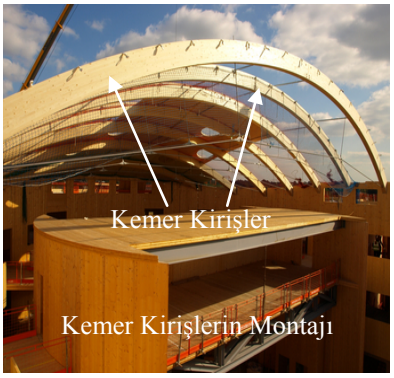
Ek Tablo 2.2.3. Norwich Open Akademi (devamı - 1) [161, 162, 163]

Yapı Detayları

Yapım Aşaması







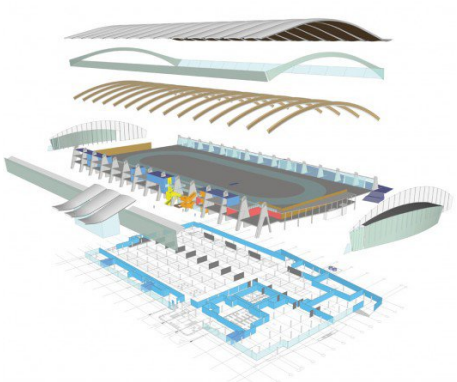
Ek Tablo 2.2.4. Richmond Olimpik Stadyumu [164, 165, 166, 167]

20

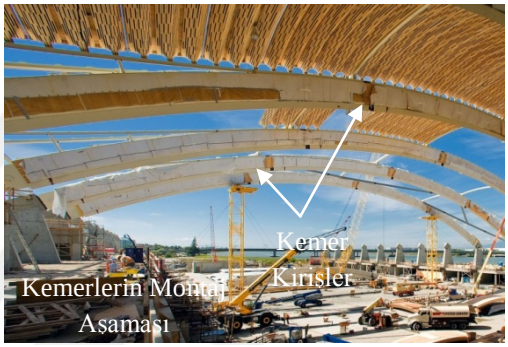
Yapının Adı	: Richmond Olimpik Stadyumu
Yapının Mimarı	: Cannon Design
Strüktür Mühendisi	: Fast+Epp Structural Engineers
Yapının Yeri	: Richmond, KANADA
Yapım Yılı	: 2008
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 100 x 200 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 100 m / 2,3 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

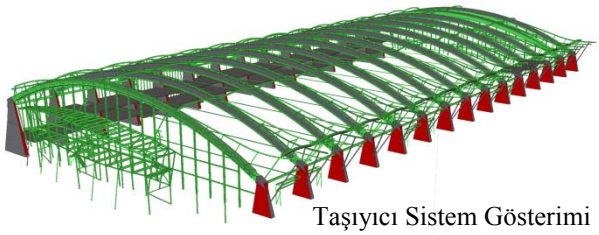
Ek Tablo 2.2.4. Richmond Olimpik Stadyumu (devamı - 1) [164, 165, 166, 167]

Yapı Detayları

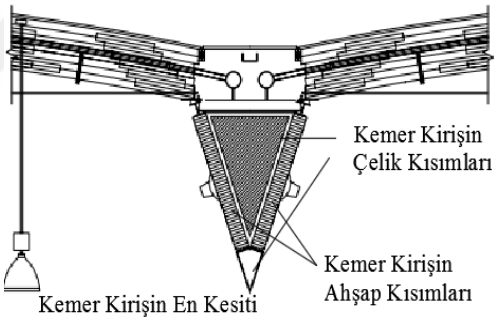


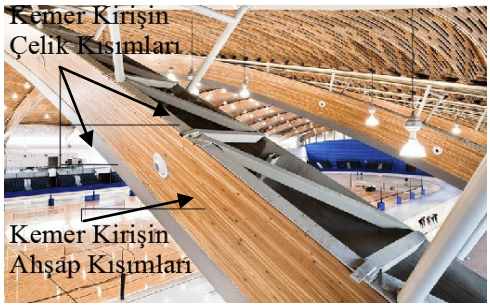
Yapı Katmanları

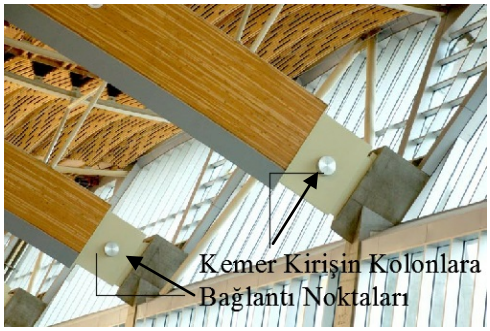




Taşıyıcı Sistem Gösterimi







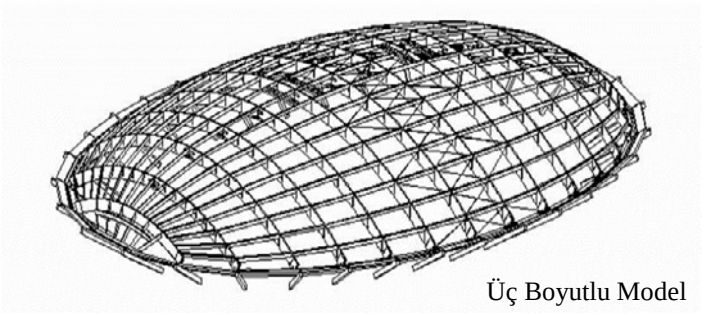
Ek Tablo 2.2.5. Salzburg Arena Gösteri Merkezi [139, 168, 169, 170, 171]

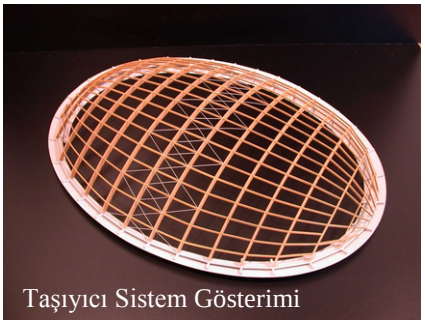
21

Yapının Adı	: Salzburg Arena Gösteri Merkezi
Yapının Mimarı	: KSP Engel & Zimmermann
Strüktür Mühendisi	: Wiehag GmbH
Yapının Yeri	: Salzburg, AVUSTURYA
Yapım Yılı	: 2003
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 81 x 107 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 78 m / 2,0 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

Ek Tablo 2.2.5. Salzburg Arena Gösteri Merkezi (devamı - 1) [139, 168, 169, 170, 171]

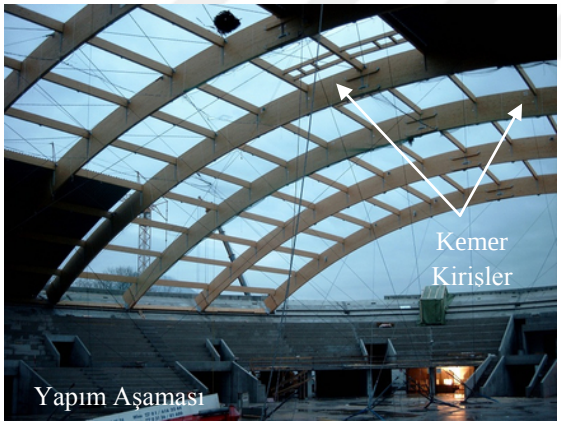
Yapı Detayları


Üç Boyutlu Model

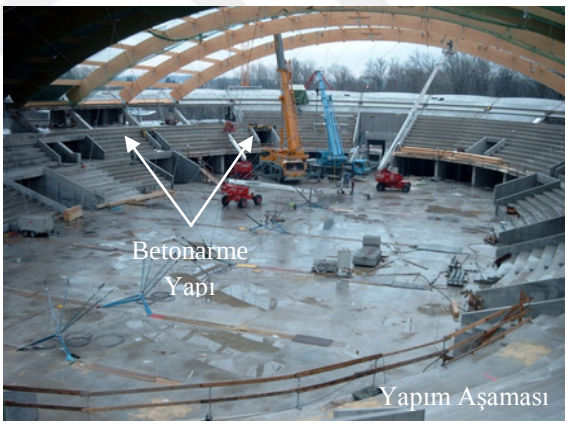

Taşıyıcı Sistem Gösterimi

Kemer Kirişlerin Montajı

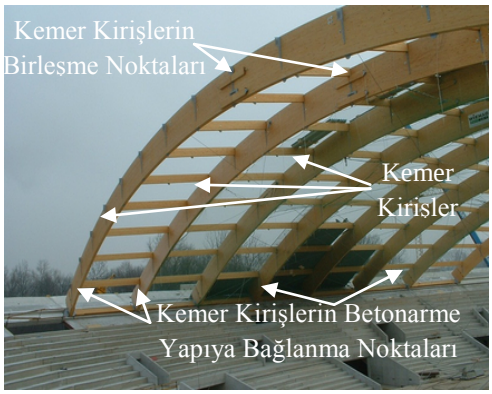
Nakliye Aşaması



Yapım Aşaması



Yapım Aşaması

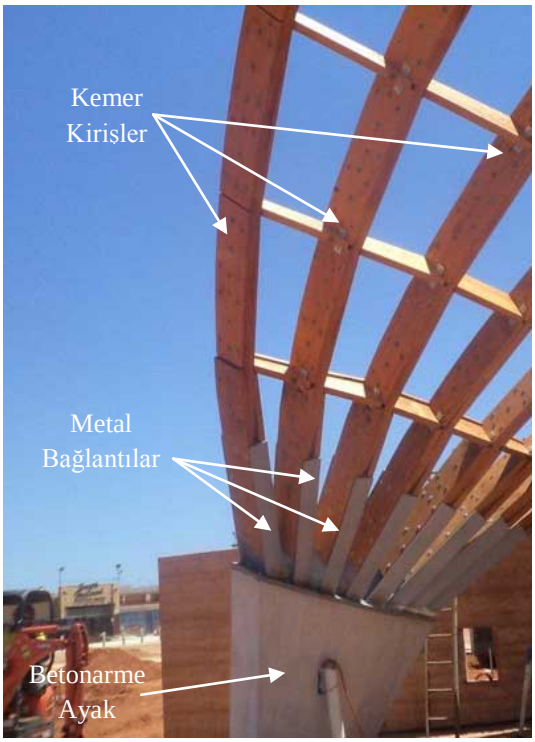


Ek Tablo 2.2.6. South Hedland Şehir Meydanı Performans Örtüsü [172, 173]

22

Yapının Adı	: South Hedland Şehir Meydanı Performans Örtüsü
Yapının Mimarı	: Advanced Timber Concepts Research Centre of UWA
Strüktür Mühendisi	: Scott Smalley Partnership
Yapının Yeri	: South Hedland, AVUSTRALYA
Yapım Yılı	: 2011
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 15 x 2,5 m; 6 m
Taşıyıcının Malzemesi	: LVL
Açıklık / Yükseklik	: 15 m / 0,4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

Yapı Detayları



Ek Tablo 2.2.7. Fretheim Köprüsü [174, 175, 176]

23

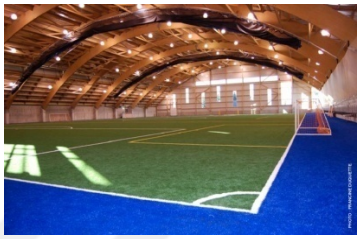
Yapının Adı	: Fretheim Köprüsü
Yapının Mimarı	: PLAN Arkitekter AS
Strüktür Mühendisi	: Sweco Norge og DBC Bygg AS
Yapının Yeri	: Flåm, NORVEÇ
Yapım Yılı	: 2006
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 6 x 38 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 38 m /1 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

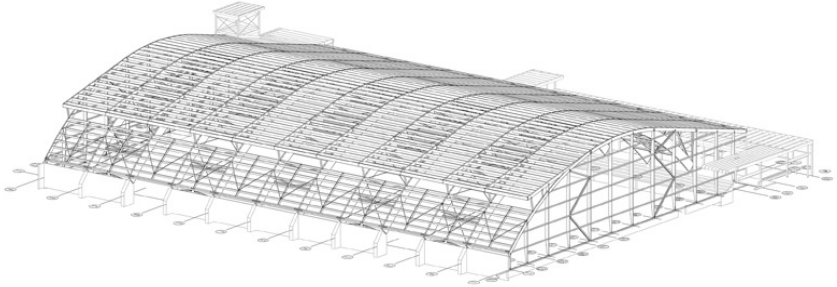
Yapı Detayları

Ek Tablo 2.2.8. Marie-Victorin Spor Kompleksi [177, 178]

24

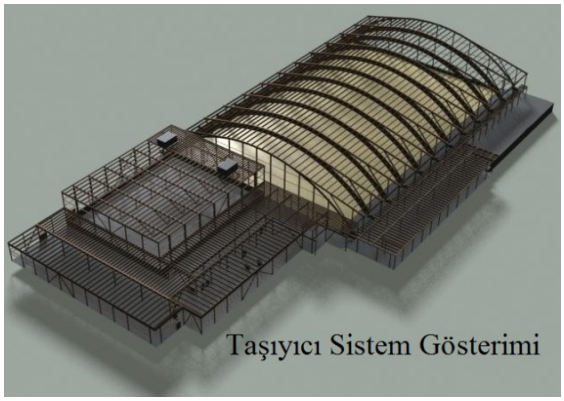
Yapının Adı	: Marie-Victorin Spor Kompleksi
Yapının Mimarı	: Zinno Zappitelli Architectes
Strüktür Mühendisi	: Marc Denis et associés et Equilibrium Consulting
Yapının Yeri	: Québec, KANADA
Yapım Yılı	: 2010
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: Toplamda 13470 m^2 Bina Alanı
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 70 m / 2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

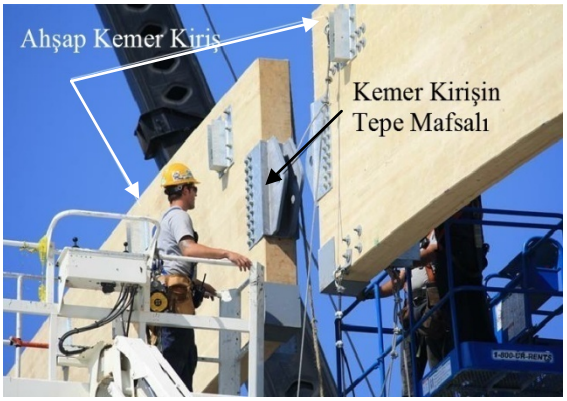


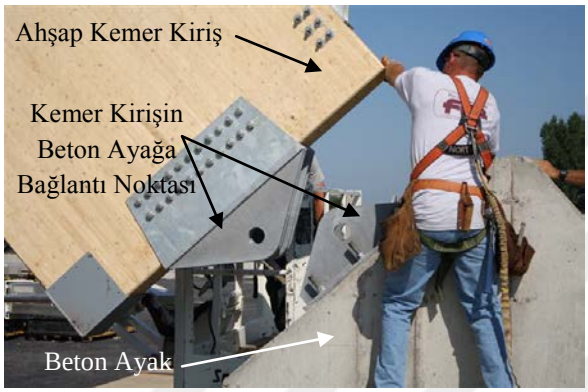


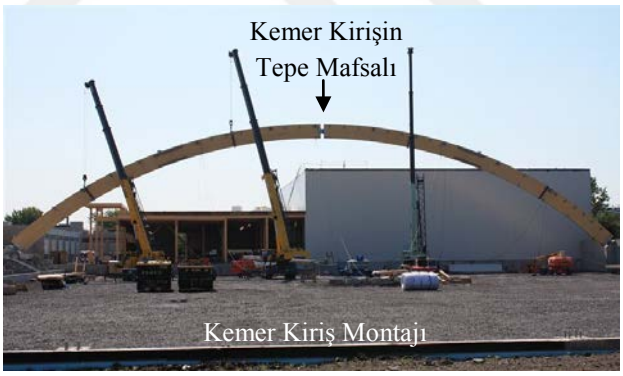
Ek Tablo 2.2.8. Marie-Victorin Spor Kompleksi (devamı - 1) [177, 178]

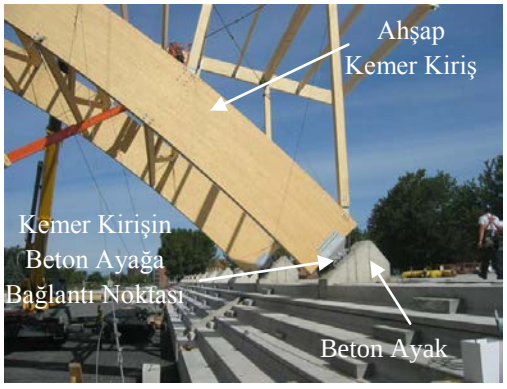
Yapı Detayları











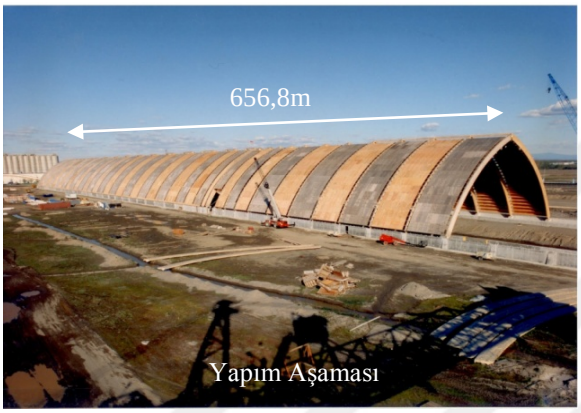
Ek Tablo 2.2.9. Portland Gübre Deposu [179, 180, 181]

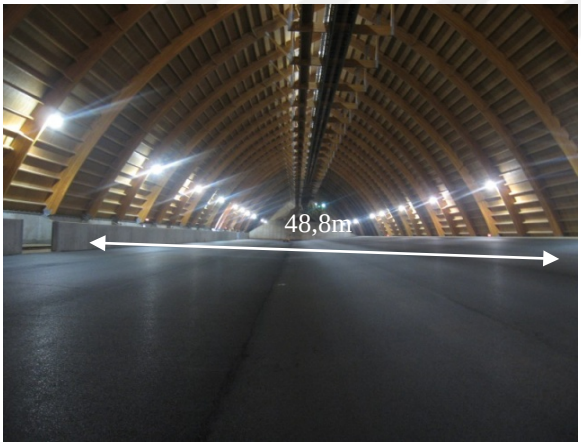
25

Yapının Ad	: Portland Gübre Deposu
Yapının Mimarı	: Western Wood Structures, Inc.
Strüktür Mühendisi	: Smith Monroe Gray Engineers
Yapının Yeri	: Portland, ABD
Yapım Yılı	: 1997
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 48,8 x 656,8 m; 25,9 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 48,8 m / 1,4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

Ek Tablo 2.2.9. Portland Gübre Deposu (devamı - 1) [179, 180, 181]

Yapı Detayları



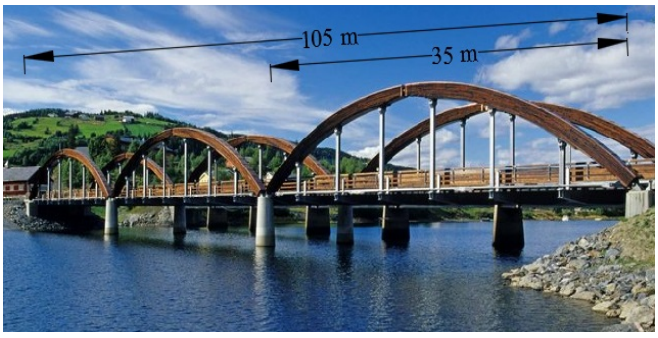


Ek Tablo 2.2.10. Ulnes Köprüsü [174, 182, 183, 184]

26

Yapının Adı	: Ulnes Köprüsü
Yapının Mimarı	: PLAN Arkitekter AS
Strüktür Mühendisi	: Sweco Norge og DBC Bygg AS
Yapının Yeri	: Ulnes, NORVEÇ
Yapım Yılı	: 2003
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 8,5 x 105 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 35 m / 1,1 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

Yapı Detayları



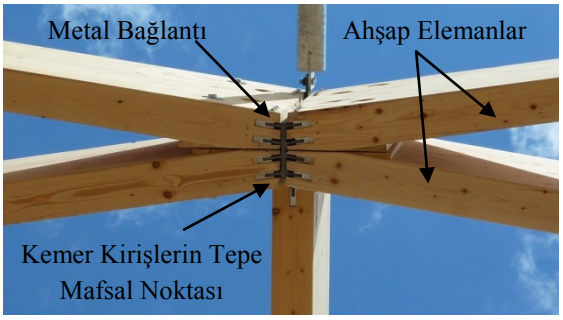
Ek Tablo 2.2.11. TC Biel - Bienne Tenis Salonu [185, 186, 187, 188]

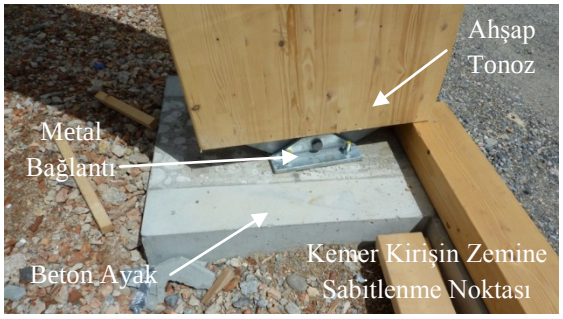
27

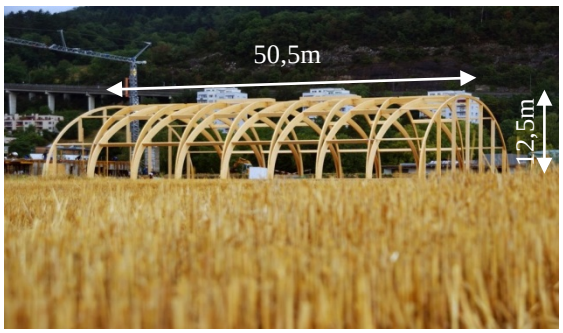
Yapının Adı	: TC Biel - Bienne Tenis Salonu
Yapının Mimarı	: A + P Architektur und Planung GmbH
Strüktür Mühendisi	: Holzprojekt GmbH Ingenieure&Planer
Yapının Yeri	: Biel/Bienne, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2011
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 40,5 x 50,5 m; 12,5 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 40,5 m / 0,9 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Dolu Gövdeli Kemer

Ek Tablo 2.2.11. TC Biel - Bienne Tenis Salonu (devamı - 1) [185, 186, 187, 188]

Yapı Detayları



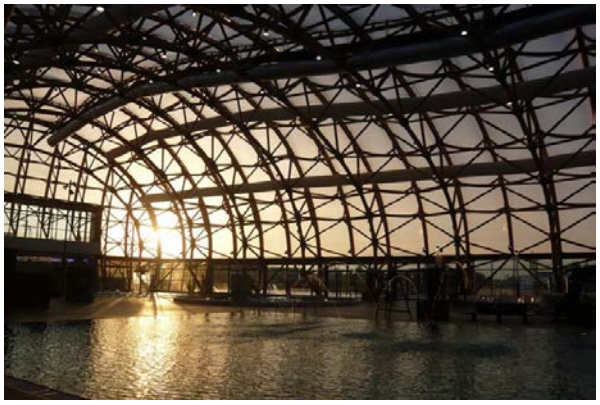




Ek Tablo 2.2.12. Vitam'Parc Tema Park [95, 115, 153, 154, 430]

28

Yapının Adı	: Vitam'Parc Tema Park
Yapının Mimarı	: GM Architectes Associés, GM2A Paris
Strüktür Mühendisi	: Charpente Concept SA
Yapının Yeri	: Neydens, FRANSA
Yapım Yılı	: 2009
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 91 x 43 m; 19 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 36 m / 3,2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Kafes Kemer



Ek Tablo 2.2.12. Vitam'Parc Tema Park (devamı - 1) [95, 115, 153, 154, 430]

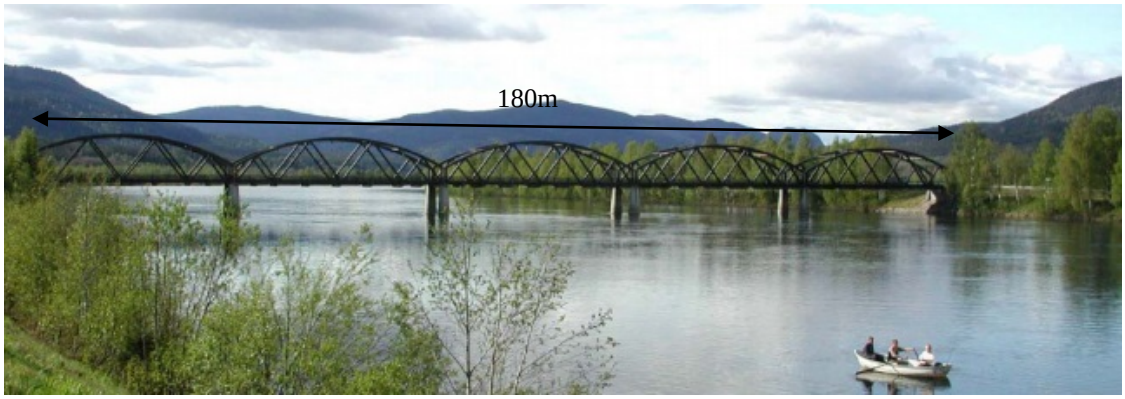
Ek Tablo 2.2.13. Evenstad Köprüsü [189, 190, 191, 192]

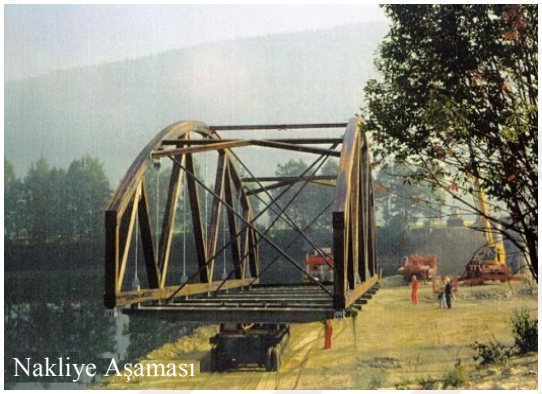
29

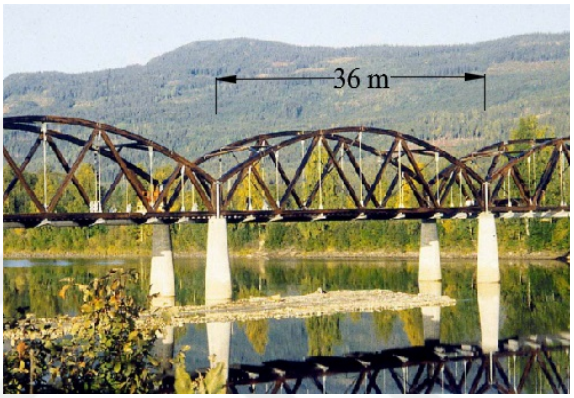
Yapının Adı	: Evenstad Köprüsü
Yapının Mimarı	: Yngve AARTUN, Knut SELBERG
Strüktür Mühendisi	: Berdal Strømme As
Yapının Yeri	: Evenstad, NORVEÇ
Yapım Yılı	: 1996
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 180 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 36 m / 6,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Kafes Kemer

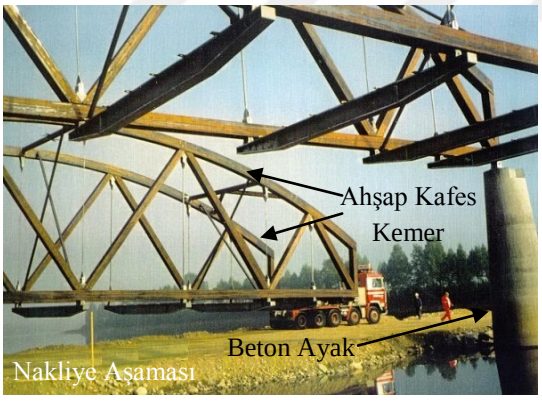
Ek Tablo 2.2.13. Evenstad Köprüsü (devamı - 1) [189, 190, 191, 192]

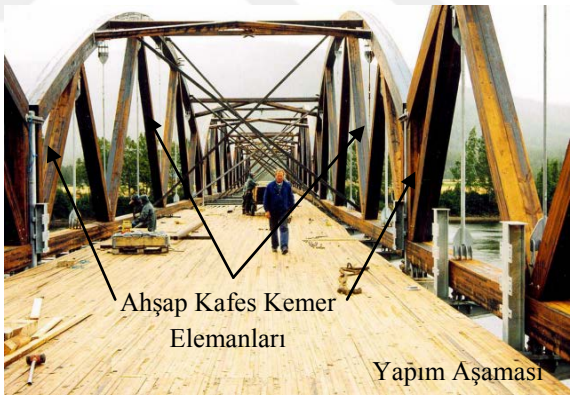
Yapı Detayları

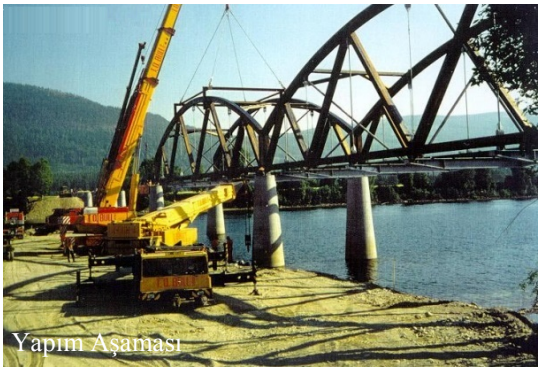








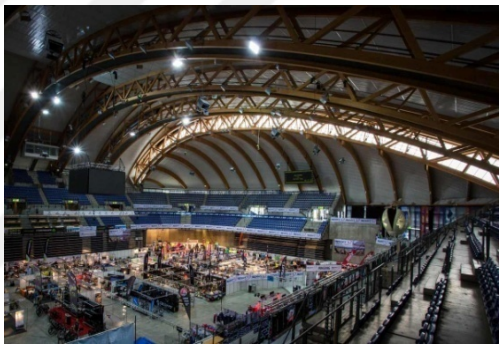


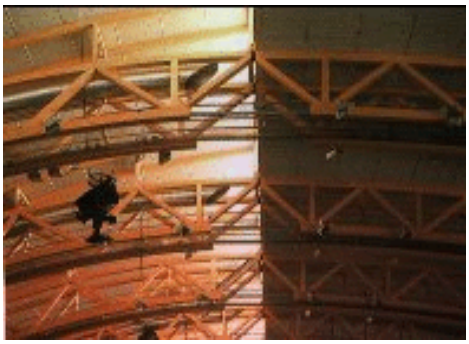


Ek Tablo 2.2.14. Håkons Salonu [139, 189, 193, 194, 195]

30

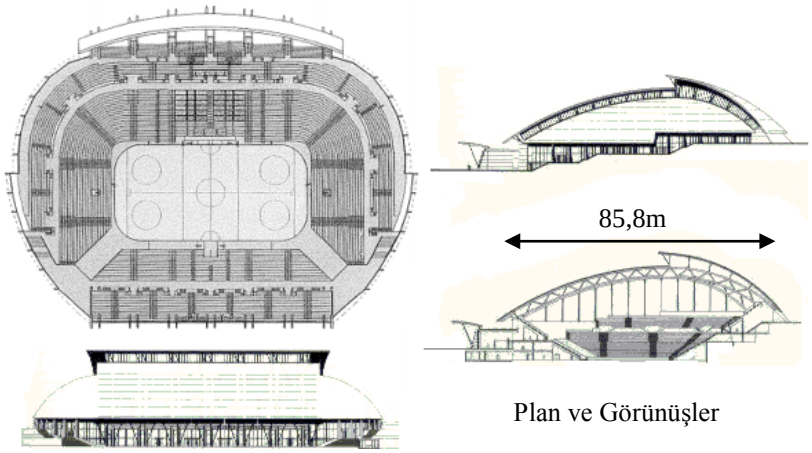
Yapının Adı	: Håkons Salonu
Yapının Mimarı	: Terje Grønmo Arkitekter AS
Strüktür Mühendisi	: A.S. Veidekke
Yapının Yeri	: Lillehammer, NORVEÇ
Yapım Yılı	: 1994
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 85,8 x 127 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 85,8 m / 3,45 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Kafes Kemer





Ek Tablo 2.2.14. Håkons Salonu (devamı - 1) [139, 189, 193, 194, 195]

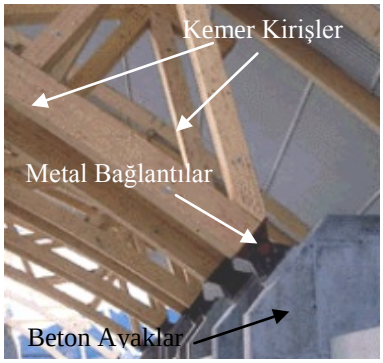
Yapı Detayları

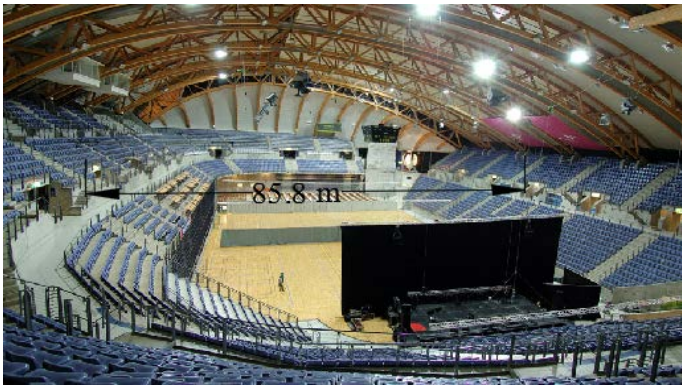


Plan ve Görünüşler

Kemer Parçalarının Birleştirilmesi

Yapım Aşaması





Ek Tablo 2.2.15.IBM Gezici Pavyonu [196]

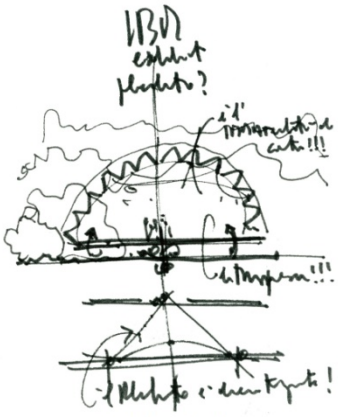
31

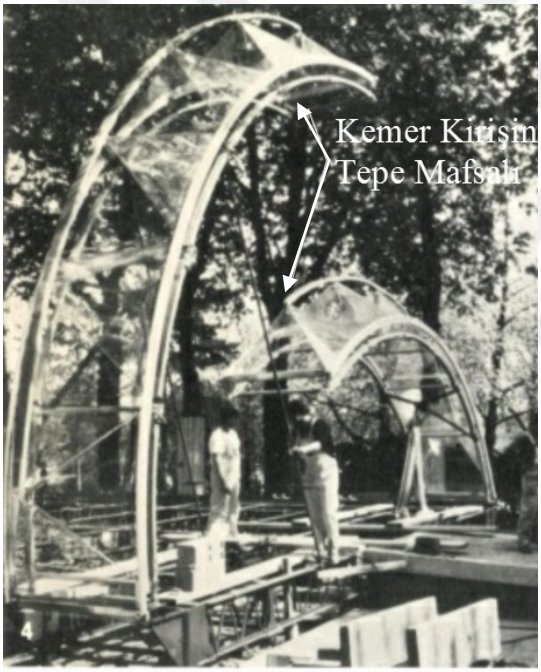
Yapının Adı	: IBM Gezici Pavyonu
Yapının Mimarı	: Renzo Piano Building Workshop
Strüktür Mühendisi	: Ove Arup & Partners
Yapının Yeri	: Venedik ve Milan, İTALYA
Yapım Yılı	: 1983
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 12 x 48 m; 6m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 12 m / 0,8 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Kafes Kemer

Ek Tablo 2.2.15. IBM Gezici Pavyonu (devamı - 1) [196]

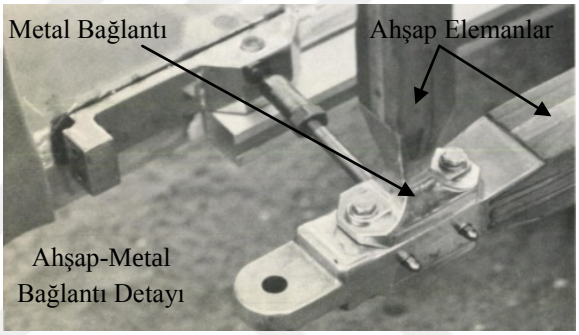
Yapı Detayları

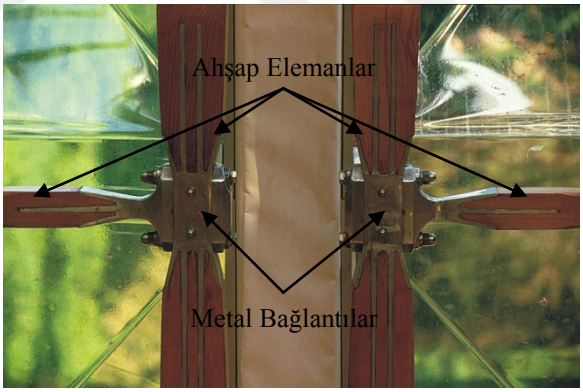
Taşıyıcı Sistem Gösterimi

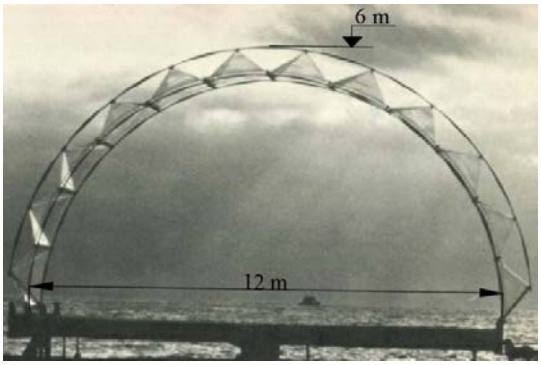

Eskiz Çizim

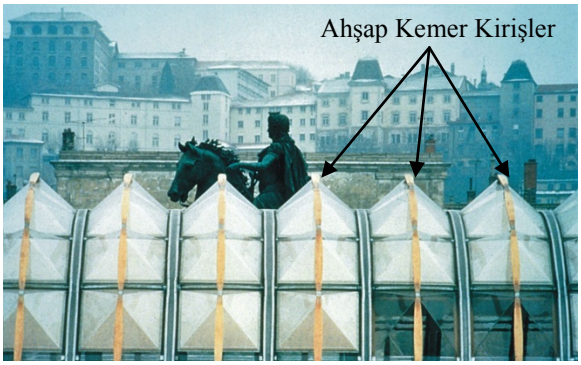


İki Parçalı Kemerin Birleştirilmesi





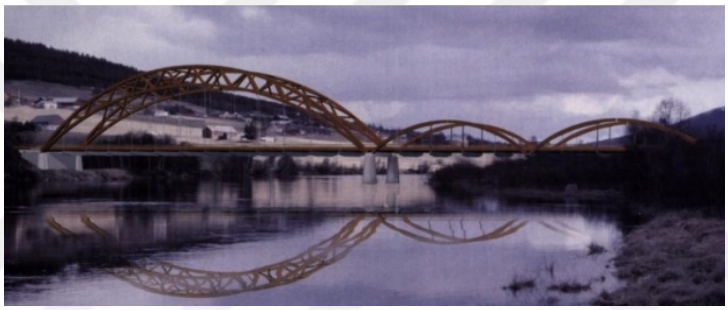




Ek Tablo 2.2.16. Tynset Köprüsü [189, 197, 198, 199]

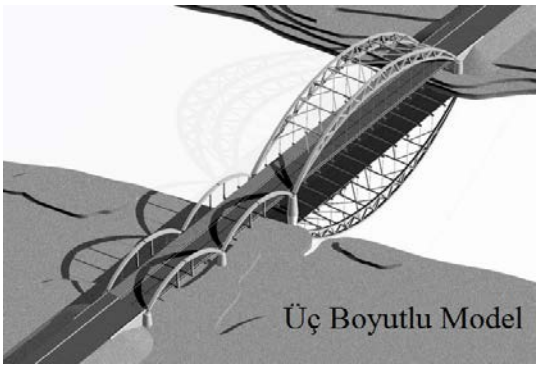
32

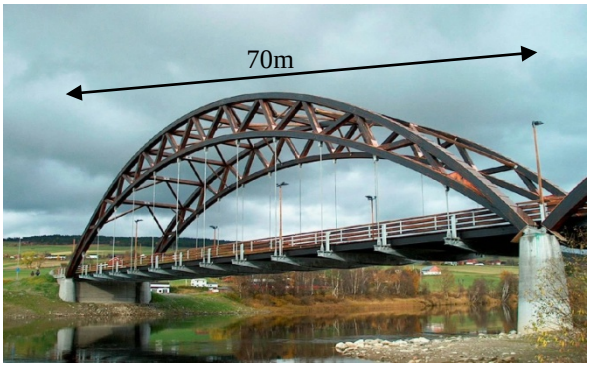
Yapının Adı	: Tynset Köprüsü
Yapının Mimarı	: Plan Arkitekter AS
Strüktür Mühendisi	: Norconsult AS
Yapının Yeri	: Tynset, NORVEÇ
Yapım Yılı	: 2001
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 26,5 m + 26,5 m + 70 m; 17 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 70 m / 4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Kafes Kemer

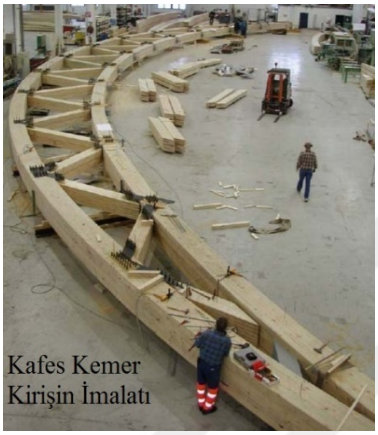


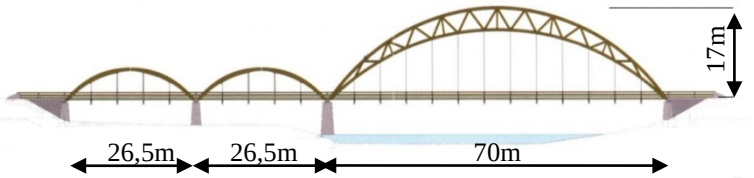
Ek Tablo 2.2.16. Tynset Köprüsü (devamı - 1) [189, 197, 198, 199]

