

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

ORCID : - - -

Trabzon

ÖNSÖZ

“Sürdürülebilir Yapı Malzemesi ve Yapı Elemanı Olarak Bambunun Kullanımına Yönelik Bir Model Önerisi: Doğu Karadeniz Örneği” adlı yüksek lisans tez çalışması, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tezin hazırlanma sürecinde gün ve saat ayırt etmeksizin değerli vaktini ayıran, özgün katkıları ile beni yönlendiren ve desteğini her zaman hissettiren çok değerli tez danışmanım Öğr. Gör. Dr. Özlem AYDIN’a en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca fedakarlıklarını, emeklerini ve desteklerini hiç eksik etmeyen sevgili ailem ve sevgili eşime varlıkları ve katkıları için sonsuz teşekkürler...

Didem BAYRAKTAR MARANGOZ
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sürdürülebilir Yapı Malzemesi ve Yapı Elemanı Olarak Bambunun Kullanımına Yönelik Bir Model Önerisi: Doğu Karadeniz Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Öğr. Gör. Dr. Özlem AYDIN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda 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. 24/03/2021

Didem BAYRAKTAR MARANGOZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ	XV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XVII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	3
1.3. Bambu.....	8
1.3.1. Dünya’da ve Türkiye’de Bambu.....	10
1.3.2. Bambuların Genel Özellikleri.....	12
1.3.2.1. Bambuların Fizyolojisi	13
1.3.2.2. Bambuların Anatomisi.....	23
1.3.2.3. Bambuların Fiziksel Özellikleri.....	27
1.3.2.4. Bambuların Kimyasal Özellikleri.....	29
1.3.2.5. Bambuların Mekanik Özellikleri.....	30
1.3.3. Bambunun Yetiştirilmesi	38
1.3.4. Bambuların Yayılımının Kontrolü	40
1.4. Yapı Malzemesi Olarak Bambuların Hazırlanması.....	43
1.4.1. Bambuların Hasadı	43
1.4.2. Bambunun Korunması.....	46
1.4.2.1. Geleneksel Koruma Yöntemleri.....	48
1.4.2.2. Kimyasal Koruma Yöntemleri.....	50
1.4.3. Bambuların Depolanması ve Kurutulması.....	55
1.4.4. Bambuların İşlenmesi	57
1.4.4.1. Geleneksel Yöntemlerle Bambuların İşlenmesi.....	58

1.4.4.2. Endüstriyel Yöntemlerle Bambuların İşlenmesi	62
1.5. Sürdürülebilir Malzeme Olarak Bambu	69
1.6. Bambunun Kullanım Alanları.....	76
1.7. Mimaride Bambu.....	79
1.8. Geleneksel Bambu Yapım Sistemleri.....	89
1.8.1. Temel Yapımı ve Detayları.....	90
1.8.2. Döşeme Yapımı ve Detayları.....	94
1.8.3. Duvar Yapımı ve Detayları.....	102
1.8.4. Çatı Yapımı ve Detayları	106
1.8.5. Bağlantı Çeşitleri ve Detayları.....	115
1.8.5.1. Geleneksel Bağlantı Teknikleri (Düşük Teknolojili Bağlantı Teknikleri)	116
1.8.5.2. Modern Bağlantı Teknikleri (Yüksek Teknolojili Bağlantı Teknikleri)	127
1.8.6. Destekleme Yapımı ve Detayları	137
1.8.7. Kapı ve Pencerelelerin Yapımı	139
1.9. Prefabrike Bambu Yapım Sistemleri.....	142
1.9.1. Yerinde Montajlanan Panel Sistemi	142
1.9.2. Prefabrike Modüler Panel Sistemi.....	144
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	148
2.1. Çalışmanın Yöntemi	148
2.2. Çalışma Alanının Belirlenmesi	149
2.3. Bambu Model Önerisi	152
2.3.1. Varsayımlar.....	152
2.3.2. Bambu Modelin Tasarım Kararları	153
2.3.2.1. Yapının Konumu	153
2.3.2.2. Yapının Boyutu ve Organizasyonu	153
2.3.2.3. Yapı Malzemesinin Seçimi	154
2.3.2.4. Yapının İklim Koşullarına Uyumu.....	154
2.3.2.5. Yapı Elemanlarının Tasarımı	155
2.3.2.6. Bağlantı Tekniği ve Elemanlarının Belirlenmesi.....	155
2.3.3. Bambu Modelin Yapısal Özellikleri.....	156
2.3.3.1. Temel.....	156
2.3.3.2. Döşeme	157
2.3.3.3. Duvar	158

2.3.3.4. Çatı	159
2.3.3.5. Bağlantı Teknikleri ve Elemanları	159
2.3.3.6. Kapı ve Pencere.....	160
2.3.4. Bambu Modelin Oluşturulması.....	162
3. BULGULAR VE İRDELEMELER	197
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	198
5. KAYNAKLAR	202
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMESİ VE YAPI ELEMANI OLARAK
BAMBUNUN KULLANIMINA YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ:
DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ

Didem BAYRAKTAR MARANGOZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Öğr. Gör. Dr. Özlem AYDIN
2021, 222 Sayfa.

Gelişen ve değişen dünyanın beraberinde getirdiği çevresel sorunlara çözüm niteliği taşıyan “enerjinin korunumu” ilkesiyle birlikte, sürdürülebilir yapı malzemelerine olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. 21. yüzyılın yeşil çeliği olarak adlandırılan bambu, birçok kullanım alanına sahip olmakla beraber, hızla yenilenebilir, tekrar kullanılabilir, dayanıklı ve düşük gömülü enerjiye sahip olmasıyla sürdürülebilir ve ekolojik bir yapı malzemesidir. Aynı zamanda alternatif olabilecek ahşap, çelik, beton gibi yapı malzemelerinden üstün bazı mekanik özellikleri bulunmaktadır. Bambunun, ülkemizdeki ormansızlaşmanın artmasına ve Doğu Karadeniz Bölgesi’nde bolca kullanılan ahşabın orman yasalarından dolayı etkin yararlanılamamasına çözüm olacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında, bambunun ülkemizde, özellikle mimari alanda kullanımını yaygınlaştırmak ve literatüre katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi’nde yetiştirilen fakat yapı malzemesi olarak kullanımını olmayan, bölgeye yeni ve farklı bir anlayış kazandıracak hedeflenen bambunun, yapı malzemesi ve yapı elemanı olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Aynı zamanda geleneksel bambu yapım sistemlerinden belirlenen detaylar doğrultusunda, Rize ili Pazar ilçesi, Soğuksu mevkiinde bulunan ormandaki bambulardan Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm alanlarına konaklama işlevinde 5,30 x 5,30 m boyutlarında model önerisi yapılmıştır. Modelin görselleri, plan, kesit, görünüş, sistem planı-kesiti-görünüşü ve nokta detayları uygulama projesi olarak çizilerek kaynak oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda, bambu yapım sistemlerinin ahşaba benzer olduğu, ülkemizde de yapılabileceği ve ekoturizm adına büyük katkı sağlayacağı sonuçlarına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bambu, Sürdürülebilir malzeme, Doğu Karadeniz, Detay, Model

Master Thesis

SUMMARY

A MODEL RECOMMENDATION FOR THE USE OF BAMBOO AS A
SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL AND BUILDING ELEMENT: A CASE
STUDY IN EASTERN BLACKSEA

Didem BAYRAKTAR MARANGOZ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architectural Graduate Program
Supervisor: Lect. Dr. Özlem AYDIN
2021, 222 Pages.

The requirement for sustainable building materials increases day by day with the principle of "conservation of energy", which is a solution to the environmental problems brought about by the developing and changing world. Bamboo called as green steel of the 21 st century has a lot of usage area, it is sustainable and ecological building material due to its reusable, renewable, durable and low embodied energy. Parallel to this, it is alternative to wood, steel, concrete and has several mechanical advantages in some points. It is considered that using of Bamboo will solve the deforestation and not being able to use the wood effectively, which is widely used in the Eastern Blacksea Region, due to forest laws. Within the scope of this study, it is aimed to popularize the use of bamboo in Turkey especially in the architecturally and to contribute the literature.

In this thesis, bamboo which is growing in the Eastern Blacksea Region however not to be used as a building material and aiming to gain a varied perspective evaluates as a structural material and element. Moreover, a model proposal for use of accommodation in the rural area of the Eastern Blacksea Region and have 5.30 m to 5.30 m dimensions is served by use of bamboo in the forest in Soğuksu location, Rize provience, Pazar district according to conventional construction systems of bamboo. Visuals of model, plan, section, view, plan of system, section of system, view of system and point details are drawing and accepted as application project imaginary.

As a result of this thesis, bamboo construction system is similar to wood, and if it builds in Turkey, then will be contribute the ecotourism.

Keywords: Bamboo, Sustainable material, Eastern Blacksea, Detail, Model

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. 17. yüzyılda Çin’de bulunan yüzen bambu köyü.....	8
Şekil 2. Bambunun Dünya’daki yayılışı	10
Şekil 3. Türkiye’de bulunan bambu türlerinin yetiştiği iller	11
Şekil 4. Bambu ormanları ve bambu bitkisi	12
Şekil 5. Bambuların sınıflandırılması	13
Şekil 6. Bambunun fizyolojisi	14
Şekil 7. Rizom yapısı	15
Şekil 8. Rizomların çoğalması.....	16
Şekil 9. Bambuların kök yapısı.....	17
Şekil 10. Bambu gövdesi ve kesitleri.....	18
Şekil 11. Farklı bambu türleri.....	18
Şekil 12. Bambu gövde kılıfı.....	19
Şekil 13. Bambunun filiz yapısı ve gelişimi	20
Şekil 14. Bambu filizi	20
Şekil 15. Bambu dallarında yapısal çeşitlilik	21
Şekil 16. Bambu yaprağı	21
Şekil 17. Bambu çiçeği	22
Şekil 18. Bambu meyvesi.....	23
Şekil 19. Bambunun anatomik yapısı	24
Şekil 20. Parankima dokusunun mikroskobik incelenmesi.....	24
Şekil 21. Vasküler demetlerin mikroskobik görüntüsü.....	25
Şekil 22. Bambunun lif dokusunun incelenmesi	26
Şekil 23. Haşereilerin bambulara verdiği zararlar.	29
Şekil 24. Düğüm ve boğum bölgelerine basınç testi uygulaması.....	32
Şekil 25. Bambular için eğilme dayanımı testi.....	33
Şekil 26. Su ile doldurulan bambunun 400° C’ye dayanımı	35
Şekil 27. Bambunun ısıya dayanım örneği.....	35
Şekil 28. Bambu yapıların rüzgâr veya deprem karşısında sergilediği davranış.....	36
Şekil 29. Bambunun yetişmesi için uygun toprak ve ortam.....	38

Şekil 30. Rizomların keskin bir aletle kesilmesi.	40
Şekil 31. Rizomun kürek vs. aletle çıkarılması	41
Şekil 32. Açık bariyer oluşturulması.....	41
Şekil 33. Kapalı bariyer oluşturulması.....	42
Şekil 34. Göl veya derenin yayılımı engelleyen bir bariyer görevi görmesi.....	42
Şekil 35. Bambunun yaşam döngüsü	43
Şekil 36. Bambuların hasat edilmesi.....	44
Şekil 37. Bambuların seçimindeki düzgünlük faktörü.....	45
Şekil 38. İşlenmiş ve işlenmemiş bambu	46
Şekil 39. Bambunun bozulma nedenleri	47
Şekil 40. Bambuyu koruma yöntemleri.....	47
Şekil 41. Bambu yapılarını, çürümeye ve böceklere karşı korumak için detay önerileri ..	55
Şekil 42. Bambularda dikey istifleme ve yatay istifleme.....	56
Şekil 43. Bambuların su içerisine taşınarak depolanması	56
Şekil 44. Sıcak bükme yöntemi ile bambunun işlenmesi.....	61
Şekil 45. Soğuk bükme yöntemi ile bambunun işlenmesi	61
Şekil 46. Silikatlaşmış dış katmanın soyulması ve bambunun diğer malzemelere entegre edilmesi.....	62
Şekil 47. Sürdürülebilirliğin 3 ana başlığı ile bambu ilişkisi	69
Şekil 48. Bambunun geri dönüşümü	72
Şekil 49. Bambunun meşe ve çama göre büyüme hızı	73
Şekil 50. Bambu, meşe ve çamın karşılaştırılması	73
Şekil 51. Bambu ve ahşabın ekonomik olarak sağladığı yararlar bakımından değerlendirilmesi	75
Şekil 52. Bambu strüktür sistemleri.....	79
Şekil 53. Geleneksel bambu yapım aşamaları	89
Şekil 54. Çatı katı ve normal kat yüksekliği.....	99
Şekil 55. İkincil kiriş mesafeleri	101
Şekil 56. Tek katlı ve iki katlı bambu yapı kesiti ve detayları	102
Şekil 57. Asma (askılı) çatı makası ve birleşim detayları.	107
Şekil 58. 1. Babalı çatı makası 2. Fink çatı makası 3. Janssen (1995) çatı makası konfigürasyonu.....	108
Şekil 59. Bambu uçlarının kesim teknikleri ve yapım aşamaları.	116
Şekil 60. Bambulara açılan deliklerden halat geçirilerek bağlama yöntemi	117
Şekil 61. Bambudan oluşturulmuş iskele örnekleri	118