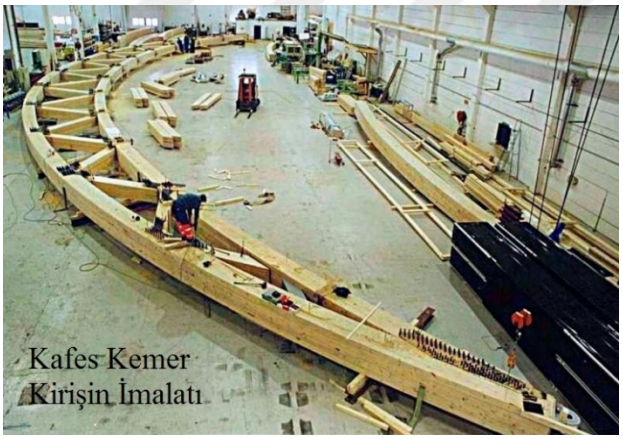
Yapı Detayları

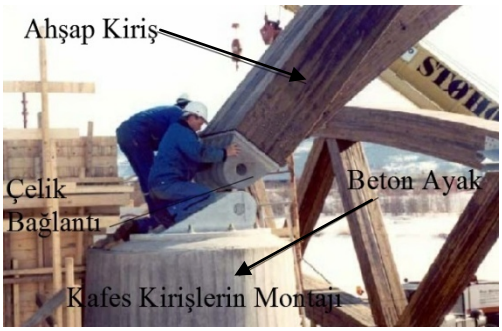












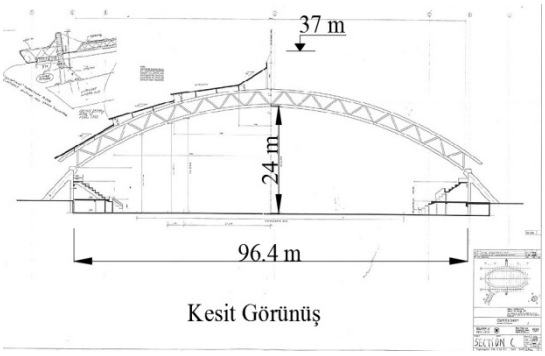
Ek Tablo 2.2.17. Viking Gemisi-Hamar Olimpik Salonu [139, 189, 200, 201, 202]

33

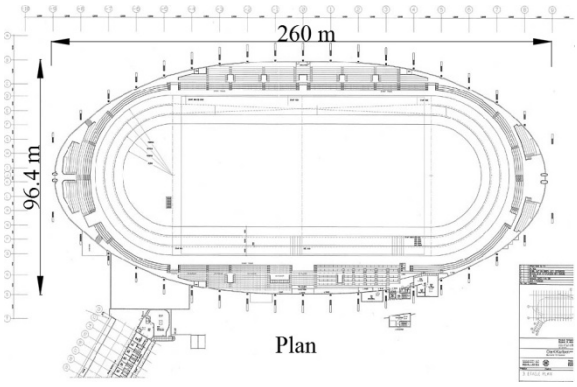
Yapının Adı	: Viking Gemisi-Hamar Olimpik Salonu
Yapının Mimarı	: Niels A. Torp AS - 3X BIONG AS
Strüktür Mühendisi	: Stormorken & HamreAS
Yapının Yeri	: Hamar, NORVEÇ
Yapım Yılı	: 1992
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 96,4 x 260 m; 37 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 96,4 m / 3,45 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Kafes Kemer

Ek Tablo 2.2.17. Viking Gemisi-Hamar Olimpik Salonu (devamı - 1) [139, 189, 200, 201, 202]

Yapı Detayları

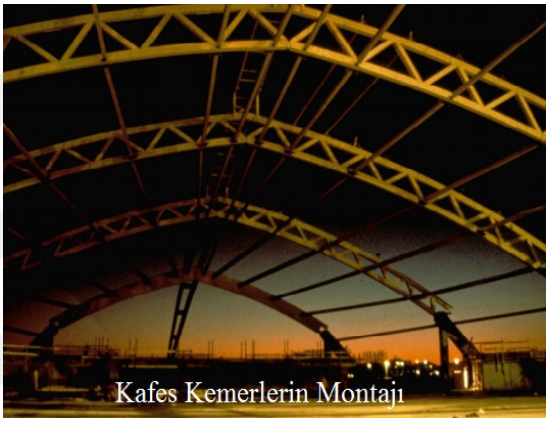


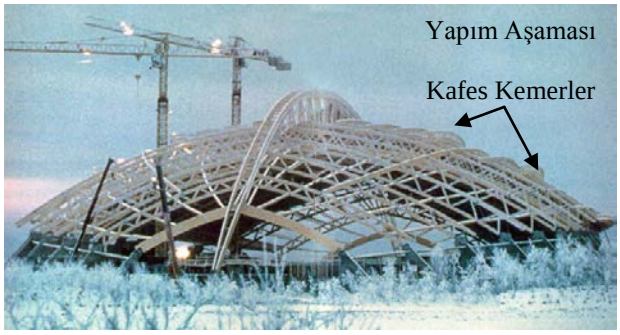
Kesit Görünüş

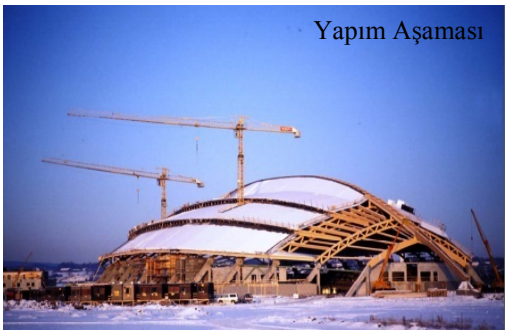


Plan

Taşıyıcı Sistem Maketi


Kafes Kemerlerin Montajı



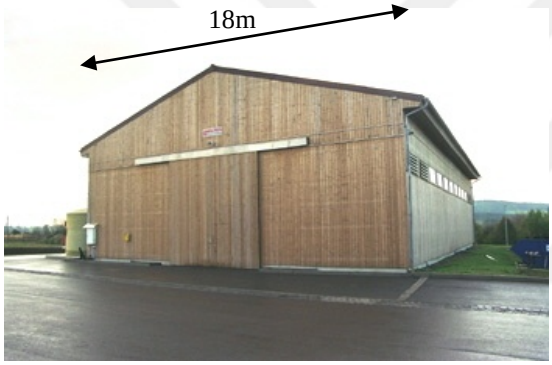


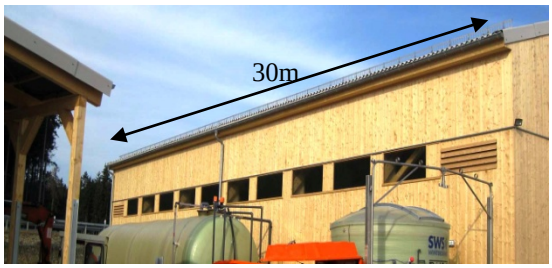
Ek Tablo 2.3.1. Dittersdorf Tuz Deposu [203]

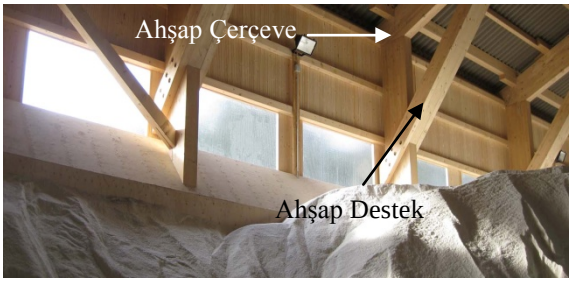
34

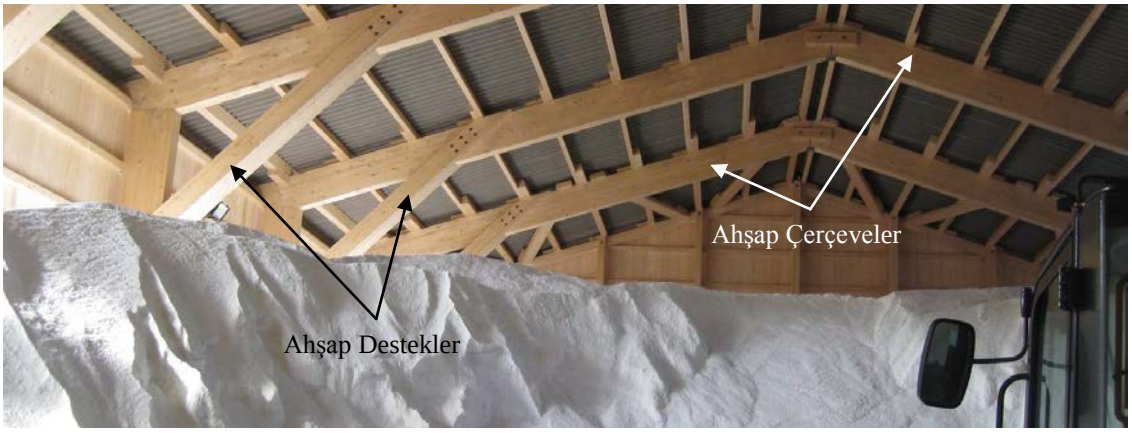
Yapının Adı	: Dittersdorf Tuz Deposu
Yapının Mimarı	: Schaffitzel Holzindustrie
Strüktür Mühendisi	: Schaffitzel Holzindustrie
Yapının Yeri	: Dittersdorf, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2013
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 18 x 30 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 18 m / 0,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Çerçeve

Yapı Detayları









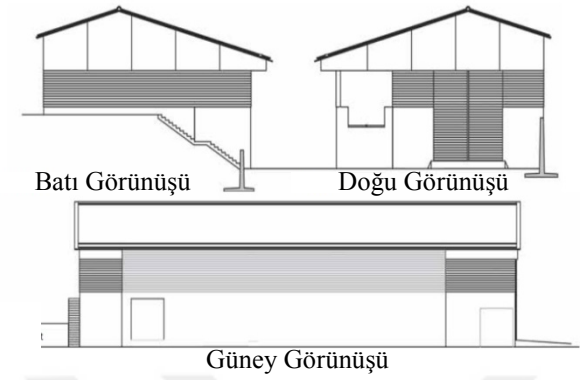
Ek Tablo 2.3.2. Donauwörth Tuz Deposu [204, 205]

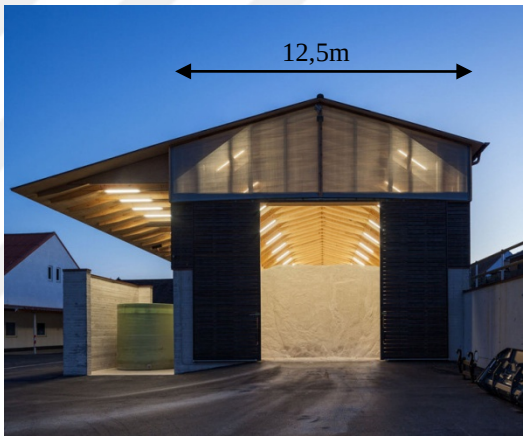
35

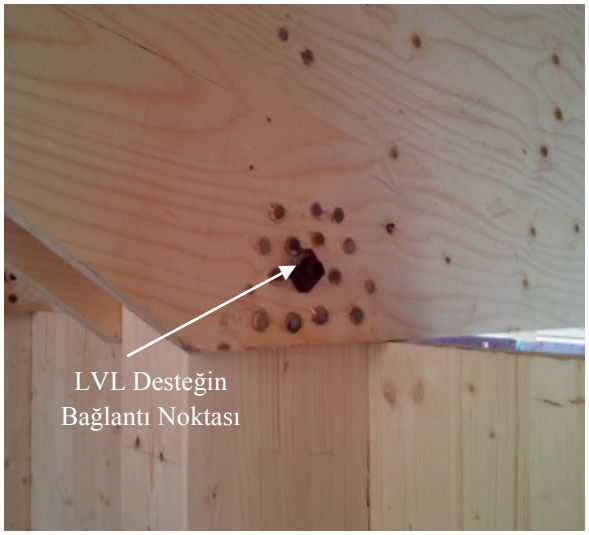
Yapının Adı	: Donauwörth Tuz Deposu
Yapının Mimarı	: Staatliches Bauamt Augsburg
Strüktür Mühendisi	: Ing.Büro Dr. Thomas Gollwitzer
Yapının Yeri	: Donauwörth, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 12,5 x 40 m; 10 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam - LVL
Açıklık / Yükseklik	: 12,5 m / 0,24 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Çerçeve

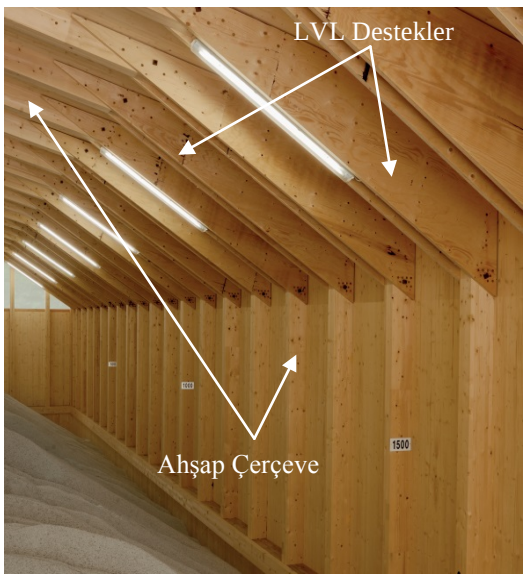
Ek Tablo 2.3.2. Donauwörth Tuz Deposu (devamı - 1) [204, 205]

Yapı Detayları









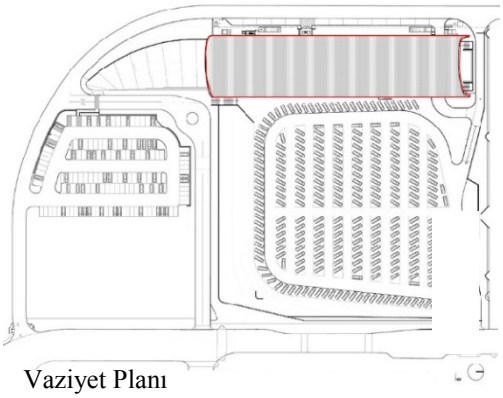
Ek Tablo 2.3.3. LeMay Amerikan Arabaları Müzesi [206, 207, 208, 209]

36

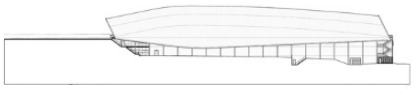
Yapının Adı	: LeMay Amerikan Arabaları Müzesi
Yapının Mimarı	: Grant Price Architects
Strüktür Mühendisi	: Western Wood Structures
Yapının Yeri	: Washington, ABD
Yapım Yılı	: 2012
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 33,5 x 91,5 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 33,5 m / 1,33 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Çerçeve

Ek Tablo 2.2.3. LeMay Amerikan Arabaları Müzesi (devamı - 1) [206, 207, 208, 209]

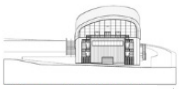
Yapı Detayları



Vaziyet Planı

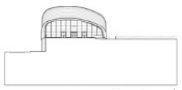


Doğu Görünüşü

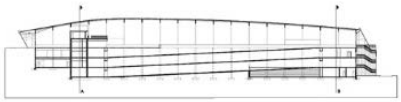


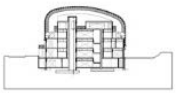
Kuzey Görünüşü

Batı Görünüşü

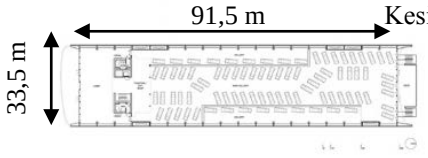


Güney Görünüşü

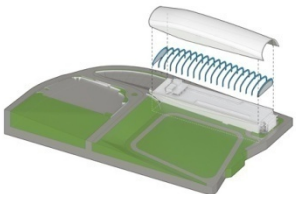


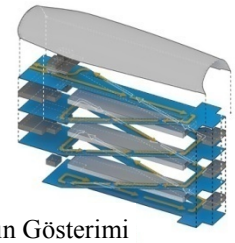


Kesit Görünüşler

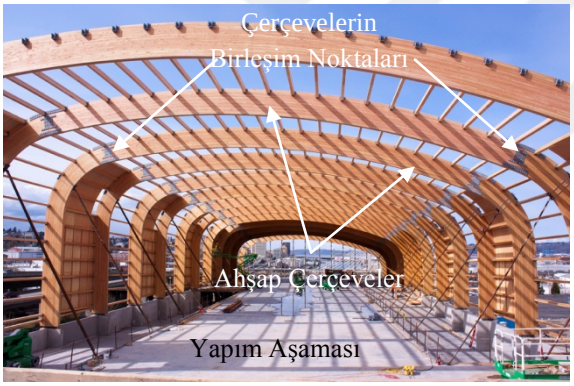


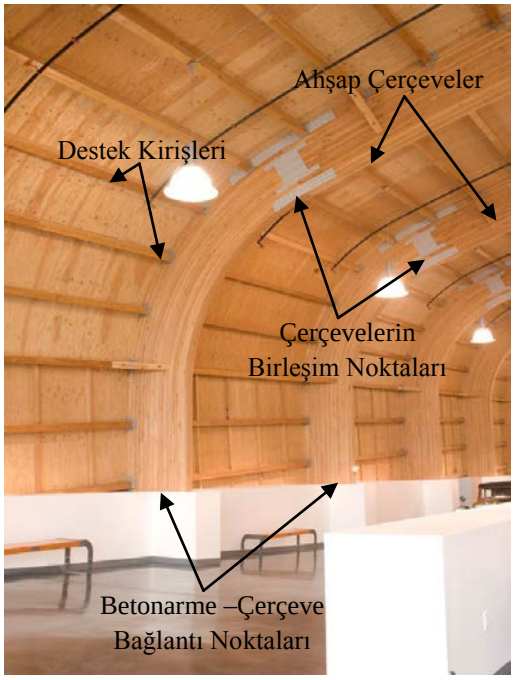
Plan





Taşıyıcı Sistem ve Katların Gösterimi

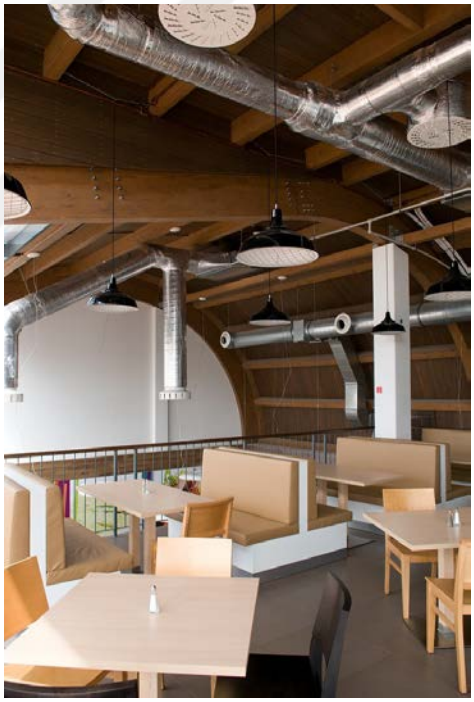




Ek Tablo 2.3.4. ONE Fashion Outlet AVM [210]

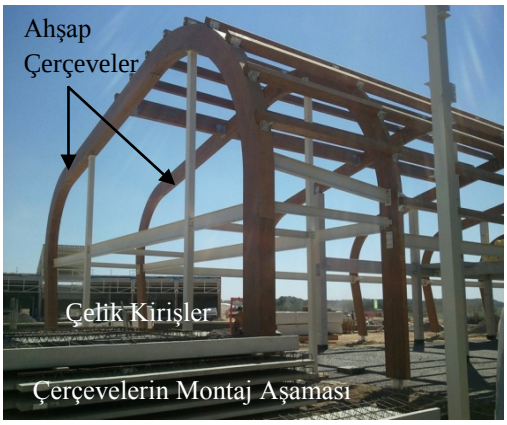
37

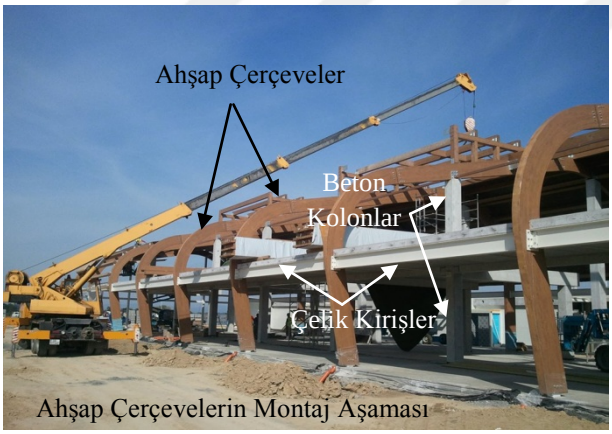
Yapının Adı	: ONE Fashion Outlet AVM
Yapının Mimarı	: Holder Mathias Architects
Strüktür Mühendisi	: Taros Nova
Yapının Yeri	: Voderady, SLOVAKYA
Yapım Yılı	: 2013
Yapının İşlevi	: Kamu Yapısı
Yapının Boyutları	: 18 x 65 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 18 m / 0,6 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Çerçeve

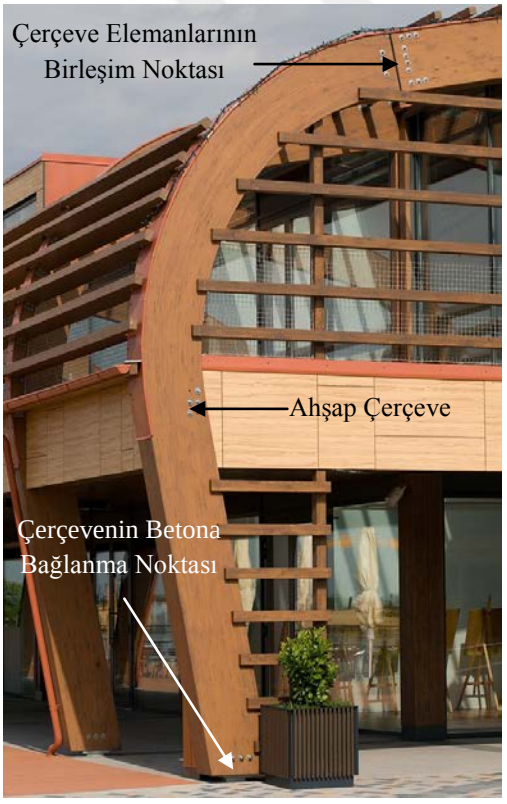


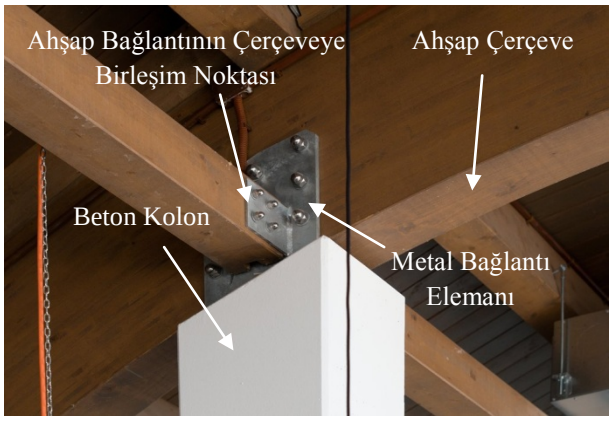
Ek Tablo 2.3.4. ONE Fashion Outlet AVM (devamı - 1) [210]

Yapı Detayları









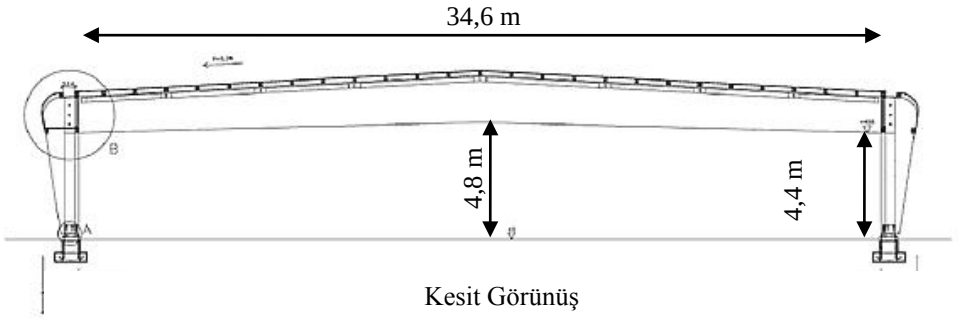
Ek Tablo 2.3.5. Salaria Spor Köyü Fitnes Salonu [211, 212, 213]

38

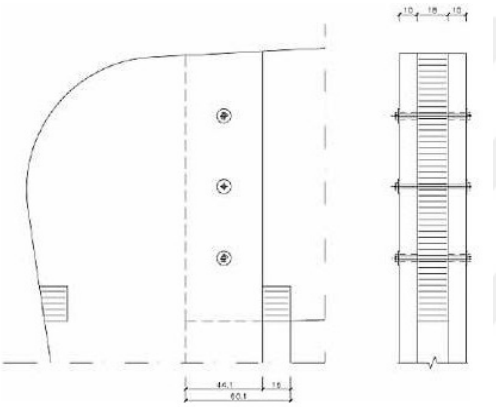
Yapının Adı	: Salaria Spor Köyü Fitnes Salonu
Yapının Mimarı	: Arch. Sacha Giannini
Strüktür Mühendisi	: Ing. Massimo Del Fedele
Yapının Yeri	: Roma, İTALYA
Yapım Yılı	: 2006
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 37 x 74,5 m; 7 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 34,6 m / 2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Çerçeve

Ek Tablo 2.3.5. Salaria Spor Köyü Fitnes Salonu (devamı - 1) [211, 212, 213]

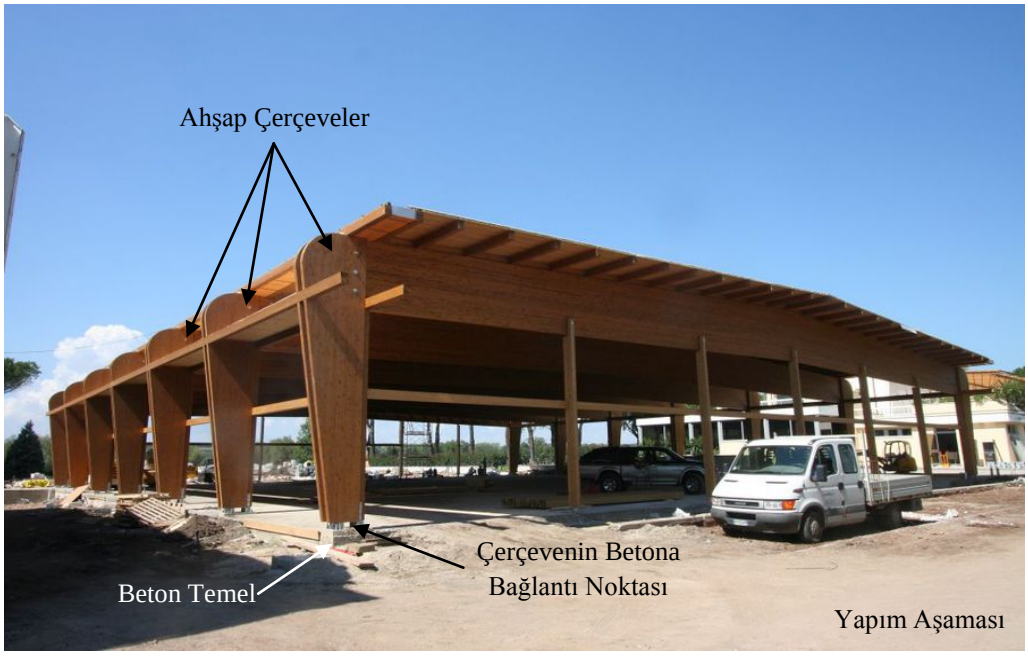
Yapı Detayları



Kesit Görünüş



Kolon-Kiriş Birleşim Detayı

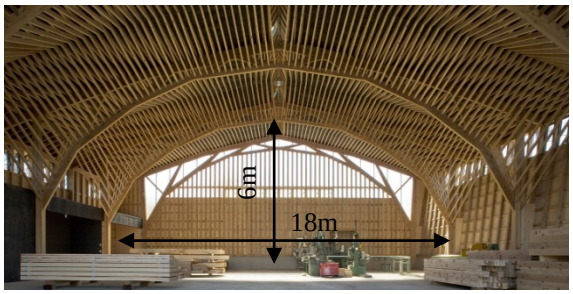


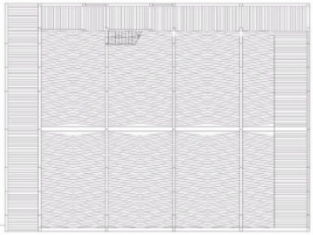
Ek Tablo 2.3.6. Kitazawa Kenchiku Ahşap Fabrikası [214, 215, 216, 217]

39

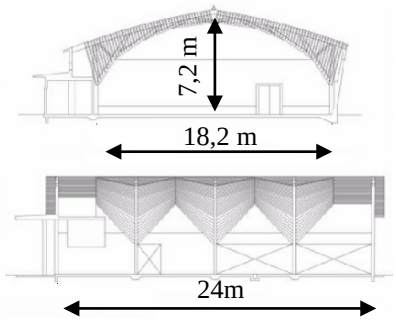
Yapının Adı	: Kitazawa Kenchiku Ahşap Fabrikası
Yapının Mimarı	: Fumiko Misawa
Strüktür Mühendisi	: Masahiro Inayama
Yapının Yeri	: Nagano, JAPONYA
Yapım Yılı	: 2010
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 18,2 x 24 m; 8,3 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Masif Ahşap
Açıklık / Yükseklik	: 18 m / 1,1 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Çerçeve

Yapı Detayları

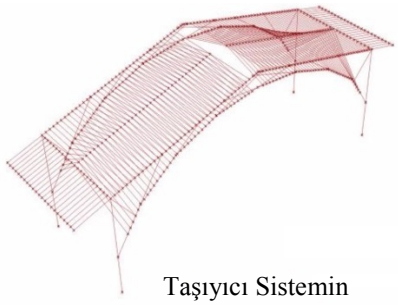




Plan



Kesit Görünüşler



Taşıyıcı Sistemin Gösterimi

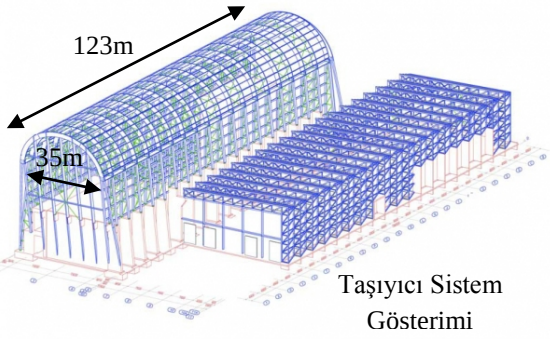
Ek Tablo 2.3.7. Leeds Atık Enerji Santrali [218, 219, 220, 221]

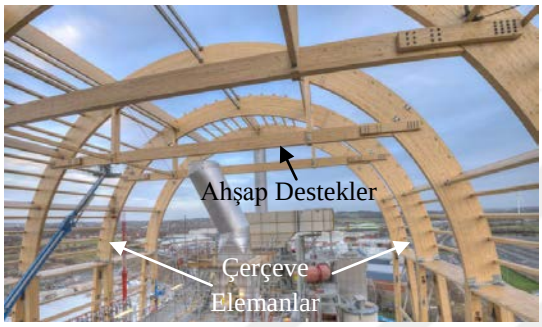
40

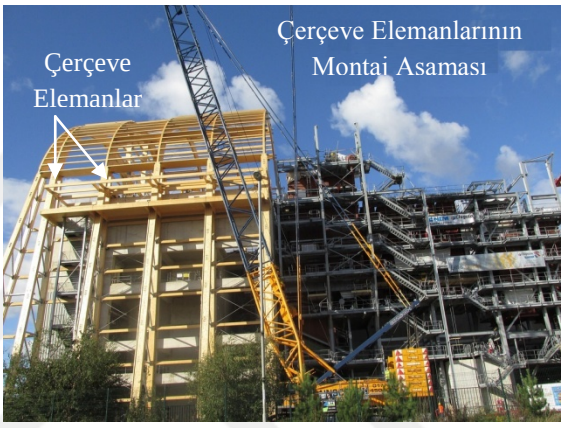
Yapının Adı	: Leeds Atık Enerji Santrali
Yapının Mimarı	: Jean-Robert Mazaud
Strüktür Mühendisi	: HESS TIMBER GmbH & Co. KG
Yapının Yeri	: Leeds, İNGİLTERE
Yapım Yılı	: 2015
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 35 x 123 m; 42 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 35 m / 1,6 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: İki Mafsallı Çerçeve

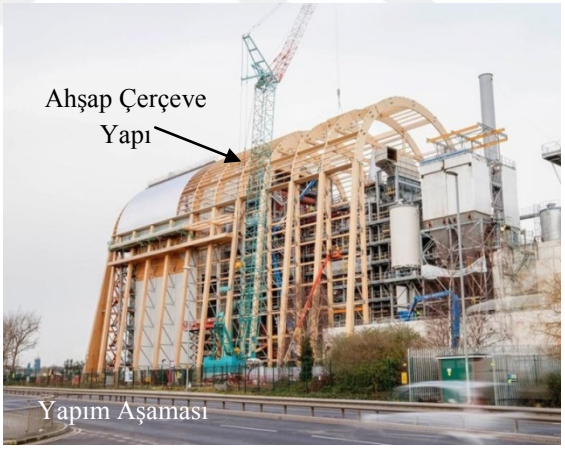
Ek Tablo 2.3.7. Leeds Atık Enerji Santrali (devamı - 1) [218, 219, 220, 221]

Yapı Detayları









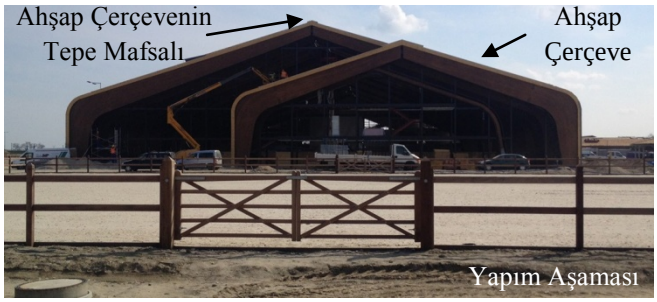
Ek Tablo 2.3.8. Hipo Arena Šamorín Binicilik Binası [222, 223, 224, 225, 226]

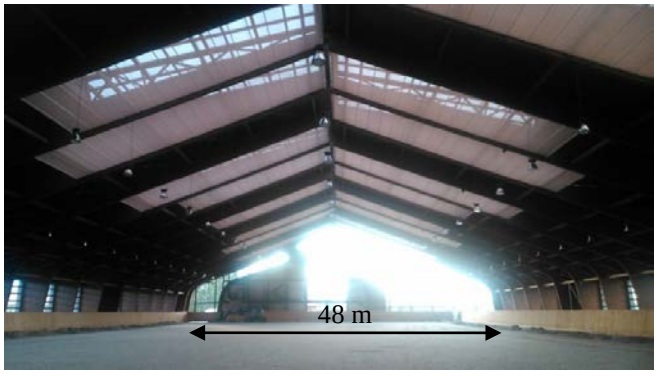
41

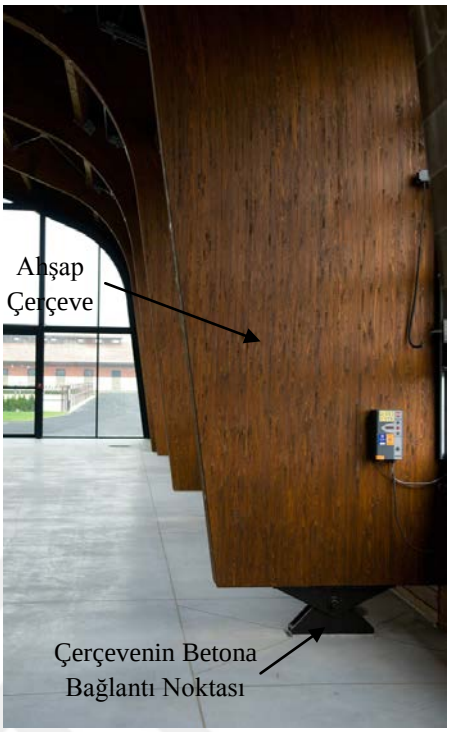
Yapının Adı	: Hipo Arena Šamorín Binicilik Binası
Yapının Mimarı	: A2 Studio
Strüktür Mühendisi	: Taros Nova
Yapının Yeri	: Šamorín, SLOVAKYA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 52,5 x 200,4 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 48 m / 0,9 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Çerçeve

Ek Tablo 2.3.8. Hipo Arena Šamorín Binicilik Binası (devamı - 1) [222, 223, 224, 225, 226]

Yapı Detayları





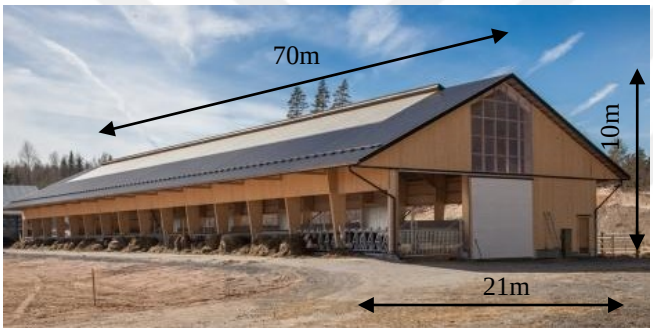


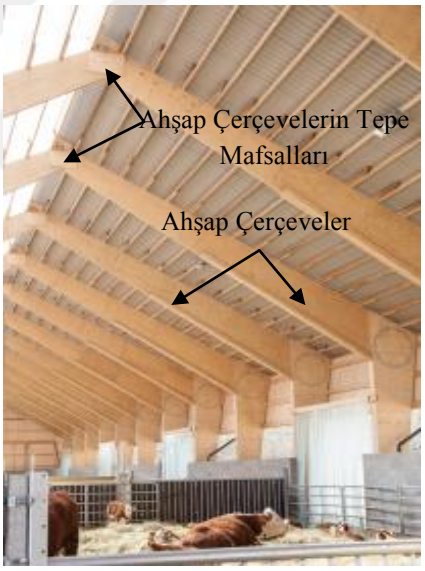
Ek Tablo 2.3.9. Koski Manor Mandırası [227, 228]

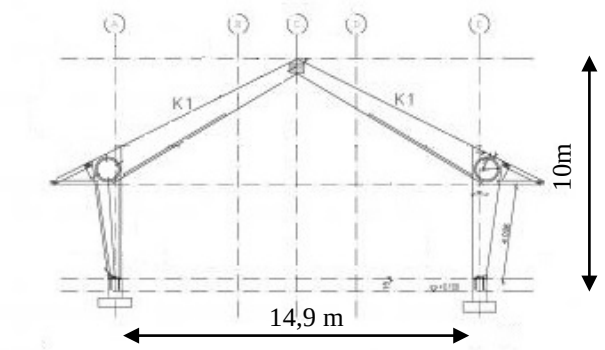
42

Yapının Adı	: Koski Manor Mandırası
Yapının Mimarı	: Marko Lappalainen
Strüktür Mühendisi	: Insinööritoimisto Asko Keronen
Yapının Yeri	: Salo, FİNLANDİYA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 21 x 70 m; 10 m
Taşıyıcının Malzemesi	: LVL
Açıklık / Yükseklik	: 14,9 m / 0,56 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Çerçeve

Yapı Detayları







Kesit Görünüş

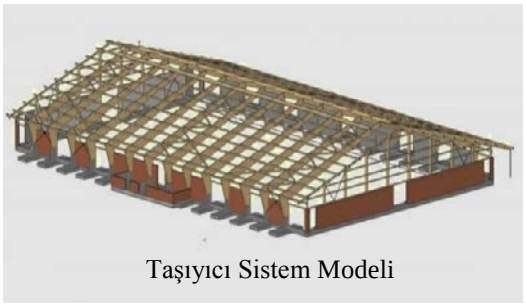
Ek Tablo 2.3.10. Riesenbeck Uluslararası Binicilik Merkezi [229, 230]

43

Yapının Adı	: Riesenbeck Uluslararası Binicilik Merkezi
Yapının Mimarı	: Eckhard Hilker
Strüktür Mühendisi	: Derix Holzleimbau GmbH
Yapının Yeri	: Riesenbeck, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2015
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutlar	: 61,44 x 87,29 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 53 m / 0,8 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Çerçeve

Ek Tablo 2.3.10. Riesenbeck Uluslararası Binicilik Merkezi (devamı - 1) [229, 230]

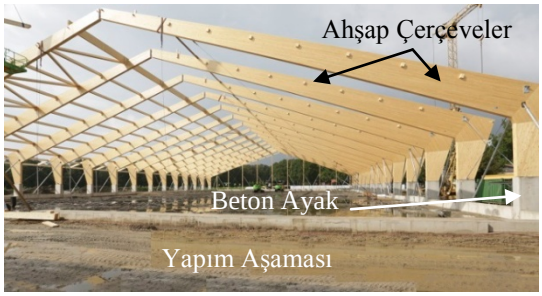
Yapı Detayları


Taşıyıcı Sistem Modeli

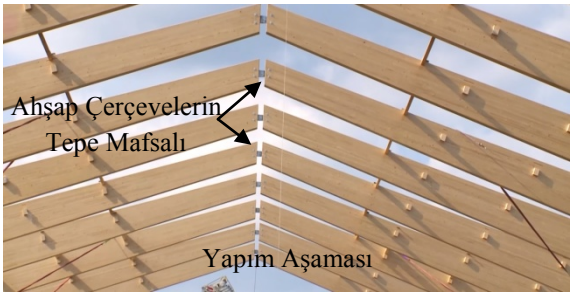
Çerçevelerin Nakliyesi

Çerçeve Parçalarının Montajı

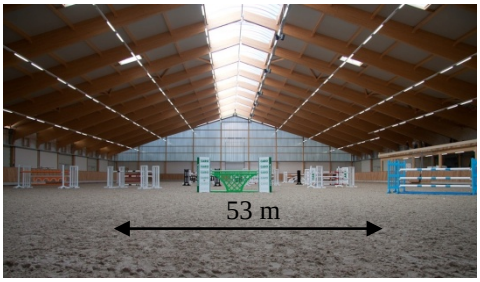
Tepe Mafsalın Birleştirilmesi

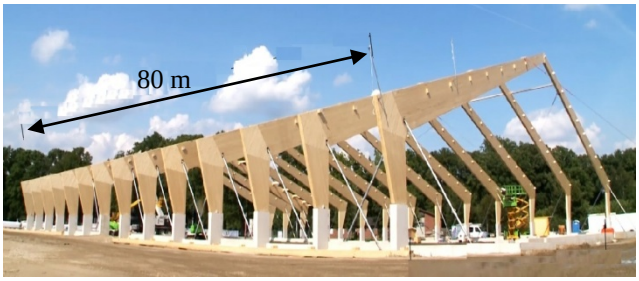


Yapım Aşaması



Yapım Aşaması





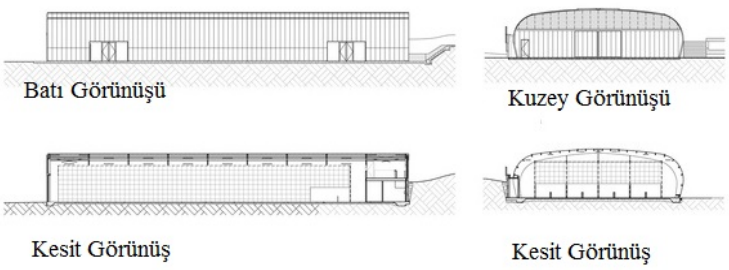
Ek Tablo 2.3.11. Hodge Spor Salonu [231, 232, 233, 234, 235]

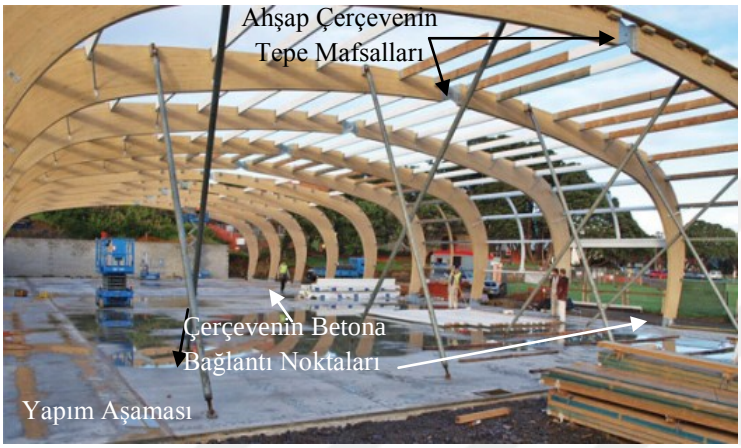
44

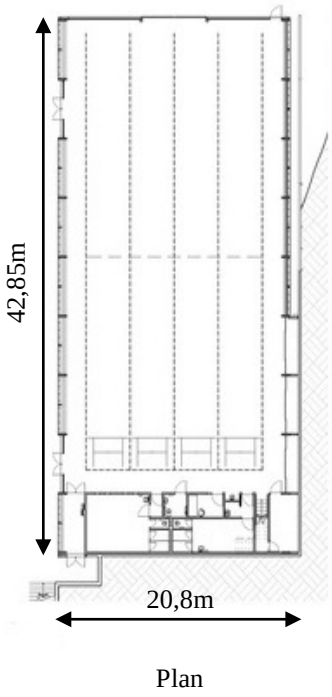
Yapının Adı	: Hodge Spor Salonu
Yapının Mimarı	: Athfield Architects Limited
Strüktür Mühendisi	: Clendon Burns & Park
Yapının Yeri	: Wellington, YENİ ZELANDA
Yapım Yılı	: 2011
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 20,8 x 42,85 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 18,8 m / 0,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Çerçeve

Ek Tablo 2.3.11. Hodge Spor Salonu (devamı - 1) [231, 232, 233, 234, 235]

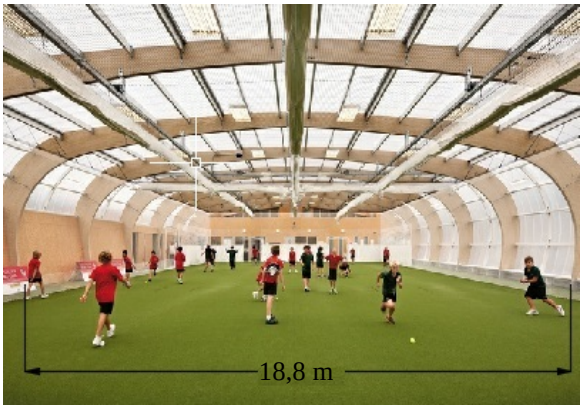
Yapı Detayları







Plan



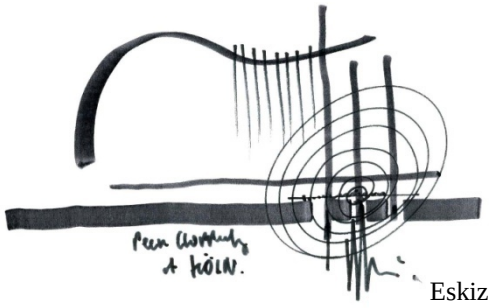
Ek Tablo 2.3.12. Peek & Cloppenburg Köln Mağazası [236, 237, 238]

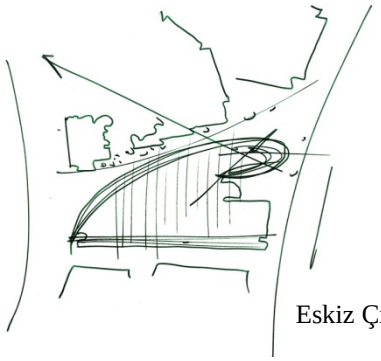
45

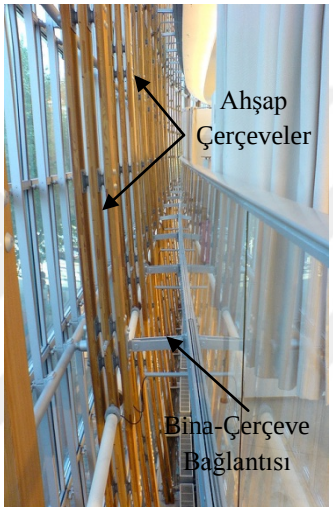
Yapının Adı	: Peek & Cloppenburg Köln Mağazası
Yapının Mimarı	: Renzo Piano
Strüktür Mühendisi	: Knippers Helbig
Yapının Yeri	: Köln, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2005
Yapının İşlevi	: Kamu Yapısı
Yapının Boyutları	: 60 x 130 m; 36 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 60 m / 0,22 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Çerçeve

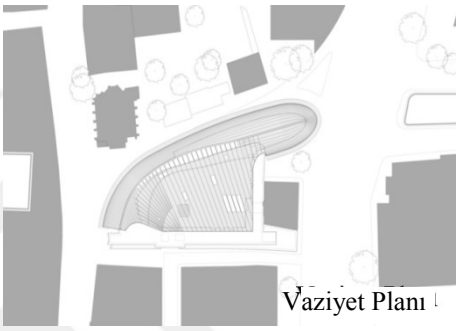
Ek Tablo 2.3.12. Peek & Cloppenburg Köln Mağazası (devamı - 1) [236, 237, 238]

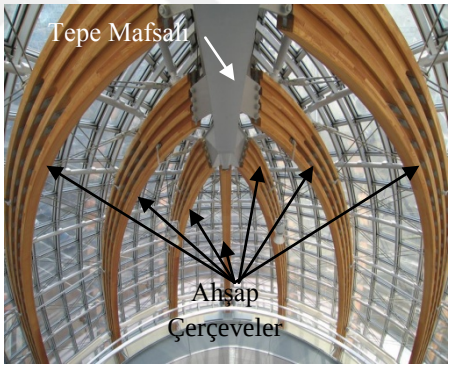
Yapı Detayları

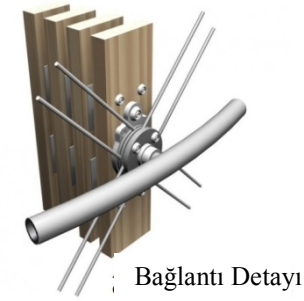


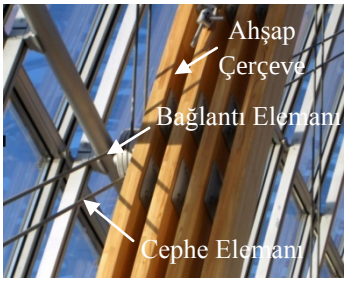












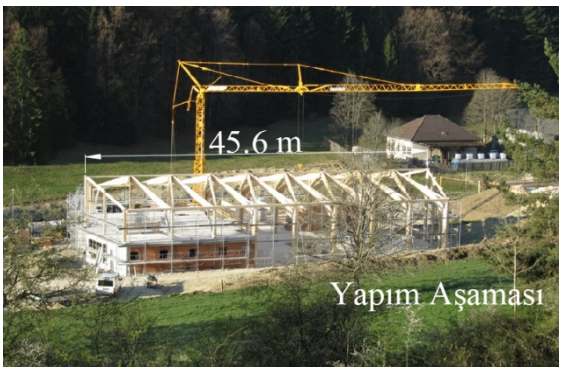
Ek Tablo 2.3.13. Tanne Kilisesi [239, 240, 241]

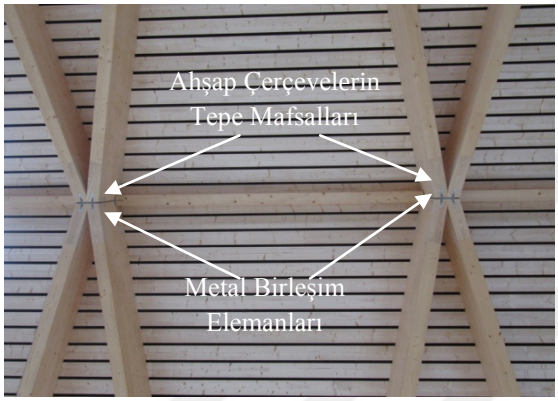
46

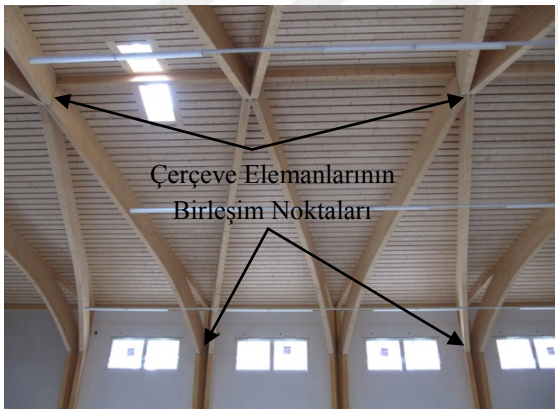
Yapının Adı	: Tanne Kilisesi
Yapının Mimarı	: Heimann Olivier Sàrl
Strüktür Mühendisi	: Neue Holzbau AG
Yapının Yeri	: Tavannes, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Dini Yapı
Yapının Boyutları	: 20,6 x 45,6 m; 10,2 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 20,6 m / 0,8 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üç Mafsallı Çerçeve

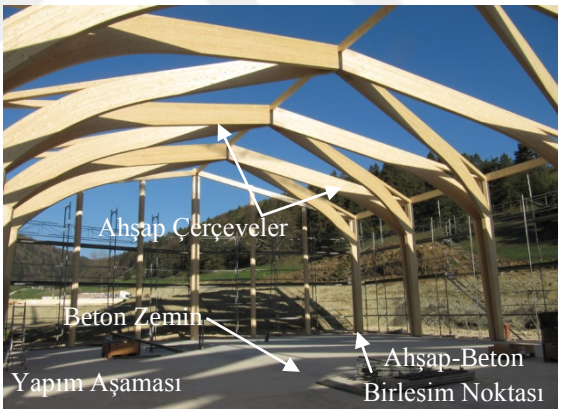
Ek Tablo 2.3.13. Tanne Kilisesi (devamı - 1) [239, 240, 241]

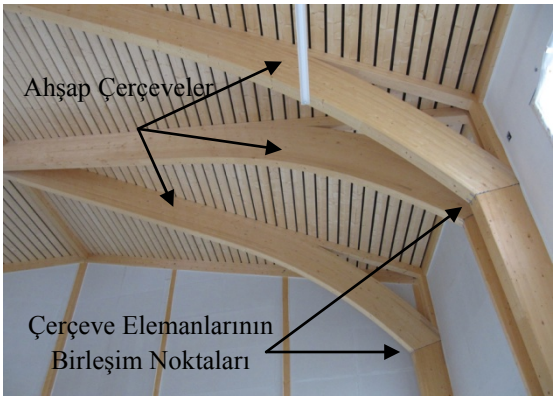
Yapı Detayları

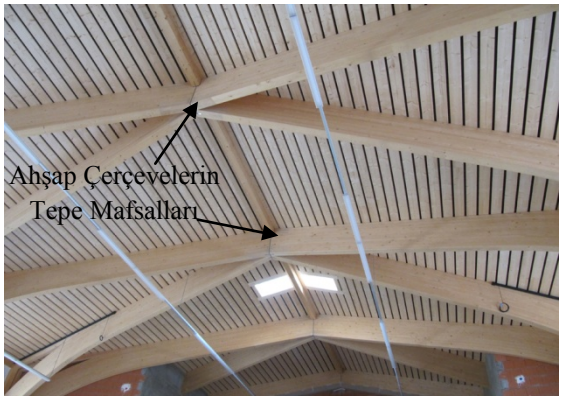












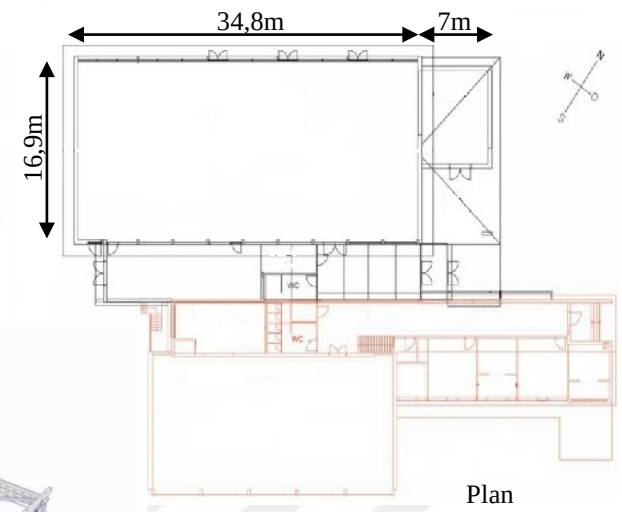
Ek Tablo 2.4.1. Kallnach Çok Amaçlı Salonu [242]

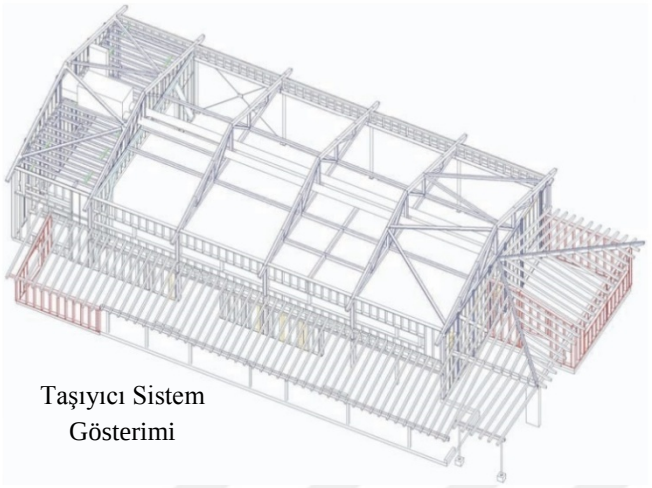
47

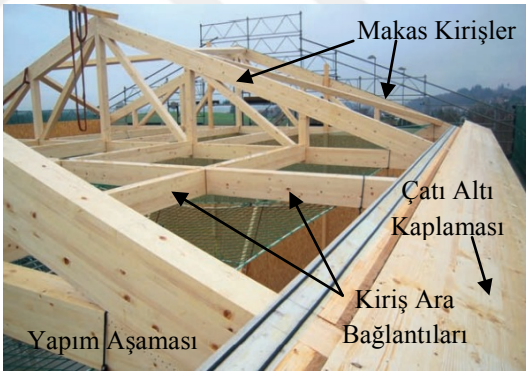
Yapının Adı	: Kallnach Çok Amaçlı Salonu
Yapının Mimarı	: Atelier Schneider Partner AG
Strüktür Mühendisi	: Holzing Maeder GmbH
Yapının Yeri	: Kallnach, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2009
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 16,9 x 41,8 m;7 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 16,9 m / 3,05 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üçgen Makas

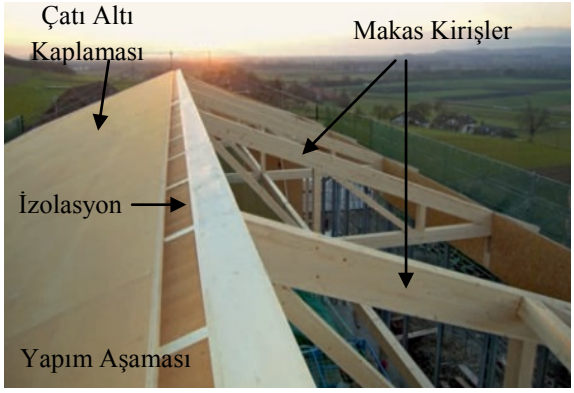
Ek Tablo 2.4.1. Kallnach Çok Amaçlı Salonu (devamı - 1) [242]

Yapı Detayları





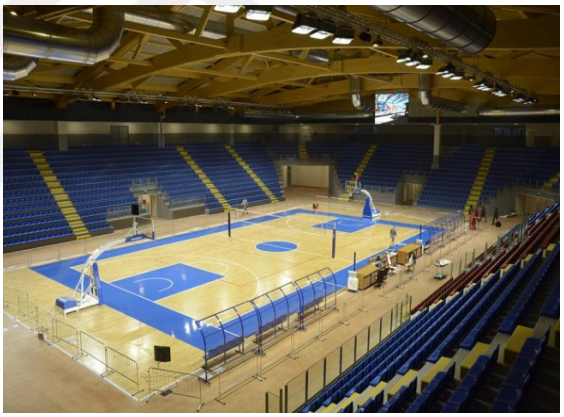


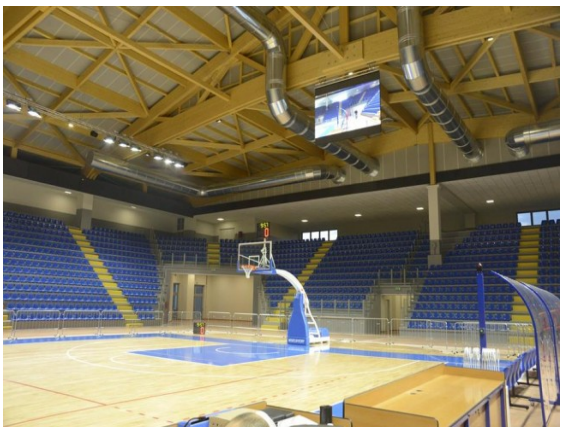


Ek Tablo 2.4.2. Palasport Spor Kompleksi [243, 244, 245]

48

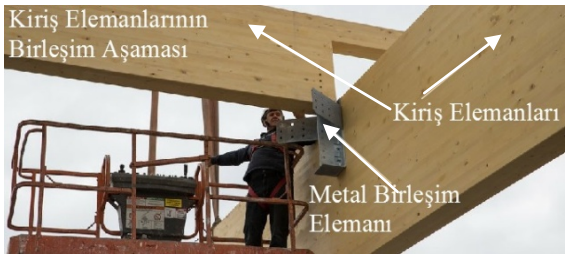
Yapının Adı	: Palasport Spor Kompleksi
Yapının Mimarı	: Disano illuminazione
Strüktür Mühendisi	: Rubner Holzbau GmbH
Yapının Yeri	: Civitanova Marche, İTALYA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 51 x 62,7 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 51 m / 6 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üçgen Makas

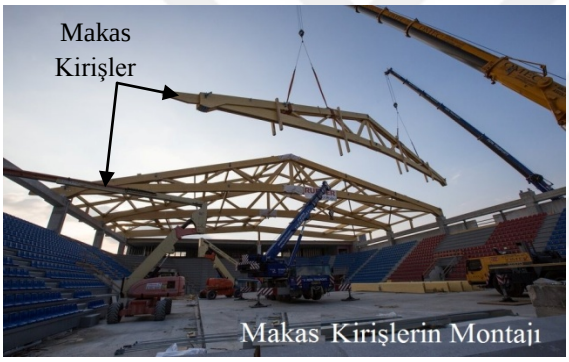


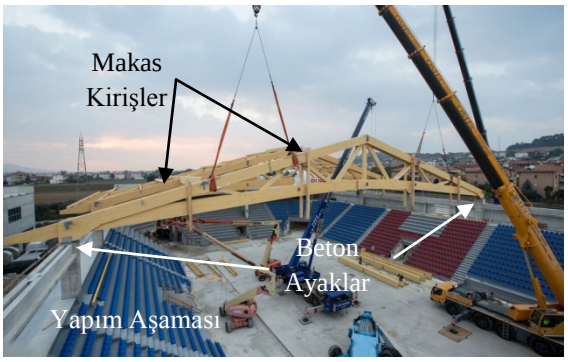


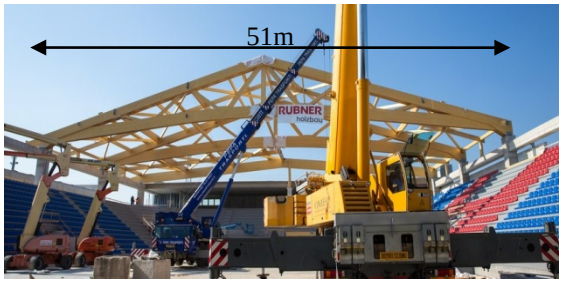
Ek Tablo 2.4.2. Palasport Spor Kompleksi (devamı - 1) [243, 244, 245]

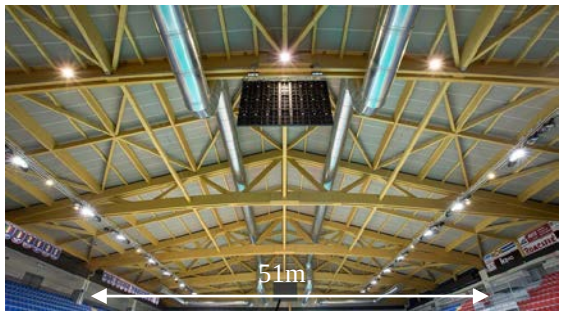
Yapı Detayları











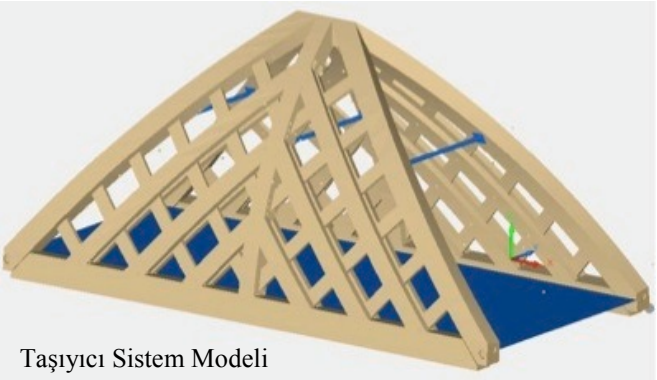
Ek Tablo 2.4.3. Sneek Köprüsü [246, 247, 248, 249]

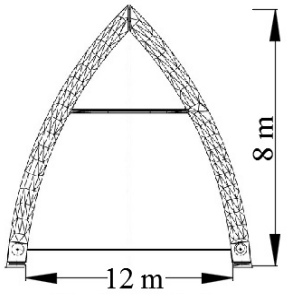
49

Yapının Adı	: Sneek Köprüsü
Yapının Mimarı	: Achterbosch Architecten
Strüktür Mühendisi	: Prof.Dr.-Ing. H.J. Blaß
Yapının Yeri	: Sneek, HOLLANDA
Yapım Yılı	: 2010
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 12 x 32 m; 8 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 32 m / 8 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üçgen Makas

Tablo 2.4.3. Sneek Köprüsü (devamı - 1) [246, 247, 248, 249]

Yapı Detayları

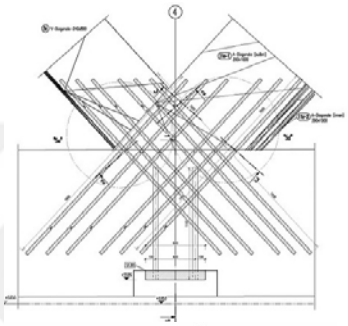

Taşıyıcı Sistem Modeli



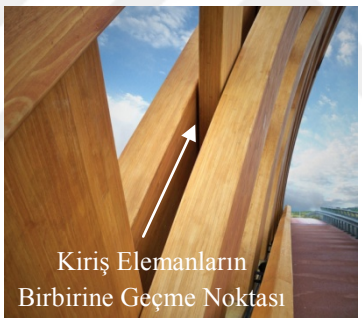
Kesit Görünüş

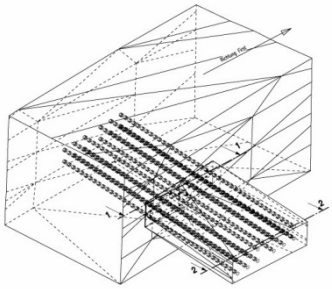
İmalat Aşaması

İmalat Aşaması



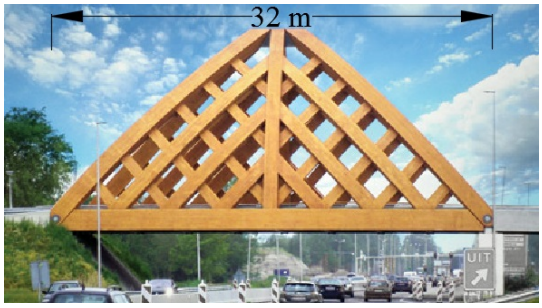
İmalat Aşaması


Kiriş Elemanların Birbirine Geçme Noktası


Kiriş Elemanların Birbirine Bağlantı Detayları

Nakliye Aşaması

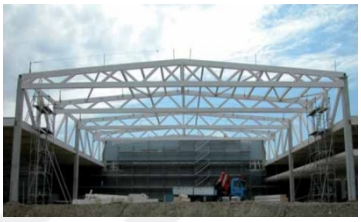
Nakliye Aşaması



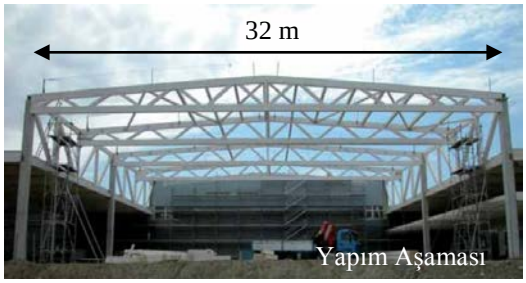
Ek Tablo 2.4.4. VAC Avenches Dağıtım Merkezi [95, 250, 251]

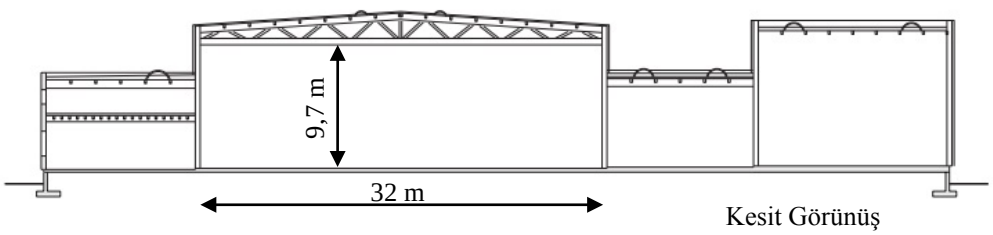
50

Yapının Adı	: VAC Avenches Dağıtım Merkezi
Yapının Mimarı	: BDL Architectes
Strüktür Mühendisi	: François Dreyfuss S.A.
Yapının Yeri	: Avenches, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2003
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 32 x 82 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 32 m / 2,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Üçgen Makas



Yapı Detayları





Kesit Görünüş

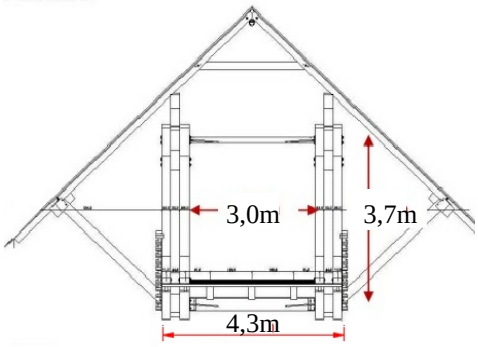
Ek Tablo 2.4.5. Cavalese Bisiklet ve Yaya Köprüsü [257, 258]

51

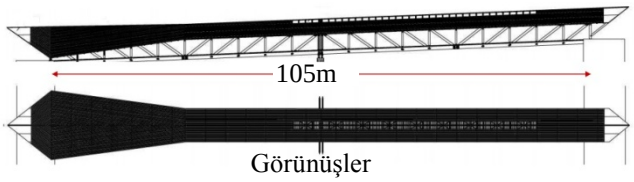
Yapının Adı	: Cavalese Bisiklet ve Yaya Köprüsü
Yapının Mimarı	: Arch.Cesare Micheletti, Arch.Claudio Micheletti
Strüktür Mühendisi	: Rubner Holzbau GmbH
Yapının Yeri	: Cavalese, İTALYA
Yapım Yılı	: 2002
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 4,3 x 105 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 52 m / 3,2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Paralel Başlıklı Makas

Ek Tablo 2.4.5. Cavalese Bisiklet ve Yaya Köprüsü (devamı - 1) [257, 258]

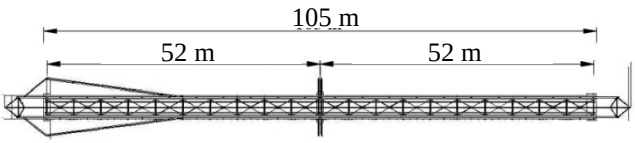
Yapı Detayları



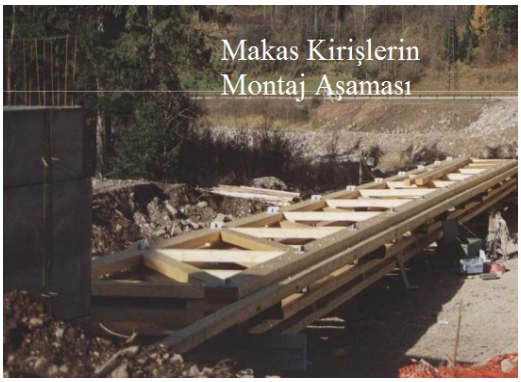
Kesit Görünüş



Görünüşler



Plan



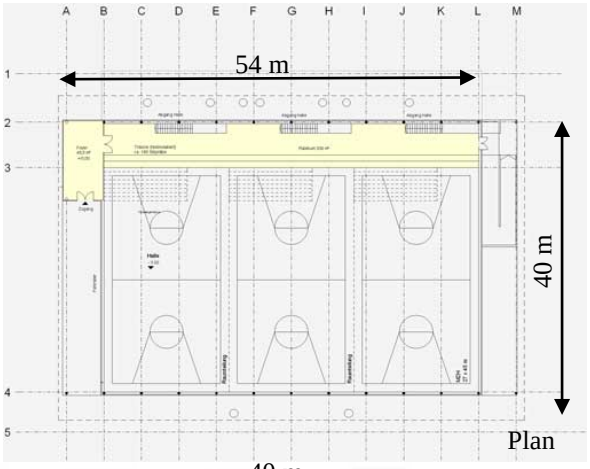
Ek Tablo 2.4.6. Kirchdorf Spor Salonu [259, 260, 261]

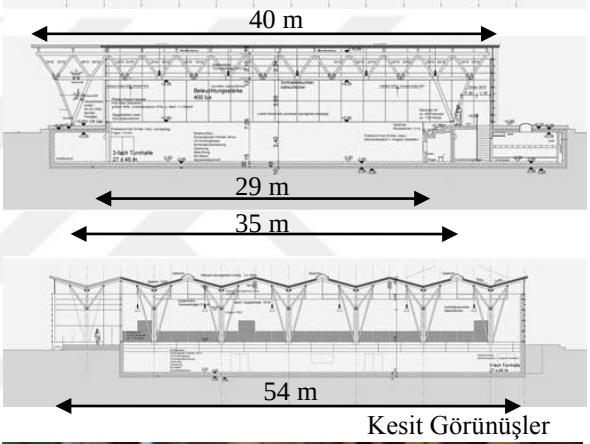
52

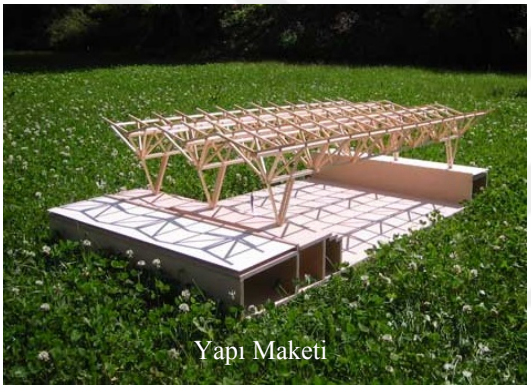
Yapının Adı	: Kirchdorf Spor Salonu
Yapının Mimarı	: Steidle+Partner Architekten
Strüktür Mühendisi	: Planungsgesellschaft Dittrich GmbH
Yapının Yeri	: Bayern, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2004
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 40 x 54 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 32 m / 2,4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Paralel Başlıklı Makas

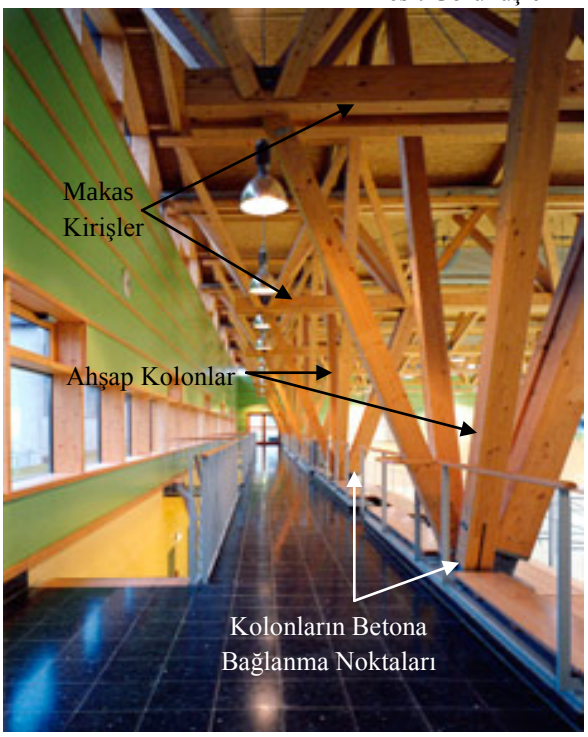
Ek Tablo 2.4.6. Kirchdorf Spor Salonu (devamı - 1) [259, 260, 261]

Yapı Detayları









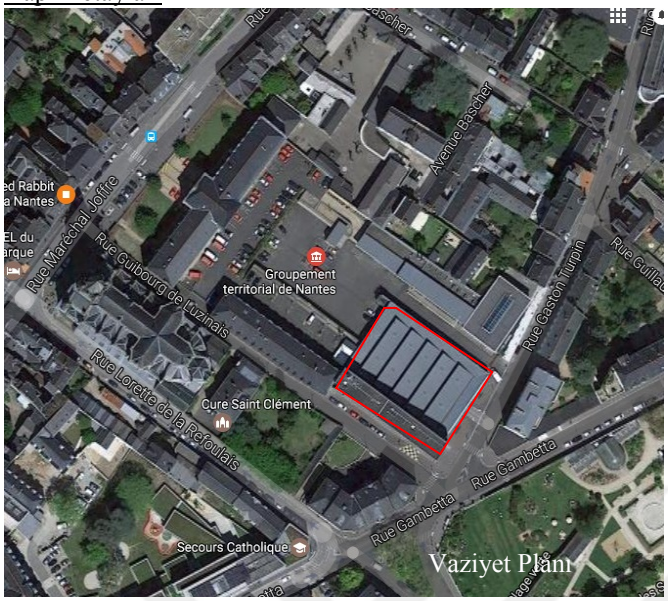
Ek Tablo 2.4.7. Nantes Acil Müdahale Merkezi [262, 263]

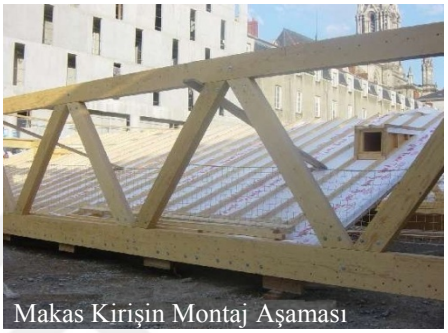
53

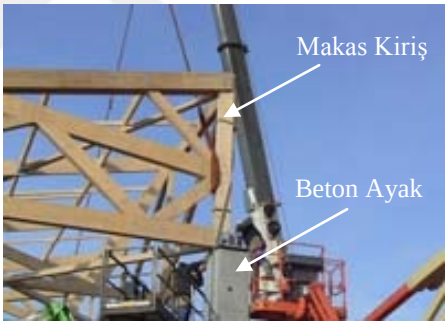
Yapının Adı	: Nantes Acil Müdahale Merkezi
Yapının Mimarı	: Barré Lambot Architectes
Strüktür Mühendisi	: Construction Millet Bois
Yapının Yeri	: Nantes, FRANSA
Yapım Yılı	: 2006
Yapının İşlevi	: Yönetim Yapısı
Yapının Boyutları	: 26,5 x 41,5 m
Taşıyıcının Malzemesi	: LVL
Açıklık / Yükseklik	: 26,5 m / 3 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Paralel Başlıklı Makas

Ek Tablo 2.4.7. Nantes Acil Müdahale Merkezi (devamı - 1) [262, 263]

Yapı Detayları



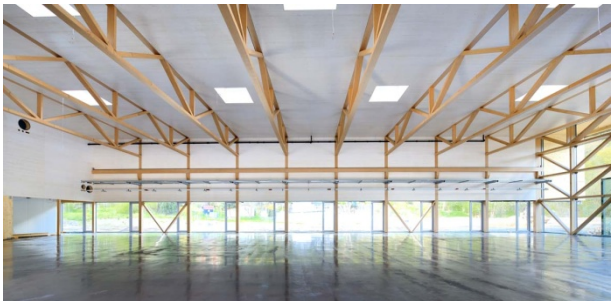




Ek Tablo 2.4.8. Eloubau Elektrik Bileşenleri Üretim Salonu [264, 265, 266]

54

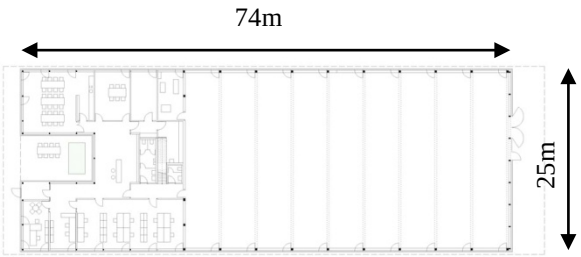
Yapının Adı	: Eloubau Sensör Teknoloji Üretim Salonu
Yapının Mimarı	: F64 Architekten BDA
Strüktür Mühendisi	: Merz Kley Partner ZT GmbH
Yapının Yeri	: Probstzella, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2016
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 25 x 74 m; 10,5 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: LVL
Açıklık / Yükseklik	: 25 m / 2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Paralel Başlıklı Makas



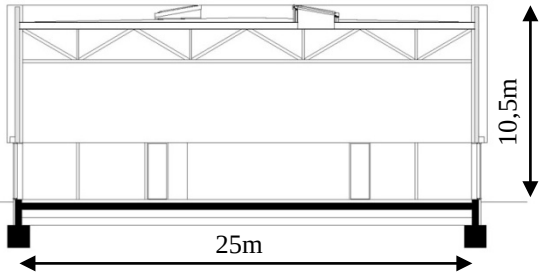
Ek Tablo 2.4.8. Eloubau Elektrik Bileşenleri Üretim Salonu (devamı - 1) [264, 265, 266]

Yapı Detayları

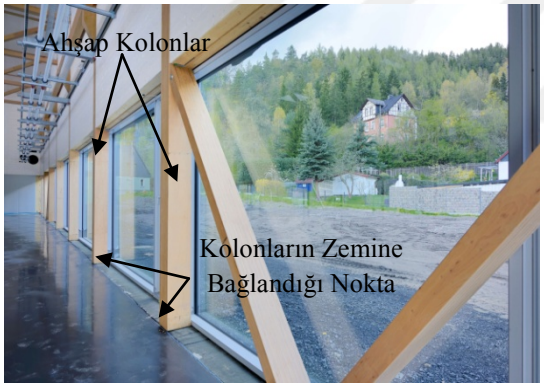
Vaziyet Planı

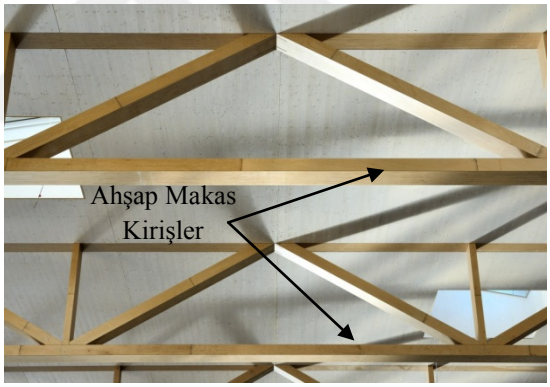


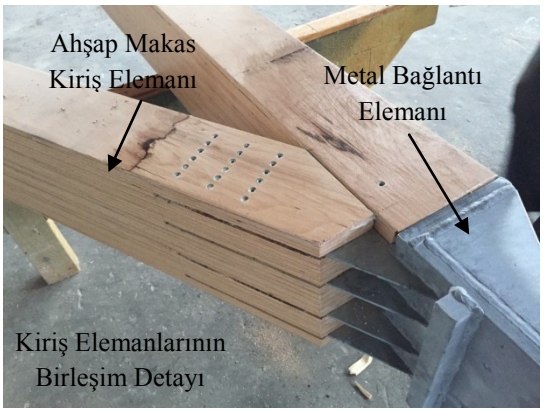
Plan

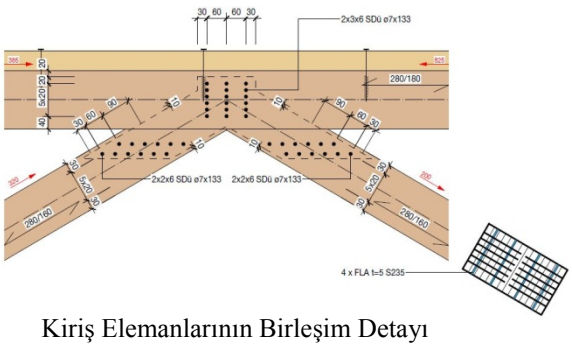


En Kesit









Kiriş Elemanlarının Birleşim Detayı

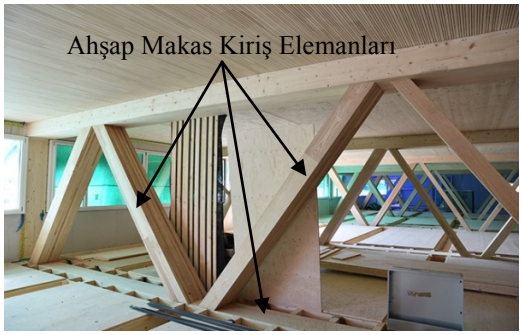
Ek Tablo 2.4.9. Beer Holzbau AG Üretim Binası [267, 268, 269, 270]