Şekil 62. Kama ile sabitleme	119
Şekil 63. Dübel veya bulon ile sabitleme.....	119
Şekil 64. Çelik kelepçe ile sabitleme.	120
Şekil 65. Çivi (solda) ve dübel (sağda) ile sabitleme.....	120
Şekil 66. Bambu dübel (solda) ve kamalarla (sağda) tam bindirme tekniği	121
Şekil 67. Yarım bindirme tekniği.	121
Şekil 68. Yan plakalarla bindirme tekniği.....	122
Şekil 69. Geçmeli zıvana tekniği	122
Şekil 70. Düz bağlantı örnekleri	123
Şekil 71. Bambu gövdesinin dil şeklinde kesilip bağlantı oluşturulması.....	123
Şekil 72. Bağlantı için bambulara çıkıntı ve deliklerin oluşturulması.....	124
Şekil 73. Düz bağlantı varyasyonları	124
Şekil 74. Düz bağlantıda bir diğer yöntem.....	125
Şekil 75. Çapraz bağlantı varyasyonları.....	125
Şekil 76. Açılı bağlantı tekniği	126
Şekil 77. İçten geçen bağlantı tekniği	126
Şekil 78. Modern bağlantıda kullanılan çeşitli materyaller.....	127
Şekil 79. Cıvatarla kurulan bağlantı örnekleri.	128
Şekil 80. Cıvatarla oluşturulan bağlantı varyasyonları	128
Şekil 81. Köşebent levhaları ile oluşturulan bağlantı örnekleri.....	129
Şekil 82. Köşebent levha (solda) ve braketler (sağda) ile oluşturulan bağlantı.	129
Şekil 83. Dolgu takviyeli bağlantılar.	130
Şekil 84. Çeşitli malzemelerle oluşturulan hub konektörleri.	131
Şekil 85. Alman Bambu-Tech firması tarafından oluşturulan bağlantı	131
Şekil 86. Shoei Yoh tarafından oluşturulan bağlantı	132
Şekil 87. Renzo Piano tarafından oluşturulan bağlantı.	132
Şekil 88. Koolbamboo firması tarafından üretilen bağlantı detayları.....	133
Şekil 89. Induo bağlantı detayları	133
Şekil 90. Dikey bambu kulelerinin bağlantısında kullanılan başlık detayları.....	134
Şekil 91. Genişleyen plastik eklerin detayları.	134
Şekil 92. Büyük yükleri taşımak için oluşturulan bambu demetleri.....	135
Şekil 93. Studio Cardenas ekibi tarafından tasarlanan bağlantı detayları.....	135
Şekil 94. FRP levha ve “ijuk” ile yapılan bağlantı	136

Şekil 95. Herbert kesme pimi konektörü.....	136
Şekil 96. Mentешeli kapı ve sürgülü kapı çizimleri.....	139
Şekil 97. Bambu kapı örnekleri	139
Şekil 98. Bambu hasır levhalardan oluşan ve içi boş dışı kaplamalı kapı detayları.....	140
Şekil 99. Bambu pencere örnekleri.....	141
Şekil 100. Mentешeli ve sürgülü kanatlı pencere detayları.....	141
Şekil 101. Yerinde montajlanan panellerin oluşturulması	143
Şekil 102. Bambu prefabrik yapı yapım sıralaması.....	144
Şekil 103. Prefabrike modüler panellerin prototipi ve detayları	145
Şekil 104. Prefabrike modüler panel örneği.....	145
Şekil 105. Prefabrike modüler panel bileşenleri.....	146
Şekil 106. Prefabrike modüler panel sisteminde elektrik ve su tesisatı yapımı	147
Şekil 107. Panellerin bambu hasır ile kaplanması ve panellerin yapım detayları	147
Şekil 108. Artvin-Arhavi'de bulunan bambu ormanı.....	149
Şekil 109. Rize ili Pazar ilçesindeki bambu ormanının konumu.....	150
Şekil 110. Rize-Pazar'da bulunan bambu ormanı	151
Şekil 111. Temel ve ana dikme birleşim detayı.....	157
Şekil 112. Döşeme detayları.....	158
Şekil 113. Duvar detayı.....	158
Şekil 114. Çatı kaplama detayı.....	159
Şekil 115. Halat, çivi ve vida.....	160
Şekil 116. J ankraj cıvatası ve çift somonlu saplama.....	160
Şekil 117. Giriş kapısı detayı.....	161
Şekil 118. Pencere çeşitleri	161
Şekil 119. Bambu modelin ön cephesi.....	163
Şekil 120. Bambu modelin görünüşleri.....	164
Şekil 121. Bambu modelin planı	165
Şekil 122. Bambu modelin vaziyet planı ölçek:1/60	166
Şekil 123. Bambu modelin kat planı ölçek:1/50.....	167
Şekil 124. Bambu modelin temel planı ölçek:1/50.....	168
Şekil 125. Bambu modelin çatı planı ölçek:1/50.....	169
Şekil 126. Bambu modelin A-A kesiti ölçek:1/50.....	170
Şekil 127. Bambu Modelin B-B kesiti ölçek:1/50.....	171

Şekil 128. Bambu modelin güney cephesi ölçek:1/50.....	172
Şekil 129. Bambu modelin batı cephesi ölçek:1/50.....	173
Şekil 130. Bambu modelin doğu cephesi ölçek:1/50.....	174
Şekil 131. Bambu modelin kuzey cephesi ölçek:1/50	175
Şekil 132. Bambu modelin sistem planı ölçek:1/20	176
Şekil 133. Bambu modelin sistem planı ölçek:1/20	177
Şekil 134. Bambu modelin sistem görünüşü ölçek:1/20.....	178
Şekil 135. Bambu modelin sistem görünüşü ölçek:1/20.....	179
Şekil 136. Bambu modelin sistem kesiti ölçek:1/20.....	180
Şekil 137. Bambu modelin sistem kesiti ölçek:1/20.....	181
Şekil 138. Bambu modelin sistem kesiti ölçek:1/20.....	182
Şekil 139. Bambu modelin sistem kesiti ölçek:1/20.....	183
Şekil 140. Bambu modelin nokta detayları	184
Şekil 141. Bambu modelin nokta detayları	185
Şekil 142. Bambu modelin nokta detayları	186
Şekil 143. Bambu modelin nokta detayları	187
Şekil 144. Bambu modelin nokta detayları	188
Şekil 145. Bambu modelin nokta detayları	189
Şekil 146. Bambu modelin nokta detayları	190
Şekil 147. Bambu modelin nokta detayları	191
Şekil 148. Bambu modelin nokta detayları	192
Şekil 149. Bambu modelin nokta detayları	193
Şekil 150. Bambu modelin nokta detayları	194
Şekil 151. Bambu modelin nokta detayları	195
Şekil 152. Bambu modelin nokta detayları	196

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Tez akış şeması	7
Tablo 2. Rizom sistemleri	16
Tablo 3. Bambu ve yumuşak odun (çam, ladin vs.)’un selüloz, lignin ve hemiselüloz miktarlarının karşılaştırılması	30
Tablo 4. Yapı malzemesi olarak kullanılan iki bambu türünün mekanik özelliklerinin karşılaştırılması	31
Tablo 5. Farklı yapı malzemelerinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması.....	31
Tablo 6. Havayla kuruyan bambu ve yeşil bambunun mekanik özelliklerinin kıyaslanması	34
Tablo 7. Farklı yapı malzemelerinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması.....	37
Tablo 8. Bambuları geleneksel koruma yöntemleri.....	48
Tablo 9. Kısa süreli koruma yöntemleri.....	51
Tablo 10. Basınçsız koruma yöntemleri.....	52
Tablo 11. Basınçlı koruma yöntemleri.....	53
Tablo 12. Bambu levhaların yapım aşamaları.....	59
Tablo 13. Özel bölücü alet ile bambu lataların elde edilmesi	60
Tablo 14. Bambu kompozit yapımında kullanılan lignoselülozik hammaddeler	64
Tablo 15. Geleneksel bambu biyokompozit yapı ürünleri	65
Tablo 16. Bambunun yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izi (kgCO ₂ eq / kg bambu)....	70
Tablo 17. Yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izi (kg CO ₂ e / m ³)	71
Tablo 18. Yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca ekomaliyetleri (€ / m ³).....	71
Tablo 19. Yapı malzemeleri üretimi için gereken enerji ihtiyacı	72
Tablo 20. Bambunun kullanım alanları.....	76
Tablo 21. Çağdaş bambu yapılar	81
Tablo 22. Temel çeşitleri ve detayları.....	90
Tablo 23. Kiriş düzenlemeleri	95
Tablo 24. Döşeme kaplamaları.....	96
Tablo 25. Döşeme detayları.....	97
Tablo 26. Demetlenmiş bambu kirişler ve detayları.....	99
Tablo 27. Bambu duvar yapımı teknikleri	103
Tablo 28. Kıрма çatı yapımı ve detayları.....	106

Tablo 29. Çatı detayları.....	108
Tablo 30. Çatı kaplamaları.....	110
Tablo 31. Bağlama teknikleri.....	117
Tablo 32. Deprem ve rüzgâr direnci için yapılan diyagonal destek ve detayları	137
Tablo 33. Yanal yük direnci için yapılan göğüsleme ve detayları.	138

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

€	:Euro para birimi
ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
BIS-4990-1981	:Plywood for Concrete Shuttering Work Beton Kalıp İşleri için Kontrplak
BMB	:Bamboo Mat Board Bambu Hasır Panel
BMCS	:Bamboo Mat Corrugated Sheets Bambu Hasır Oluklu Levha
BMMSB	:Bamboo Mat Moulded Skin Board Bambu Hasır Kalıplı Yüzey Paneli
BMRC	:Bambu Hasır Mahya Örtüsü Bambu Hasır Mahya Örtüsü
BMVC	:Bamboo Mat Veneer Composite Bambu Hasır Kompozit Kaplama
C.A.N	:Community Architects Network; Mimarlar camiası ağı
DST	:Department of Science and Technology; Bilim ve Teknoloji Bölümü
eq	:Bir mol Hidrojen iyonu ile reaksiyona giren herhangi bir maddenin “mg ya da mM”cinsinden miktarıdır.
ERG	:Enerji birimi
FAO	:Food and Agriculture Organization of the United Nations Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
f _b	:Nihai Eğilme Dayanımı
FRA	:Global Forest Resources Assessment Küresel Orman Kaynakları Değerlendirmesi
FRP	:Fiber Reinforced Plastic Sheet Elyafı Güçlendirilmiş Plastik Levha
ha	:Hektar
INBAR	:The International Network for Bamboo and Rattan Uluslararası Bambu ve Rattan Birliği

IPIRTI	:Indian Plywood Industries Research & Training Institute Hint Kontrplak Sanayi Araştırma ve Eğitim Enstitüsü
IS-13958	:Bamboo Mat Board for General Purposes -Specification Genel Amaçlı Bambu Hasır Levha-Özellikler
ISO	:International Organization for Standardization Uluslararası Standardizasyon Örgütü
ISO 22157	:Bamboo structures - Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms - Test methods; Bambu yapıları - Bambuların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi - Test yöntemleri
J	:Joul
Kn	:Kilonewton
LB	:Lamine Bambu
LBL	:Lamine Bambu Kereste
LCA	:Life-cycle Assessment Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi
MJ	:Megajul
MPa	:Megapaskal
N	:Newton
NMBA	:Preservation of Bamboo, National Mission on Bamboo Applications; Bambu Uygulamaları Ulusal Misyonu
Ø	:Çap
OSB	:Oriented Strand Board Yönlendirilmiş Yonga Levha
PH	:Bir çözeltilinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi
PVC	:Polivinil klorür
TIFAC	:Technology Information, Forecasting, and Assessment Council Teknoloji Bilgileri, Tahmin ve Deđerlendirme Konseyi
UNESCO	:Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü
µm	:Mikrometre
ε	:Şekil değiştirme uzunluğu
pair-dry	:Havayla kuruyan (air-dry) bambuların yoğunluğu
σ	:Gerilme

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

19. yüzyılda sanayi devriminin sonuçları olarak görülen kentleşme, hızlı nüfus artışı makineleşmenin artması ve fosil yakıtların hızlıca tüketilmeye başlanması enerji gereksinimini arttıran sebepler arasında sayılmaktadır. Fosil kaynakların hem çevreye zarar vermesi hem de sonlu olması yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi hızlandırmıştır. Böylece yenilenebilir enerji kaynakları günümüze dek birçok sektör tarafından araştırılan-geliştirilen bir konu olmuştur.