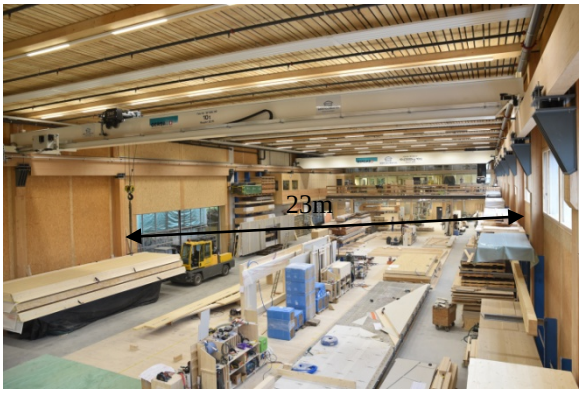
55

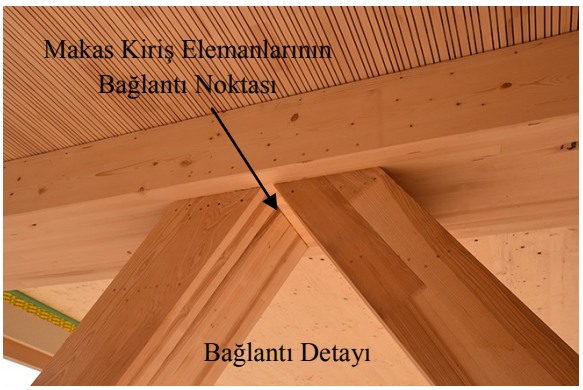
Yapının Adı	: Beer Holzbau AG Üretim Binası
Yapının Mimarı	: Wenger Architekten AG
Strüktür Mühendisi	: Pirmin Jung Ingenieure AG
Yapının Yeri	: Ostermundigen, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2016
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 23 x 63 m; 13,5 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 23 m / 4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Paralel Başlıklı Makas

Ek Tablo 2.4.9. Beer Holzbau AG Üretim Binası (devamı - 1) [267, 268, 269, 270]

Yapı Detayları







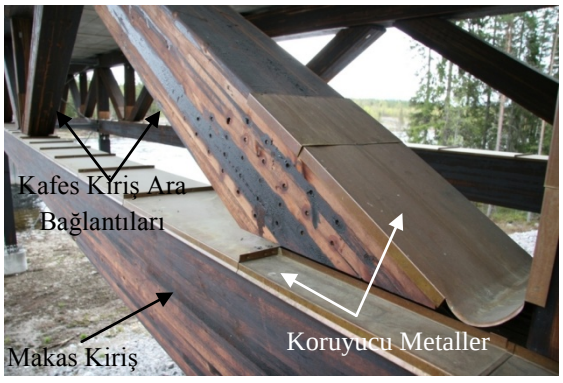
Ek Tablo 2.4.10. Kjøllsæter Köprüsü [174, 271, 272, 273]

56

Yapının Adı	: Kjøllsæter Köprüsü
Yapının Mimarı	: Plan Arkitekter AS
Strüktür Mühendisi	: Sweco Norge AS
Yapının Yeri	: Kjøllsæter, NORVEÇ
Yapım Yılı	: 2006
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 6,3 x 158 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 45 m / 4,2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Karma Makas

Ek Tablo 2.4.10. Kjøllsæter Köprüsü (devamı - 1) [174, 271, 272, 273]

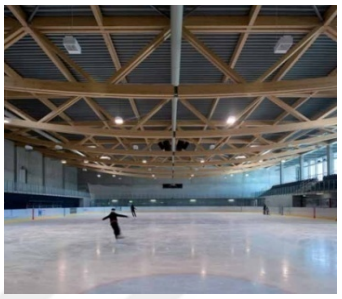
Yapı Detayları



Ek Tablo 2.4.11. Meyrin Buz Pisti [95, 274, 275, 276]

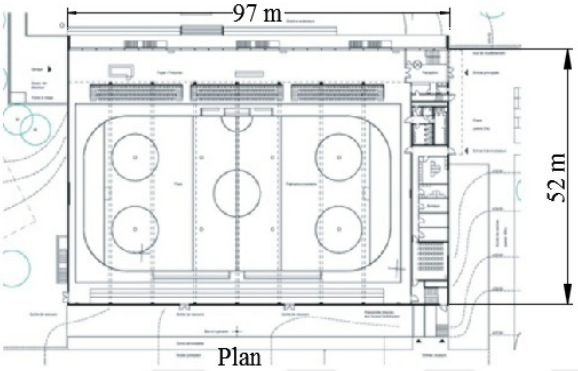
57

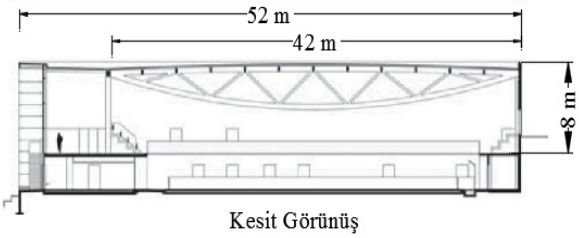
Yapının Adı	: Meyrin Buz Pisti
Yapının Mimarı	: Dolci Architectes
Strüktür Mühendisi	: Perret-Gentil + Rey & Associés SA
Yapının Yeri	: Meyrin, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2008
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 52 x 97 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 42 m / 4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Karma Makas

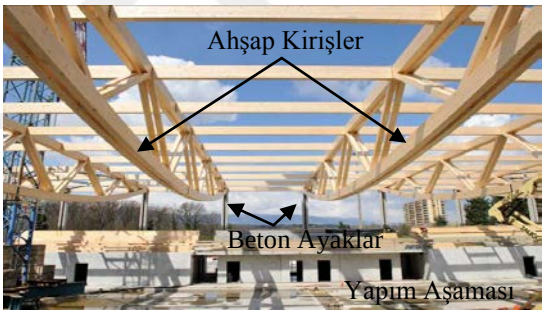


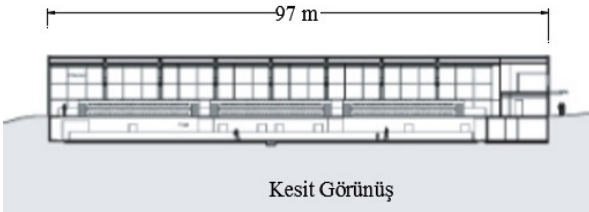
Ek Tablo 2.4.11. Meyrin Buz Pisti (devamı - 1) [95, 274, 275, 276]

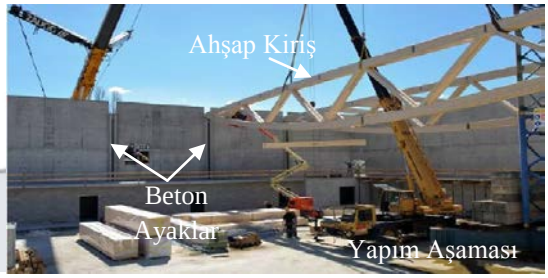
Yapı Detayları

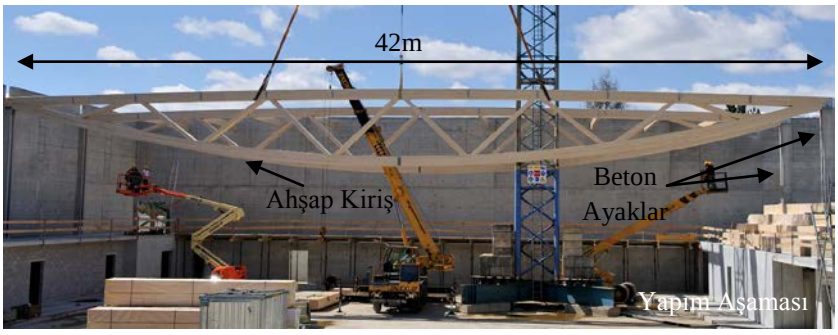












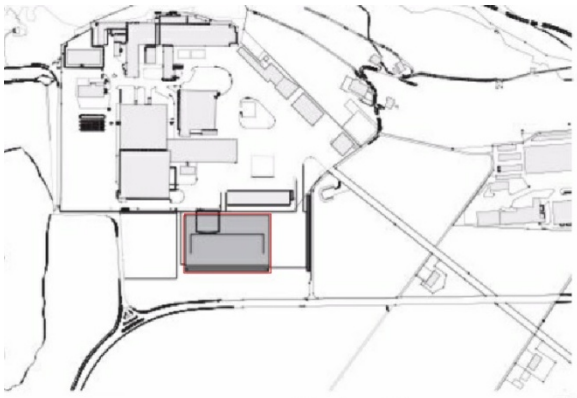
Ek Tablo 2.4.12. Pilatus Havacılık Uçak Montaj Binası [95, 277, 278, 279]

58

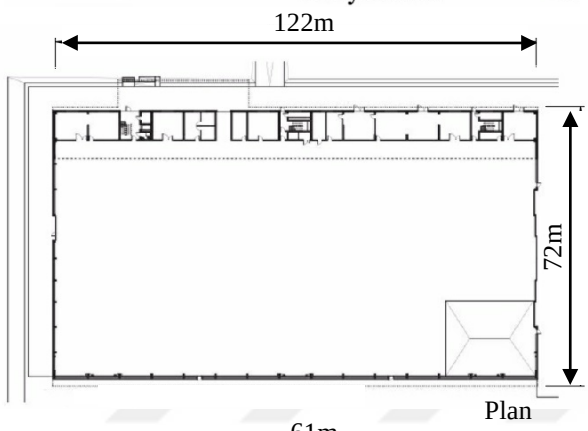
Yapının Adı	: Pilatus Havacılık Uçak Montaj Binası
Yapının Mimarı	: Scheitlin Syfrig Architekten
Strüktür Mühendisi	: Lauber Ingenieure AG
Yapının Yeri	: Stans, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2008
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 72 x 122 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 61 m / 8 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Karma Makas

Ek Tablo 2.4.12. Pilatus Havacılık Uçak Montaj Binası (devamı - 1) [95, 277, 278, 279]

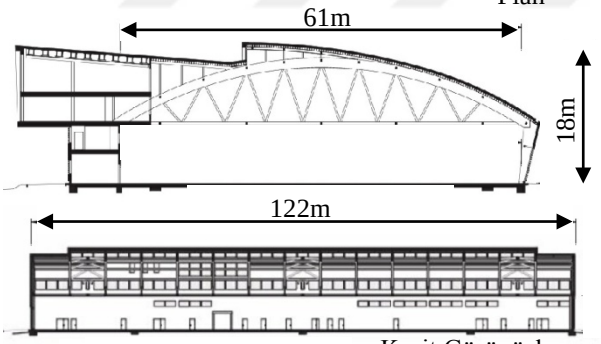
Yapı Detayları



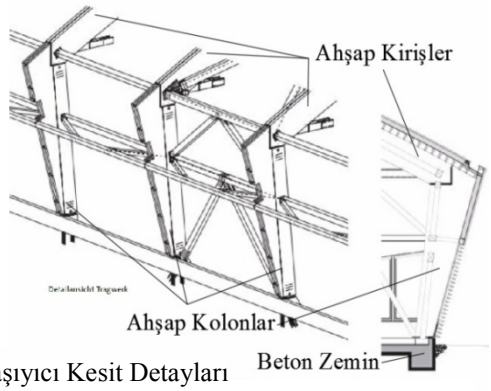
Vaziyet Planı



Plan

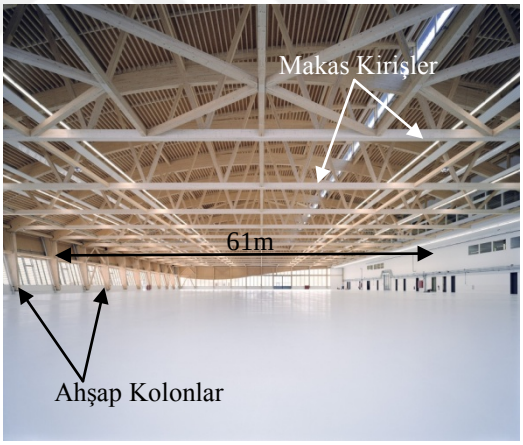


Kesit Görünüşler



Taşıyıcı Kesit Detayları

Üç Boyutlu Model

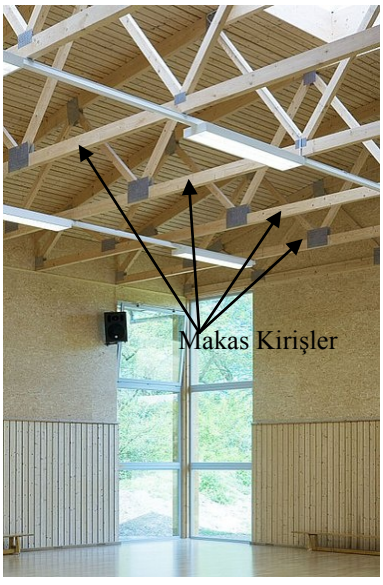


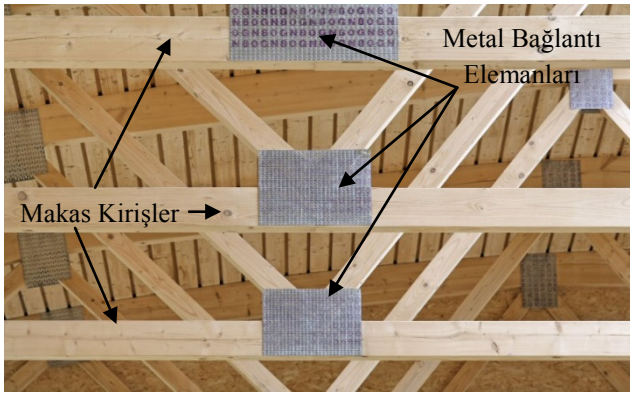
Ek Tablo 2.4.13. TV Oberneuland e. V. Çok Amaçlı Salonu [280, 281]

59

Yapının Adı	: TV Oberneuland e. V. Çok Amaçlı Salonu
Yapının Mimarı	: Planungsgruppe Koch
Strüktür Mühendisi	: Holzbau Cordes GmbH & Co KG
Yapının Yeri	: Bremen, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2006
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 15 x 20,25 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Masif Ahşap
Açıklık / Yükseklik	: 15 m / 1,875 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Karma Makas

Yapı Detayları





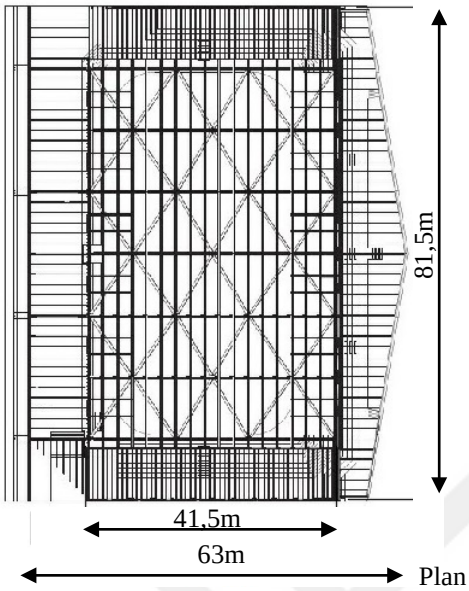
Ek Tablo 2.4.14. Zuchwil Buz Pisti [282, 283, 284]

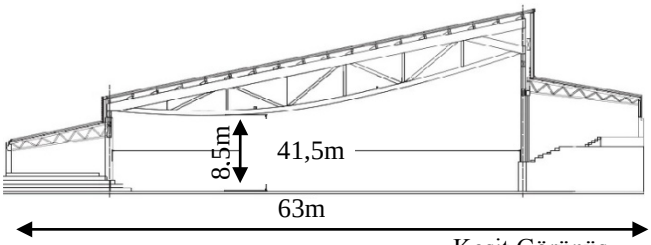
60

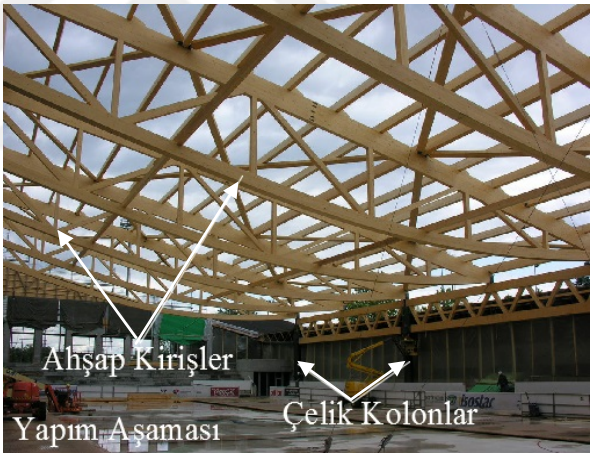
Yapının Adı	: Zuchwil Buz Pisti
Yapının Mimarı	: Zsb Architekten - Heinz Stählin
Strüktür Mühendisi	: Holzing Maeder GmbH, Makiol Wiederkehr AG
Yapının Yeri	: Zuchwil, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2009
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 63 x 81,5 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 41,5 m / 4,9 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Karma Makas

Ek Tablo 2.4.14. Zuchwil Buz Pisti (devamı - 1) [282, 283, 284]

Yapı Detayları

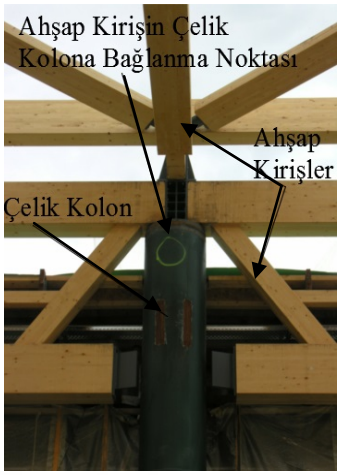


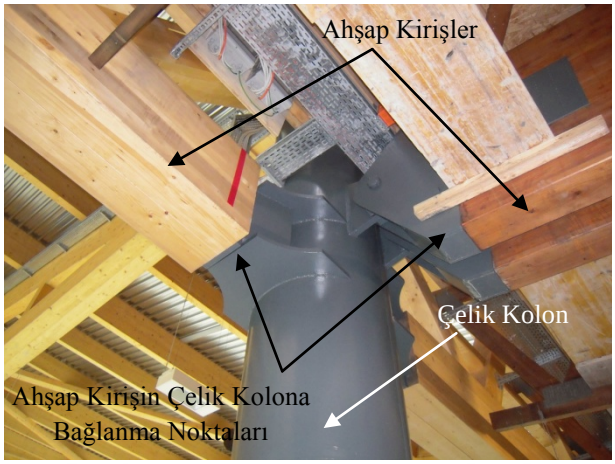


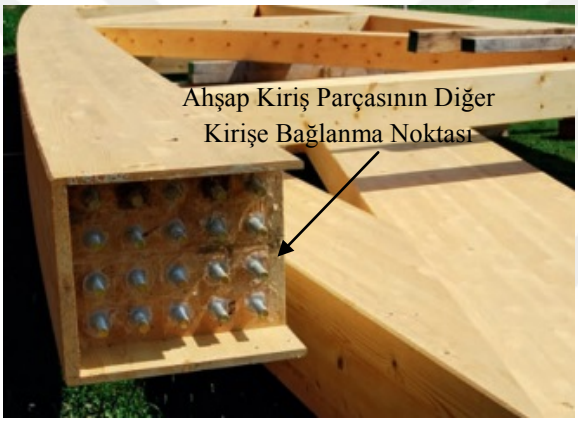


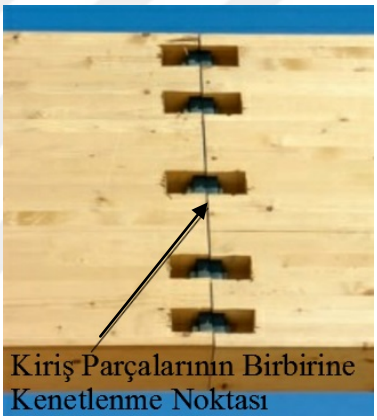
Ek Tablo 2.4.14. Zuchwil Buz Pisti (devamı - 2) [282, 283, 284]

Yapı Detayları







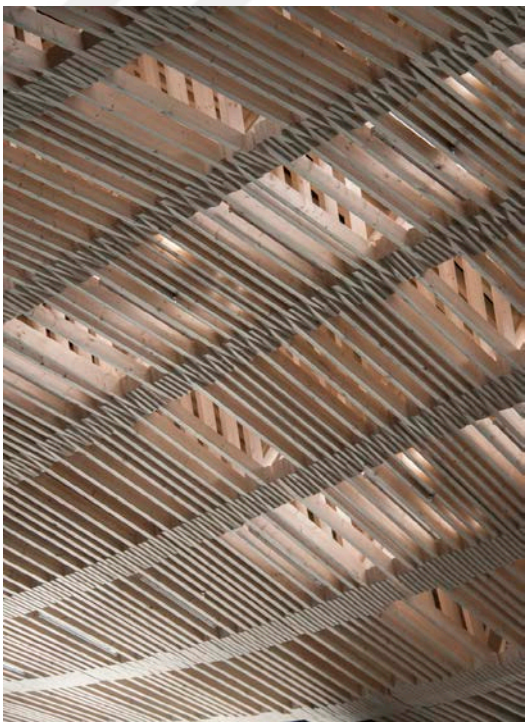


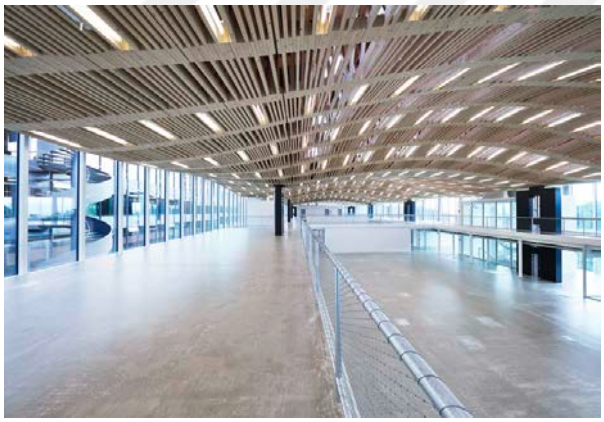
Ahşap Kirişlerin Metal Kolonlara ve
Diğer Kiriş Parçalarına Bağlanmaları

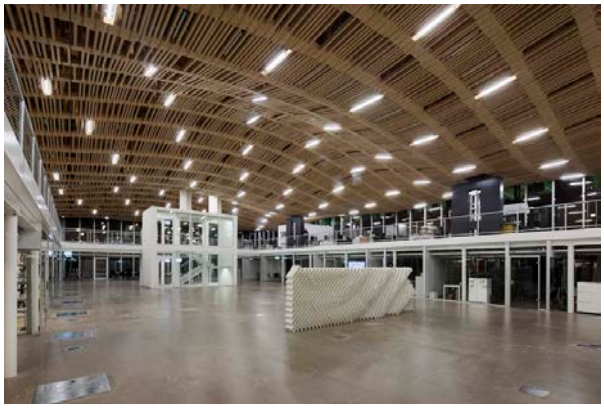
Ek Tablo 2.4.15. ETH Zurich Üniversitesi Arch_Tec_Lab [252, 253, 254, 255, 256, 431]

61

Yapının Adı	: ETH Zurich Üniversitesi Arch_Tec_Lab
Yapının Mimarı	: Aleksandra Anna APOLINARSKA, Selen ERCAN
Strüktür Mühendisi	: Prof. Dr. Josef SCHWARTZ, Prof.Dr.Andrea FRANGI
Yapının Yeri	: Zürih, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2015
Yapının İşlevi	: Eğitim Yapısı
Yapının Boyutları	: Toplamda 2,308 m^2 Bina Alanı
Taşıyıcının Malzemesi	: Masif Ahşap
Açıklık / Yükseklik	: 15 m / 1,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Karma Makas

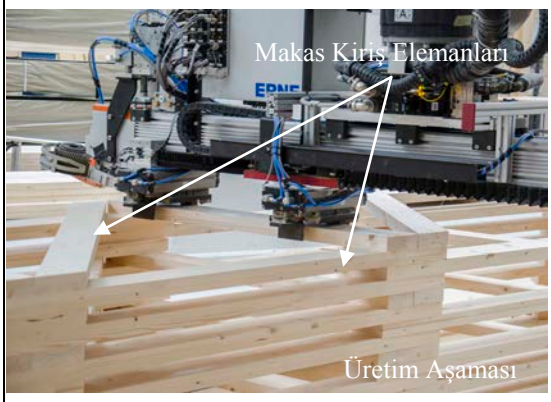


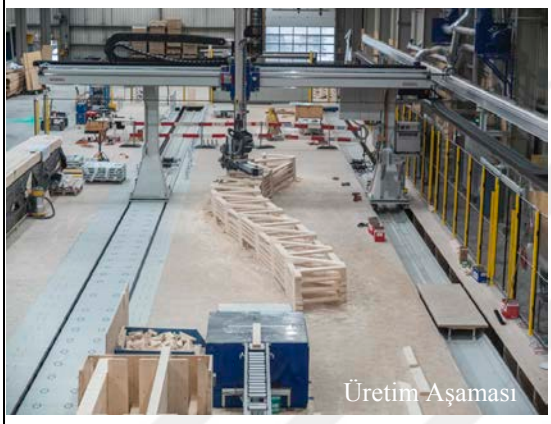




Ek Tablo 2.4.15. ETH Zurich Üniversitesi Arch_Tec_Lab (devamı - 1) [252, 253, 254, 255, 256, 431]

Yapı Detayları



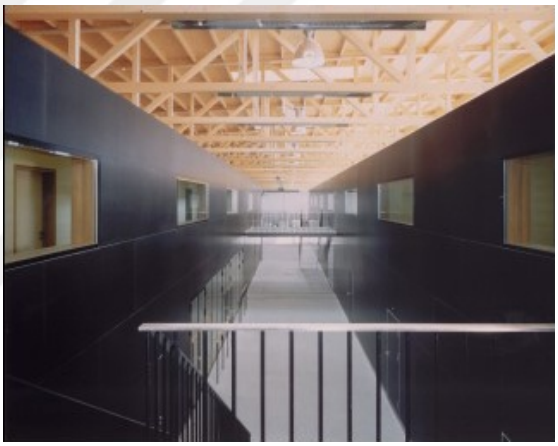


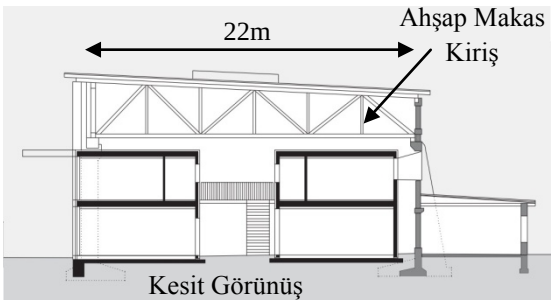
Ek Tablo 2.4.16. Emmen Keşif Uçağı Eğitim Merkezi [95, 285, 286]

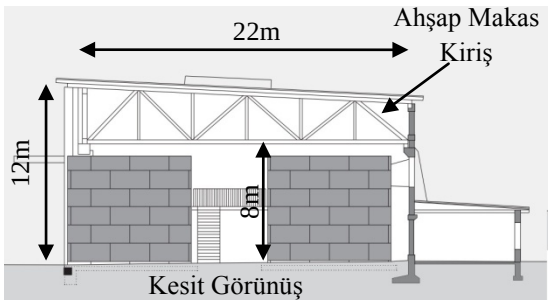
62

Yapının Adı	: Emmen Keşif Uçağı Eğitim Merkezi
Yapının Mimarı	: Rigert + Bisang Architekten AG
Strüktür Mühendisi	: Merz Kley Partner AG
Yapının Yeri	: Emmen, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2000
Yapının İşlevi	: Eğitim Yapısı
Yapının Boyutları	: Toplamda 2500 m² Bina Alanı
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 22 m / 2,9 – 3,9 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Trapez Makas

Yapı Detayları







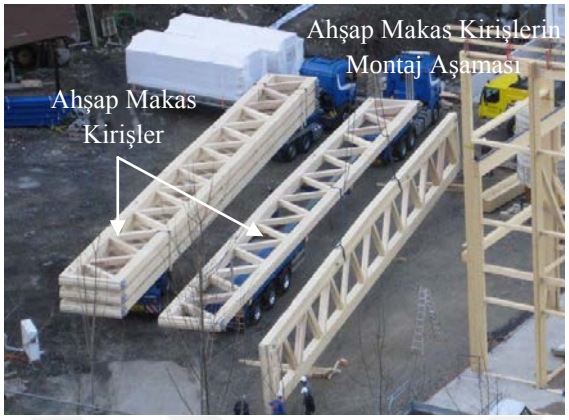
Ek Tablo 2.4.17. Herger Klimaholzbau GmbH Doğrama Atölyesi [287, 288]

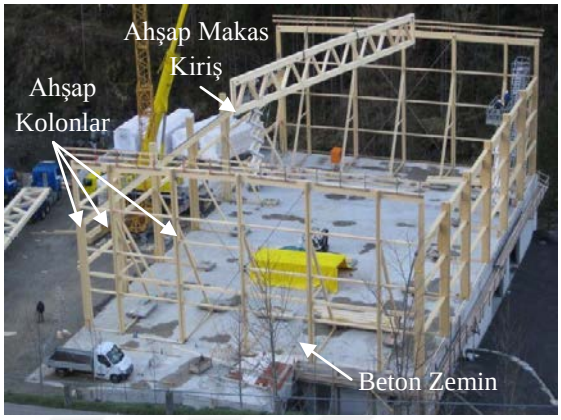
63

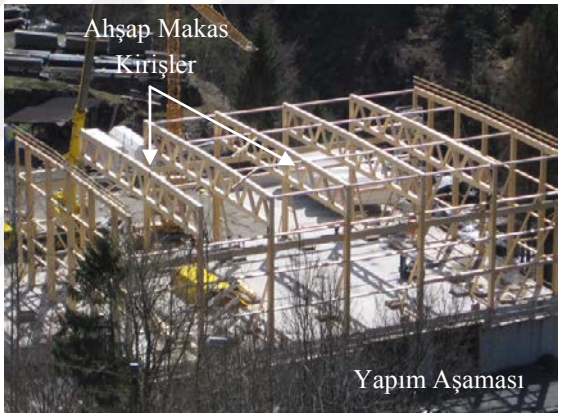
Yapının Adı	: Herger Klimaholzbau GmbH Doğrama Atölyesi
Yapının Mimarı	: Architekt Inhaber Daniel Gisler
Strüktür Mühendisi	: Zwyssig Arthur Ingenieurbüro AG
Yapının Yeri	: Spiringen, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 28 x 44 m; 13 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 28 m / 3 – 3,3 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Trapez Makas

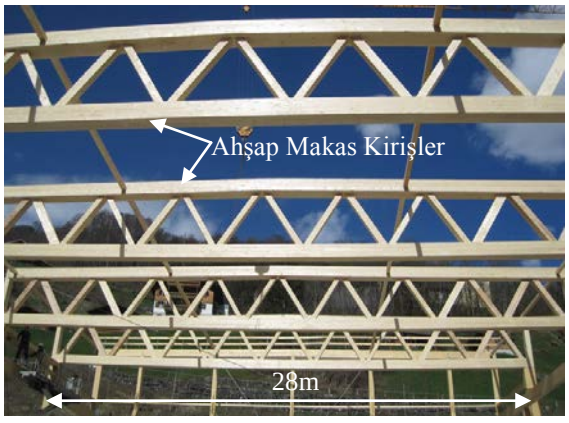
Ek Tablo 2.4.17. Herger Klimaholzbau GmbH Doğrama Atölyesi (devamı - 1) [287, 288]

Yapı Detayları





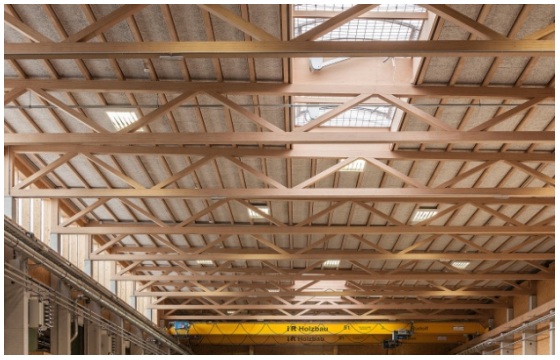




Ek Tablo 2.4.18. i+R GmbH Binası [289, 290, 291, 292]

64

Yapının Adı	: i+R GmbH Binası
Yapının Mimarı	: Architekt Christian Mörschel
Strüktür Mühendisi	: Ing. Ingo Feichter
Yapının Yeri	: Lauterach, AVUSTURYA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 17,3 x 95 m; 11,7m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: LVL
Açıklık / Yükseklik	: 17,3 m / 1 – 1,4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Trapez Makas



Ek Tablo 2.4.18. i+R GmbH Binası (devamı - 1) [289, 290, 291, 292]

Yapı Detayları

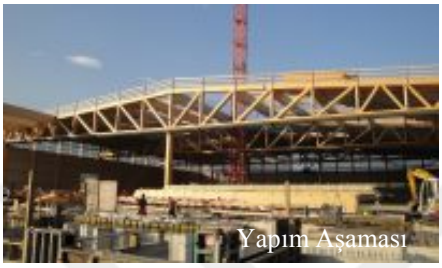
Ek Tablo 2.4.19. Strüby Holzbau AG Üretim Binası [293, 294, 295]

65

Yapının Adı	: Strüby Holzbau AG Üretim Binası
Yapının Mimarı	: Strüby Konzept AG
Strüktür Mühendisi	: Ingenieur Planung AG
Yapının Yeri	: Root, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2012
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 76,5 x 95,5 m; 15 m(yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 47,5 m / 2,75 – 5,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Trapez Makas

Ek Tablo 2.4.19. Strüby Holzbau AG Üretim Binası (devamı - 1) [293, 294, 295]

Yapı Detayları



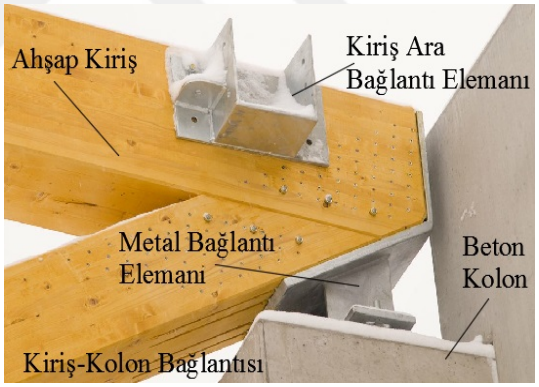
Ek Tablo 2.4.20. VS Jedenáctka Spor Kompleksi [296, 297, 298]

66

Yapının Adı	: VS Jedenáctka Spor Kompleksi
Yapının Mimarı	: AED project , Atelier 8000
Strüktür Mühendisi	: Taros Nova
Yapının Yeri	: Prag, ÇEKYA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 37,6 x 63,6 m; 10,6 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 36,7 m / 2,5 – 3,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Trapez Makas

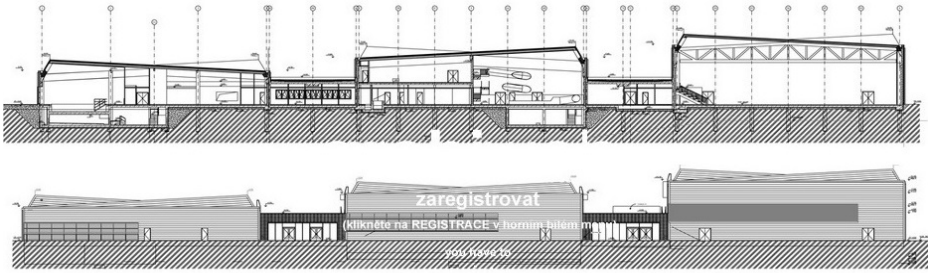
Ek Tablo 2.4.20. VS Jedenáctka Spor Kompleksi (devamı - 1) [296, 297, 298]

Yapı Detayları

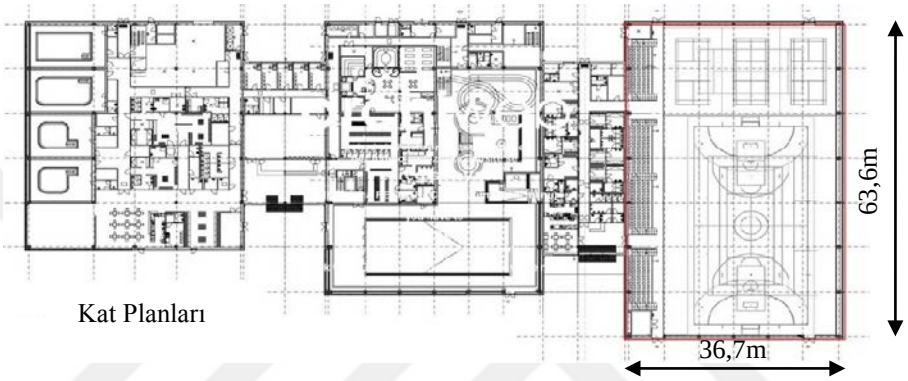


Ek Tablo 2.4.20. VS Jedenáctka Spor Kompleksi (devamı - 2) [296, 297, 298]

Yapı Detayları

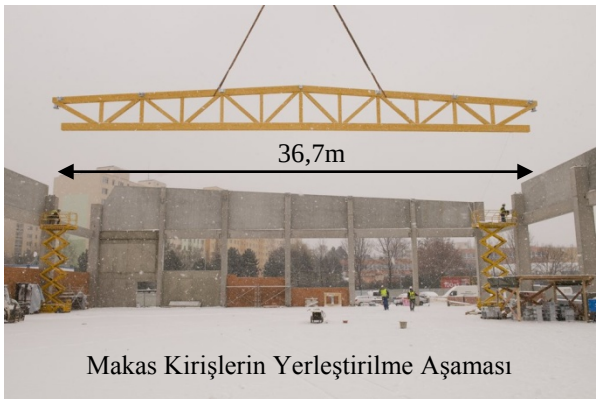


Kesitler ve Görünüşler



Kat Planları

Vaziyet Planı



Makas Kirişlerin Yerleştirilme Aşaması

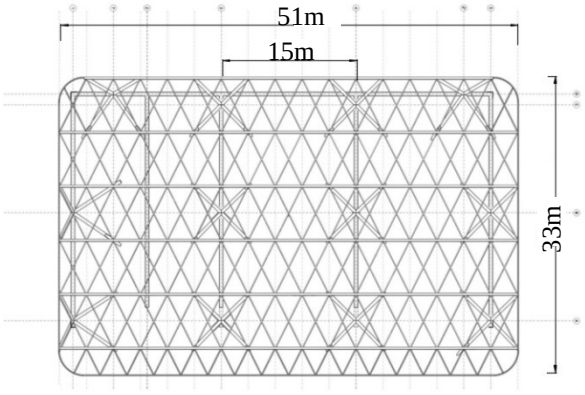
Ek Tablo 2.5.1. Balkendwarsweg Karayolu Destek Merkezi Tuz Deposu [299, 300, 301, 302]

67

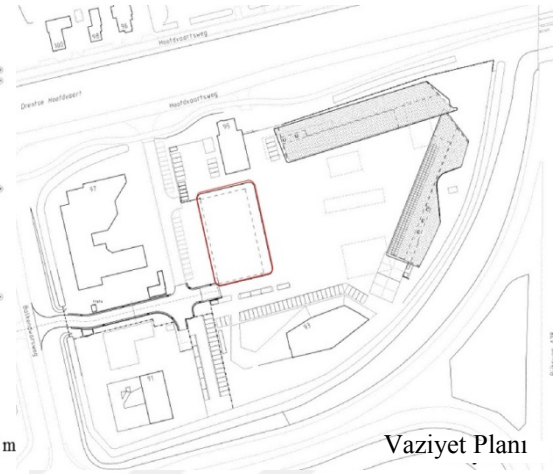
Yapının Adı	: Balkendwarsweg Karayolu Destek Merkezi Tuz Deposu
Yapının Mimarı	: Boris Zeisser, Maartje Lammers, Fieke Poelman
Strüktür Mühendisi	: Pieters Bouwtechniek
Yapının Yeri	: Balkendwarsweg, HOLLANDA
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 33 x 51 m; 8,26 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 15 m / 0,9 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: 60°'lik Kirişli Döşeme

Ek Tablo 2.5.1. Balkendwarsweg Karayolu Destek Merkezi Tuz Deposu (devamı - 1) [299, 300, 301, 302]

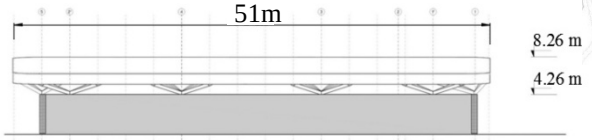
Yapı Detayları



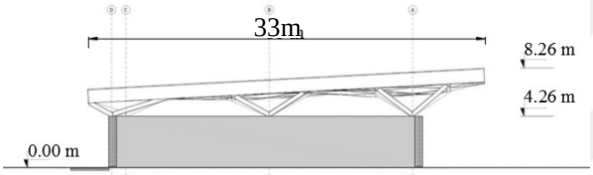
Plan



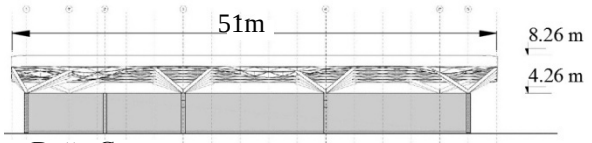
Vaziyet Planı



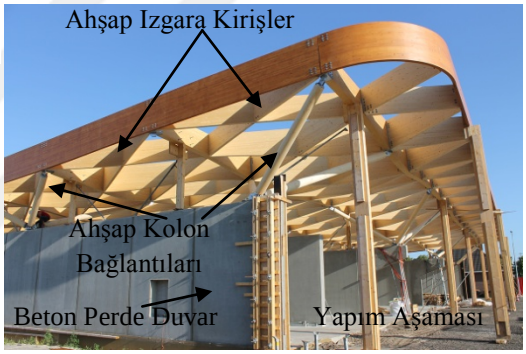
Batı Görünüşü

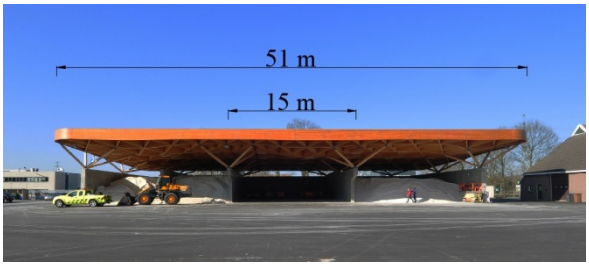


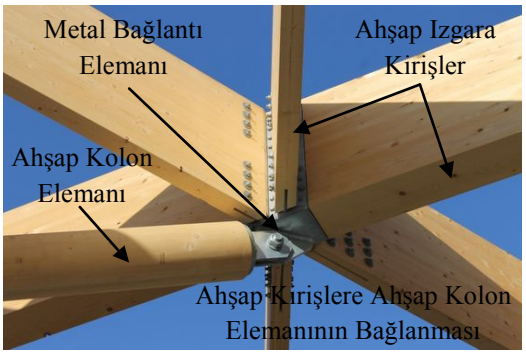
Güney Görünüşü

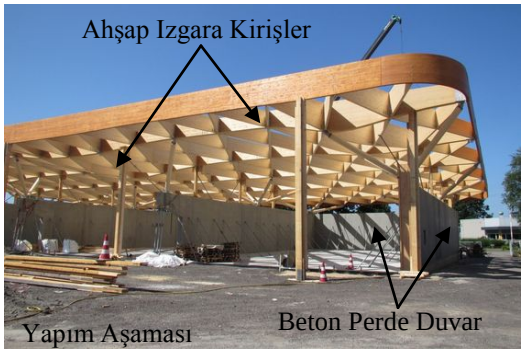


Doğu Görünüşü





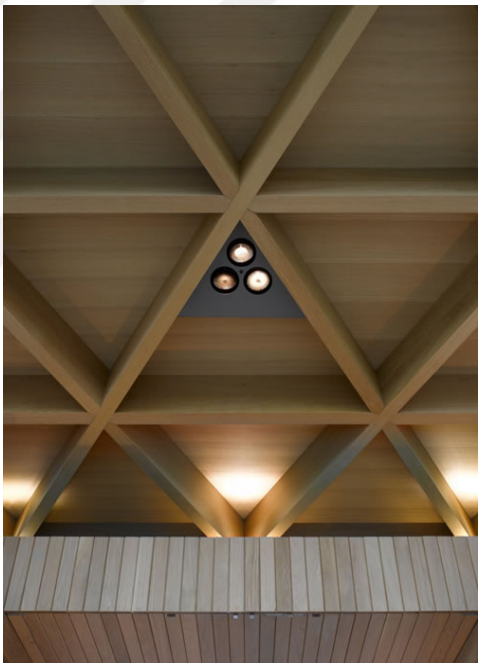




Ek Tablo 2.5.2. Windmill Hill Çalışma Salonu ve Arşivi [303, 304, 305, 306]

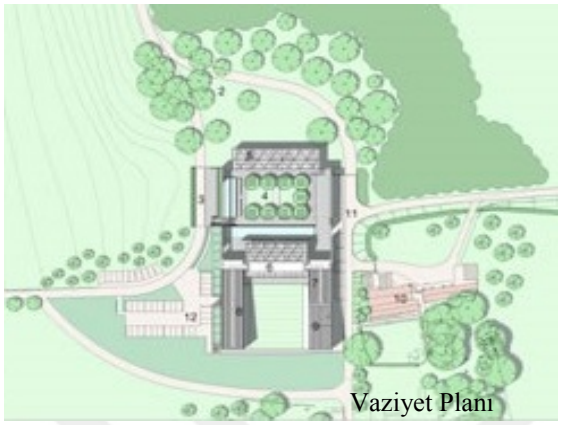
68

Yapının Adı	: Windmill Hill Çalışma Salonu ve Arşivi
Yapının Mimarı	: Stephen Marshall Architects
Strüktür Mühendisi	: Thornton Tomasetti
Yapının Yeri	: Buckinghamshire, İNGİLTERE
Yapım Yılı	: 2012
Yapının İşlevi	: Eğitim Yapısı
Yapının Boyutları	: 13 x 25 m; 6 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 25 m / 0,3 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: 60°'lik Kirişli Döşeme

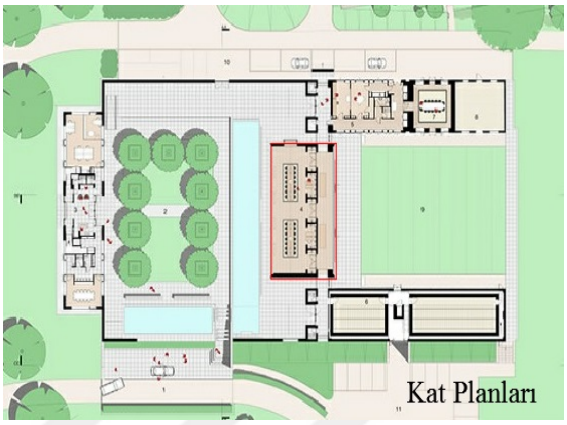


Ek Tablo 2.5.2. Windmill Hill Çalışma Salonu ve Arşivi (devamı - 1) [303, 304, 305, 306]

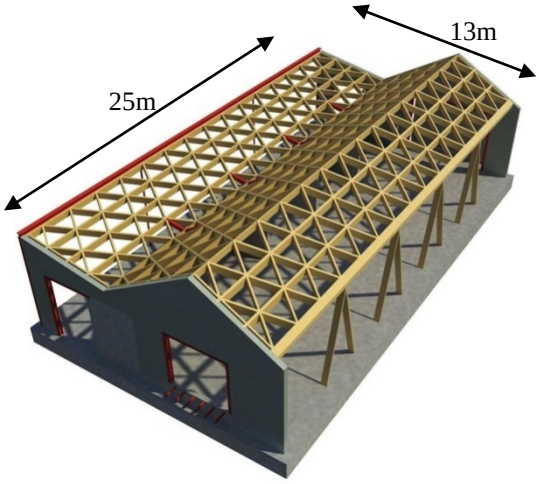
Yapı Detayları



Vaziyet Planı

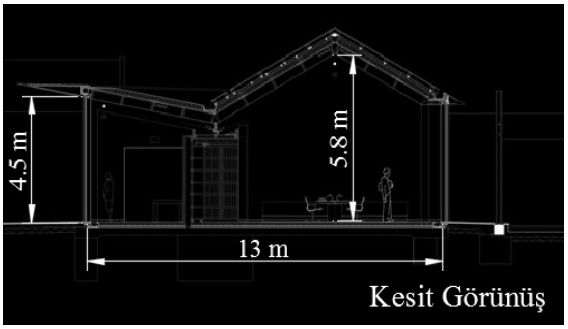


Kat Planları

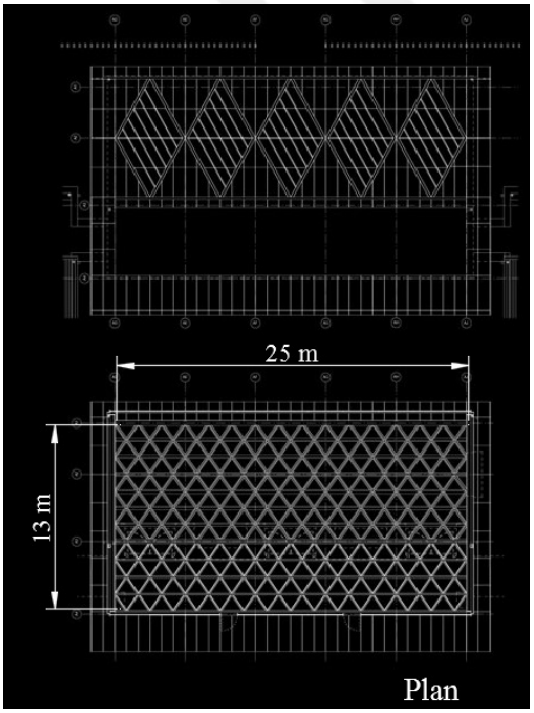


Taşıyıcı Sistem Gösterimi

Görünüş



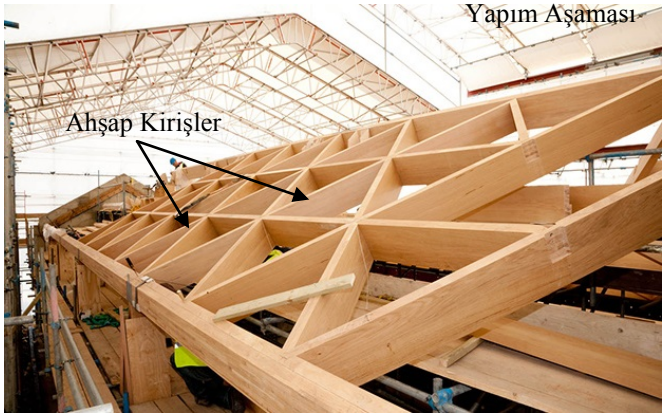
Kesit Görünüş

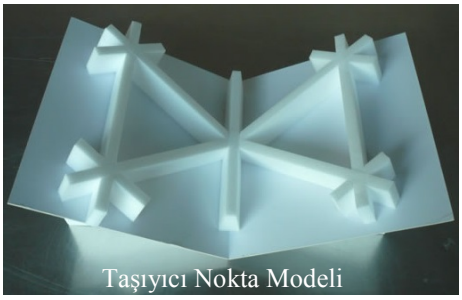


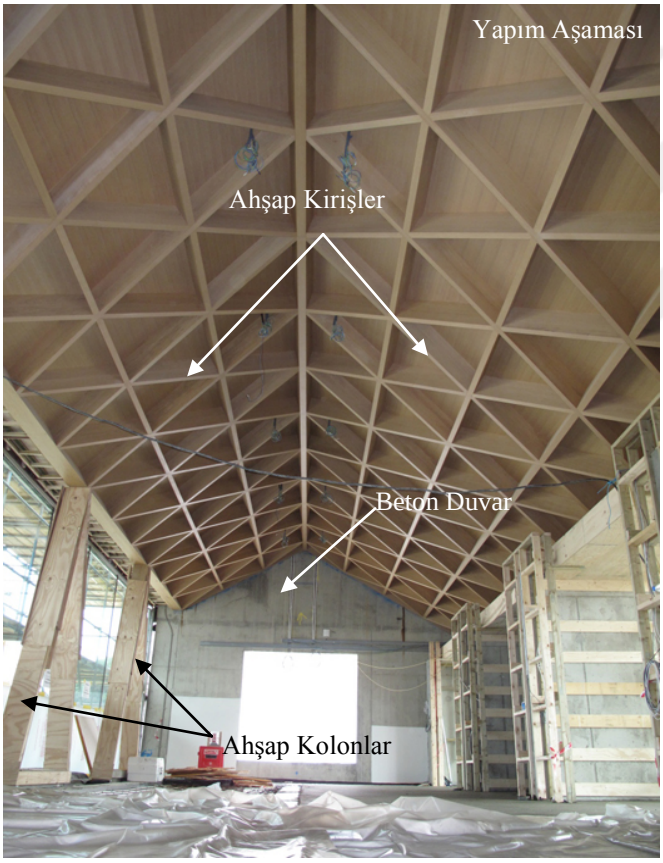
Plan

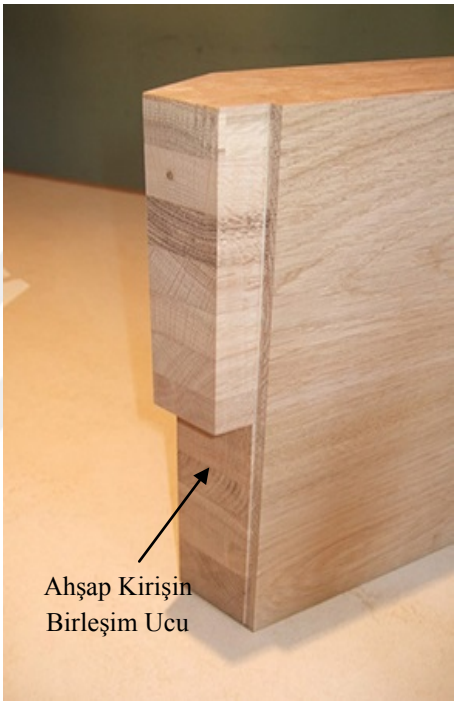
Ek Tablo 2.5.2.Windmill Hill Çalışma Salonu ve Arşivi (devamı - 2) [303, 304, 305, 306]

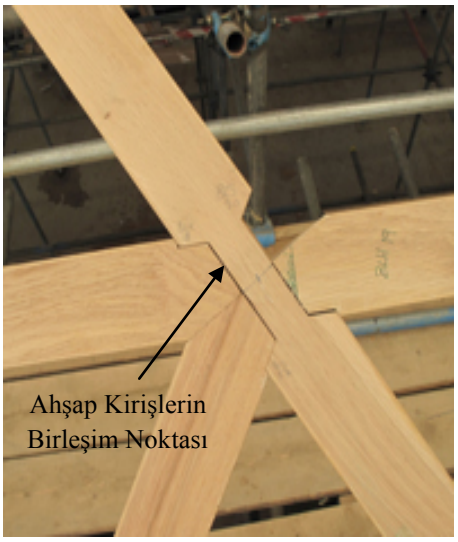
Yapı Detayları











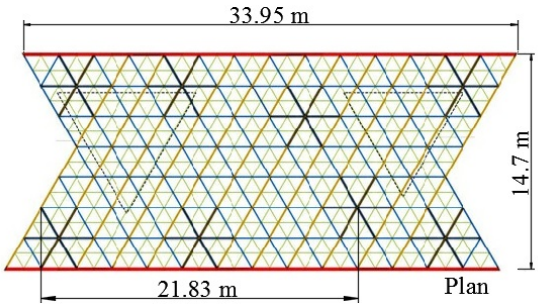
Ek Tablo 2.5.3. World Design Capital Helsinki 2012 Buluşması Pavyonu [307, 308, 309, 310]

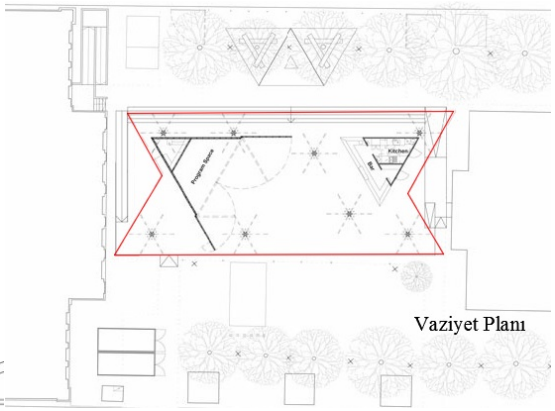
69

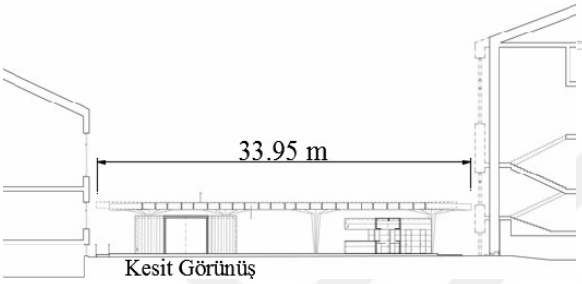
Yapının Adı	: World Design Capital Helsinki 2012 Buluşması Pavyonu
Yapının Mimarı	: Aalto Üniversitesi Mimarlık ve Ahşap Dizaynı Departmanı
Strüktür Mühendisi	: Aalto Üniversitesi Mimarlık ve Ahşap Dizaynı Departmanı
Yapının Yeri	: Helsinki,FİNLANDİYA
Yapım Yılı	: 2012
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 14,7 x 33,95 m; 4,4 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 21,83 m / 0,65 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: 60°'lik Kirişli Döşeme

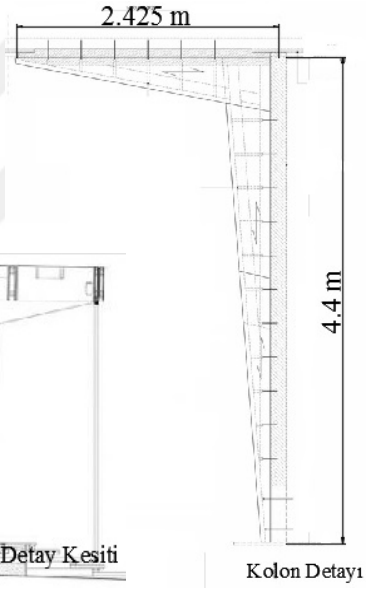
Ek Tablo 2.5.3. World Design Capital Helsinki 2012 Buluşması Pavyonu (devamı - 1) [307, 308, 309, 310]

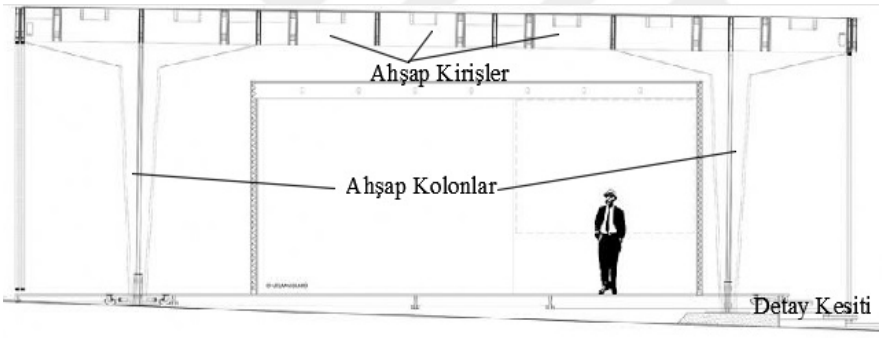
Yapı Detayları

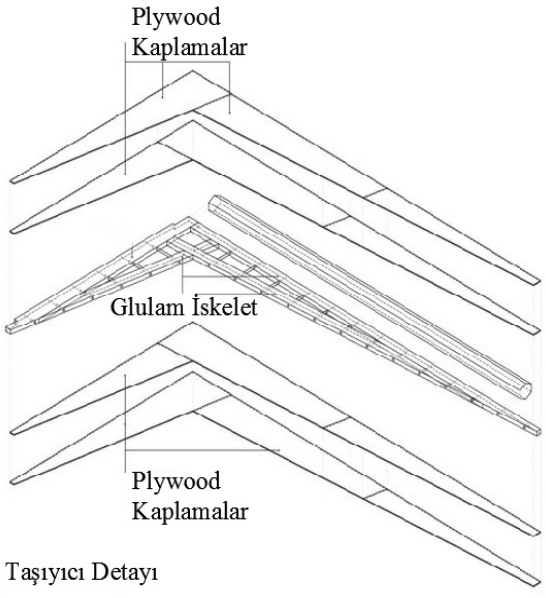


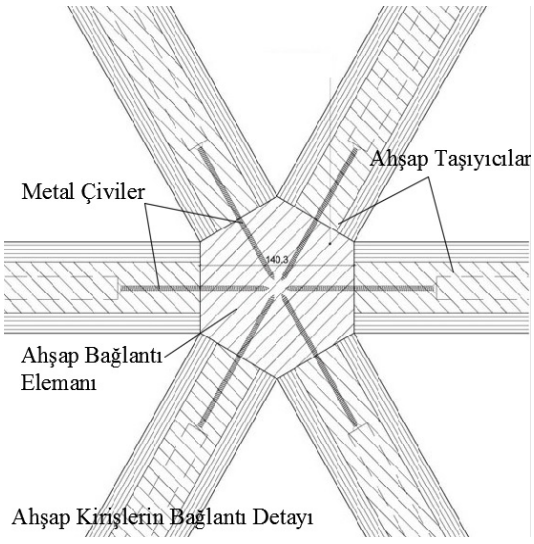






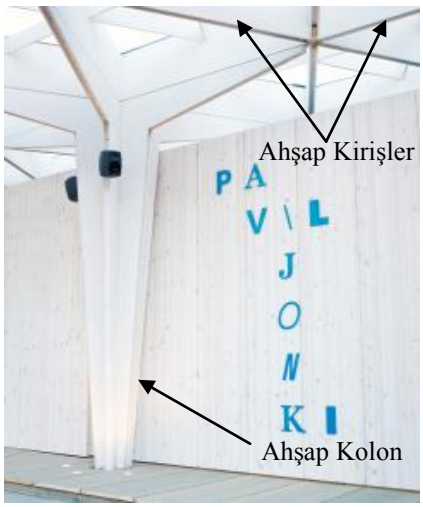


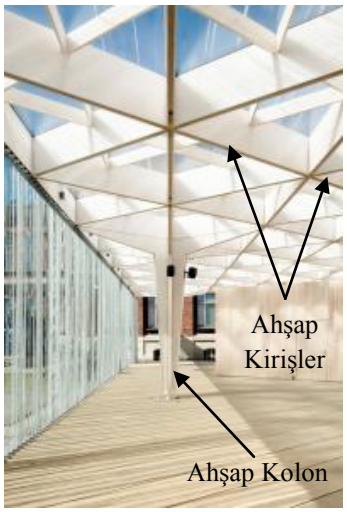


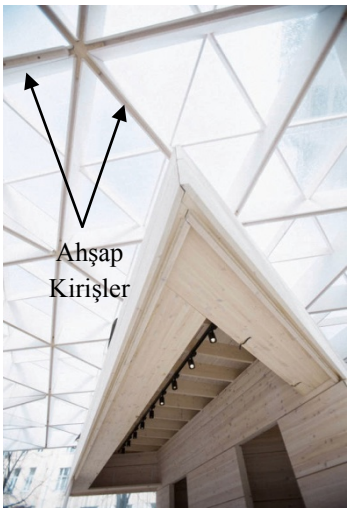


Ek Tablo 2.5.3. World Design Capital Helsinki 2012 Buluşması Pavyonu (devamı - 2) [307, 308, 309, 310]

Yapı Detayları







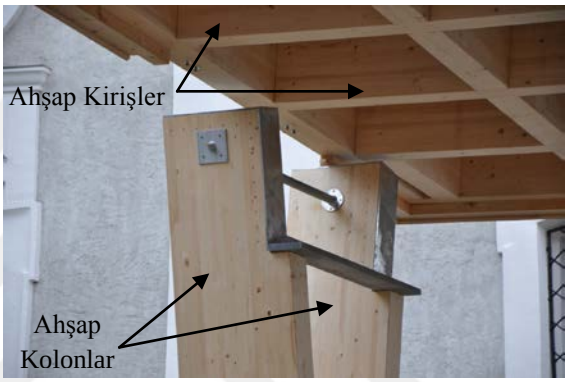
Ek Tablo 2.5.4. Luzern Tiyatrosu Box Pavyonu [311, 312, 313, 428, 429]

70

Yapının Adı	: Luzern Tiyatrosu Box Pavyonu
Yapının Mimarı	: TGS Architekten AG
Strüktür Mühendisi	: Ingenieurbüro P. Jung
Yapının Yeri	: Luzern, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2016
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 18,3 x13,8 m; 5 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 18,3 m / 0,75 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: 90°'lik Kirişli Döşeme

Ek Tablo 2.5.4. Luzern Tiyatrosu Box Pavyonu (devamı - 1) [311, 312, 313, 428, 429]

Yapı Detayları

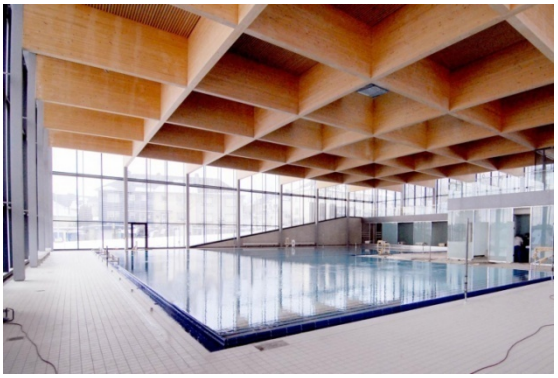


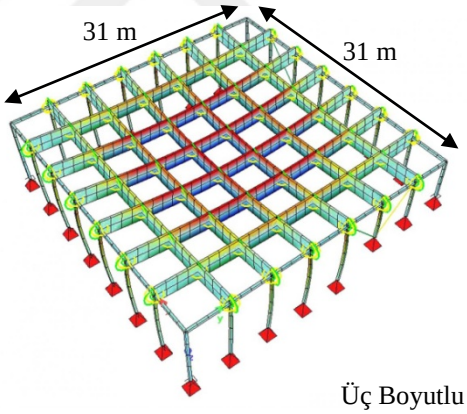
Ek Tablo 2.5.5. Belair Spor Merkezi [314, 315]

71

Yapının Adı	: Belair Spor Merkezi
Yapının Mimarı	: Auer Weber Architekten
Strüktür Mühendisi	: TR Engineering SA
Yapının Yeri	: Lüksemburg, LÜKSEMBURG
Yapım Yılı	: 2010
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 31 x 31 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 31 m / 1,6 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: 90°'lik Kirişli Döşeme

Yapı Detayları



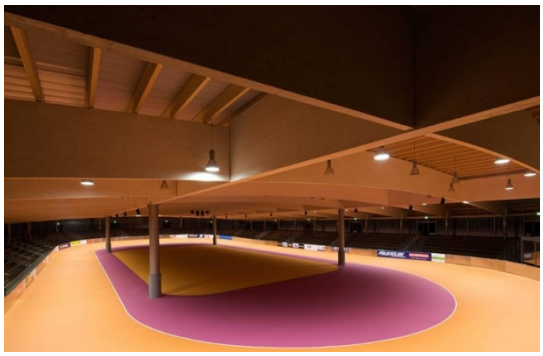


Üç Boyutlu
Taşıyıcı Modeli

Ek Tablo 2.5.6. Arena Geisingen Paten Salonu [316, 317, 318, 319]

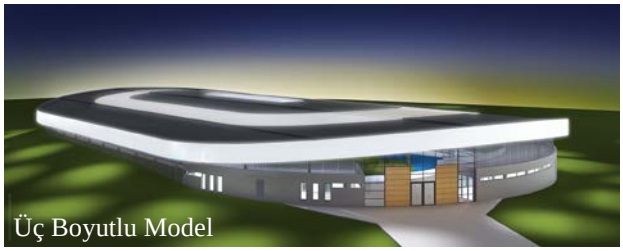
72

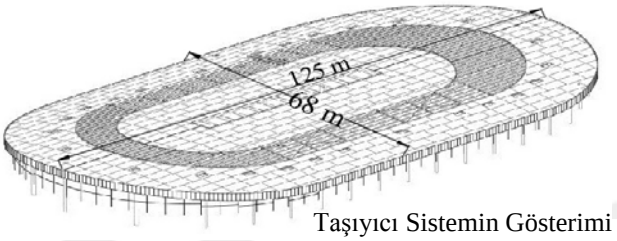
Yapının Adı	: Arena Geisingen Paten Salonu
Yapının Mimarı	: SYRA_Schoyerer Architekten
Strüktür Mühendisi	: Wiehag GmbH
Yapının Yeri	: Geisingen, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2009
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 68 x 125 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 52,5 m / 1,875 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: 90°'lik Kirişli Döşeme



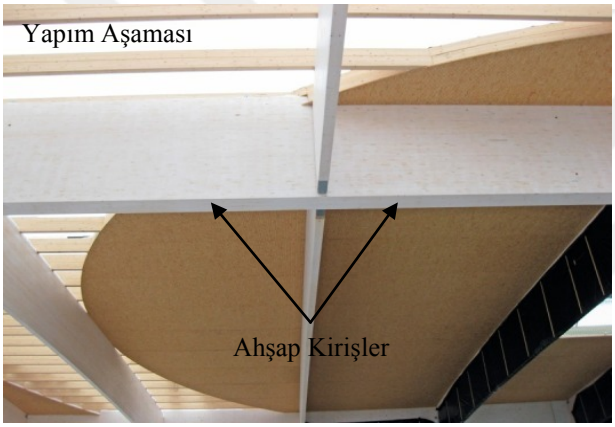
Ek Tablo 2.5.6. Arena Geisingen Paten Salonu (devamı - 1) [316, 317, 318, 319]

Yapı Detayları





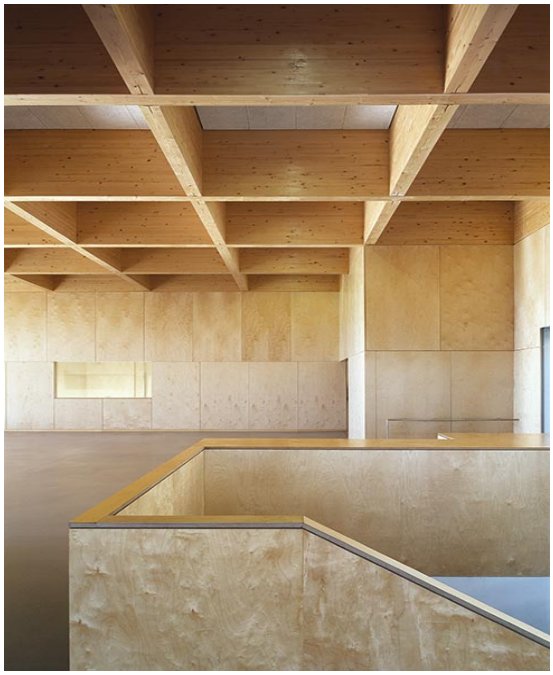
Taşıyıcı Sistemin Gösterimi



Ek Tablo 2.5.7. Villaz - St. Pierre Çok Amaçlı Spor Salonu [95, 320]

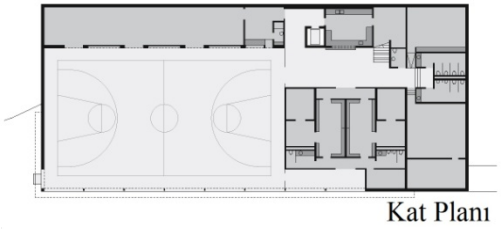
73

Yapının Adı	: Villaz –St. Pierre Çok Amaçlı Spor Salonu
Yapının Mimarı	: Graeme Mann, Patricia Capua Mann
Strüktür Mühendisi	: Boss et associés SA
Yapının Yeri	: Villaz - St. Pierre, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2002
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 20,05 x 44,1 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 29,4 m / 2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: 90°'lik Kirişli Döşeme

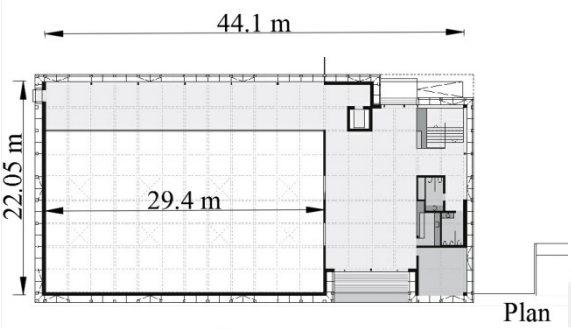


Ek Tablo 2.5.7. Villaz –St. Pierre Çok Amaçlı Spor Salonu (devamı - 1) [95, 320]

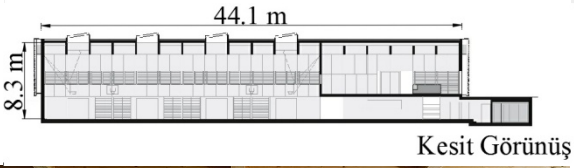
Yapı Detayları



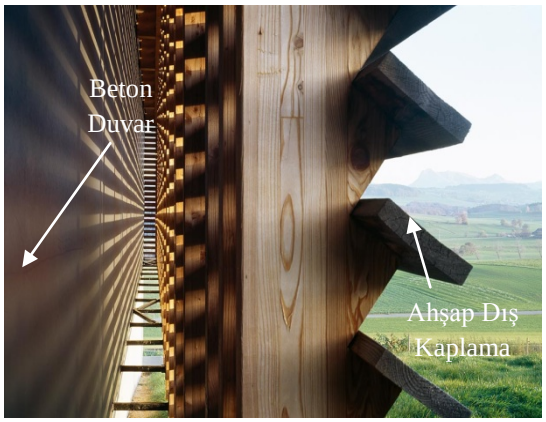
Kat Planı

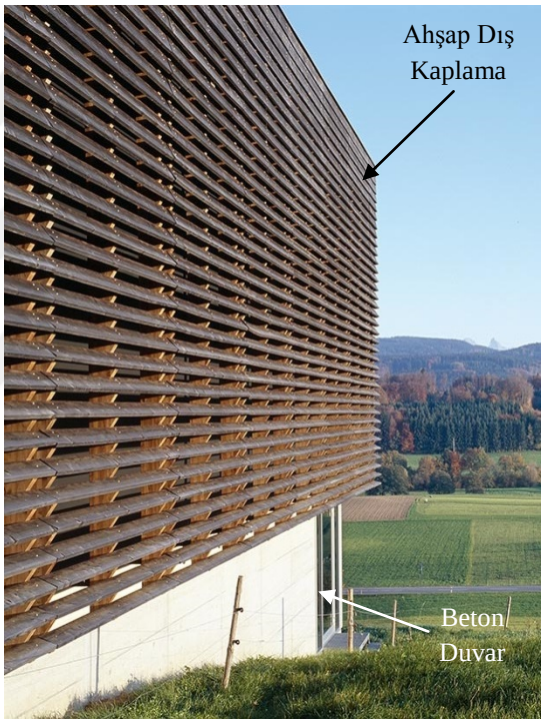


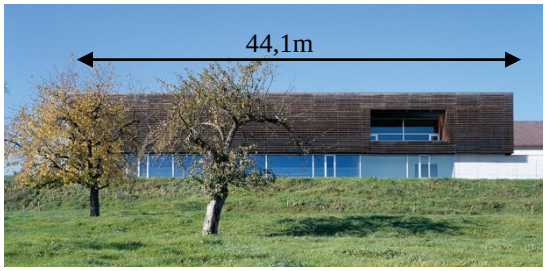
Plan



Kesit Görünüş



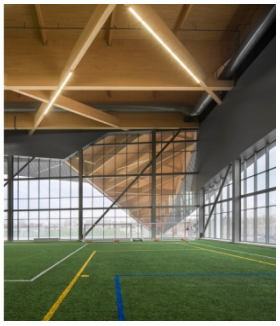




Ek Tablo 2.5.8. Montréal Futbol Stadyumu [321, 420, 421]

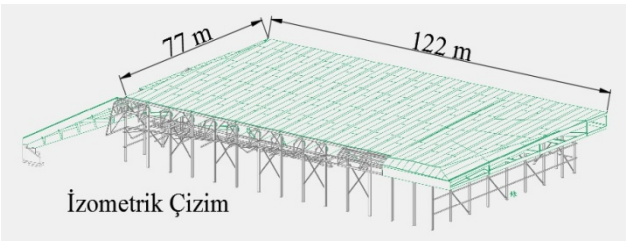
74

Yapının Adı	: Montréal Futbol Stadyumu
Yapının Mimarı	: Saucier + Perrotte, Hughes Condon Marler Architects (HCMA)
Strüktür Mühendisi	: NCK Inc.
Yapının Yeri	: Montréal, KANADA
Yapım Yılı	: 2015
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 122 x 77 m; 18 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: CLT - Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 67 m / 4,1 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: 90°'lik Kirişli Döşeme

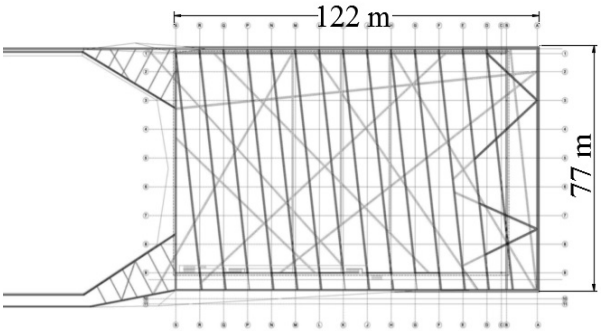


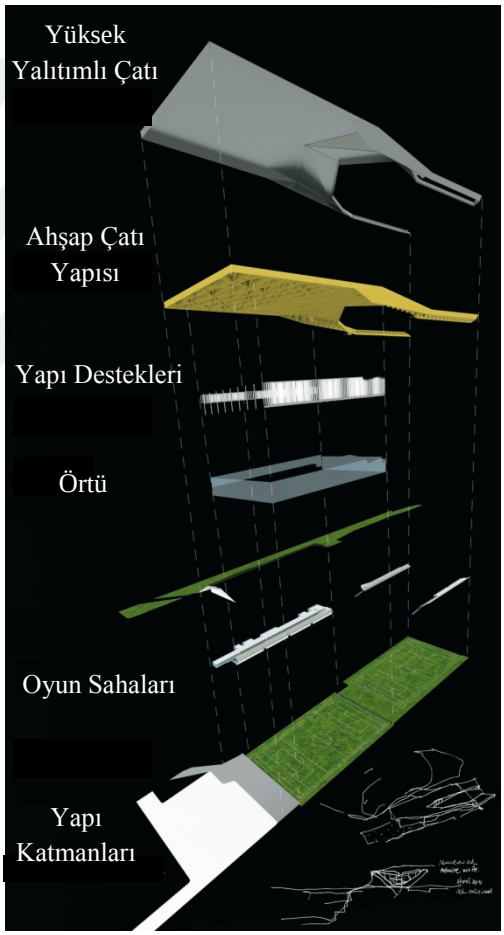
Ek Tablo 2.5.8. Montréal Futbol Stadyumu (devamı - 1) [321, 420, 421]

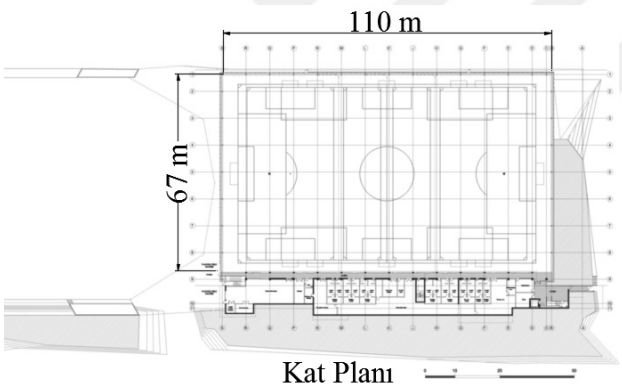
Yapı Detayları

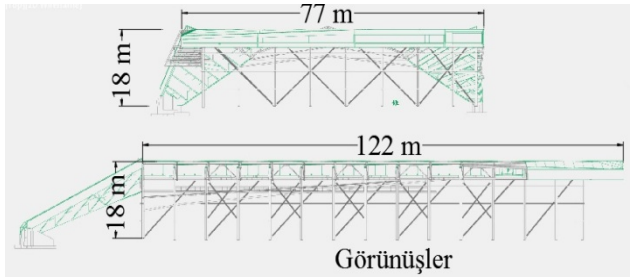


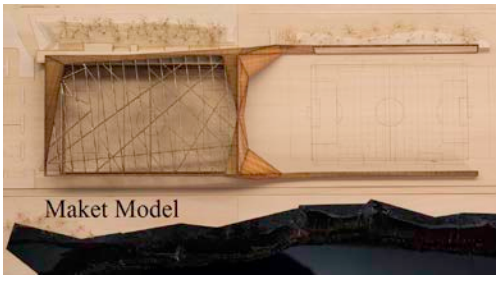
Vaziyet Planı





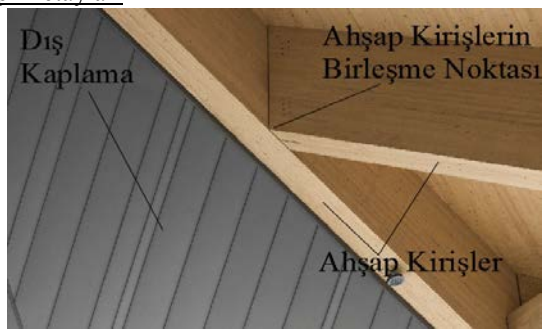


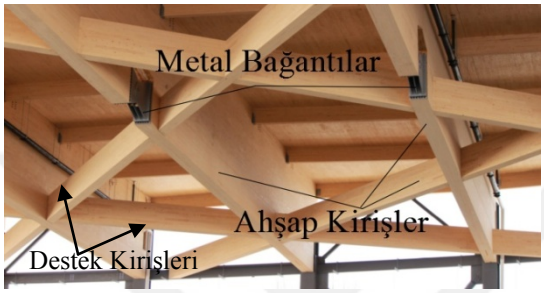


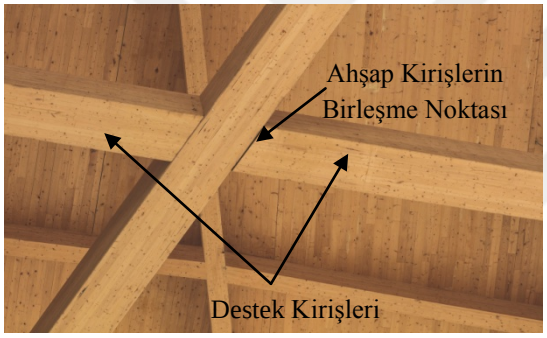


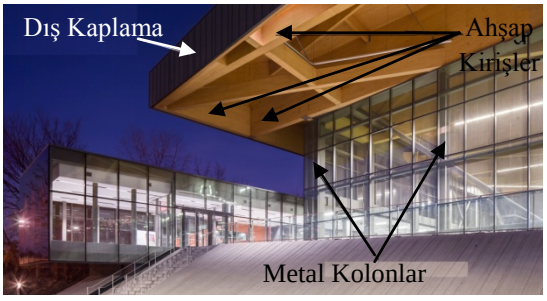
Ek Tablo 2.5.8. Montréal Futbol Stadyumu (devamı - 2) [321, 420, 421]