Enerji her sektörde olduğu gibi yapı ve inşaat sektöründe de oldukça önemli bir konuma sahiptir. Günümüzde enerjinin büyük bir bölümü yapı inşasında kullanılmasından dolayı inşaat sektöründe enerjiyi verimli kullanma adına çalışmalar önem kazanmıştır. Bu bağlamda “sürdürülebilir mimarlık”, “ekolojik mimarlık”, “enerji etkin tasarım” başlıkları oluşmuştur. Bu başlıklar, enerjiyi az ve verimli kullanma prensibine dayanırken aynı zamanda doğayı ve insanı korumayı da hedeflemektedir.

Günümüz mimarlığı çevreyle ilişkili, sürdürülebilirlik kavramlarına öncelik veren ekolojik yaklaşımlara yönelmekte, tasarımlar bu anlayış temel alınarak geliştirilmektedir. Malzeme, ekolojik mimarinin çevreye duyarlı yaklaşımının, “sürdürülebilirlik” yönünün tamamlayıcısı, ekolojik tasarımın merkezinde olan katılımcısıdır. Malzemenin yenilenebilmesi, geri dönüştürülebilmesi, düşük enerji tüketmesi, toksit olmaması, kendini onarması, değişime yatkın olması gibi özellikler ekolojik mimari tasarımların malzemeye dayalı tasarım boyutunu oluşturmaktadır (Gezer, 2012).

Yapıda ekolojik kavramı söz konusu olduğunda, doğaya saygılı malzemelerin kullanımını önem kazanmaktadır. Son yıllarda, tüm dünyada malzeme seçiminde birbirinden farklı iki eğilimin yaygınlaştığı görülmektedir. Yapılarda bir taraftan yüksek teknoloji ürünü olan, üretiminde ve yaşam döngüsü sürecince fazla enerji tüketen çağdaş malzemeler tercih edilirken, diğer taraftan üretimi ve yaşam döngüsü süresince az enerji tüketen, daha çok geleneksel yapılarda kullanılan yerel kaynaklı malzemeler kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi yapı malzemesi pazarında olumlu etkiler yaratırken, çevre sorunlarının ortaya çıkmasına da neden olmaktadır. Bu malzemeler üretim, kullanım ve yaşam döngülerinin her aşamasında çevre üzerinde bir etki yaratır. Bu durumda malzeme

üretimi, seçimi ve kullanımında, gelecek nesillere yaşanabilir çevreler bırakmak için çevre kirlenmesini önleyecek tedbirlerin alınması kaçınılmaz olmaktadır (Tekin, 2012).

Yapılarda dayanıklılık ve diğer performanslardan ödün vermemek koşulu ile düşük enerjili malzemelerin tercih edilmesi çevresel bir yaklaşım olmaktadır. Yapı malzemesinin enerji etkin olabilmesi için kendi yaşam döngüsünü oluşturan her aşamada enerjiyi az ve verimli kullanması gerekmektedir. Hammaddesinin doğadan elde edilışinden başlayıp, üretilmesi, taşınması, kullanışı ve yok edildikleri aşamaya kadar süren bütün aşamalarda, enerjiyi etkin kullanan yapı malzemelerinin tercih edilmesi, yapılara enerji etkinliği sağlamaktadır. Malzeme seçimi sırasında alternatif yapı malzemeleri ve sistemleri arasında seçim yaparken oluşum enerjisi ile yapının sürdürülebilirlik kriterlerini de göz önünde bulundurmak gereklidir. Sürdürülebilir tasarım kriterleri;

- Yerel malzeme kullanılması
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması
- Hızla yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemelerin kullanılması
- Geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması
- Dayanıklı yapı ürünlerinin ve malzemelerinin kullanılması
- Geri kazanılmış yapı malzemelerinin ve bileşenlerinin yeniden kullanılması
- Gömülü enerjisi düşük malzemelerin kullanılması olarak açıklanabilir (Tekin, 2012).

Sürdürülebilir yapı tasarımı, gelişen ve sürdürülebilirlik boyutuyla değişen mimari tasarım ölçütleri ile bu ölçütlere uygun olarak seçilen çevreye duyarlı yapı malzemeleri ve yapım teknikleri kullanarak yapı üretmeyi hedeflemektedir (Dikmen, 2011).

Sürdürülebilir, enerji etkin inşaat malzemelerine duyulan ihtiyaç, inşaat süreçlerinin maliyetini ve çevresel etkisini azaltabilen alternatif malzemelere ve yöntemlere ilişkin kapsamlı araştırmaların yapılmasına neden olmuştur. İklim değişikliği ve fosil enerji kaynaklarının azalmasının günlük hayatta ortaya çıkardığı problemlere karşı; düşük enerjili yapı malzemesine duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda özellikle yerel ve geleneksel malzeme kullanımı önem kazanmaya başlamıştır (Tekin, 2012).

Küresel ısınmanın, kaynakların tükenmesinin ve ormansızlaşmanın, dünyanın doğal dengesini tehdit ettiği ve çeşitli ekosistemlerin olduğu bir dönemde bambu hem son derece yararlı hem de çevre dostu olan bir kaynak olmaktadır. Bambu, bilinen sürdürülebilir, yenilenebilir bir kaynak olarak kabul edilen bir pazarda giderek daha fazla araştırılan malzeme haline gelmektedir (Krawczuk, 2013).

21. yüzyılın yeşil çeliği olarak adlandırılan bambu, hızla yenilebilir bir malzeme olması, tekrar kullanılabilir, dayanıklı ve düşük gömülü enerjiye sahip olması gibi özellikleriyle sürdürülebilir ve enerji etkin bir malzeme olarak değerlendirilmektedir.

Bambu yetiştiği orman alanlarının dışında, kentleşme oranının en yüksek olduğu yerlerde de yetişmektedir. Artan kaynak kıtlığı göz önüne alındığında bu durum büyük bir öneme sahiptir. Geleceğin malzemeleri, bambu lifleri ve ağaç kombinasyonundan oluşabilir (URL-1, 2018). Bambunun sürdürülebilir tasarım kriterlerine uygun bir yapı malzemesi olmasının yanı sıra kullanılan yapım teknikleriyle inşa edilen bambu yapılar, bütünüyle sürdürülebilir yapı tasarımına uygun olmaktadır. Bu bağlamda bambunun ekolojik bir yapı malzemesi olmasıyla çağdaş yapıların da gündemine giren malzeme üzerine yapılan araştırma-geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bambu, dünya genelinde uzun yıllardan beri pek çok kullanım alanına sahiptir. Bunlardan; gıda, inşaat, tekstil, tarım, sağlık, dekorasyon, müzik, hammadde sektörleri en yaygın kullanım alanlarıdır. Özellikle sürdürülebilir bir malzeme olmasından dolayı, yapı ve inşaat sektöründeki bambunun kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır. Bambunun diğer yapı malzemelerine (ahşap, çelik, beton vs.) kıyasla oldukça avantajlı malzeme olması, onun birçok alan için aranan bir malzeme olmasını ve yapı malzemesi olarak tercih edilmesini sağlayarak dünya çapında popüler hale getirmektedir. Bu malzemeler arasında organik bir yapı malzemesi olarak ahşabın kullanımını sınırlandıran ve alternatif üretilmesini gerektiren etmenler bulunmaktadır. Bu etmenler şu şekilde sıralanabilir;

1. Çeşitli yasalar nedeniyle ormanlardan etkin yararlanılamamaktadır. Dolayısıyla geleneksel ahşap malzeme temininde zorluk yaşanmaktadır (Yılmaz, 2020).
2. Son yıllarda dünyada ormansızlaşma (deforestation), oranı giderek artmaktadır. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)'nun çıkardığı Global Forest Resources Assessment (FRA) 2020 raporunda, 1990 yılından 2020 yılına kadar dünyanın yaklaşık Libya büyüklüğünde bir alan olan 178 milyon hektar orman kaybettiği bildirilmiştir (FAO, 2020). Uzmanlar, ahşaba alternatif bulunmadıkça orman kaybının devam edeceğini ve ahşabın bir alternatifinin, ağaç benzeri bir görünüme sahip bir çim olan bambu olabileceğini söylemektedir. (URL-2, 2021).

Genel olarak bakıldığında ahşap ve bambu benzer özelliklere sahiptir. Ancak birtakım önemli farklılıklar bambuyu ahşaptan ayrıcalıklı kılmaktadır. Bambunun ahşap malzemeye kıyasla avantajları şu şekilde sıralanabilir;

1. Ahşabın kaynaklarını yenileyebilmesinin uzun zaman alması (Bambunun büyümesi için 3 ile 6 yıla, meşe ve çam ağaçlarının ise sırasıyla 60 ve 40 yıla ihtiyacı vardır. Aynı süre zarfında meşe hasadı 1 kere yapılırken, bambu hasadı ise 12 defa yapılabilir) (URL-3, 2019).
2. Ahşap malzemenin üretimi için gereken enerji ihtiyacının bambudan 2 kat fazla olması,
3. Bambunun ormansızlaşmayı azaltması (Hızlı büyüyen, kendi kendini yenileyen kaynak olarak bambu, yenilenebilir bir kereste ikamesi sağlayarak ormansızlaşmayı ve buna bağlı biyolojik çeşitlilik kaybını önleyebilir. Bambunun bozulmuş araziye yenileme yeteneği, ormanlar için özellikle önemli bir ekosistem hizmetidir. Uzun yeraltı kök sistemleri, bambuların toprağı bağlayabileceğı, su akışını önleyebileceğı ve yer üstündeki biokütle yangınla yok edildiğinde bile hayatta kalabileceğı anlamına gelmektedir. Ormansızlaşma aynı zamanda küresel iklimi de etkilemektedir (URL-4, 2021). Bambular sera gazlarını emmektedir. Günde 30 cm uzadıkları için benzer ağaçlarla aynı miktarda karbondioksit emerken, %35 daha fazla oksijen üreterek adeta bir hava temizleyici gibi davranmaktadır. Benzer ağaçlardan 17 kat daha fazla karbondioksit tutabilir ve saatte 12 ton karbondioksit absorbe edebilen türleri vardır) (URL-5, 2018).
4. Bambunun birçok mekanik özellikte ahşaba karşı üstünlüğünü koruması,
5. Bambunun erozyonu önlemesi (Bambular, özellikle dik yamaçlar, nehir kıyıları ve bozuk topraklar vb. yüksek miktarda akıntıya maruz eğilimli alanlarda, kapsamlı rizom kök sistemleri sayesinde erozyonu azaltmaya yardımcı olup toprağı bir arada tutar) (Pandey ve Shyamasundar, 2008).
6. Bambunun yetiştirme koşulları çok yönlü olduğundan, çoğu iklimde yetişip gelişebilmesi,
7. Bambunun hızlı büyüüp hasat edilmesi ve buna bağlı istihdamın fazla olması gibi yararları sayesinde ahşaba kıyasla ekonomiye daha fazla katkı sağlaması vs. gibi özellikler bambuyu ahşap malzemedan üstün kılmaktadır.

Bu tez çalışması ile;

1. Bambunun yapı malzemesi ve yapı elemanı olarak kullanılabilmesi için ülkemizde kaynak ve bilgi yetersizliği bulunmaktadır. Bu amaçla özellikle mimari ve yapı alanında bambunun bütün özellikleri incelenmiş ve malzeme hakkında gerekli bilgiler toplanmıştır. Bambu yapıların yapım tekniklerinin araştırılıp derlendiği bir kaynak oluşturulmuştur.
2. Bambunun, ülkemizde özellikle kırsal turizm alanlarında konaklama amaçlı inşa edilen birimlerde sürdürülebilir ve ekolojik yapı malzemesi olarak kullanımına dikkat çekerek literatürde yer alması amaçlanmaktadır. Ülkemizde yürütülen konaklama amaçlı Ar-Ge çalışmaları içerisinde ahşap, taş, betonarme ve çeliğe alternatif olarak bambu yapı malzemesinin kullanımının artırılması hedeflenmektedir. Bambunun diğer yapı malzemelerine göre oldukça avantajlı olduğu gösterilip, yetiştiği ülkelerde yaygın olarak kullanılan bambu malzemesi ve yapım tekniklerinin, ülkemizde de özellikle kırsal alandaki konaklama birimlerinde kullanımının arttırılacağı ve ekoturizm faaliyetlerine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
3. Ekoturizm anlayışı içerisinde yapılacak yapıların sürdürülebilirlik bağlamında yerel ve ekolojik olması bölgenin korunan alanlarının bulunmasından dolayı büyük önem taşımaktadır. Bambunun genellikle Güney Asya'da yetiştiği ve kullanıldığı bilindiğinden dolayı, Doğu Karadeniz'de bambu yapıların yapılması hem yerli ve yabancı turistlerin hem de yerel halkın ilgisini çekecek, imaj yaratıcı öğeler ile bölge turizmi için farklı bir alan oluşturacaktır. Bu etki ile çevredeki diğer sektörlere de katma değer yaratması amaçlanmaktadır.

Açıklanan hedefler doğrultusunda yapılan tez çalışması, aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır;

Genel bilgiler bölümünde; problemler saptanarak konuya yaklaşım amaçları irdelenmiş olup sonrasında, bambunun; tarihçesi, yetiştiği bölgeler, genel özellikleri, yetiştirilme koşulları, yayılımının kontrolü, yapı malzemesi olarak kullanımı için hangi aşamalardan geçtiği, sürdürülebilir olma özellikleri, kullanım alanları ve günümüz çağdaş mimarisinde literatürde yer alan bambudan oluşturulmuş yapı örnekleri incelenmiştir. Bambu yapım sistemleri, prefabrike ve geleneksel sistemler olarak ikiye ayrılmıştır. Geleneksel bambu yapım sistemleri ; temel, döşeme, duvar, çatı, kapı, pencere, destekleme

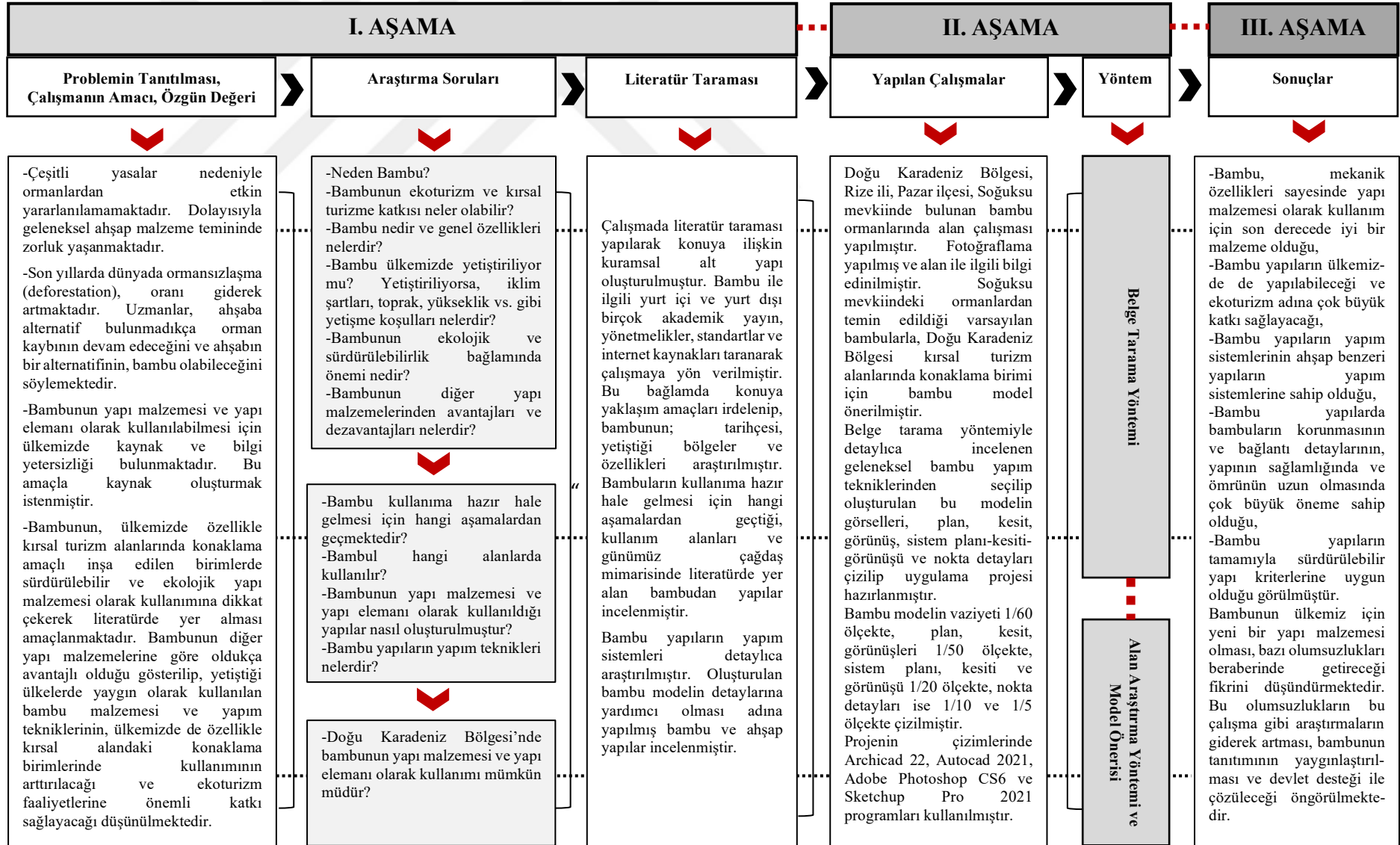
ve bağlantı teknikleri olarak detaylıca incelenip analiz edilerek tablolar halinde aktarılmıştır.

Yapılan çalışmalarda ise, Doğu Karadeniz Bölgesi, Rize ili, Pazar ilçesi, Soğuksu mevkiinde bulunan bambu ormanlarından temin edilen bambularla, Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm alanları için bambu model önerilmiştir. Genel bilgiler bölümünde detaylıca incelenen geleneksel bambu yapım tekniklerinden seçilip oluşturulan bu modelin, tasarım kararları doğrultusunda, görselleri, kat planı, kesiti, görünüşü, sistem planı- kesiti- görünüşü ile nokta detayları çizilip uygulama projesi şeklinde hazırlanmıştır.

Bulgular ve sonuç bölümünde bambu ile ilgili gerekli değerlendirilmeler yapılmış, gelecekte yapılacak araştırmalar ve tasarımlar için öneriler sunulmuştur.

Tez kapsamının daha açıklayıcı olabilmesi için aşağıdaki Tablo 1'de araştırma modeli gösterilmiştir.

Tablo 1. Tez Akış Şeması

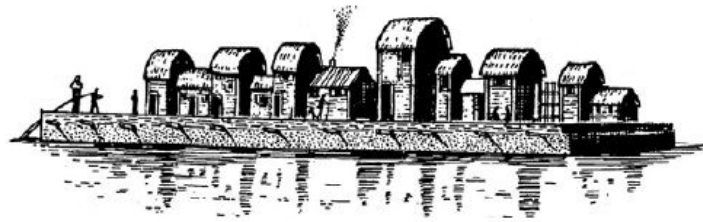


1.3. Bambu

Bambu insanoğlunun kullandığı en eski yapı malzemelerinden biridir. Gelişen teknolojiyle birlikte sürdürülebilir bir malzeme olarak kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Bambunun ilk türleri, 30-40 milyon önce (dinozor neslinin tükenmesinden uzun bir süre önce) tarih öncesi çimlerden evrimleşmiştir. Sonrasında, otçul hayvanlar ve insanlar için ana besin kaynağı haline gelmiştir. Bambu insanoğlu tarafından ilk olarak; Neolitik çağlarda (MÖ. 12000-2000) basit yapılar ve sepet yapımında kullanıldığı görülmektedir. Bir inşaat malzemesi olarak, Xia Hanedanlığı döneminde (MÖ. 2300-1750), Çin tarihinin en büyük su projesi olan Du Jiang Barajı, bambu kullanılarak inşa edilmiştir. MÖ. 5. yüzyılda, bambu şeritlerin üzerine mürekkeple yazılmış ilk belgeler bulunmuştur. MS. 105 yılında, Çinli Cai Lun, dünyanın ilk bitki kâğıt mendilini bambudan yapmıştır. Uzun bir süre resimler bambu kâğıdına çizilmiştir. Ming Hanedanlığı döneminde MS 1486'da bambu kömürü bulunmuştur. 400 yıl sonra İngiltere'de ilk bambu bisikleti yapılmıştır (Krawczuk, 2013).

Bambunun küresel dağılımı, farklı bölgelerde kendi tipolojilerini oluşturmuştur. 17. yüzyılda Avrupalı gezginler, Çin'de bulunan 200'den fazla ailenin yaşadığı yüzen bambu köylerini gördüklerinde şaşırılmış ve malzemeyi araştırmaya başlamıştır (Witte, 2018) (Şekil 1).



Şekil 1. 17. yüzyılda Çin'de bulunan yüzen bambu köyü (Witte, 2018).

Dünyanın her yerinde bambu olarak bilinen bitki, *Poaceae (Graminacea)* çimen ailesinden çok yıllık yaprak dökmeyen çiçekli bitkidir. Asya kültüründe yüzyıllar önce ortaya çıkıp günümüzde kıtalara yayılmıştır (Krawczuk, 2013). Bazıları bu terimin kökeninin Malaya olduğuna ve “bam-boom” kelimesinden geldiğini bazıları da eski Hint terimi olan “mambu” dan türediğini düşünmektedir (López, 2003).

Bambu çoğunlukla "fakir adamın kerestesi" olarak kabul edilmiştir. Çünkü geçmiş yıllarda, mevcut olduğu gelişmekte olan ülkelerde, genellikle fakir sınıflar tarafından çok düşük maliyetlerle kolayca elde edilen bir malzeme olmuştur (Akwada ve Akinlabi, 2016).

Campbel 1926'da bambuları "dev otlar" olarak adlandırmıştır. Schimper ise 1895'teki yayınlarında bambuları "rizomlu ağaca benzer otlar" olarak tanımlamıştır (Numata, 1979).

Warming ve daha sonra da Huberman "Bambu Ormanlarını"; büyük topluluklar halinde bir arada bulunan ve ağaçlar gibi büyük gölgelikler oluşturan bambu toplulukları olarak tanımlamıştır. Yine Warming 1909'da bazı bambuları görünüşlerinden dolayı bazen "Çalılık" olarak tanımlamışken, Stamp'da 1926 yılında çalılık olarak tanımlanan bu bambuların oluşturduğu topluluklara "Bambu Çalılıkları" adını vermiştir (Numata, 1979).

Numata ise yukarıda tanımlamaları ve bambuların özelliklerini de dikkate alarak; bambuları, çalılıkların, ormanların ve otların ortasında bir bitki olarak tanımlanabileceğini belirtmiştir. Soderstrom ve Calderon 1979'da bambuları, "Ağaç Otlar", "Odunsu Bambusu Otlar" ve "otsu bambular" olarak üçe, görünüşlerinden dolayı ise uzun ve bodur bambular olarak ikiye ayırmıştır (Numata, 1979).

Soderstrom ve Numata ise bambuları, otsuların alt familyası "Bambusoideae" veya "Bambumsu Otlar", "Otsu Bambusoidea' nın Alt Familyası" olarak önermiş ve daha sonra bunu "Odunsu Bambumsu Otlar veya Bambular" ve "Otsu Bambumsu Otlar" olarak ikiye ayırmıştır. "Odunsu Bambumsu Otlar" olarak tanımlanan bambular, tarımı yapılan ve endüstriyel kullanımda yeri olan bambulardır. Bu bambulara aynı zamanda "Ağaç Otlar" da denilmektedir. Diğer grup olan "Otsu Bambumsu Otlar" ise adından da anlaşılacağı gibi gerçekten sapları odunlaşmayan gövdelere sahip bambulardan oluşur (Watanabe, 1986).