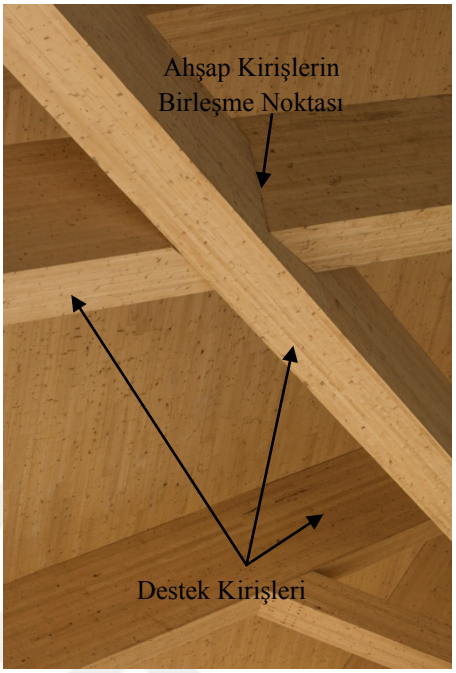
Yapı Detayları

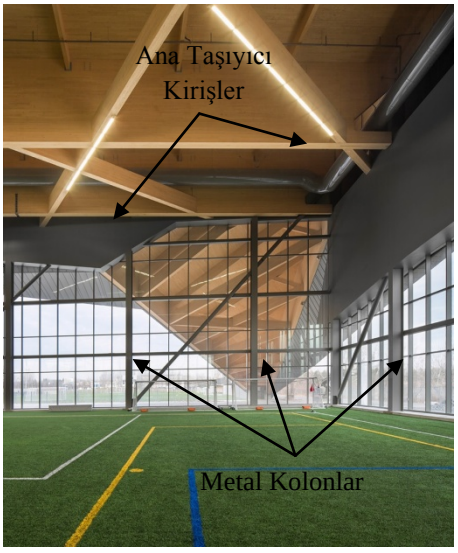










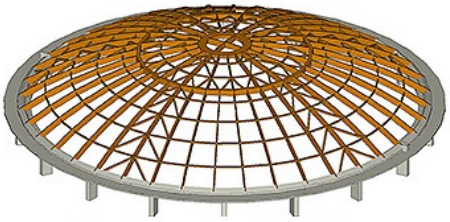


Ek Tablo 2.6.1. Budapeşte Aquaworld Havuzu [322, 323, 324, 325]

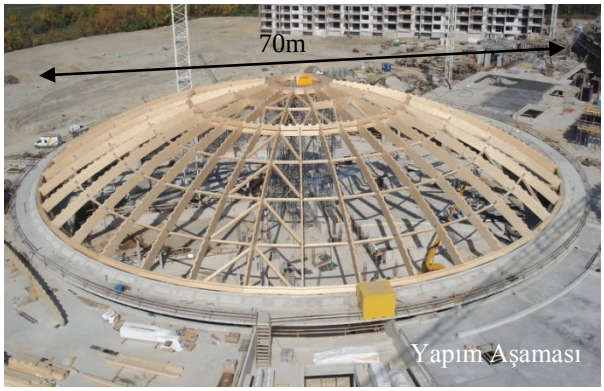
75

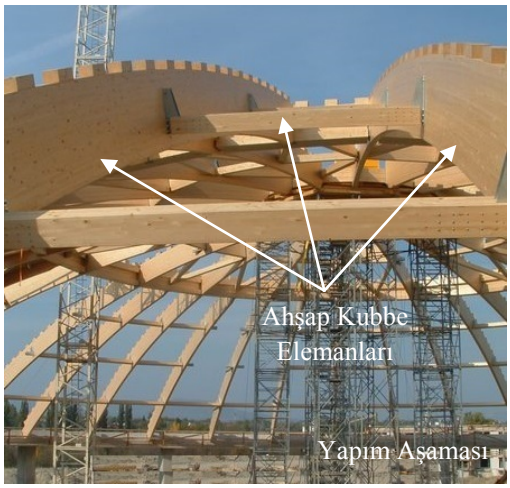
Yapının Adı	: Budapeşte Aquaworld Havuzu
Yapının Mimarı	: Ráth András
Strüktür Mühendisi	: Trombitás és Zoltai Mérnökiroda Kft.
Yapının Yeri	: Budapeşte, MACARİSTAN
Yapım Yılı	: 2007
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 70 m (çap); 20 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 70 m / 1,45 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Radyal Kubbe

Yapı Detayları



Üç Boyutlu Model





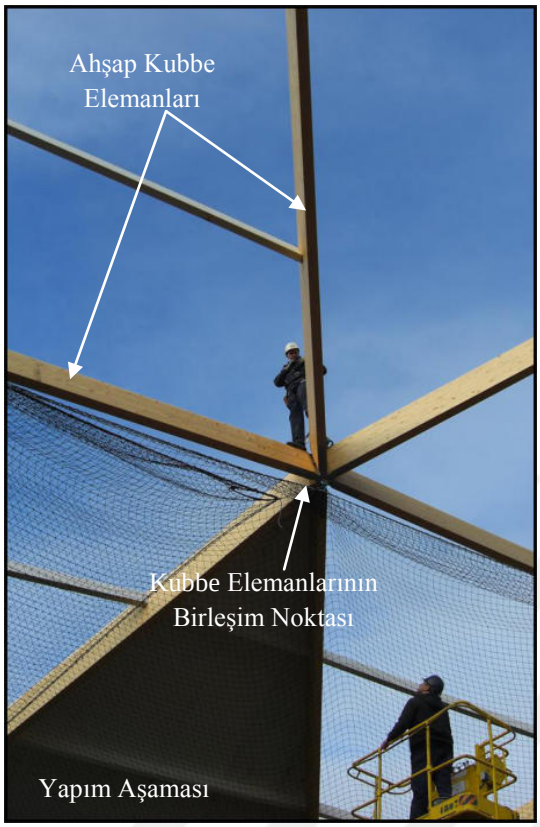
Ek Tablo 2.6.2. DinoDome Hayvanat Bahçesi [326, 327, 328, 329]

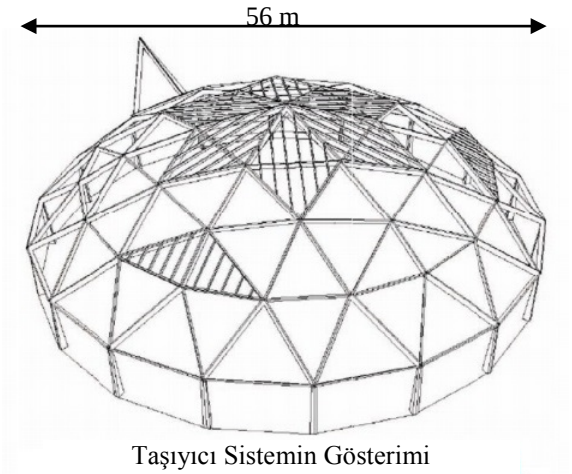
76

Yapının Adı	: DinoDome Hayvanat Bahçesi
Yapının Mimarı	: Arc2 architecten Almere
Strüktür Mühendisi	: Adviesbureau Lüning B.V., GeoDomeDesign
Yapının Yeri	: Limburg, HOLLANDA
Yapım Yılı	: 2009
Yapının İşlevi	: Kamu Yapısı
Yapının Boyutları	: 56 m (çap); 15 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık/Yükseklik	: 56 m/0,54 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Radyal Kubbe

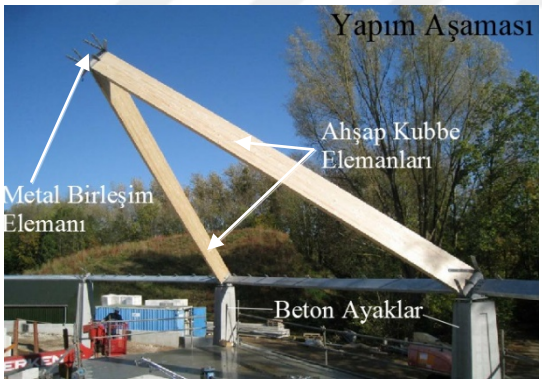
Ek Tablo 2.6.2. DinoDome Hayvanat Bahçesi (devamı - 1) [326, 327, 328, 329]

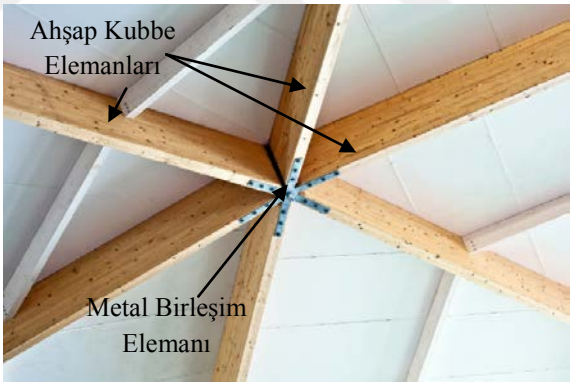
Yapı Detayları

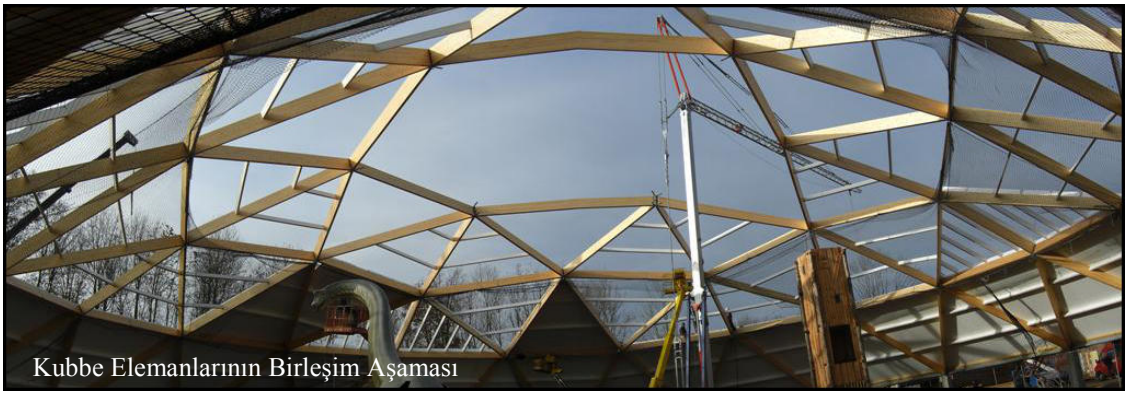




Taşıyıcı Sistemin Gösterimi







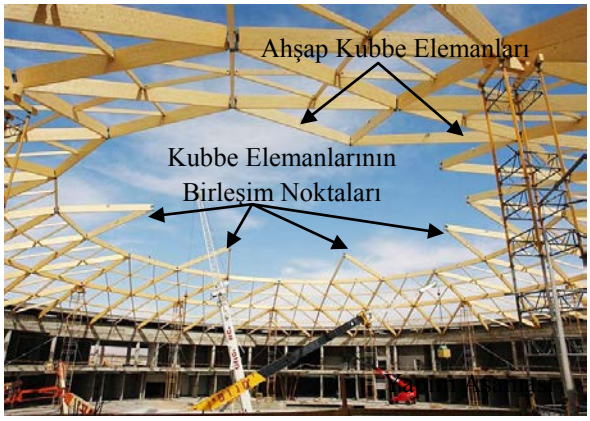
Ek Tablo 2.6.3. Eilat Buz Pisti ve AVM [330, 331, 332, 333]

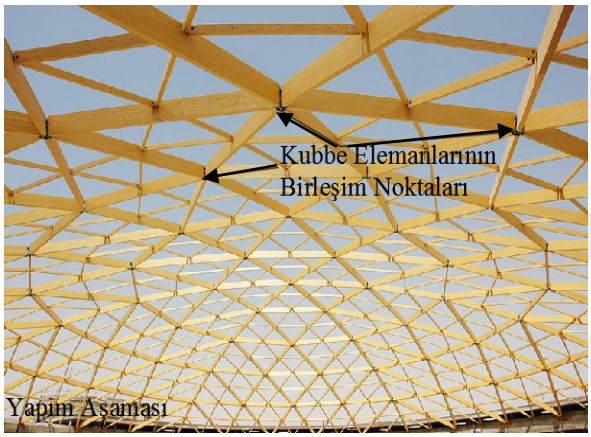
77

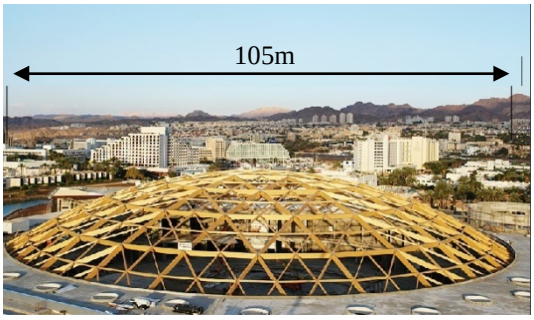
Yapının Adı	: Eilat Buz Pisti ve AVM
Yapının Mimarı	: Feigin Architects
Strüktür Mühendisi	: Wiehag GmbH
Yapının Yeri	: Eilat, İSRAİL
Yapım Yılı	: 2012
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 105 m (çap); 15 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 105 m / 0,85 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Radyal Kubbe

Ek Tablo 2.6.3. Eilat Buz Pisti ve AVM (devamı - 1) [330, 331, 332, 333]

Yapı Detayları





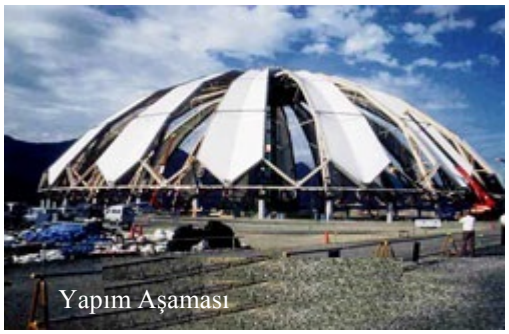


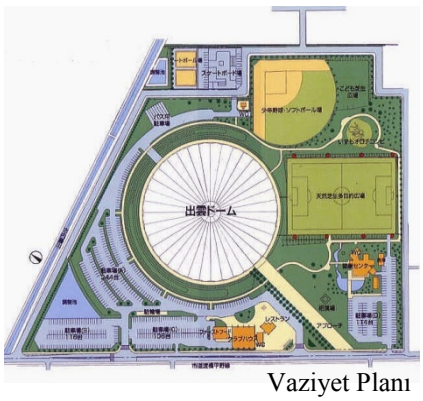
Ek Tablo 2.6.4. Izumo Kubbesi [334, 335, 336, 337, 338]

78

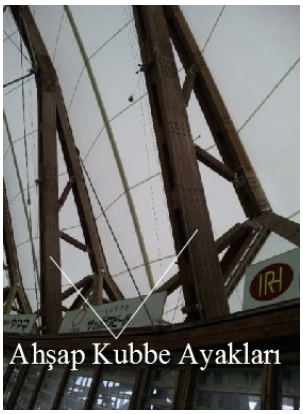
Yapının Adı	: Izome Kubbesi
Yapının Mimarı	: Kajima Design
Strüktür Mühendisi	: Kajima Design
Yapının Yeri	: Izumo, JAPONYA
Yapım Yılı	: 1992
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 143 m (çap); 49,5 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 143 m / 0,91 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Radyal Kubbe

Yapı Detayları





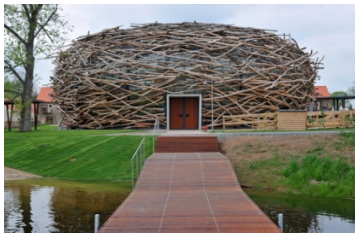
Vaziyet Planı



Ek Tablo 2.6.5. Leylek Yuvası At Çiftliği Salonu [339, 340, 341, 342]

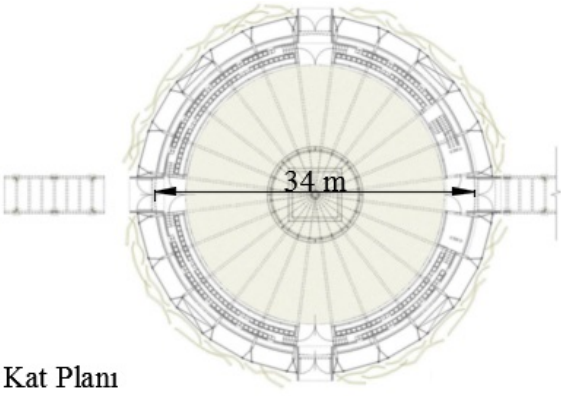
79

Yapının Adı	: Leylek Yuvası At Çiftliği Salonu
Yapının Mimarı	: SGL Projekt
Strüktür Mühendisi	: Němec Polák spol. s.r.o.
Yapının Yeri	: Olbramovice, ÇEKYA
Yapım Yılı	: 2010
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 34 m (çap); 12,5 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 34 m / 0,6 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Radyal Kubbe

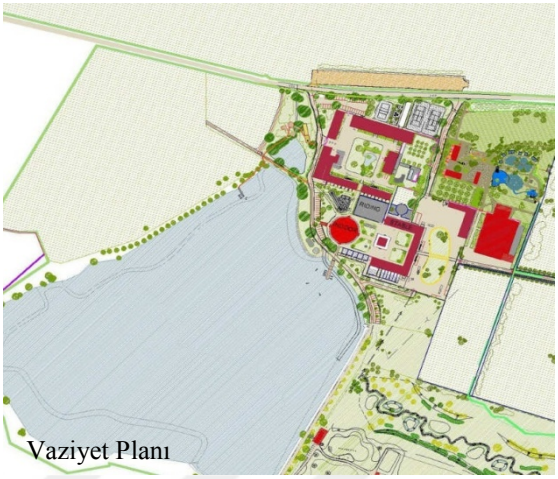


Ek Tablo 2.6.5. Leylek Yuvası At Çiftliği Salonu (devamı - 1) [339, 340, 341, 342]

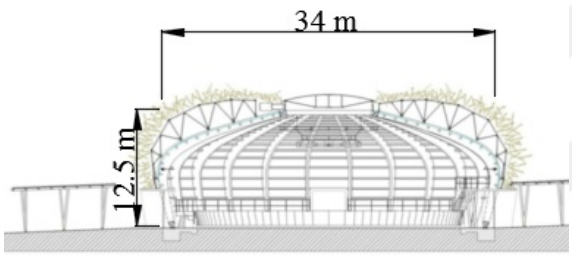
Yapı Detayları



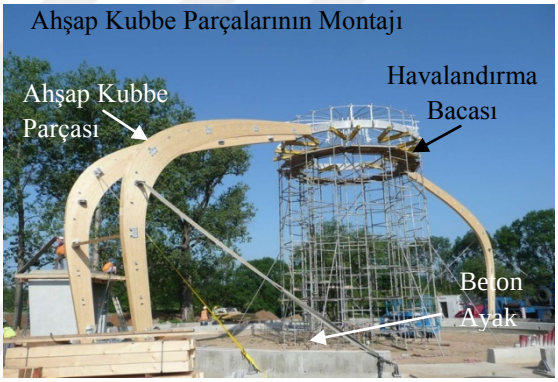
Kat Planı

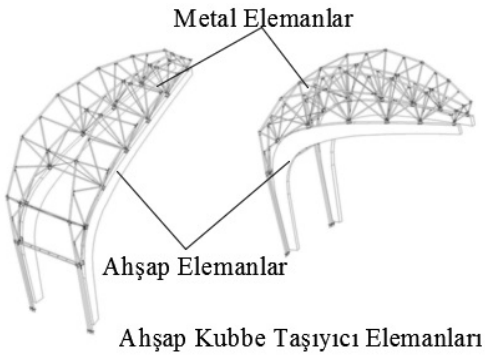


Vaziyet Planı

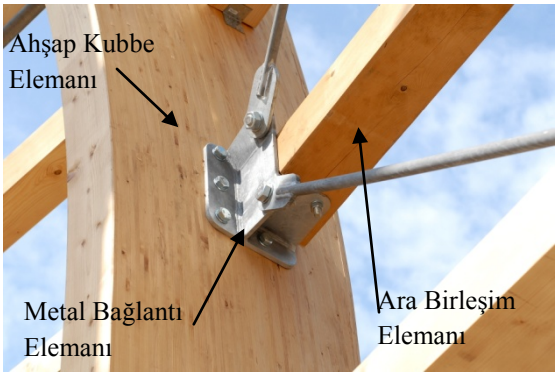


En Kesit

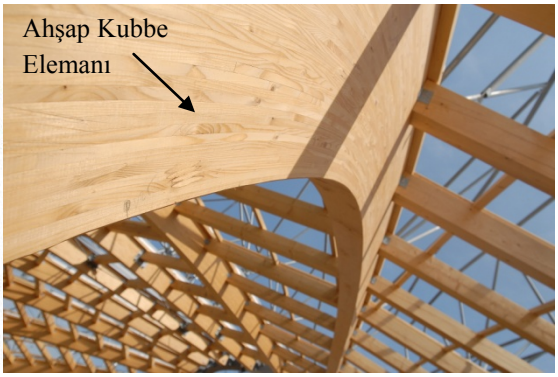




Ahşap Kubbe Taşıyıcı Elemanları

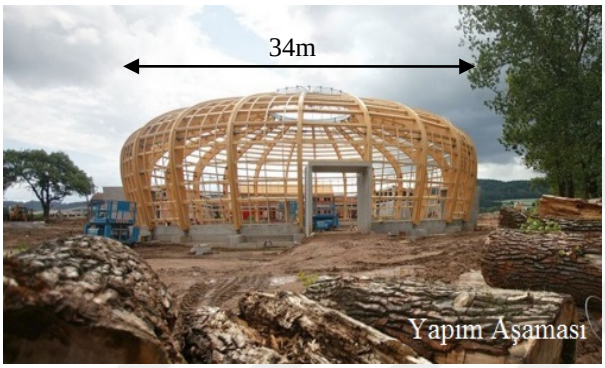


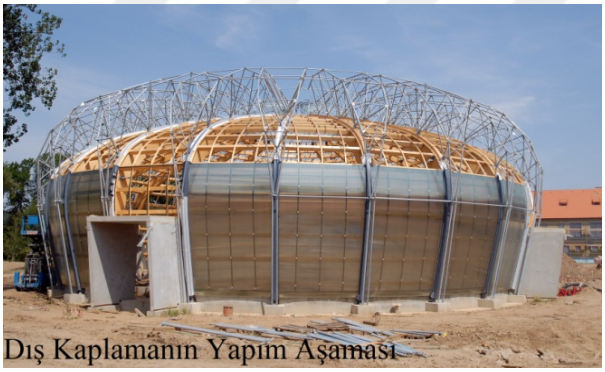
Havalandırma Sistemi

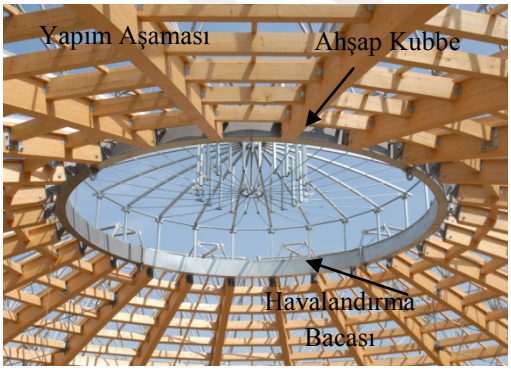


Ek Tablo 2.6.5. Leylek Yuvası At Çiftliği Salonu (devamı - 2) [339, 340, 341, 342]

Yapı Detayları



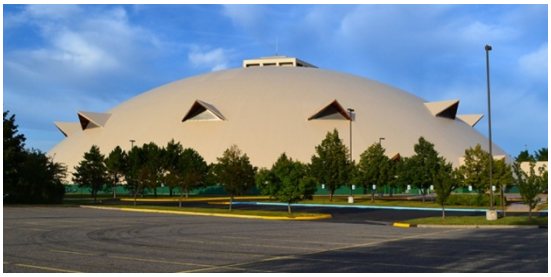




Ek Tablo 2.6.6. Superior Dome Spor Salonu [343, 344, 345, 346, 347]

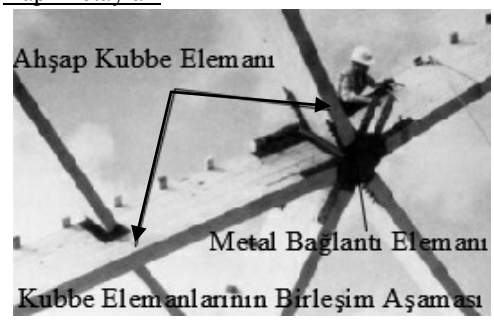
80

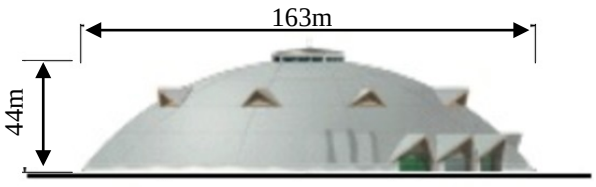
Yapının Adı	: Superior Dome Spor Salonu
Yapının Mimarı	: TMP Associates
Strüktür Mühendisi	: Tutor Perini Corporation
Yapının Yeri	: Michigan, A.B.D.
Yapım Yılı	: 1995
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 163 m (çap); 44 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 163 m / 0,95 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Jeodezik Kubbe



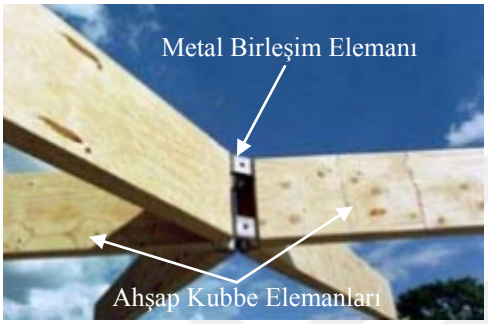
Ek Tablo 2.6.6. Superior Dome Spor Salonu (devamı - 1) [343, 344, 345, 346, 347]

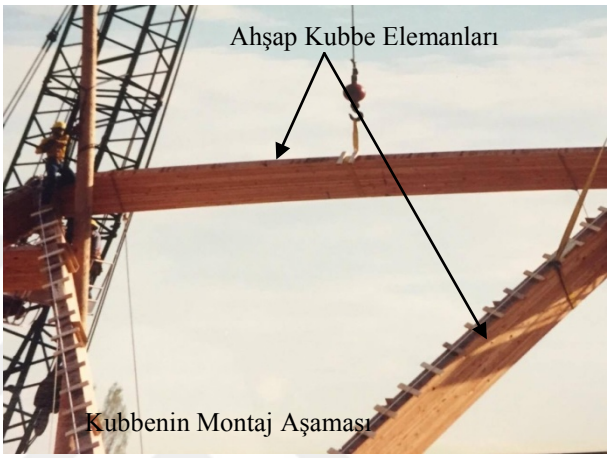
Yapı Detayları

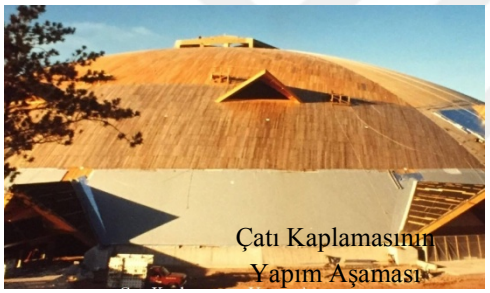


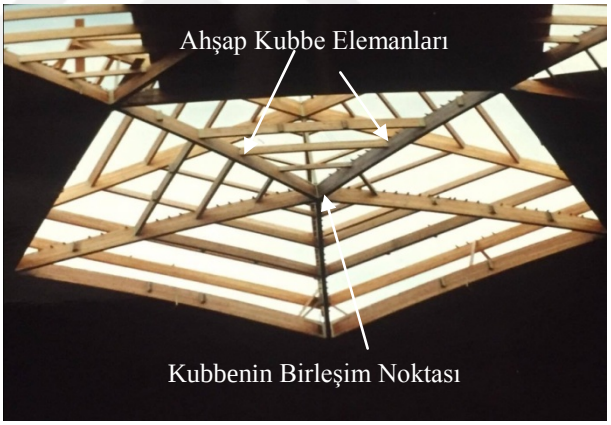


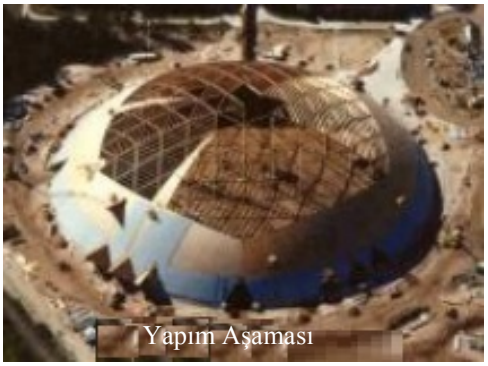
Üç Boyutlu Model

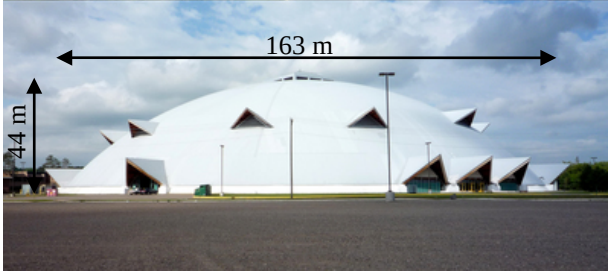












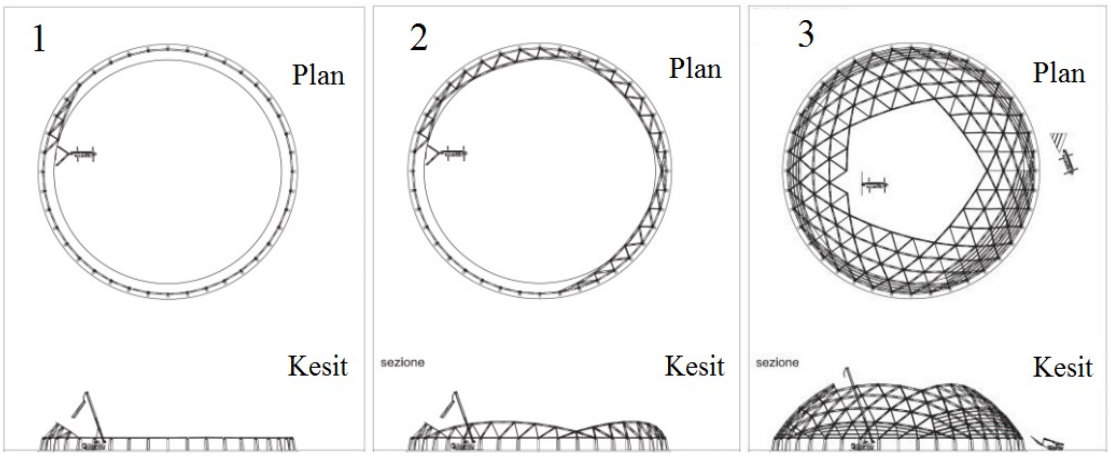
Ek Tablo 2.6.7. Brindisi Kömür Kubbeleri [348, 349, 350, 351]

81

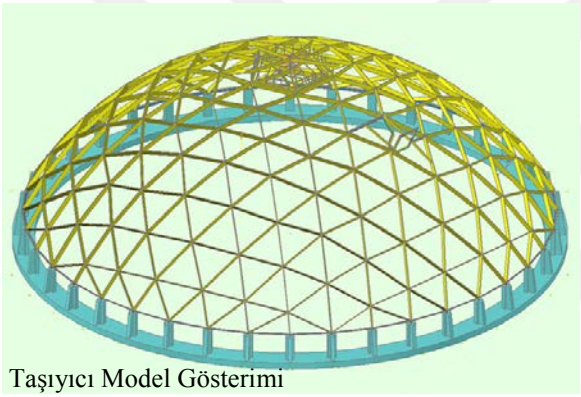
Yapının Adı	: Brindisi Kömür Kubbeleri
Yapının Mimarı	: Enel Div Ingegneria E Innovazione
Strüktür Mühendisi	: Rubner Holzbau SpA, Adviesbureau Lüning B.V.
Yapının Yeri	: Brindisi, İTALYA
Yapım Yılı	: 2015
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 144 m (çap); 50 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 144 m / 1,13 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Jeodezik Kubbe

Ek Tablo 2.6.7. Brindisi Kömür Kubbeleri (devamı - 1) [348, 349, 350, 351]

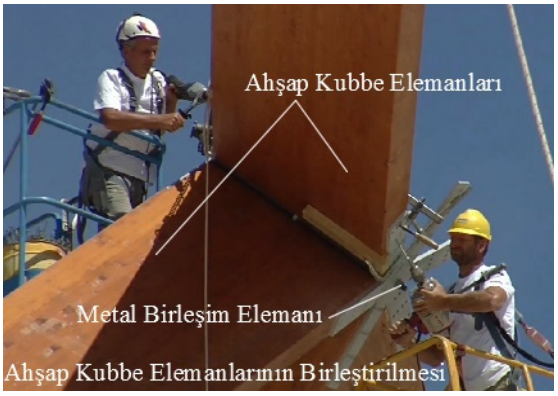
Yapı Detayları



Kubbenin Yapım Aşamaları

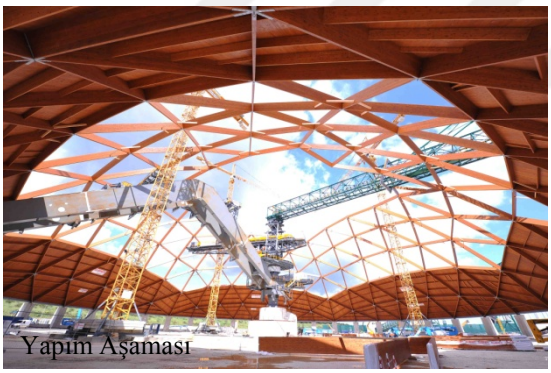


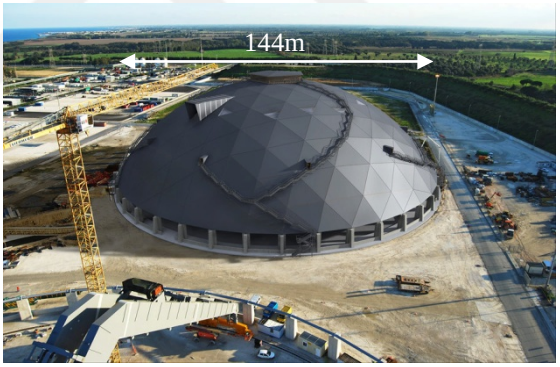
Taşıyıcı Model Gösterimi



Ek Tablo 2.6.7. Brindisi Kömür Kubbeleri (devamı - 2) [348, 349, 350, 351]

Yapı Detayları

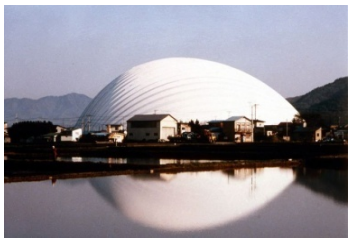


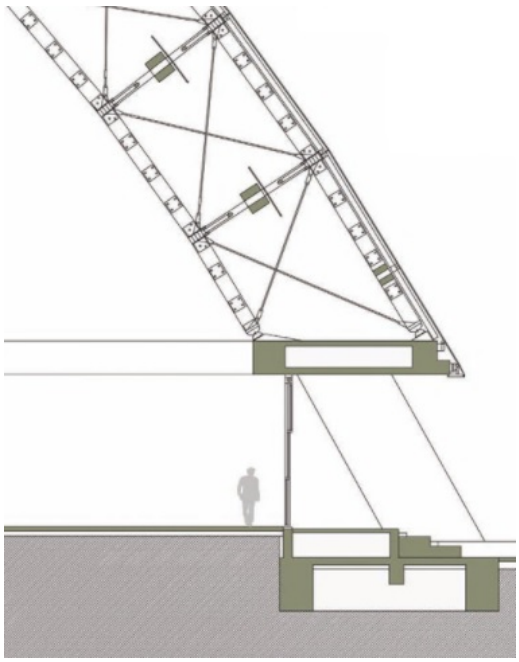


Ek Tablo 2.6.8. Ōdate Jukai Kubbesi [352, 353, 354, 355, 356, 427]

82

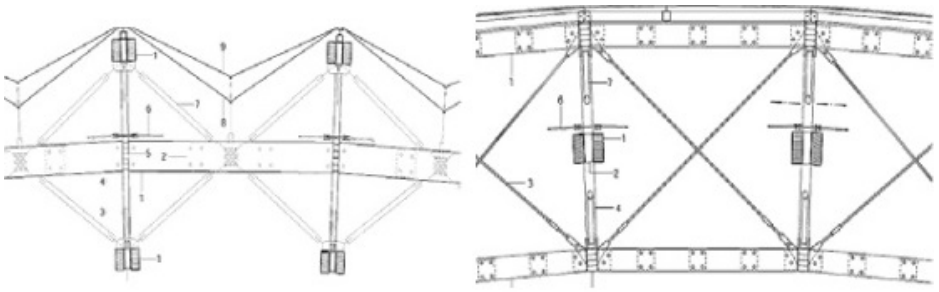
Yapının Adı	: Ōdate Jukai Kubbesi
Yapının Mimarı	: Toyo Ito
Strüktür Mühendisi	: Takenaka Corporation
Yapının Yeri	: Ōdate, JAPONYA
Yapım Yılı	: 1997
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 178 m (çap); 52 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 178 m / 5,45 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Jeodezik Kubbe



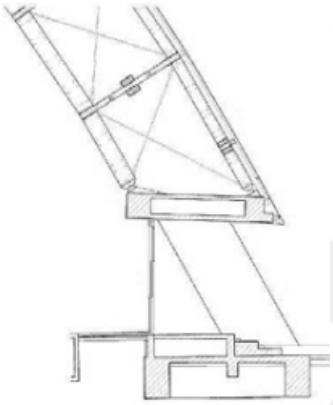


Ek Tablo 2.6.8. Ōdate Jukai Kubbesi (devamı - 1) [352, 353, 354, 355, 356, 427]

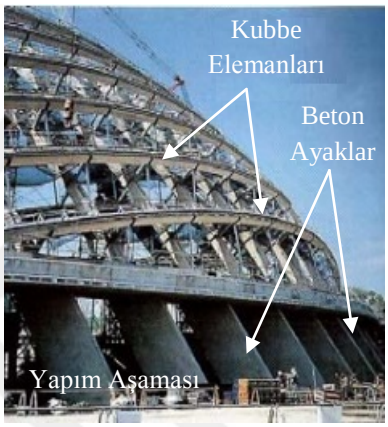
Yapı Detayları

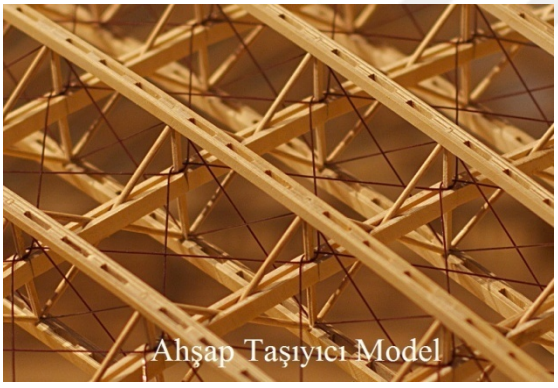


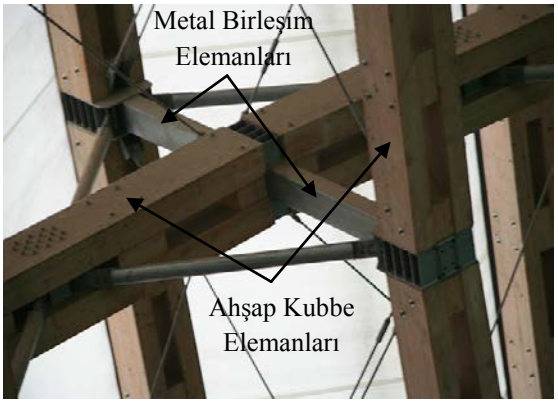
Kubbe Elemanlarının Birleşim Detayları

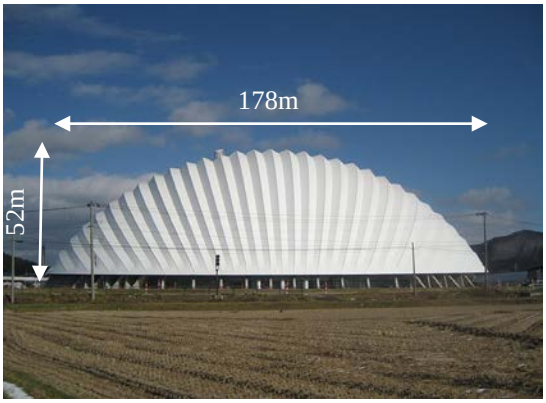


Ahşap-Beton Bağlantı Detayı





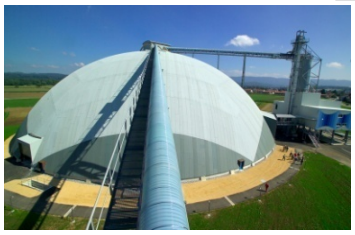




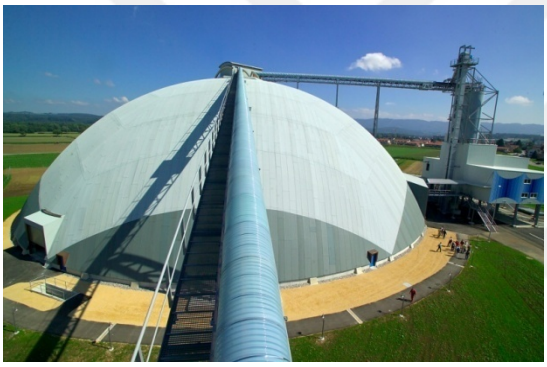
Ek Tablo 2.6.9. Saldome 1 Tuz Deposu [357, 358, 359]

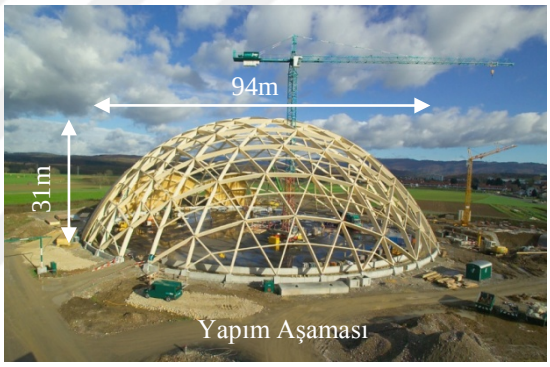
83

Yapının Adı	: Saldome 1 Tuz Deposu
Yapının Mimarı	: Häring & Co. AG
Strüktür Mühendisi	: Häring & Co. AG
Yapının Yeri	: Rheinfelden, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2005
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 94 m (çap); 31 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 94 m / 0,86 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Jeodezik Kubbe