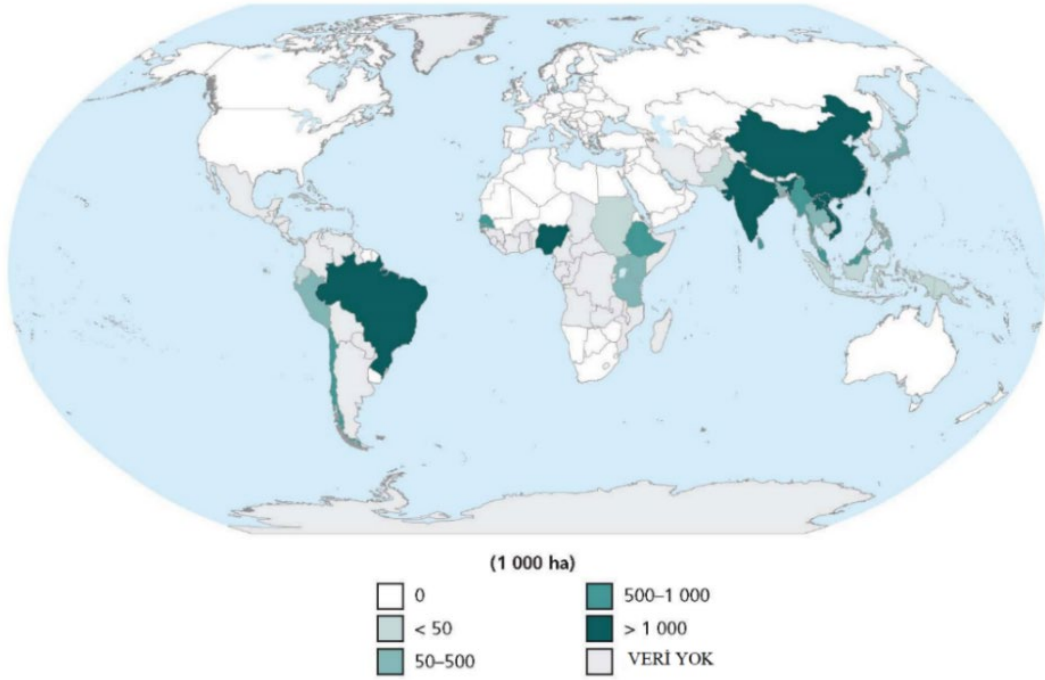
Asya ülkelerinde bambu asırlardır, günlük yaşamın bir parçası olmasına rağmen, bitkinin tarihinin incelendiği büyük araştırmalar, 1920 yılına kadar yapılmamıştır. 1997'de The International Network for Bamboo and Rattan (INBAR) adıyla kurulan Uluslararası Bambu ve Rattan Birliği, sürdürülebilir kalkınma için bambunun sosyal, ekonomik ve çevresel faydalarını göz önüne alarak çalışmalar yapmaktadır (Krawczuk, 2013).

Bambu, %100 doğal, sağlıklı ve anti bakteriyel bir malzemedir. Hızla yenilebilir bir malzeme olması, tekrar kullanılabilir olması, dayanıklı olması ve düşük gömülü enerjiye sahip olması vb. özellikleriyle ekolojik ve sürdürülebilir malzemedir. Üretimde binaya hazır hale gelmesi için fazla enerjiye ihtiyaç duymaz. Bambu, ormanlaşmayı hızlandırdığı için gelecekteki kereste alternatifini olarak kabul edilmektedir.

1.3.1. Dünya’da ve Türkiye’de Bambu

Dünya çapında, yaklaşık 121 cinse (25 otsu ve 96 odunsu) ayrılmış yaklaşık 1.600 bambu türü vardır. Coğrafi olarak bu türler, (Antarktika ve yerli türlerin olmadığı Avrupa hariç), tüm kıtaların tropikal, alt tropikal ve ılıman bölgelerinde bulunur.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)’nun çıkardığı Global Forest Resources Assessment 2010 (FRA) raporunda, 2010 yılında bambuların kıtalara göre kaç hektar kapladığı araştırılmıştır. Bu araştırmaya göre Asya’daki bambu ormanları (17 360 000 ha), Güney Amerika’daki (10 399 000 ha), Afrika’daki (3 627 000 ha), Okyanusya’daki (45 000 ha), Kuzey ve Orta Amerika’daki ise (39 000 ha)’dır. Araştırmalar Avrupa’da doğal olarak yetişen bambu tarlalarının olmadığını göstermektedir. 2010 yılına kadar dünyadaki bambu ile kaplı toplam alan ise 31 470 000 ha olarak belirlenmiştir (Krawczuk, 2013) (Şekil 2).



Şekil 2. Bambunun Dünya’daki yayılışı (2010) (URL-6, 2018).

FAO'nun 2020 yılında çıkardığı FRA raporuna göre, son 30 yılda dünya çapında toplam bambu alanı %50 artarak 35 milyon hektara ulaşmıştır (URL-7, 2021).

Bambuların yaklaşık olarak kıta dağılımı; Asya ve Okyanusya'da %67; Afrika'da %3 ve Amerika'da %30 şeklindedir (López, 2003). 46° kuzey enlemi ile 47° güney enlemi arasındaki tropikal ve subtropikal şeridi ile Okyanusya'nın bir kısmını kapsamaktadır. (Peña, 2015). Buna göre; bambuların %80'i Güneydoğu Asya'nın tropikal bölgeleri ile Hint Okyanusu ve Büyük Okyanus'taki adalarda bulunmaktadır.

Ülkemizde doğal olarak yetişen bambu türü bulunmamaktadır. Ancak; bambu ailesinden sayılan saz türleri hemen hemen ülkenin her tarafında bulunmaktadır. Ülkemizde bulunan bambu türleri doğal yetişmeyip başka ülkelerden rizomların getirilmesiyle çoğalmıştır. Bambu rizomları Türkiye'ye ilk olarak 100 yıl önce Gürcistan başta olmak üzere çeşitli ülkelerden getirilmiştir (Var, 2005). Ülkemizde bambu; İstanbul, İzmit, Yalova, Sakarya, Bursa, Samsun, Trabzon, Rize, Artvin, Mersin ve Antakya'nın bazı bölgelerinde bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Türkiye'de bulunan bambu türlerinin yetiştiği iller

Türkiye'de bambu miktarı ton bazında 2000 yılında 110.4 ton iken 2005 yılında 157.3 ton olarak tespit edilmiştir. Yine 2005 yılı verilerine göre bambu miktarı hektar başına 14.3 ton olarak belirtilmiştir. Türkiye'de bulunan bambu türlerinin tamamı özel arazilerde bulunmaktadır. Bu sayı 1990 yılında 0.007 hektar alanda, 2000 yılında 0.008 hektar iken 2005 yılında bu alan 0.011 hektar olarak tespit edilmiştir (Var, 2005).

1.3.2. Bambuların Genel Özellikleri

Japonya’da dürüstlüğün, Çin’de uzun ömrün, Hindistan’da dostluğun sembolü olan bambu, buğdaygiller familyasından olup çoğunlukla Asya’da yetişen bir bitkidir. 121 cinsi ve yaklaşık 1.600 alt türü vardır. 20 cm üzeri kalınlığa ve 35 metre uzunluğa ulaşabilen Gramineae familyası içinde yer alan Bambuseae türüdür (URL-8, 2018). Bambular 35 metre yüksekliğe kadar ulaşabilse de bir ağaç ya da bir çalı değil, dünyadaki en hızlı büyüyen çim olarak kabul edilir (Krawczuk, 2013) (Şekil 4).



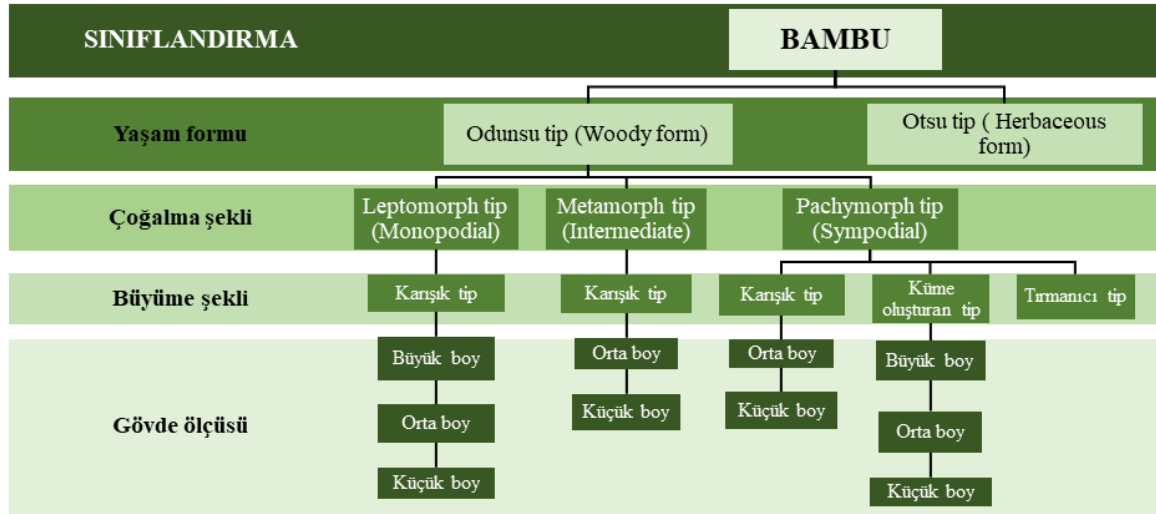
Şekil 4. Bambu ormanları ve bambu bitkisi (URL-9 ve 10, 2020).

Günde ortalama 10-13 cm uzayan bambu bitkisi, 6-7 ay gibi bir sürede 20-30 metreye kadar uzayabilmektedir. Tropik ve subtropik iklimin hâkim olduğu bölgelerde 3500 m’ye kadar olan yüksekliklerde yetişmektedir. Bambu, 6-8 yıl sonunda odunlaşmakta ve sertleşmektedir. Yani lignin içeriği artmakta ve uzaklaştırılması çok zor olmaktadır. Bu yüzden bu tür bambular yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır (Karahan, Öktem ve Seventekin, 2006). Dünyada özellikle Güney Asya’da bambudan yapılan yapılara sıkça rastlanmaktadır. Geleneksel tarzda yapılan tek katlı yapılarla birlikte aksine modern yüksek katlı yapılarda da bambu malzemelerin kullanımının arttığı görülmektedir.

Bambular; yapısal ve diğer ekolojik farklılıklar bakımından genel olarak ikiye ayrılmaktadır (Watanabe, 1986);

1. Odunsu formda bulunanlar (Woody form),
2. Otsu formda olanlar (Herbaceous form).

Şekil 5’te bambuların yaşam formu, çoğalma şekli, büyüme şekli ve gövde ölçüsü bakımından sınıflandırılması ele alınmıştır.

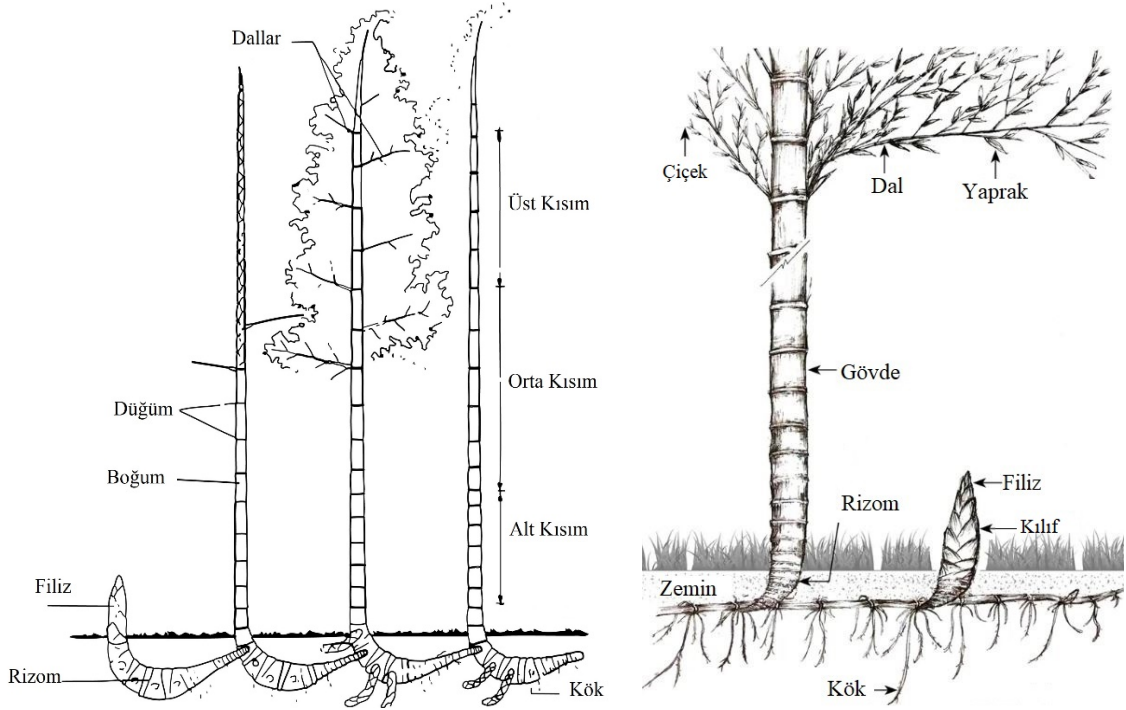


Şekil 5. Bambuların sınıflandırılması (Lobovikov ve ark., 2009).

Bambuların genel özellikleri kapsamında; fizyolojisi, anatomisi, fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

1.3.2.1. Bambuların Fizyolojisi

Bambular, düzenli bir düğüm ve boğumlardan oluşan, parçalayıcı ve bitkisel eksellere yayılan bir sistemden meydana gelen çok yıllık bitkidir. Bambu bitkisinin ana bileşenleri arasında rizom, kök, gövde, dallar, yapraklar, çiçekler ve meyveler bulunmaktadır (Şekil 6). Bambunun gövde büyümesi bir bakımdan palmyeye benzer; toprakta bulunan rizomlar, topladıkları enerjiyi çaplarını artırmadan bambuların büyümesi için kullanmaktadır. (López, 2003; URL-11, 2019; Dunkelberg, 1985).



Şekil 6. Bambunun fizyolojisi (URL-12 ve 13, 2018).

Bambunun fizyolojisi şöyle özetlenebilir; rizomlar, besinleri depolamak ve filizlere yeterli tomurcuk üretmek için sonbahar ve kış aylarında yeraltında büyür ve aynı zamanda en uygun yeraltı ağ sistemini oluşturur. Bitki ve diğer canlıların büyümesi için iklimin ve atmosferin zorlaştığı mevsimlerde bambunun gelişimi rizomlar tarafından durdurulur. Bu nedenle bambu, yaşam aktivitelerini yavaşlatmaya veya uyumaya karar verir. İlkbahar ve yaz aylarında bambular, filizlerin ve gövdenin kısa sürede büyümesiyle hızlı gelişim gösterir. Bu büyüme aşamasında bambu gövdesinin görevi, maksimum yüksekliğe en kısa sürede ulaşmaktır, böylece yapraklar fotosentez için yeterli güneş ve yağış elde etmek için maksimum alana sahip olabilir. Gövde, en yüksek noktasına ulaşmadan dallarını büyütmez. Bu süre zarfında, yeni büyüyen gövdeler sadece rizomlardan ve diğer eski gövdelerden besin alır (Yu, 2007). Yapraklar her zaman daha yüksek bir konuma sahiptir, böylece daha iyi güneşlenme elde edilir.

Bambular yaşamları boyunca sadece bir kez çiçek açmaktadır. Farklı bambu türlerinin 20 ile 80 yıl arasında değişen çiçeklenme dönemleri vardır. Bambular genelde Aralık-Ocak aylarında çiçek açar ve sonuç olarak tohumlar Şubat-Nisan aylarında olgunlaşır. Bu süreçlerden sonra bambu ölür. Bunun sebebi; çiçeklerin ve meyvelerin,

rizomlarda ve gövdede depolanan tüm enerji ve besinleri tüketmesi ve daha sonra ölümlerine neden olmasıdır (Yu, 2007).

- Rizom yapısı

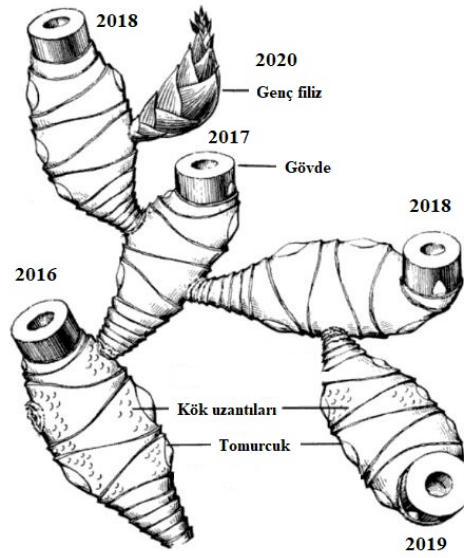
Rizomlar, bambunun kolonileşmesine izin veren bambudan büyüyen, üreyen ve çekilen gövdelerdir (URL-14, 2019). Köklerle beraber, bitkinin yeraltı kısmını oluşturur (Şekil 7). Bambudaki bitkisel çekirdeği temsil etmektedir.

Rizomlar, bitkinin yaşamındaki önemli işlevleri yerine getirmektedir. Rizomlar toprağa yayıldıkça, büyüme için birincil besinleri toplayıp depolamaktadır. Bambuların hızlı büyümelerinin en önemli nedeni depolanan enerjidir. Bu aynı zamanda bambu bitkilerine hem fotosentezden hem de rizomlarda depolanan enerjiden yararlanma yeteneği vermektedir (URL-11, 2019).



Şekil 7. Rizom yapısı (URL-15 ve 16, 2019).

Bambular, rizomların dallanması yoluyla vejetatif veya eşeysiz olarak üremektedir (López, 2003). Rizomlar, rizomları çoğaltır ve onlara bağlı kalır. Bu ara bağlantıda, aynı grubun tüm kısımları ilk rizomun soyundanadır ve bir dereceye kadar bağımsız ve yalnızdır. Merkez bambu sürgünleri en yaşlı, diğer sürgünler ise en genç olanıdır (URL-14, 2019) (Şekil 8).



Şekil 8. Rizomların çoğalması (Farely, 1984).

Bambuların çoğalma şekline bakıldığında, rizomlu bitkiler sınıfında yer aldığı görülmektedir (Watanabe, 1986). Rizomlu bitkiler, toprak altındaki rizomları sayesinde çok yıllık bitki özelliği göstermektedir. Bambuların topraktan ayrılmasındaki güçlük, bu çok yıllık toprak altı gövdelerine sahip olmalarından kaynaklanmaktadır (URL-17, 2019).

Bambular, oluşturdukları rizom sistemi bakımından 3'e ayrılır (Tablo 2);

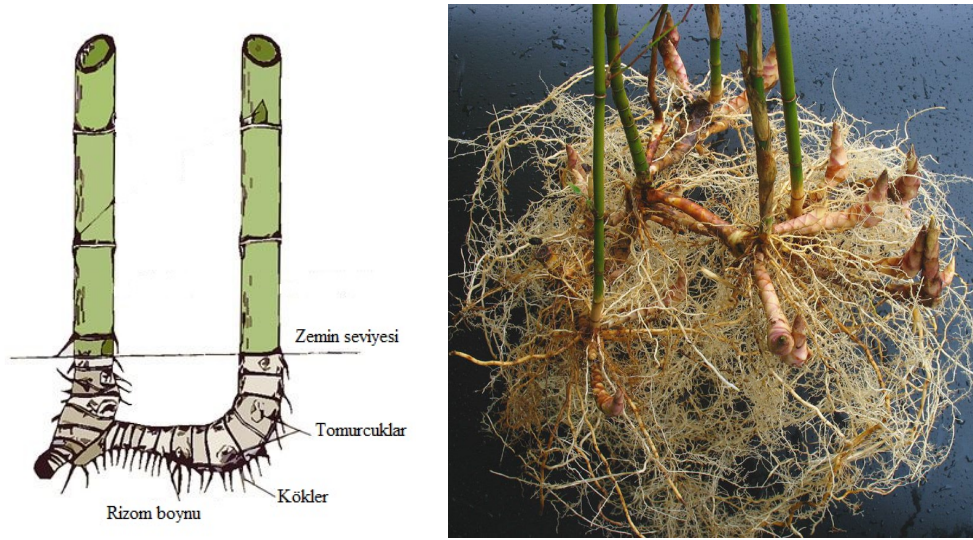
- Leptomorph (Monopodial) rizom sistemi
- Pachymorph (Sympodial) rizom sistemi
- Metamorph (İntermediate), (Amphipodial) rizom sistemi

Tablo 2. Rizom sistemleri (Wong, 2004).

Leptomorph sistem	Pachymorph sistem	Metamorph sistem

- Kök yapısı

Bambudaki köklerin birincil işlevi, bitkiyi zemine tutturmaktır. Kök sistemi olmadan, bambu gövdesi şiddetli hava koşullarından zarar görebilir. Kökler aynı zamanda gövdenin daha fazla ağırlık tutmasına izin vererek, daha geniş mesafelerde daha fazla dal ve yaprak oluşumuna olanak sağlar. Kökler besinleri depolar, ancak bu birincil işlevleri değildir. Kökler genel olarak simetrikdir. Rizom düğümlerinden oluşur ve genellikle toprak yüzeyinden belirli kısa mesafelere inmektedir (URL-11, 2019) (Şekil 9).



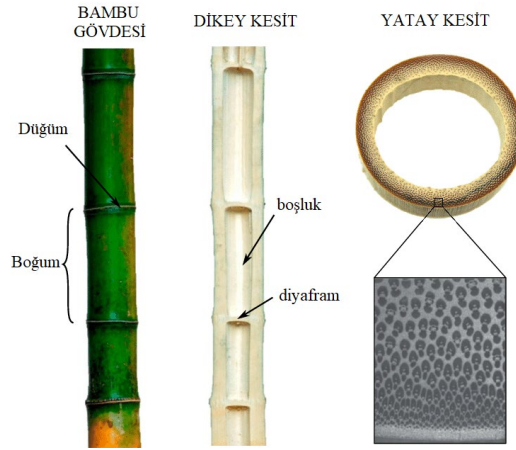
Şekil 9. Bambuların kök yapısı (URL-18 ve 19, 2019).

Bambu bitkisinin kök sistemi çok sığdır bu nedenle nemli topraklarda yetiştirilir. Kökler toprak yüzeyinin altına 50 cm'den fazla nüfuz etmez (URL-20, 2020).

- Gövde yapısı

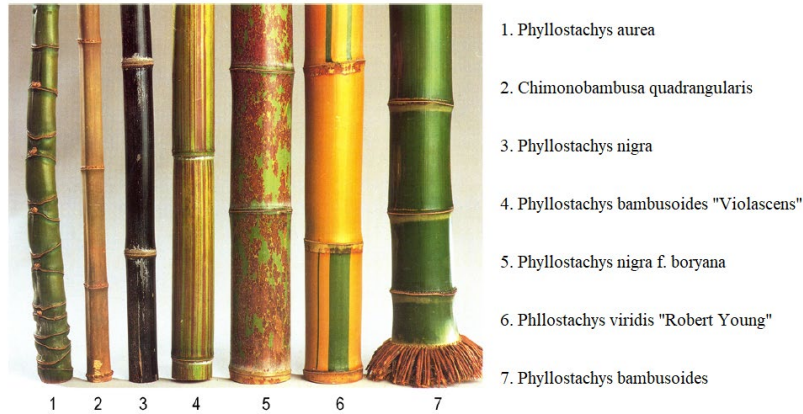
Bambu, çim ailesinin bir parçası olan ve çok yıllık yaprak dökmeyen bir bitkidir. Çime benzer şekilde, bambu da “culm” adı verilen eklemlili bir gövdeye sahiptir. Genellikle gövdeleri oyuktur, ancak bazı bambu türlerinin masif olanları da vardır (URL-21, 2019)

Gövde, düğüm adı verilen sağlam bir eklemlili, belirli aralıklarla başlar ve biter. Düğümler arasındaki sekmenlere boğum denir. Bu temelde içi boş, silindirik benzeri yapıdır ve bambuya içsel kuvvet ve esneklik sağlamaktadır (Wong, 2004) (Şekil 10).



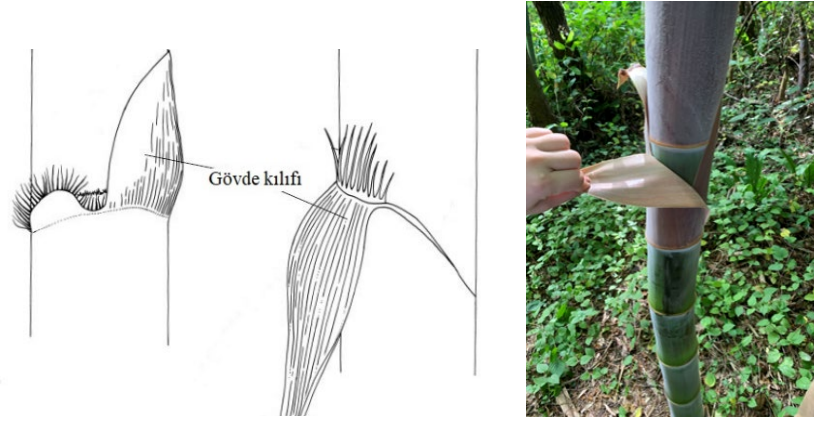
Şekil 10. Bambu gövdesi ve kesitleri (Gangwar ve Schillinger, 2019).