Yapı Detayları





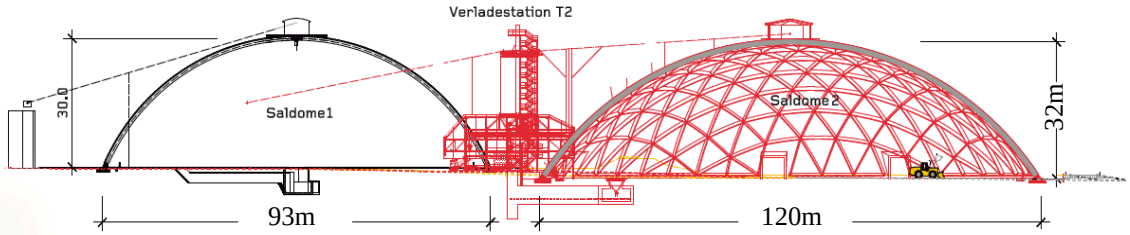
Ek Tablo 2.6.10. Saldome 2 Tuz Deposu [360, 361, 362, 363, 364]

84

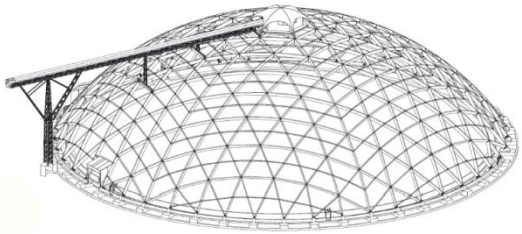
Yapının Adı	: Saldome 2 Tuz Deposu
Yapının Mimarı	: Häring & Co. AG
Strüktür Mühendisi	: Häring & Co. AG
Yapının Yeri	: Rheinfelden, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2012
Yapının İşlevi	: Depo
Yapının Boyutları	: 120 m (çap); 32 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık/Yükseklik	: 120 m/0,94 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Jeodezik Kubbe

Ek Tablo 2.6.10. Saldome 2 Tuz Deposu (devamı - 1) [360, 361, 362, 363, 364]

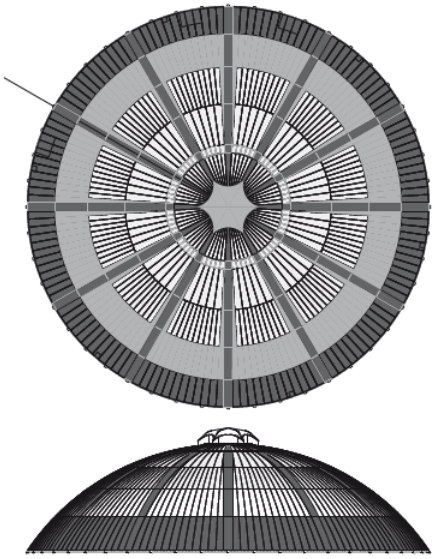
Yapı Detayları



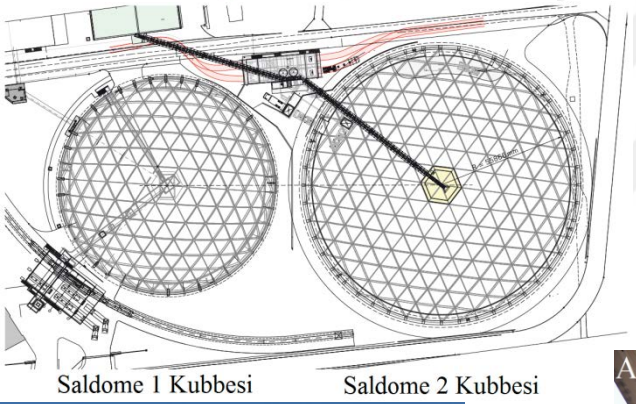
Kesit Görünüş



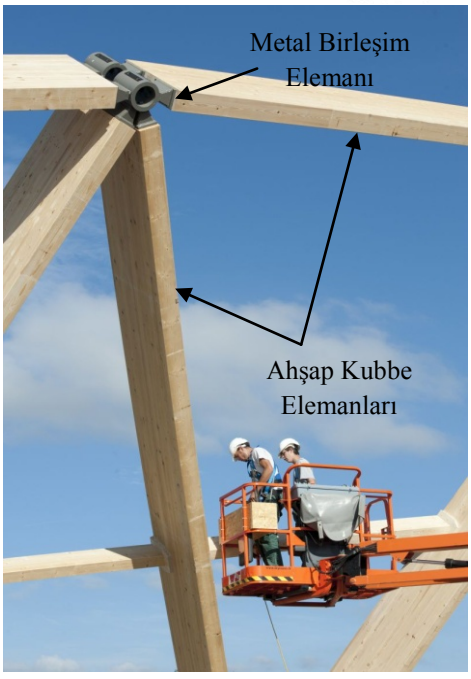
Taşıyıcı Model Çizimi

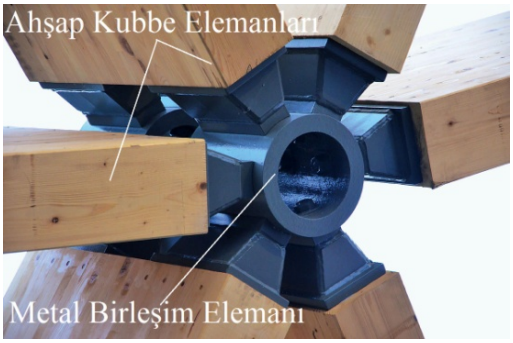


Üç Boyutlu Model



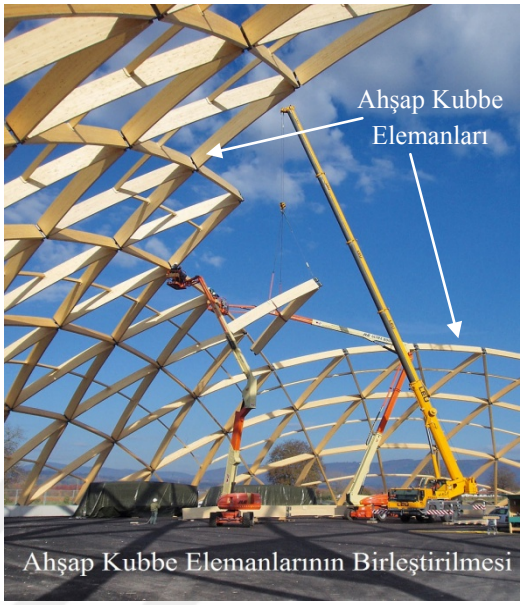
Saldome 1 Kubbesi Saldome 2 Kubbesi

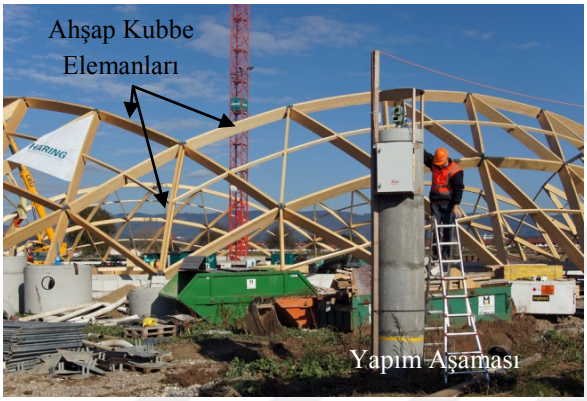


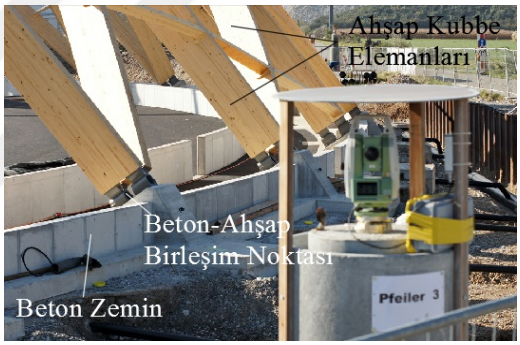


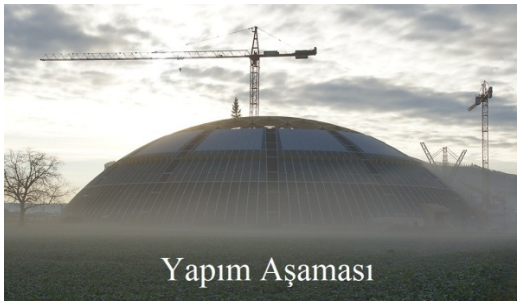
Ek Tablo 2.6.10. Saldome 2 Tuz Deposu (devamı - 2) [360, 361, 362, 363, 364]

Yapı Detayları





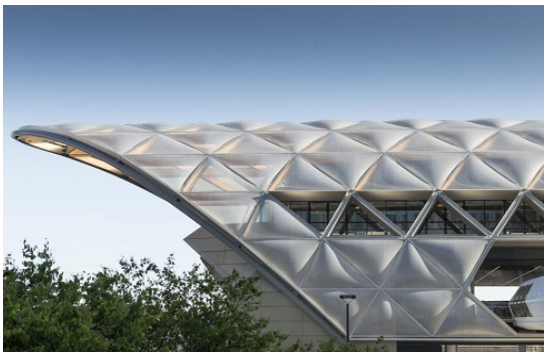




Ek Tablo 2.7.1. Canary Wharf Metro İstasyonu [365, 366, 367]

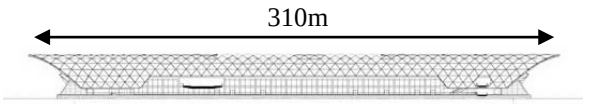
85

Yapının Adı	: Canary Wharf Metro İstasyonu
Yapının Mimarı	: Foster + Partners
Strüktür Mühendisi	: Wiehag Timber Construction
Yapının Yeri	: Londra, İNGİLTERE
Yapım Yılı	: 2015
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 33 x 310 m; 20 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 33 m / 0,36 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Tek Tabakalı Izgara Sistem

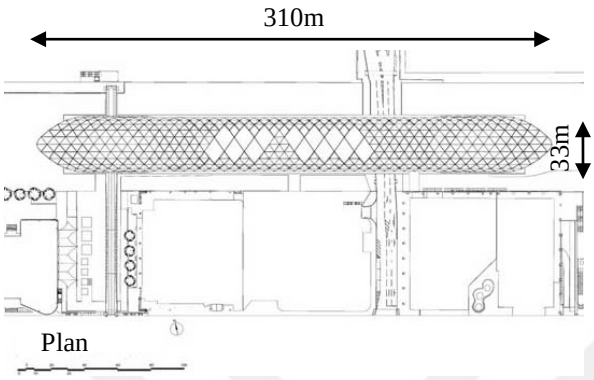


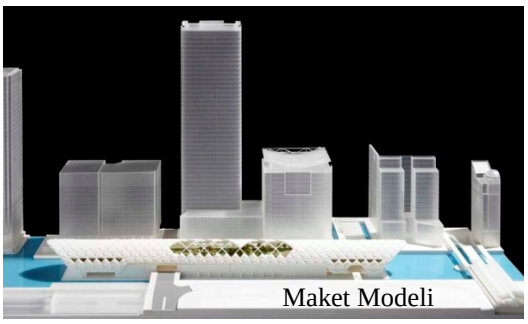
Ek Tablo 2.7.1. Canary Wharf Metro İstasyonu (devamı - 1) [365, 366, 367]

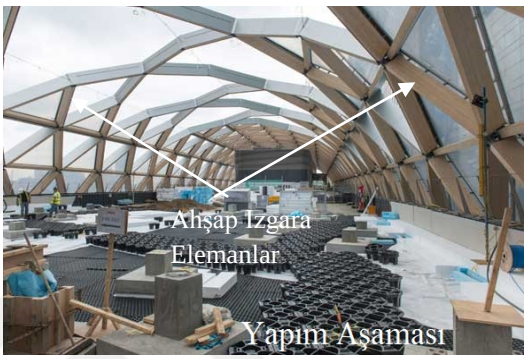
Yapı Detaylar

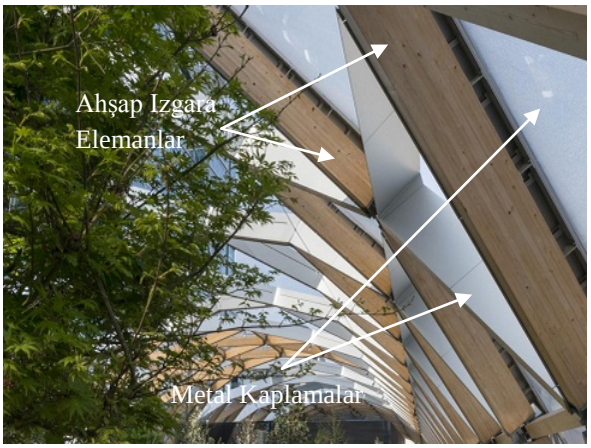


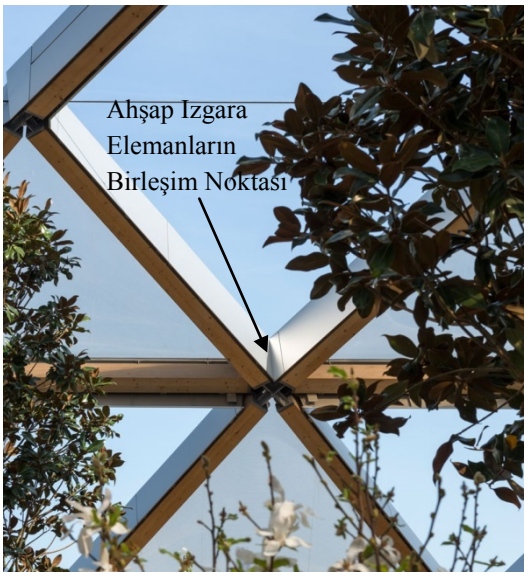
Kuzey Görünüşü









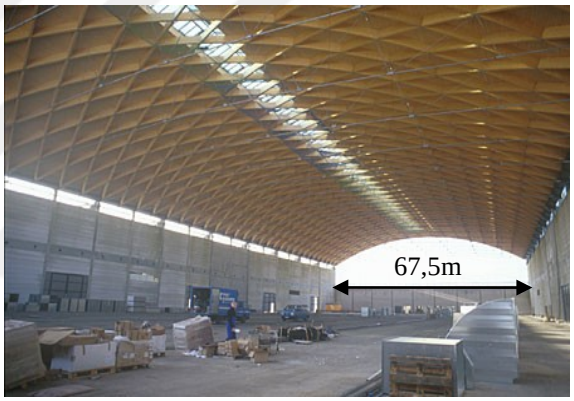


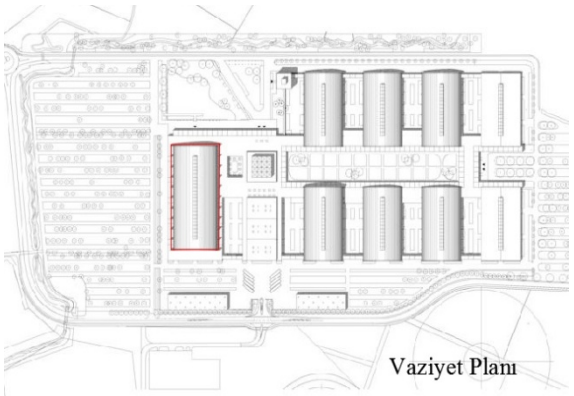
Ek Tablo 2.7.2. Friedrichshafen Çok Amaçlı Salonu [368, 369, 370]

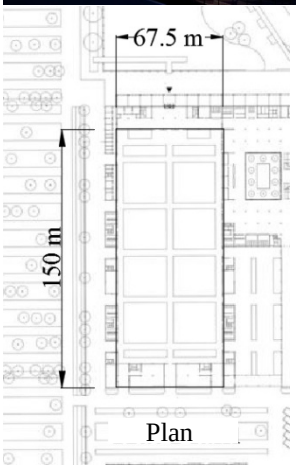
86

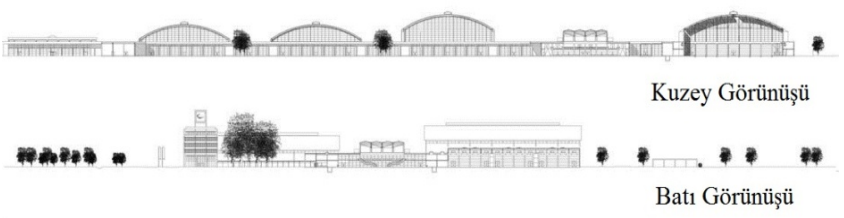
Yapının Adı	: Friedrichshafen Çok Amaçlı Salonu
Yapının Mimarı	: GMP Architekten
Strüktür Mühendisi	: Ingenieurbüro für Holzbau Schlechter, Merz Kley Partner ZT GmbH
Yapının Yeri	: Friedrichshafen, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2001
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 67,5 x 150 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 67,5 m / 0,75 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Tek Tabakalı Izgara Sistem

Yapı Detayları









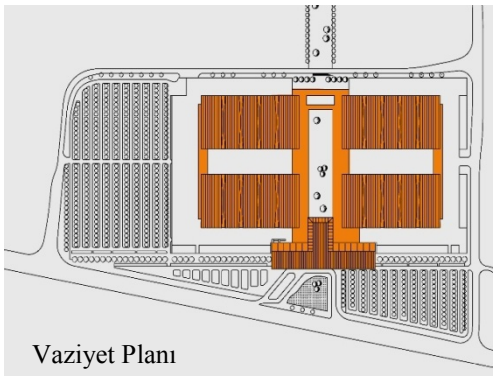
Ek Tablo 2.7.3. Karlsruhe Yeni Gösteri Merkezi [371, 372, 373]

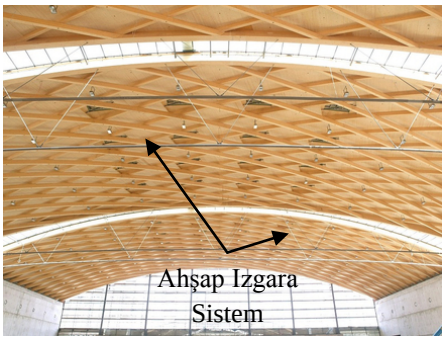
87

Yapının Adı	: Karlsruhe Yeni Gösteri Merkezi
Yapının Mimarı	: Gerber Architekten
Strüktür Mühendisi	: Bollinger + Grohmann
Yapının Yeri	: Karlsruhe, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2005
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 80 x 170 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 80 m / 1,1 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Tek Tabakalı Izgara Sistem

Ek Tablo 2.7.3. Karlsruhe Yeni Gösteri Merkezi (devamı -1) [371, 372, 373]

Yapı Detayları





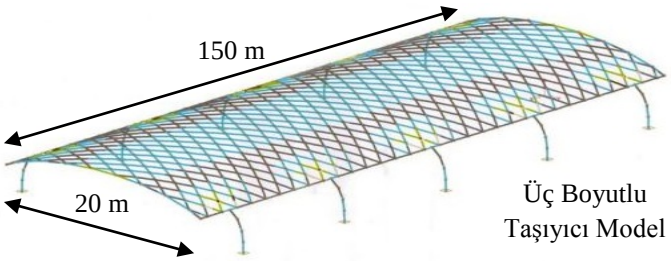
Ek Tablo 2.7.4. Kassel Tren Garı [374, 375, 376, 377]

88

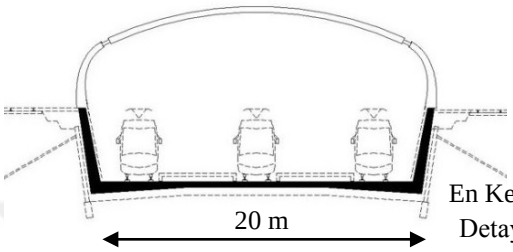
Yapının Adı	: Kassel Tren Garı
Yapının Mimarı	: Pahl + Weber Pahl Architekten BDA
Strüktür Mühendisi	: Prof. Dipl.-Ing. Klaus Fäth
Yapının Yeri	: Kassel, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2007
Yapının İşlevi	: Ulaşım Yapısı
Yapının Boyutları	: 20 x 150 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 20 m / 0,4 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Tek Tabakalı Izgara Sistem

Ek Tablo 2.7.4. Kassel Tren Garı (devamı - 1) [374, 375, 376, 377]

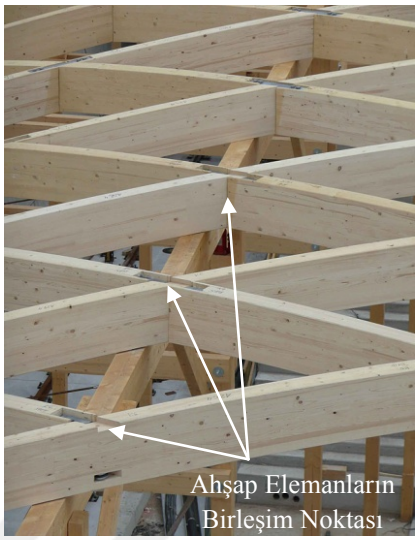
Yapı Detayları

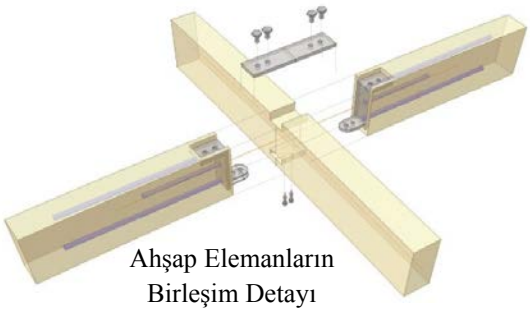


Üç Boyutlu Taşıyıcı Model

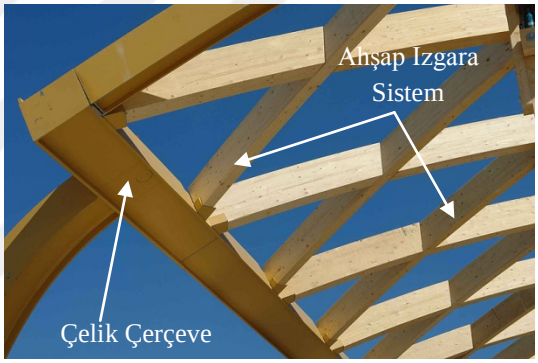


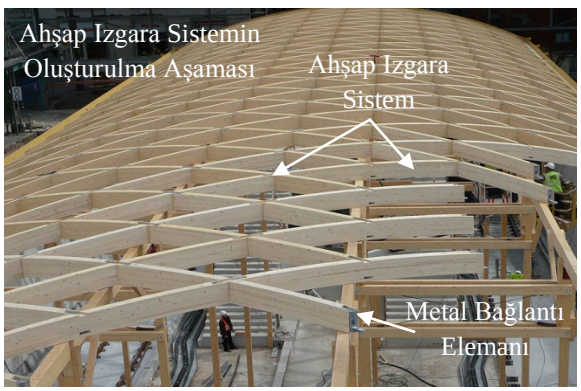
En Kesit Detayı





Ahşap Elemanların Birleşim Detayı



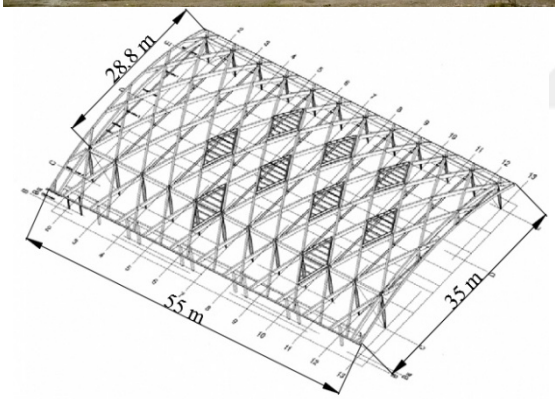


Ek Tablo 2.7.5. Ohrdruf Spor Merkezi [378, 379, 380]

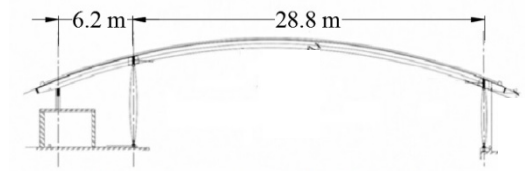
89

Yapının Adı	: Ohrdruf Spor Merkezi
Yapının Mimarı	: POHL Architekten
Strüktür Mühendisi	: BGS-Ingenieursozietät
Yapının Yeri	: Ohrdruf, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2002
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 35 x 55 m; 8,9 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 28,8 m / 0,65 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Tek Tabakalı Izgara Sistem

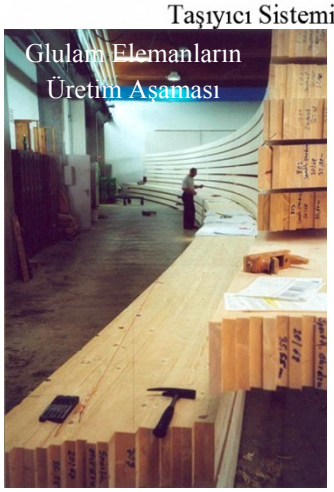
Yapı Detayları

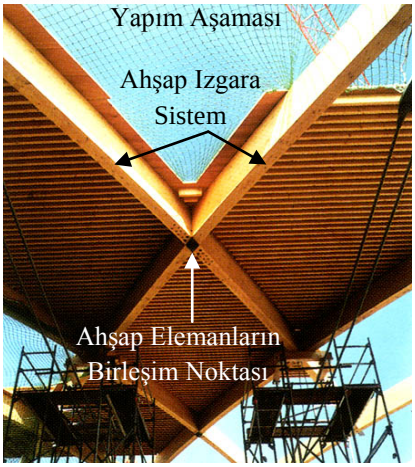


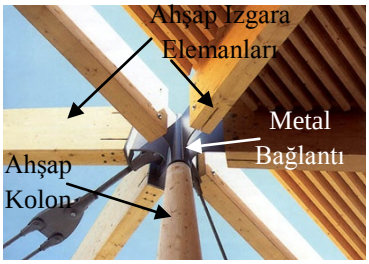
Taşıyıcı Sistemin Gösterilmesi



Taşıyıcı Sistemin Kesit Görünüşü



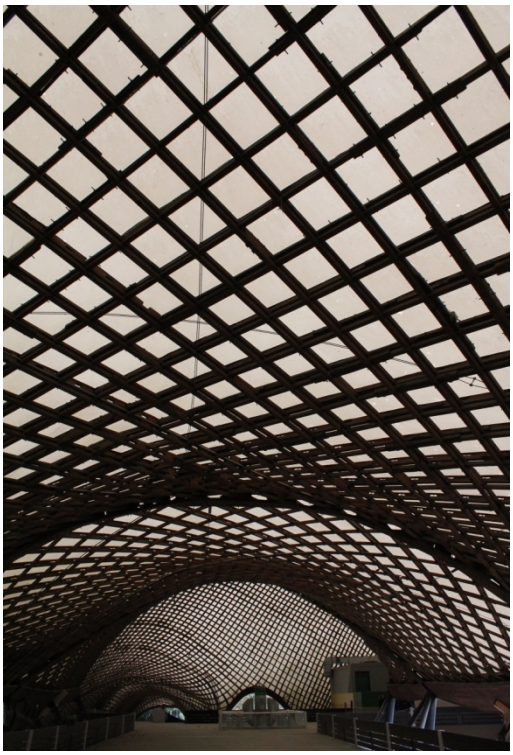




Ek Tablo 2.7.6. Mannheim Çok Amaçlı Salonu [381, 382, 383, 384, 385]

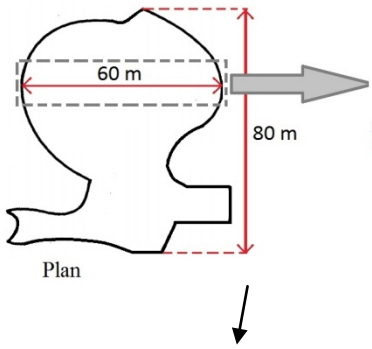
90

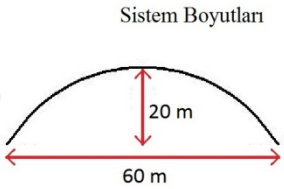
Yapının Adı	: Mannheim Çok Amaçlı Salonu
Yapının Mimarı	: Frei Otto, Carlfried Mutschler Joachim Langer
Strüktür Mühendisi	: Ove Arup & Partners
Yapının Yeri	: Mannheim, ALMANYA
Yapım Yılı	: 1975
Yapının İşlevi	: Gösteri/Sergi Merkezi
Yapının Boyutları	: 60 x 80 m; 20 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Masif Ahşap
Açıklık / Yükseklik	: 60 m / 0,2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Çift Tabakalı Izgara Sistem

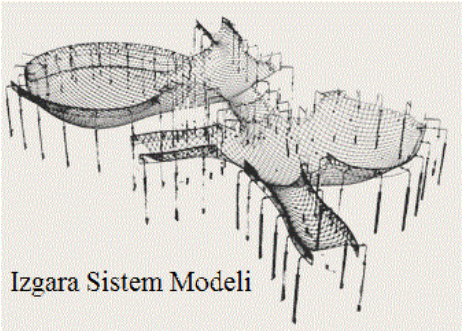


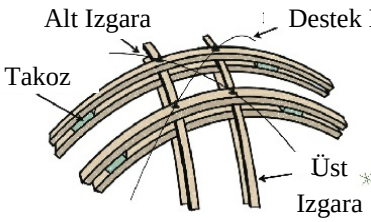
Ek Tablo 2.7.6. Mannheim Çok Amaçlı Salonu (devamı - 1) [381, 382, 383, 384, 385]

Yapı Detayları

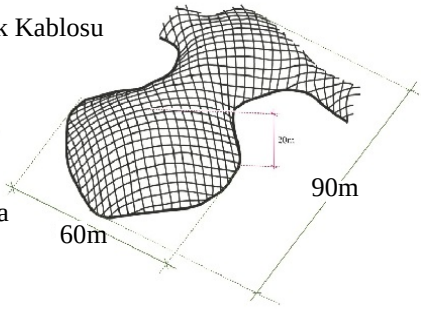


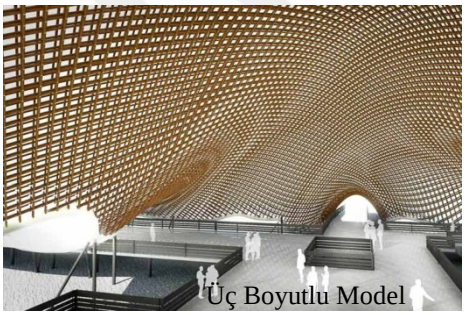


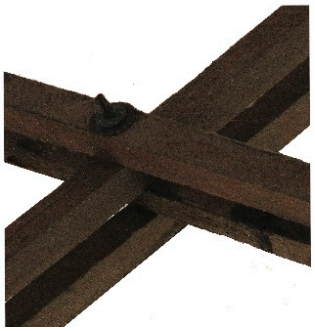


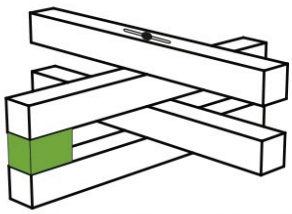


Taşıyıcı Sistem Birleşimi

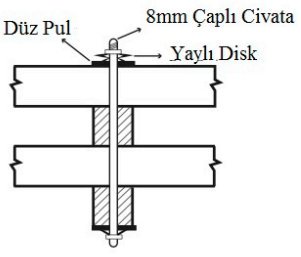






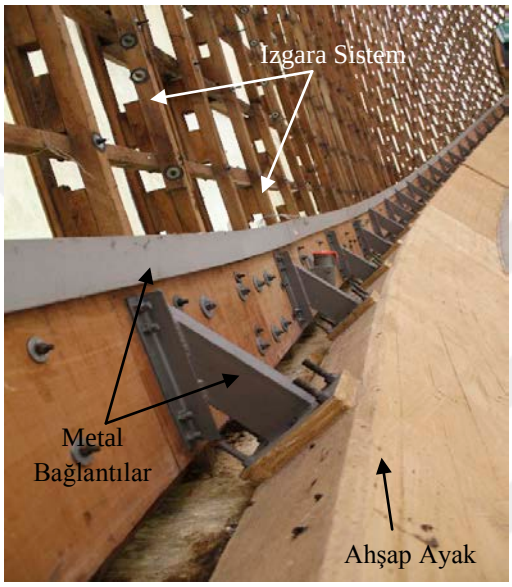


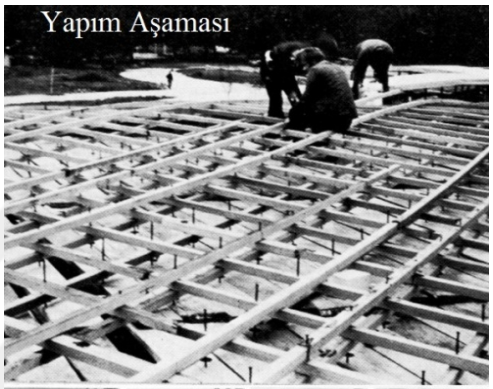
Çift Tabakalı Izgara Gösterimi

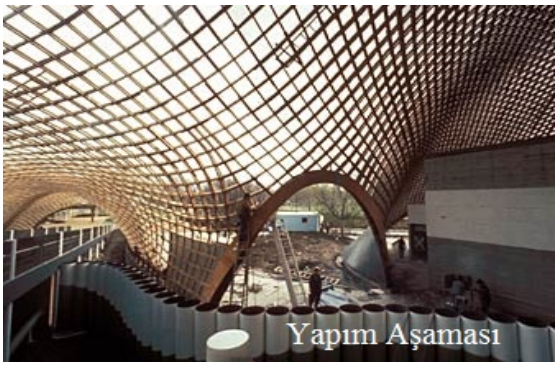


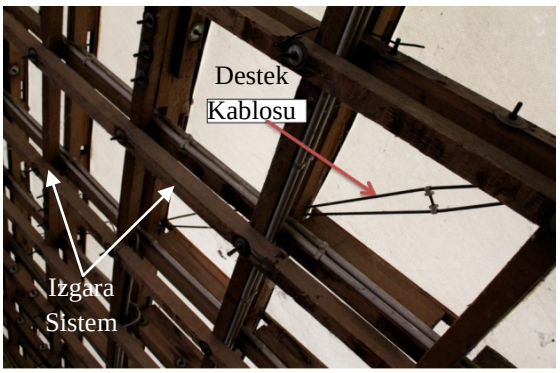
Ek Tablo 2.7.6. Mannheim Çok Amaçlı Salonu (devamı - 2) [381, 382, 383, 384, 385]

Yapı Detayları





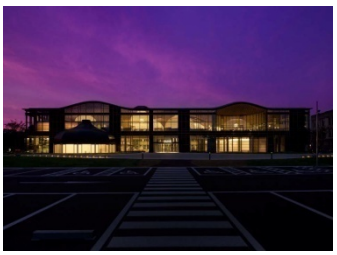


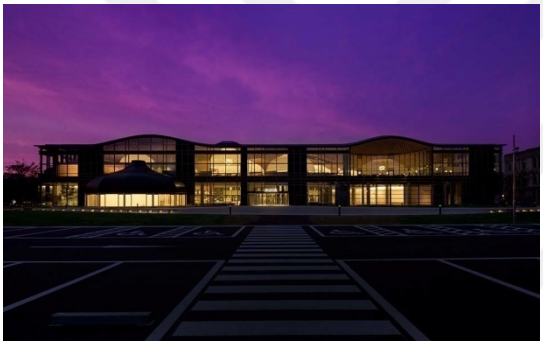


Ek Tablo 2.7.7. Minna no Mori Şehir Kütüphanesi [386, 387, 388, 389]

91

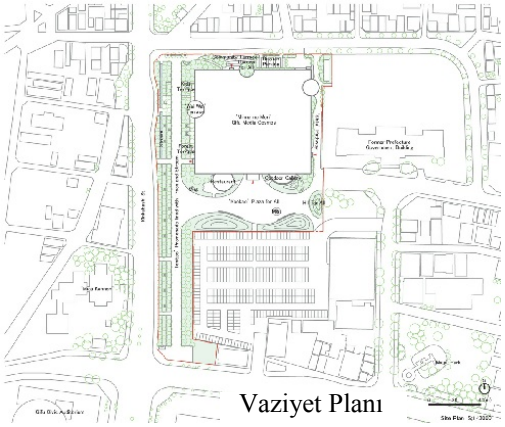
Yapının Adı	: Minna no Mori Şehir Kütüphanesi
Yapının Mimarı	: Toyo Ito & Associates, Architects
Strüktür Mühendisi	: Ove Arup & Partners
Yapının Yeri	: Gifu, JAPONYA
Yapım Yılı	: 2015
Yapının İşlevi	: Eğitim Yapısı
Yapının Boyutları	: 79,5 x 88,8 m; 16 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 79,5 m / 0,38 m
Strüktür Taşıyıcı Tip	: Çift Tabakalı Izgara Sistem



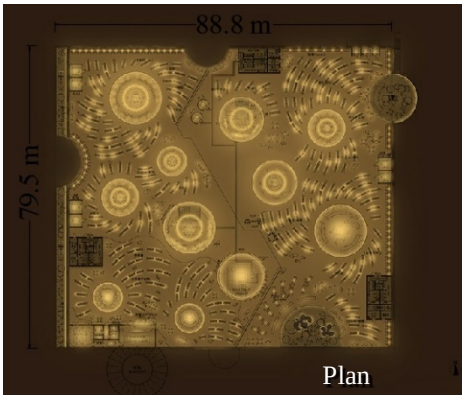


Ek Tablo 2.7.7. Minna no Mori Şehir Kütüphanesi (devamı - 1) [386, 387, 388, 389]

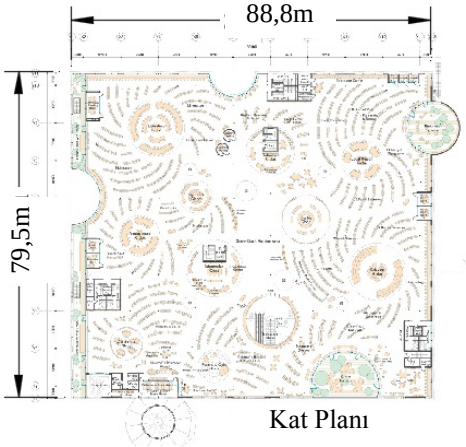
Yapı Detayları



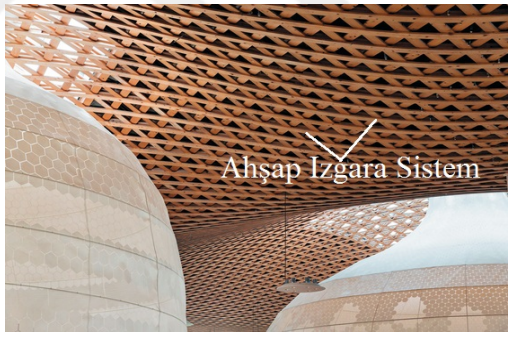
Vaziyet Planı

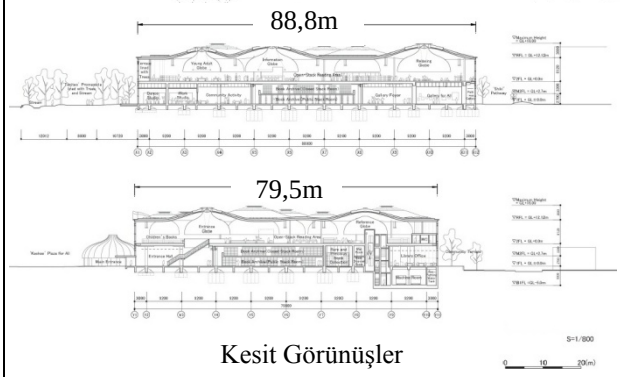


Plan

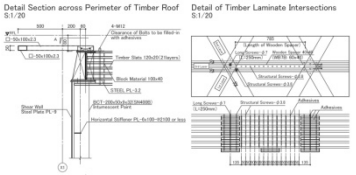


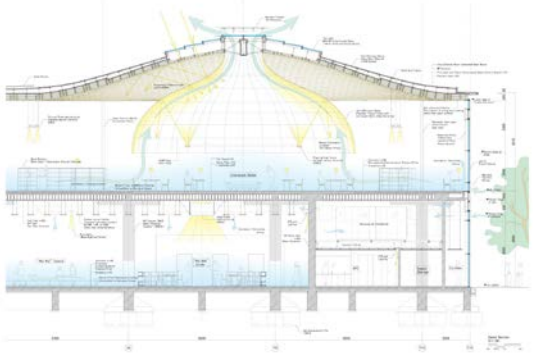
Kat Planı



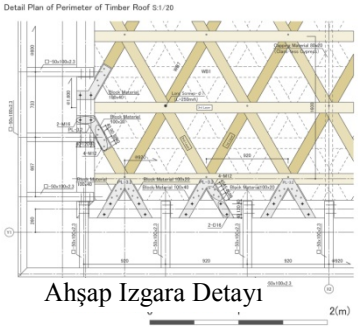


Kesit Görünüşler





Havalandırma Detayı



Ahşap Izgara Detayı

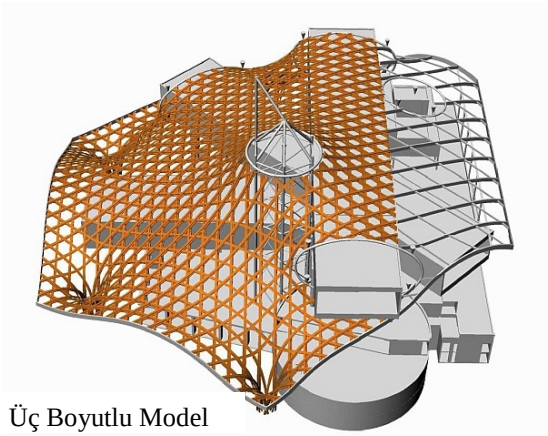
Ek Tablo 2.7.8. Pompidou-Metz Çağdaş Sanatlar Müzesi [390, 391, 392, 393]

92

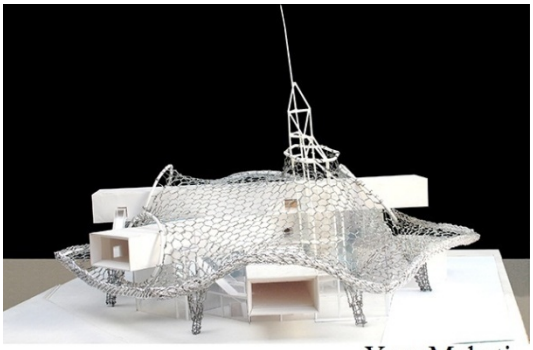
Yapının Adı	: Pompidou-Metz Çağdaş Sanatlar Müzesi
Yapının Mimarı	: Shigeru Ban Architects Europe
Strüktür Mühendisi	: Arup, Terrell
Yapının Yeri	: Metz, FRANSA
Yapım Yılı	: 2010
Yapının İşlevi	: Eğitim Yapısı
Yapının Boyutları	: 90,9 x 105m; 37,5 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 90,9 m / 0,44 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Çift Tabakalı Izgara Sistem