Bambu gövdesi, bitkinin en göze çarpan bölümüdür. Bambu gövdeleri boyut, şekil, renk ve hatta kokuya göre değişebilir. Görünüm kalın- ince, uzun- kısa, dik- bükülmüş veya Kaplumbağa Kabuğu Bambu'sunda (*P. heterocycla f. Heterocycla 'Kiko'*) olduğu gibi düzensiz desenler gösterebilir. Çoğu bambu gövdesi yuvarlak şekildedir, ancak bazı türler kare benzeri bir görünüme bürünebilir. Gövdelerin rengi de geniş bir özellik yelpazesine sahiptir. Bambuların çoğu yeşil olmasına rağmen, kahverengi, siyah, sarı veya çizgili olanları da vardır. En popüler bahçe bambularından biri olan Black Bamboo (*Phyllostachys nigra*), gövdesinin neredeyse jet siyahı rengi olması bakımından eşsizdir (Şekil 11). Bazı bambu gövdeleri de kokusuna göre ayırt edilebilir. Bunun en ilginç örneklerden biri de Tütsü Bambu (*Phyllostachys atrovaginata*)'dur.



Şekil 11. Farklı bambu türleri (Spandre, 2009).

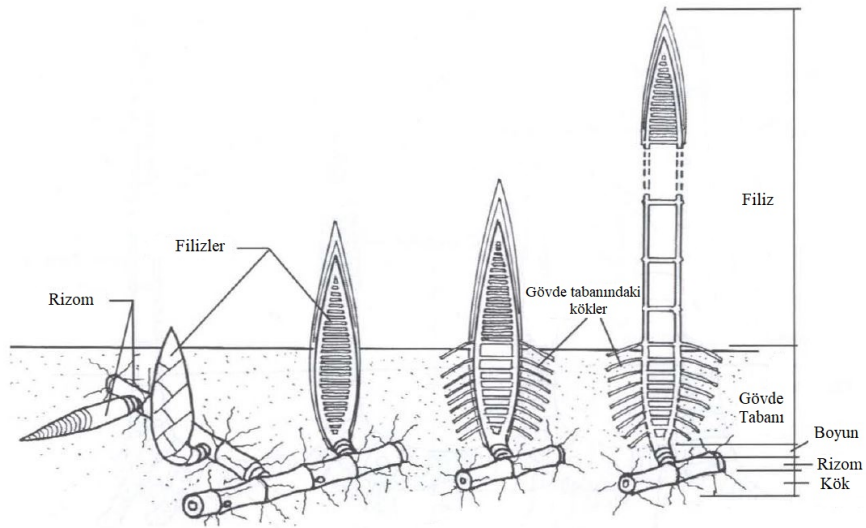
Bambularda gövdeyi saran kılıflar bulunmaktadır. Bu gövde kılıflarının iç yüzeyi pürüzsüz ve parlaktır; gençken dışı veya arkası genellikle beyaz, soluk kahverengi, altın kahverengi veya siyah olabilecek tahriş edici kıllarla kaplıdır. Kılıfların renkleri de değişmektedir. Gövde kılıfları genellikle olgunluğa eriştikten sonra dökülmektedir (Şekil 12). Gövde kılıfları, şapka ve sandalet astarı için yedek malzeme ve gıda ambalajlamasında kullanılmaktadır (López, 2003).



Şekil 12. Bambu gövde kılıfı (Wong, 2004; Bayraktar Marangoz, 2019).

- Filiz yapısı

Filizler halinde gelişen tomurcuklar, yeni bir gövdenin büyümesinde çarpıcı bir rol oynamaktadır. Yeni bambu filizleri şaşırtıcı oranda büyüebilmektedir. Bazı bambu türleri, günde 90 santimetrenin üzerinde büyümektedir. Bu da saatte 3,8 santimetrenin üzerindedir. Filizden azami yüksekliğine kadar olan tüm büyüme periyodunu 30 günde tamamlayabilir. Bambular genellikle 2 veya 3 ay arası büyük bir büyüme dönemine girer. Bu süreçte azami yüksekliğine ulaşır (Şekil 13). Bundan sonra, 10 yıla kadar yaşayabilmesine rağmen, gövde yüksekliği veya çapı artmaz. Gövde çapının yaşla birlikte genişlediği normal sert ağaçların aksine, bir bambu bitkisi, ömrü boyunca aynı kalınlıkta kalır. Yeni bir filizin çapı, gövdenin kalınlığını belirler (URL-21, 2019).



Şekil 13. Bambunun filiz yapısı ve gelişimi (López, 2003).

Çoğu bambu için sürgün mevsimi, bahar mevsimi boyunca ve yaz başlarında gerçekleşir. Filiz büyüdükçe, yeni bir gövdeye dönüşür. Yeni dallar ve yapraklar yeni gövdenin düğümlerinden büyür. Mevcut eski gövdelerin yaprakları, bu dönemde düşer ve yeni yapraklar büyür (URL-21, 2019) (Şekil 14).



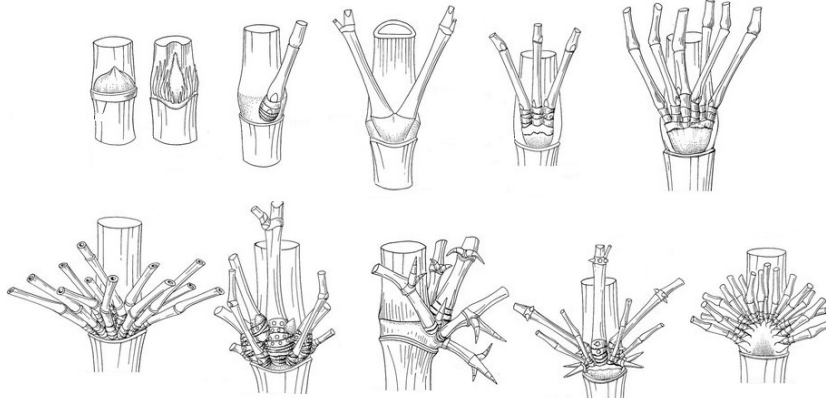
Şekil 14. Bambu filizi (URL-22 ve 23, 2020).

- Dal ve yaprak yapısı

Dallar, dal tomurcuklarından veya gövdenin alternatif taraflarında düzenlenmiş aksiler meristemden üretilir. Her bir boğum, yaprak çentiğinin hemen üstünde bulunan bir dal tomurcuğu (primordium) taşımaktadır. Dal birleşimlerinin şekli, bambular arasında farklı olabilen tomurcuk karakterleri ile belirlenir. Güneydoğu Asya'da neredeyse bütün

bambular her bir düğümde tek bir tomurcuktan gelişen dal birleşimlerine sahiptir (Wong, 2004).

Bambunun dal sistemi çok karakteristiktir (Şekil 15). Bazı türlerde, gövde büyürken dallar da gelişir, bazılarında ise gövde azami yüksekliğine ulaştıktan sonra dallar gelişir. Bazı bambularda da dal tomurcukları yalnızdır (López, 2003).



Şekil 15. Bambu dallarında yapısal çeşitlilik (Wenyue, 1985).

Bambu yaprakları mevsime, yenilenme şekline ve türlere göre farklılık gösterir (Şekil 16). Büyük bambu türlerinin mevsimi genel olarak ilkbahardır. Bu özellik bambunun hızlı yenilenmesini, yeşil kalmasını ve fotosentez verimliliğini artırmak için etkilidir (López, 2003).



Şekil 16. Bambu yaprağı (URL-24 ve 25, 2020).

Yaprakların görünümü bambunun tanımlanmasında büyük rol oynamaktadır. Bazı türlerde yapraklar çok büyüktür ve daha az sayıdadır, diğer türler ise çok küçük yapraklara sahiptir. (URL-11, 2019). Yapraklar ayrıca; saz evler için yapı malzemesi ve hayvanlar için yem olarak kullanılır (López, 2003).

- Çiçek ve meyve yapısı

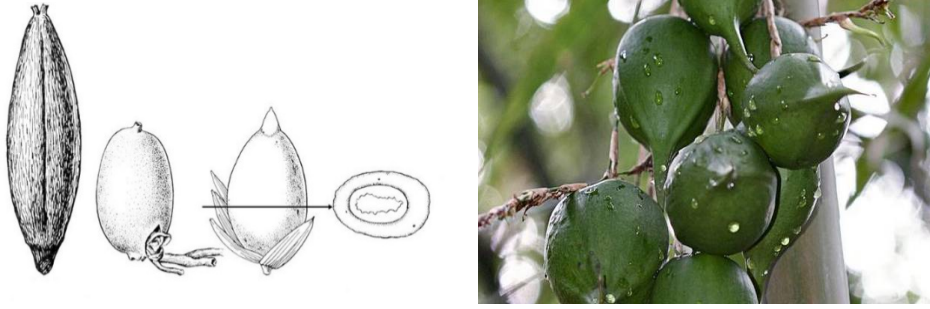
Bambular, çim ailesinin bir üyesi olarak, genellikle çok küçük (2-15 mm uzunluğunda) birçok çiçek veya çiçeklerden oluşan bileşik bir çiçek salkımına sahiptir (Şekil 33). Bambunun çiçeklenme fizyolojisi, çiçekli bitkiler arasında benzersizdir çünkü çoğu bambu, hayatı boyunca bir kez çiçeklenir ve kısa süre sonra ölür. Çiçekler yaklaşık 2-3 saat açık kaldıktan sonra kapanır. Hava kuru olduğunda çiçekler daha çabuk kapanır. Bambular genellikle sabah saat 5.00-9.00 arasında çiçek açar ve öğle saatlerinde çiçekler kapanır (López, 2003).

Çoğu bambuda her yapraklı dal, potansiyel olarak çiçeklenme süresine dönüşebilir. Çiçeklenme süreci başladığında, bu dalların yaprakları kahverengileşir, yavaş yavaş hepsi dökülür ve dal uzamaya başlar. Sonrasında her dalın düğümlerinde ve uçlarında çiçekli birimler gelişir (Wong, 2004) (Şekil 17).



Şekil 17. Bambu çiçeği (URL-16 ve 26, 2020)

Bambularda meyve, olgunlaştığında bölünmeyen tek tohumlu bir yapıdır. Bambu meyvesi, boyut, şekil ve diğer özellikleriyle birbirinden ayrılır. Şekil bakımından armut tipi, dut tipi veya karyopsis (buğdaysı meyve) tipi olarak ayrılabilir. En yaygın görülen karyopsis tipidir. Çoğu meyve, buğday, çavdar veya diğer benzer tahılların tohumlarına benzemektedir (López, 2003) (Şekil 18). Karyopsisler kuru meyvelerdir. Meyveler besin kaynağı olarak kullanılır. Afrika ve Asya’da kuru çekirdekler tüketilirken Hindistan ve Amerika’da bazı türlerin etli meyveleri tüketilmektedir (Pistolesi, 2011).



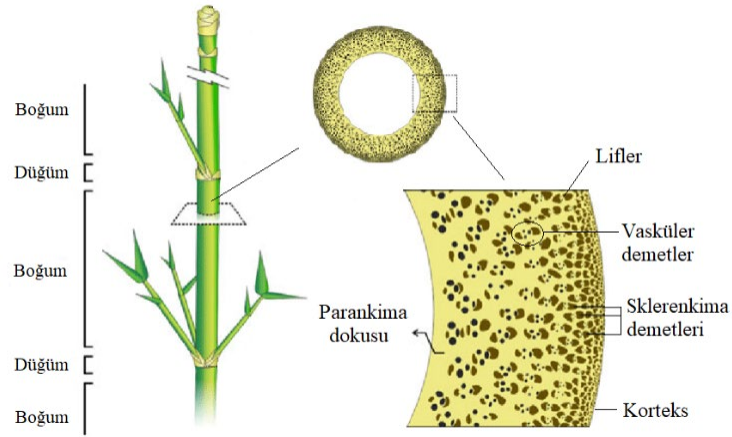
Şekil 18. Bambu meyvesi (URL-27 ve 28, 2020).

1.3.2.2. Bambuların Anatomisi

Bambunun anatomik yapısı, fiziksel, mekanik özelliklerini ve yapısal davranışını anlamak için temel oluşturur (López, 2003).

Gövdenin özellikleri anatomik yapısı ile belirlenir. Gövde, boğumlardan ve düğümlerden oluşur. Boğumlarda hücreler, aksel olarak yönlendirilirken, düğümlerde hücreler, enine ara bağlantıları sağlar. Boğumlarda ışınlar gibi radyal hücre elemanları yoktur. Düğümlerin içinde damarların yoğun bir dallanması söz konusudur. Bunlar ayrıca radyal olarak içe doğru bükülür ve düğüm diyaframları boyunca enine iletim sağlar, böylece gövdenin tüm parçaları iç içe geçer (Liese, 1992).