Ek Tablo 2.7.8. Pompidou-Metz Çağdaş Sanatlar Müzesi (devamı - 1) [390, 391, 392, 393]

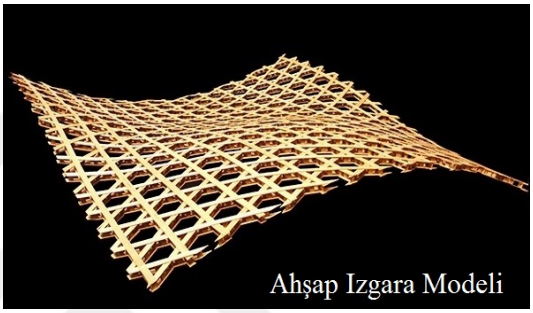
Yapı Detayları



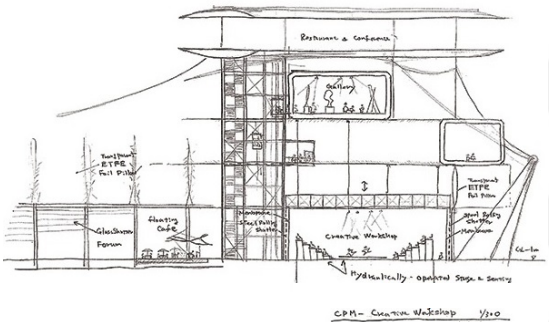
Üç Boyutlu Model

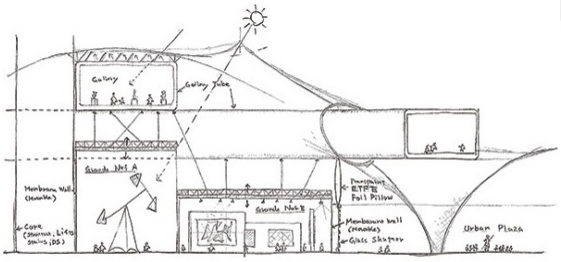


Yapı Maketi

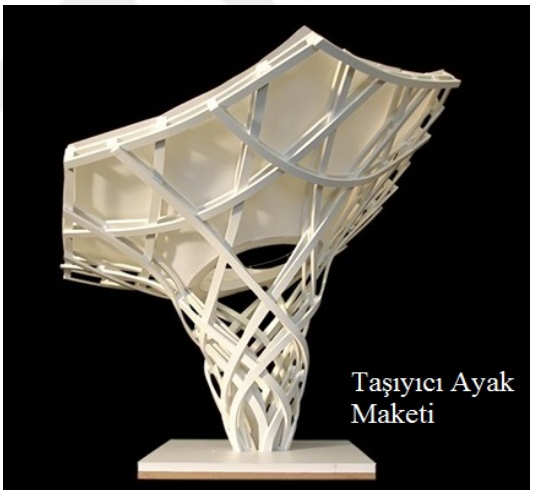


Ahşap Izgara Modeli

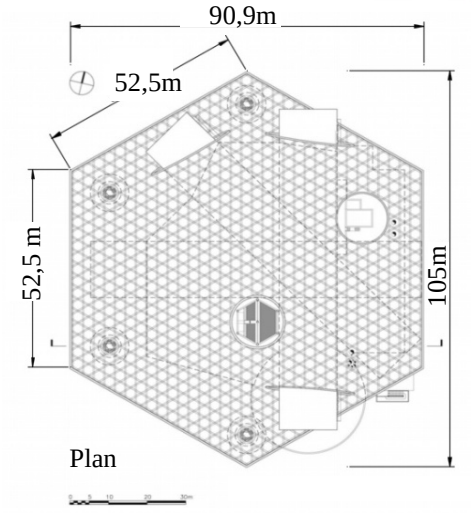




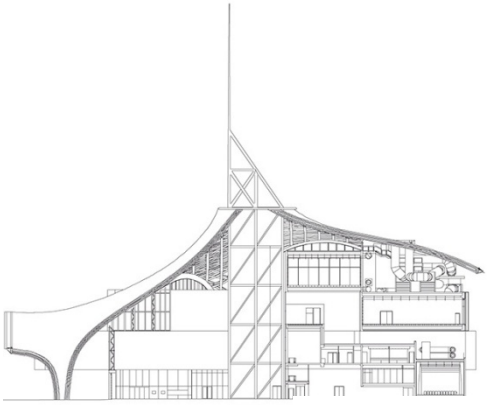
Eskiz Çizimler



Taşıyıcı Ayak Maketi



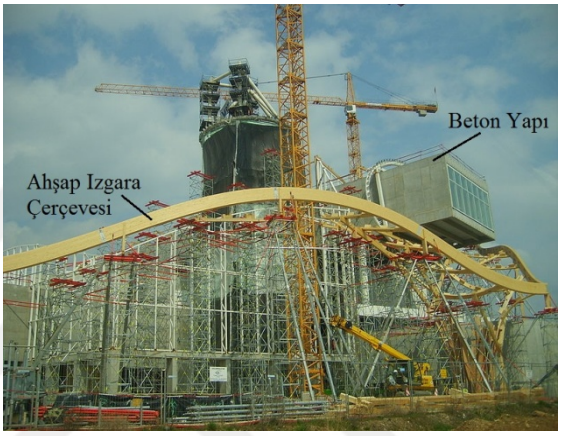
Plan



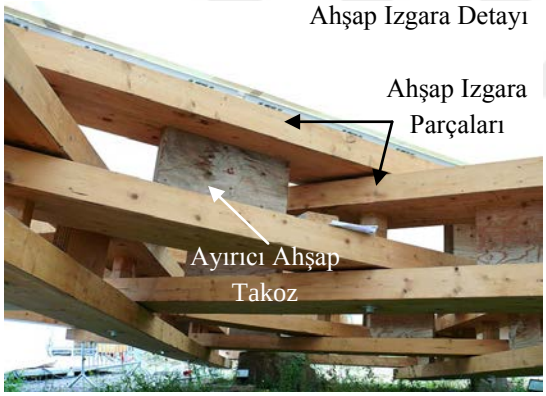
Kesit Görünüş

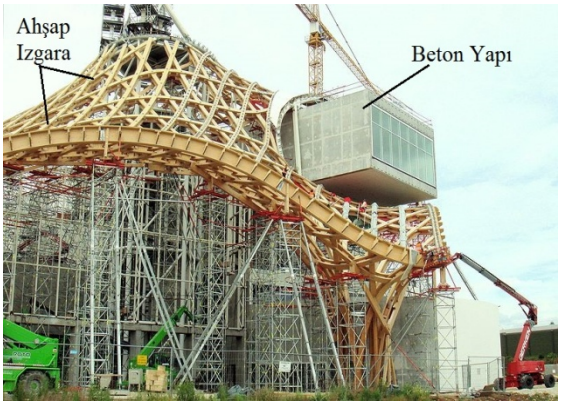
Ek Tablo 2.7.8. Pompidou-Metz Çağdaş Sanatlar Müzesi (devamı - 2) [390, 391, 392, 393]

Yapı Detayları



Ahşap Izgara Detayı





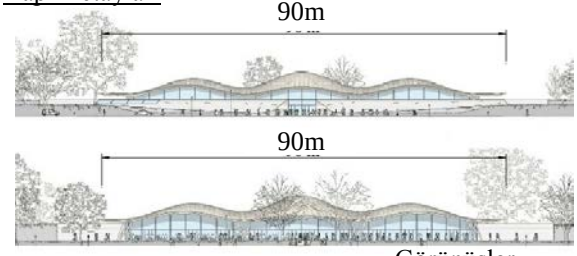
Ek Tablo 2.7.9. Savill Ziyaretçi Binası [394, 395, 425, 426]

93

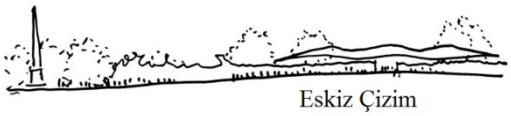
Yapının Adı	: Savill Ziyaretçi Binası
Yapının Mimarı	: Glenn Howells Architects
Strüktür Mühendisi	: Buro Happold & HRW
Yapının Yeri	: Windsor, İNGİLTERE
Yapım Yılı	: 2006
Yapının İşlevi	: Kamu Yapısı
Yapının Boyutları	: 90 x 25 m; 10 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 25 m / 0,32 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Çift Tabakalı Izgara Sistem

Ek Tablo 2.7.9. Savill Ziyaretçi Binası (devamı - 1) [394, 395, 425, 426]

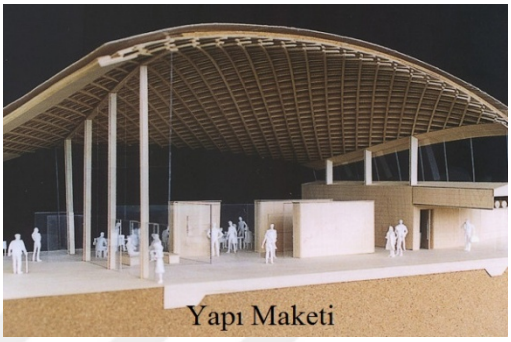
Yapı Detayları

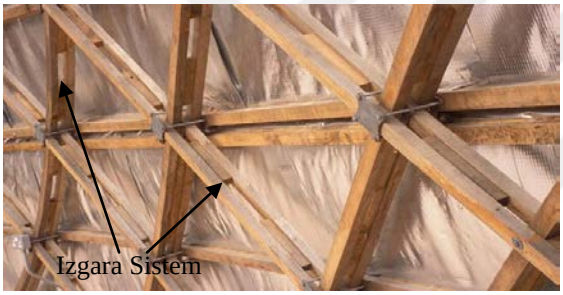


Görünüşler



Eskiz Çizim

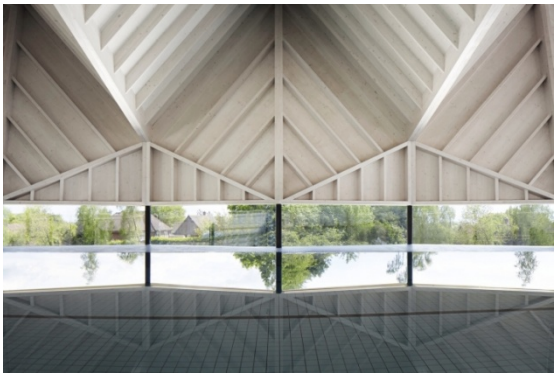




Ek Tablo 2.8.1. Alfriston Yüzme Havuzu [396, 397, 398, 399, 400]

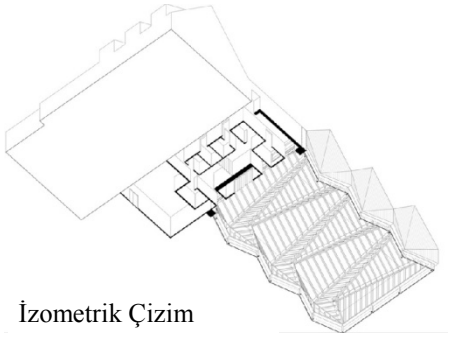
94

Yapının Adı	: Alfriston Yüzme Havuzu
Yapının Mimarı	: Duggan Morris Architects
Strüktür Mühendisi	: Elliot Wood Partnership
Yapının Yeri	: Buckinghamshire, İNGİLTERE
Yapım Yılı	: 2014
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 15,7 x 22 m; 6,5 m(yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 15,7 m / 5,2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Katlanmış Plak

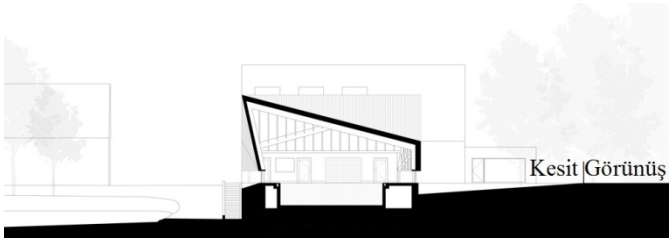


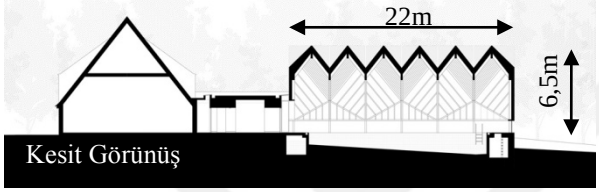
Ek Tablo 2.8.1. Alfriston Yüzme Havuzu (devamı - 1) [396, 397, 398, 399, 400]

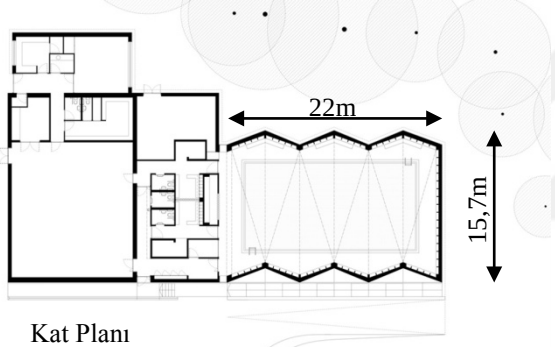
Yapı Detayları



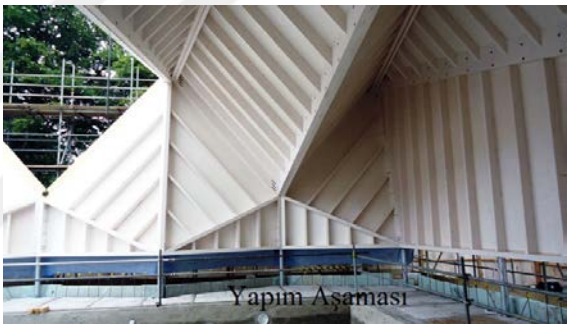
İzometrik Çizim

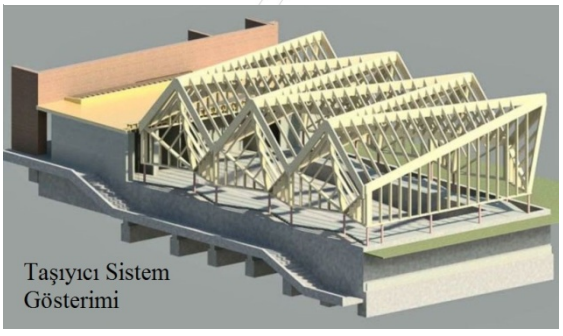


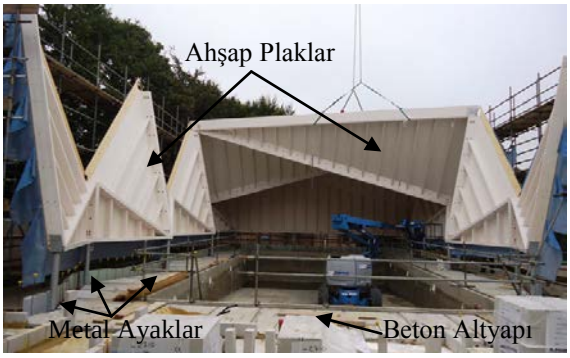


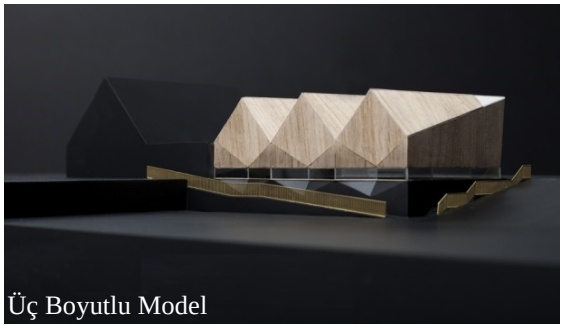


Kat Planı









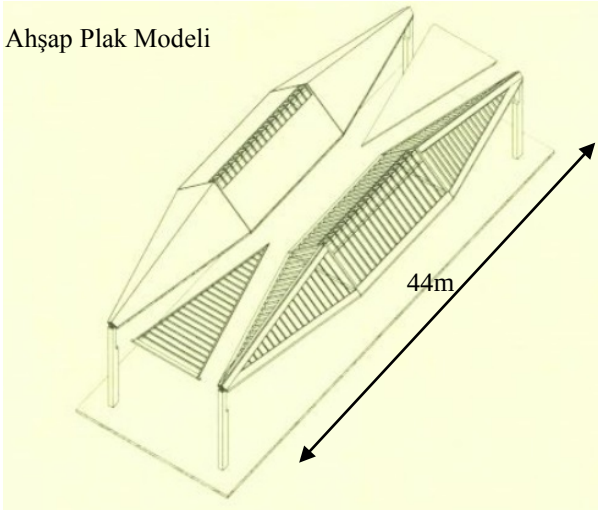
Ek Tablo 2.8.2. Binderholz Kontraplak Fabrikası [401, 402, 403]

95

Yapının Adı	: Binderholz Kontraplak Fabrikası
Yapının Mimarı	: Prof. Josef Lackner
Strüktür Mühendisi	: Merz Kley Partner ZT GmbH
Yapının Yeri	: Jenbach, AVUSTURYA
Yapım Yılı	: 1996
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 44 x 100 m
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 44 m / 2,5 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Katlanmış Plak

Yapı Detayları

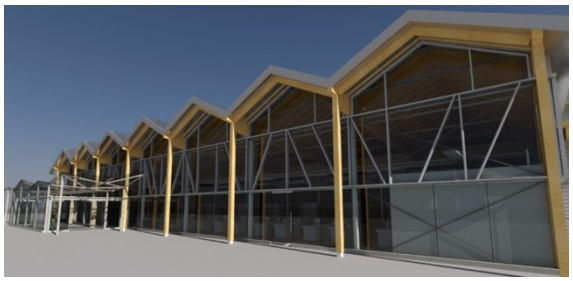
Ahşap Plak Modeli



Ek Tablo 2.8.3. Tesco Mağazası [404, 405, 406, 407]

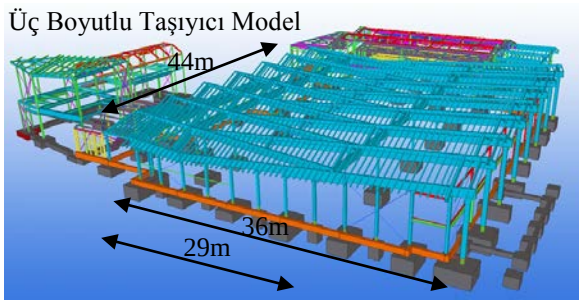
96

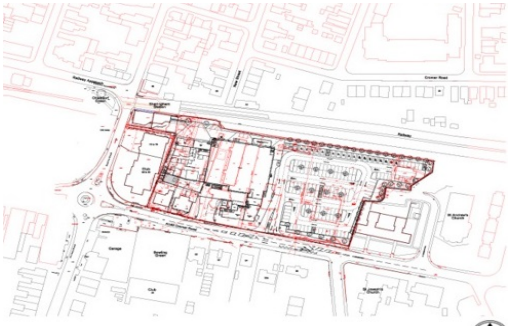
Yapının Adı	: Tesco Mağazası
Yapının Mimarı	: S+SA Architects Ltd
Strüktür Mühendisi	: Pinnacle Consulting Engineers Ltd.
Yapının Yeri	: Sheringham, İNGİLTERE
Yapım Yılı	: 2013
Yapının İşlevi	: Kamu Yapısı
Yapının Boyutları	: 36 x 44 m; 8,75 m(yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 29 m / 2,8 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Katlanmış Plak

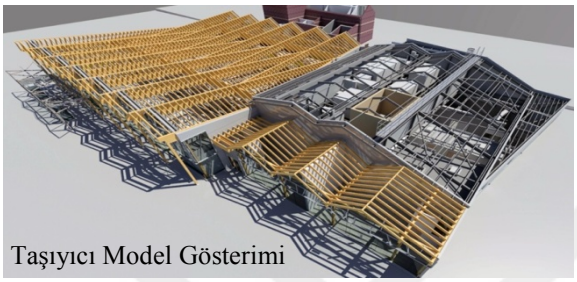


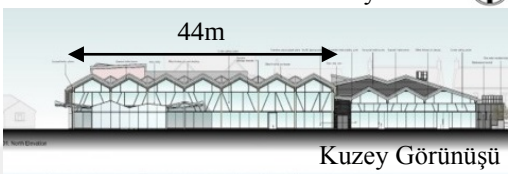
Ek Tablo 2.8.3. Tesco Mağazası (devamı - 1) [404, 405, 406, 407]

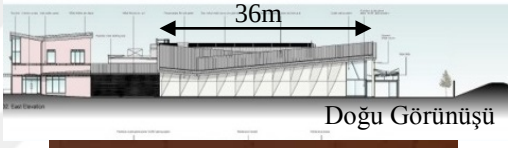
Yapı Detayları

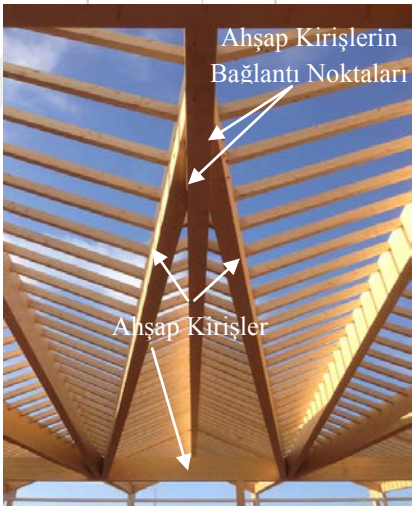












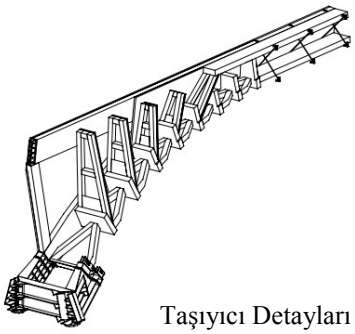
Ek Tablo 2.9.1. Hannover Expo Çatısı [106, 408, 409, 410, 411]

97

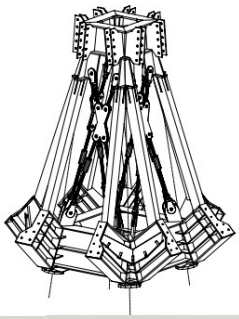
Yapının Adı	: Hannover Expo Çatısı
Yapının Mimarı	: Thomas Herzog Architekten
Strüktür Mühendisi	: IEZ Natterer GmbH, Peter Bertsche,Ingenieurbüro ks
Yapının Yeri	: Hannover, ALMANYA
Yapım Yılı	: 2000
Yapının İşlevi	: Kamu Yapısı
Yapının Boyutları	: 120 x 160 m; 26 m(yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam - LVL
Açıklık / Yükseklik	: 40 m / 1,1 – 1,45 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Özel Formlu

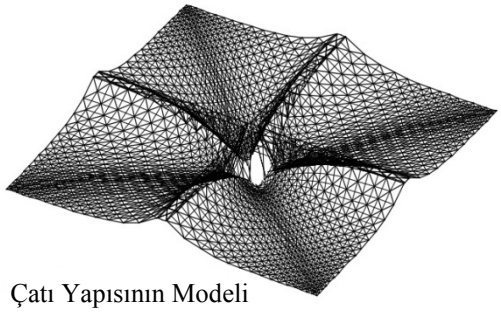
Ek Tablo 2.9.1. Hannover Expo Çatısı (devamı - 1) [106, 408, 409, 410, 411]

Yapı Detayları

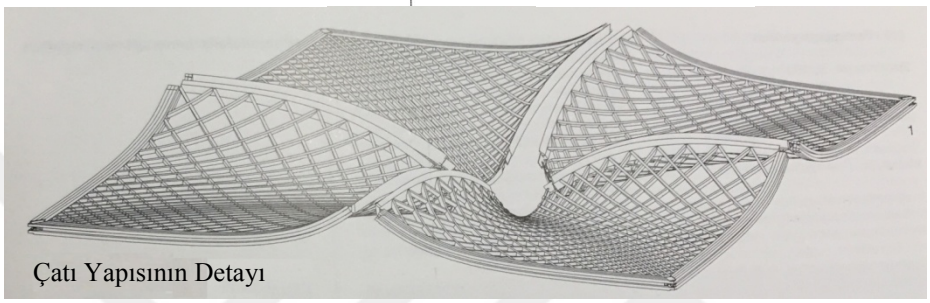


Taşıyıcı Detayları

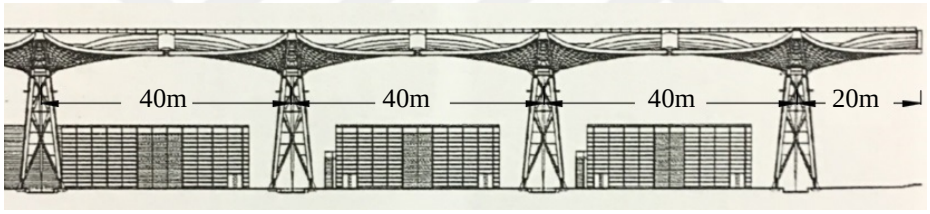


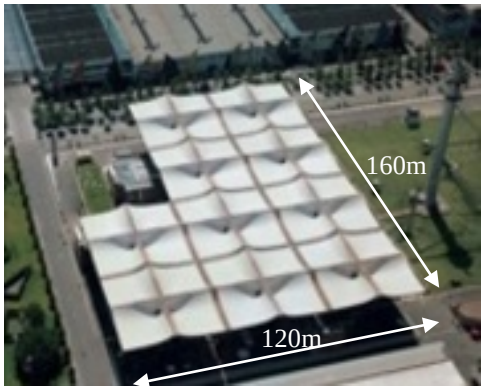


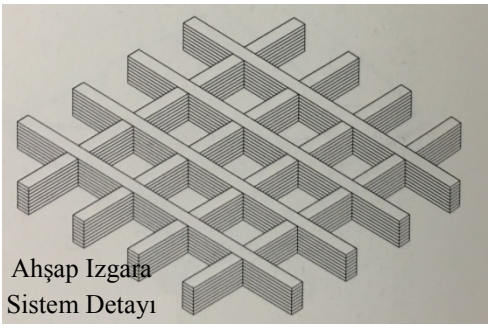
Çatı Yapısının Modeli

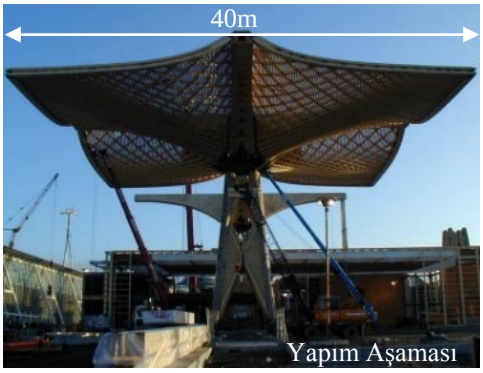


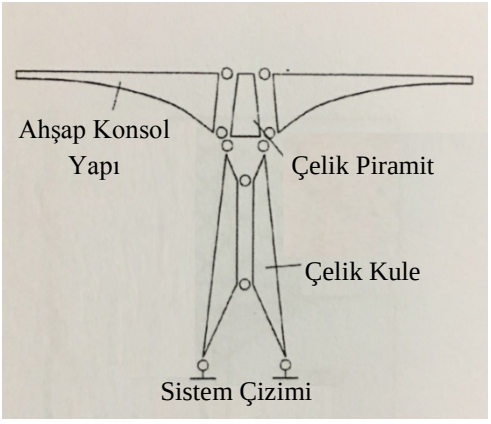
Çatı Yapısının Detayı





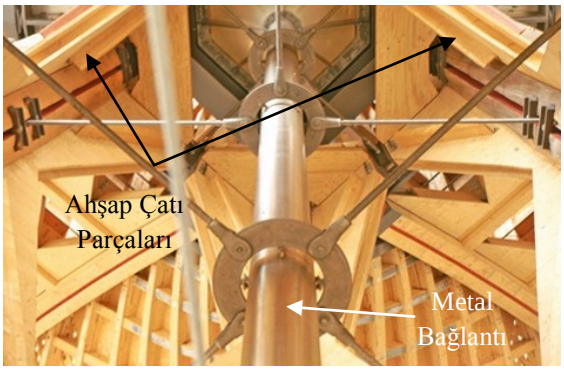


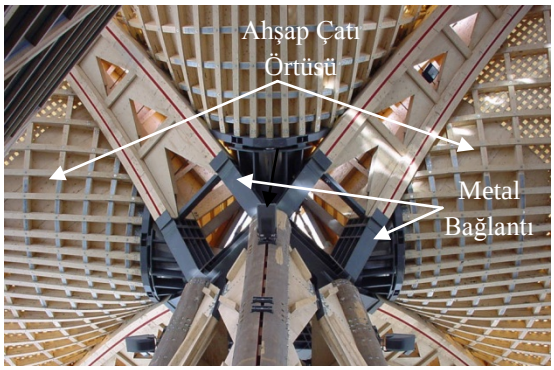


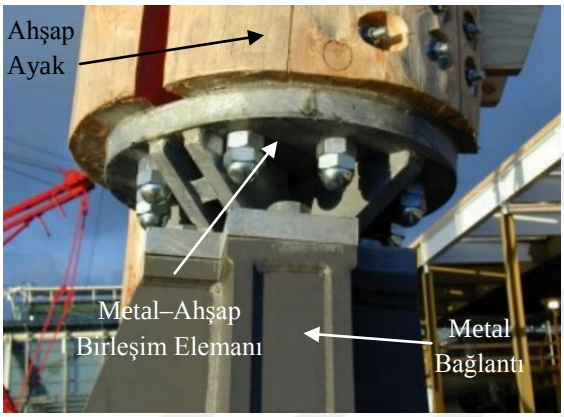


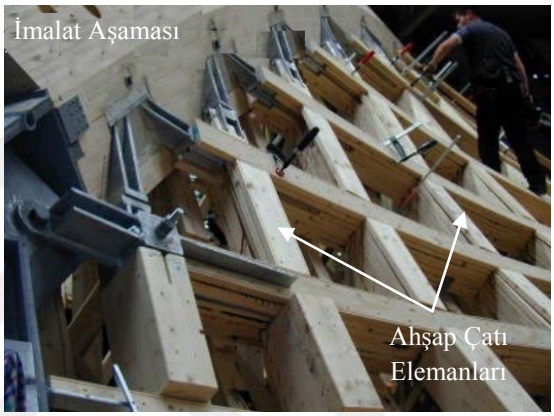
Ek Tablo 2.9.1. Hannover Expo Çatısı (devamı - 2) [106, 408, 409, 410, 411]

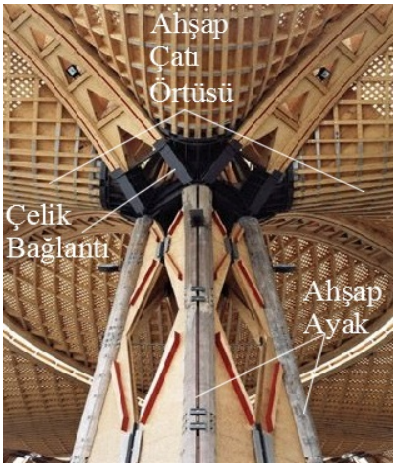
Yapı Detayları









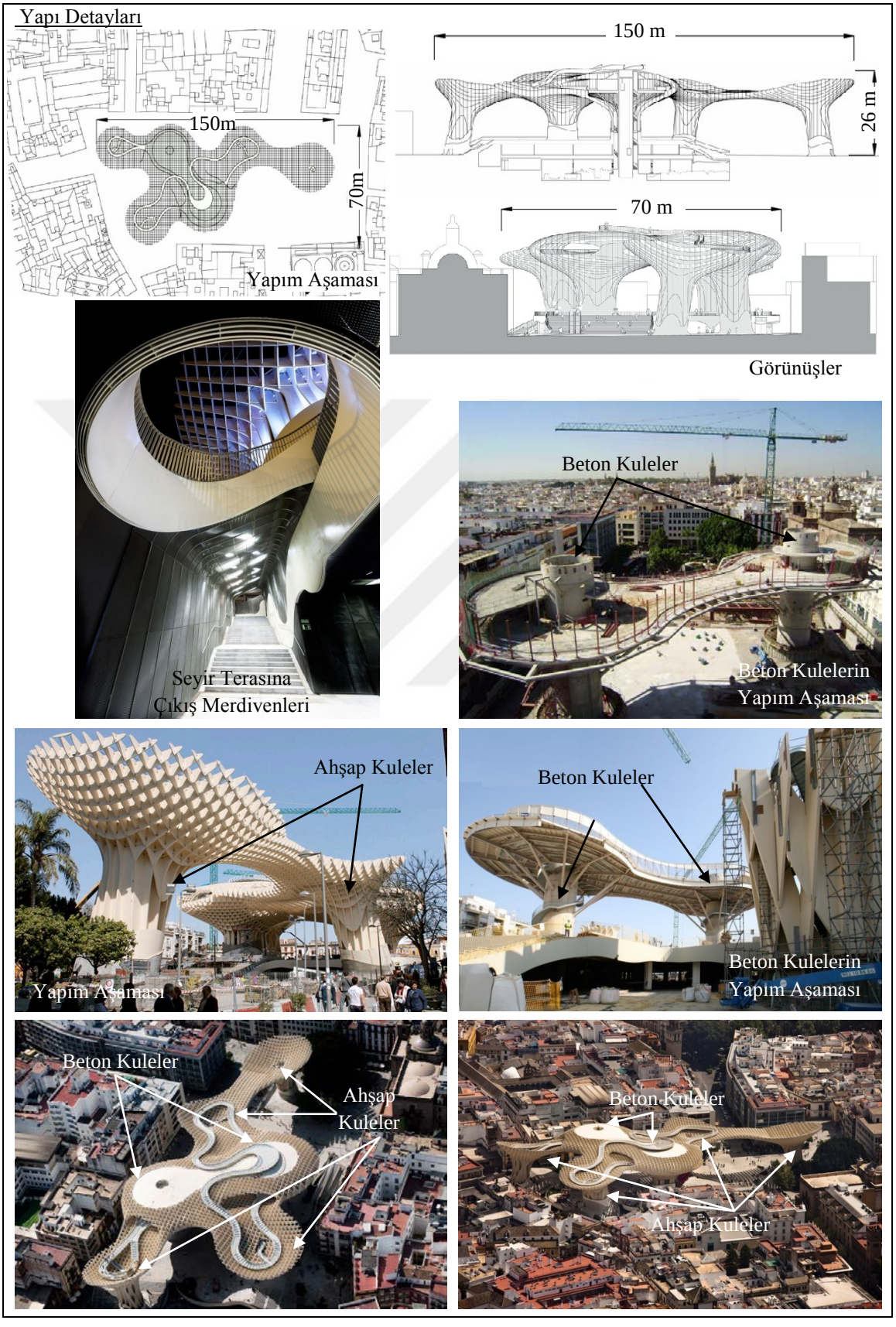


Ek Tablo 2.9.2. Metropol Parasol Seyir Terası [412, 413, 414]

98

Yapının Adı	: Metropol Parasol Seyir Terası
Yapının Mimarı	: Jürgen Mayer H., Andre Santer, Marta Ramírez Iglesias
Strüktür Mühendisi	: ARUP
Yapının Yeri	: Sevilla, İSPANYA
Yapım Yılı	: 2011
Yapının İşlevi	: Kamu Yapısı
Yapının Boyutları	: 150 x 70 m; 26 m(yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: LVL
Açıklık / Yükseklik	: 40 m / 2 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Özel Formlu

Ek Tablo 2.9.2. Metropol Parasol (devamı - 1) [412, 413, 414]

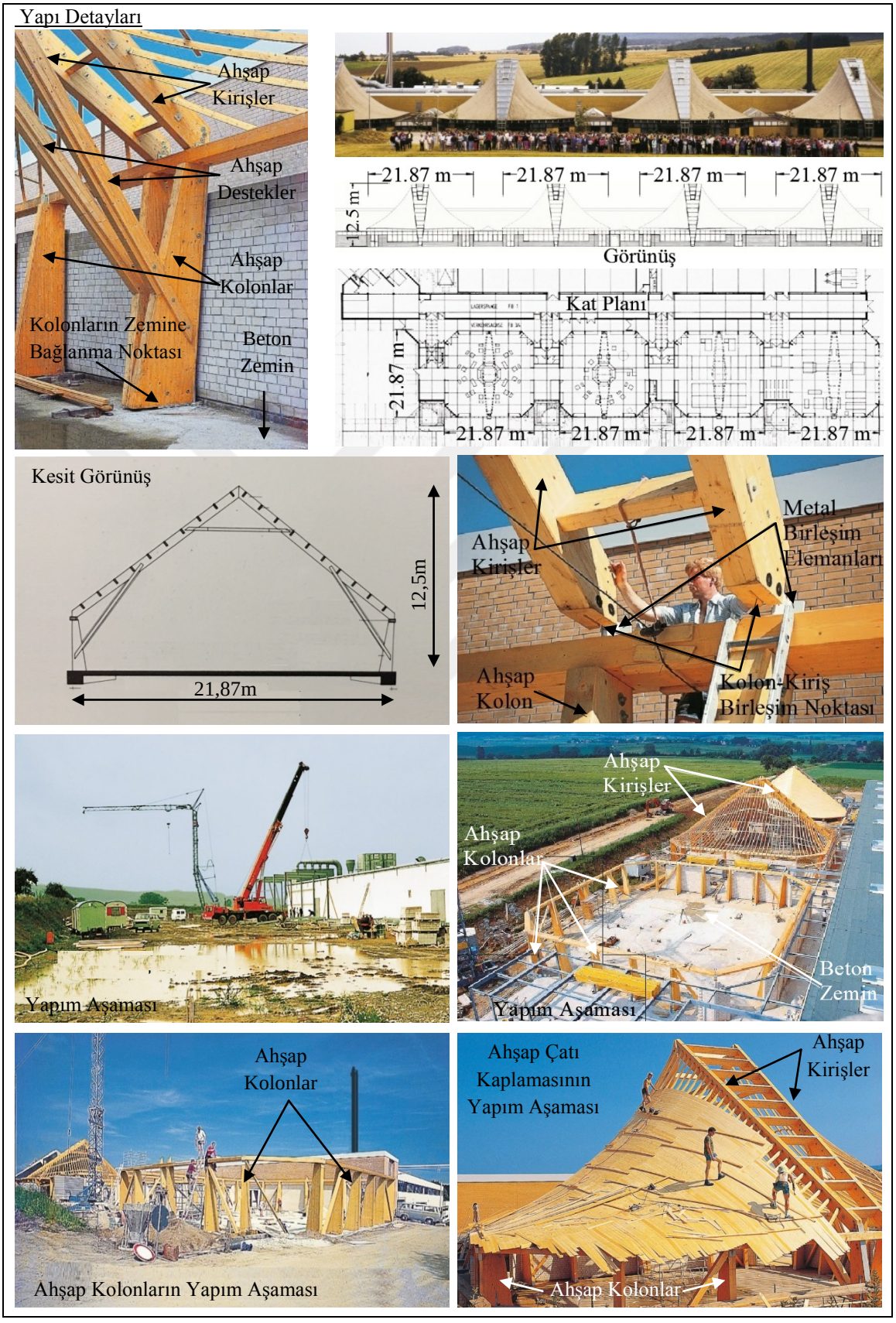


Ek Tablo 2.9.3.Wilkhahn Üretim Binaları [415, 416, 417]

99

Yapının Adı	: Wilkhahn Üretim Binaları
Yapının Mimarı	: Frei Otto ve Plunungsgruppe Gesternig
Strüktür Mühendisi	: M.Speich, F.-J.Hinkes
Yapının Yeri	: Bad Münder, ALMANYA
Yapım Yılı	: 1987
Yapının İşlevi	: Fabrika
Yapının Boyutları	: 21.87 x 21.87 m; 12.50 m(yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 21.87 m / 0,45 – 0,65 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Özel Formlu

Ek Tablo 2.9.3. Wilkhahn Üretim Binaları (devamı - 1) [415, 416, 417]



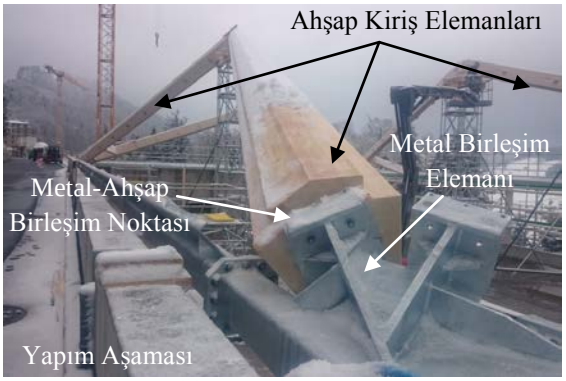
Ek Tablo 2.9.4. Bürgenstock Hotels & Resort Tenis Salonu [418, 419, 420, 421, 422]

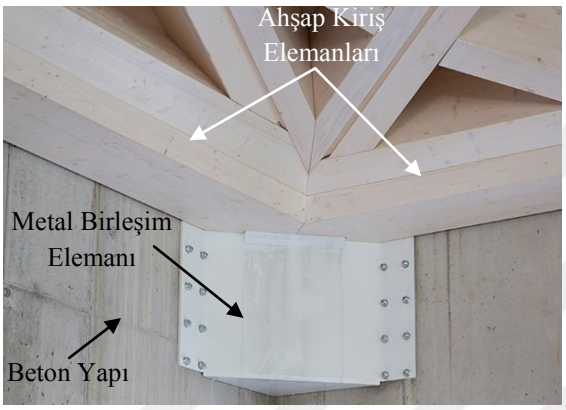
100

Yapının Adı	: Bürgenstock Hotels & Resort Tenis Salonu
Yapının Mimarı	: Rüssli Architekten AG
Strüktür Mühendisi	: Besmer-Brunner GmbH, Neue Holzbau AG
Yapının Yeri	: Bürgenstock, İSVİÇRE
Yapım Yılı	: 2016
Yapının İşlevi	: Spor Yapısı
Yapının Boyutları	: 22,5 x 38,25 m; 11,5 m (yükseklik)
Taşıyıcının Malzemesi	: Glulam
Açıklık / Yükseklik	: 38,25 m / 0,6 m
Strüktür Taşıyıcı Tipi	: Özel Formlu

Ek Tablo 2.9.4. Bürgenstock Hotels & Resort Tenis Salonu (devamı - 1) [418, 419, 420, 421, 422]

Yapı Detayları





ÖZGEÇMİŞ

11.07.1988 yılında Vakfıkebir - Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Vakfıkebir Kemaliye İlköğretim Okulu'nda, ortaöğrenimini Vakfıkebir Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2007 yılında Bozok Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde başladığı lisans eğitimini 2008'de yatay geçişle geldiği Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde 2011'de tamamladı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Yüksek lisans eğitimi esnasında çeşitli projelerde proje mühendisi olarak görev aldı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.