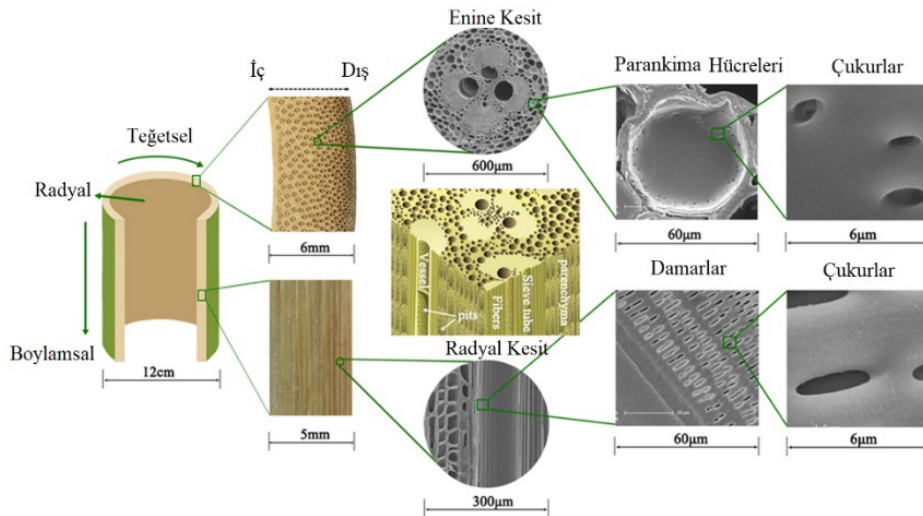
Bambunun gövde dokusu çoğunlukla parankima ve damarlara eşlik eden hücreler ile lifli kalbur borularından oluşan vasküler demetlerden meydana gelmektedir. Bambuların gövde dokusu yaklaşık olarak, %50 parankima, %40 lif ve %10 iletken dokudan (damarlar ve kalbur boruları) oluşmaktadır (Şekil 19). Bu yüzdeler türler göre değişebilmektedir. Hücrelerin yüzdelik dağılımı ve oryantasyonu hem paralel hem de dikey olarak gövde içinde belirli bir konfigürasyon gösterir (Liese, 1985).



Şekil 19. Bambunun anatomik yapısı (Palombini ve ark., 2020).

- Parankima Dokusu

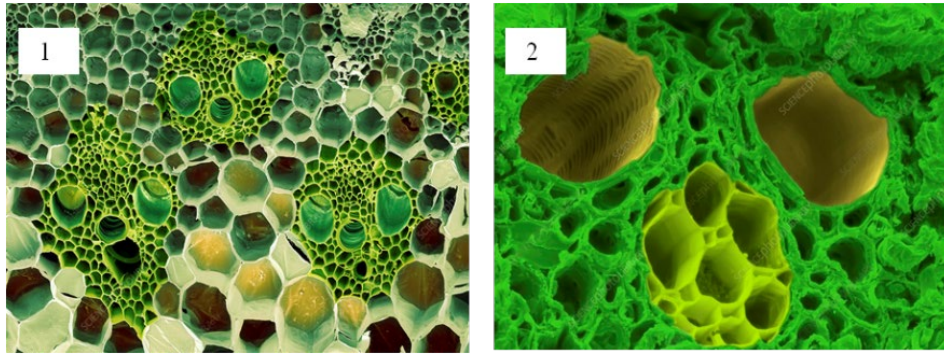
Gövde duvarının fibrovasküler bölgesinin temel dokusu, vasküler demetleri çevreleyen parankima hücrelerinden oluşur. İki tip parankima hücresi vardır. Bunlar; dikey olarak uzatılmış hücreler ($100 \times 20 \mu\text{m}$) ve aralarında serpiştirilmiş kısa küp benzeri olan hücrelerdir (Şekil 20). Dikey olarak uzanmış parankima hücreleri, polilamellar yapıya sahip daha kalın duvarlara sahiptir. Kısa parankima hücrelerinin duvarları olgun bambularda çoğunlukla odunlaşmadan kalır; bu hücreler daha yoğun sitoplazmaya ve daha ince duvarlara sahiptir (Parameswaran ve Liese, 1981).



Şekil 20. Parankima dokusunun mikroskopik incelenmesi (Tang ve ark., 2019).

- Vasküler Demetler

Vasküler demetler, bitkilerde taşıma sisteminin bir parçası olarak tanımlanmaktadır (URL-29, 2020). Bir bambu gövdesi enine kesildiğinde, duvarda birçok kahverengi nokta görülmektedir. Kesitin dış tarafındaki ve içindeki bu noktalar farklı şekillere sahiptir. Bu noktaların her biri vasküler bir demettir (López, 2003) (Şekil 21).



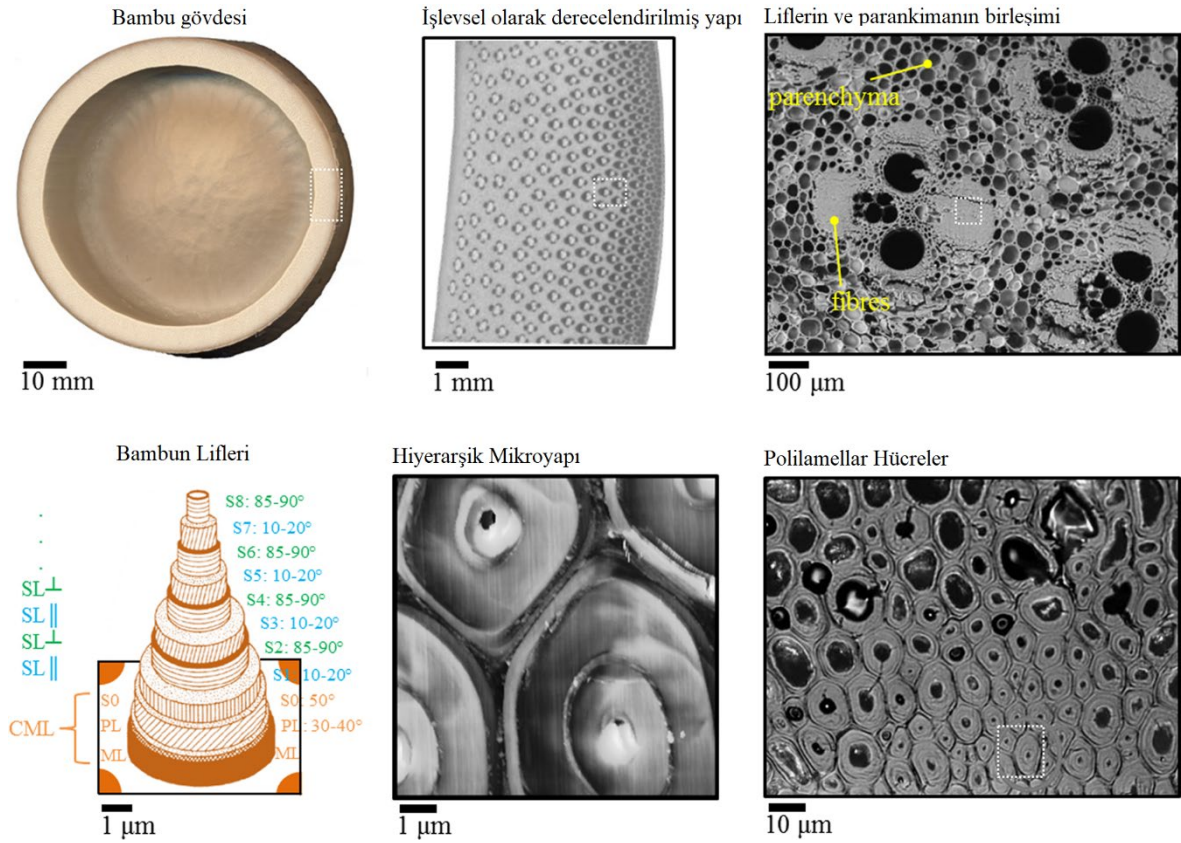
Şekil 21. Vasküler demetlerin mikroskopik görüntüsü (URL-30, 2020).

Gövde duvarındaki toplam vasküler demet sayısı dıştan içe ve aşağıdan yukarıya doğru azalır. Gövdenin dış kısmında, vasküler demetler daha küçük ve çoktur, gövdenin iç kısmında daha büyük ve daha azdır. Gövde duvarının en iç kısmında maksimum boyutlara ulaşmaktadır. Korteksin hemen altındaki vasküler demetler enine kesitte daireseldir. Gövde duvarının ortasına doğru, vasküler demetler daha büyük ve daha geniş aralıklı hale gelmektedir (López, 2003). Bambu anatomisi üzerinde yapılan araştırmalarda bambu türleri arasında vasküler demetlerin farklı olabildikleri gözlemlenmiştir. Vasküler demetlerin boyutu ve şekli bambunun yüksekliğine göre değişmektedir (Liese ve Koehl, 2015).

- Lif Dokusu

Lifler birer mekanik dokudur ve işlevleri esas olarak bambu gövdesine güç kazandırmaktır. Lifler toplam dokunun %40-50'sini oluşturmaktadır. Bunlar, vasküler demetlerdeki boğumlarda, iletken elemanları çevreleyen lif kapaklarda (sklerenkima kılıfları) ayrıca bazı türlerde izole edilmiş iplikler olarak bulunur. Epidermisin yakınındaki

gövdenin çevresinde, genellikle mekanik mukavemet verecek şekilde yakın olarak düzenlenmiş bir veya iki kat lif ipliği vardır (Şekil 22). Liflerin çoğunun alt yapısı kalın ve polilamellar ikincil duvarlardan oluşmaktadır. Polilamellar duvar yapısı özellikle gövdenin çevresindeki liflerde bulunur ve bükülme özelliği oldukça önemlidir (Parameswaran ve Liese, 1981).



Şekil 22. Bambunun lif dokusunun incelenmesi (Shah ve ark., 2019).

1.3.2.3. Bambuların Fiziksel Özellikleri

Bambuların fiziksel özellikleri türlerine göre büyük ölçüde değişmektedir. Fiziksel özellikler; yoğunluk, nem içeriği, kuruma rötresi ve doğal zararlılara karşı direnç olarak incelenmiştir.

- Özgül Ağırlık (Yoğunluk)

Bambu özgül ağırlığı 0.5 ve 0.8 g / cm³ (fırınlanmış kuru ağırlık) arasında değişmektedir. Bu değer, gövdenin iç kısmından, gövdenin dış kısmına ve gövdenin alt kısmından, üst kısmına doğru artmaktadır. Mekanik özellikler özgül ağırlıkla bağlantılıdır. Örneğin, eğilme dayanımı gövdenin dış kısmında, iç kısmına oranla 2-3 kat daha fazladır. Gövde kalınlığının azalmasıyla gövde içindeki parankima hücreleri miktarı azalır, lif miktarı arttığından, gövde içi özgül ağırlığında ve mekanik özelliklerinde artış olmaktadır. Oysa gövdenin dış kısmı, fiziksel mukavemet yönüyle, kalınlık değişiminden çok az etkilenmektedir (Liese, 1985). Artan yoğunluk ile güç de artar. Yoğunluk ve mukavemet ilişkisi tür ve özelliklere göre değişir.

- Nem İçeriği

Nem içeriği, bambunun kullanımını ahşabınkine benzer şekilde etkilemektedir. Bambuların nem miktarı şunlara bağlıdır:

1. Bambu türleri: Farklı türler, su tutma kapasitesi ile ilişkili farklı miktarda parankima hücrelerine sahiptir (Liese ve Grover, 1961).

2. Gövdenin bölgeleri: Gövdenin alt kısmı, üst kısmından daha yüksek bir değere sahiptir. Gövde kesitinin iç kısmı, dış kısmından daha yüksek bir nem içeriğine sahiptir.

3. Düğümler veya iç düğümler: Düğümler, iç düğümlerden daha düşük bir nem içeriğine sahiptir (%25'e kadar).

4. Mevsimler: Yağışlı mevsim sonundaki nem, kurak mevsim sonundan çok daha yüksektir.

5. Bambunun yaşı: Genç bambu, olgun bambudan daha yüksek ve daha homojen bir nem içeriğine sahiptir (Dunkelberg, 1985). Hasattan sonra bambuların nemi, ortamın neminden ve kuruluşundan etkilenebilir (Yu, 2007).

- Kuruma Rötresi

Ahşap, bambunun aksine kurumunun başından itibaren küçülmeye başlar (Liese & Grover, 1961). Bu aşama düzenli değildir ve yaklaşık %40 nem içeriğine ulaştığında durur. Bambu kesildikten sonra nem içeriği azalır ve kuruma rötresi başlar. Kuruma rötresi, farklı yönlerde değişir. Zhang ve arkadaşları (2001), yapı malzemesi olarak kullanılan bambulardan olan *Phyllostachys Pubescens* türünün kuruma rötresini araştırmıştır. Araştırmaya göre kaybedilen nem %1 olduğunda, ortalama büzülme oranı: uzunlamasına %0.024, teğetsel %0.1822, radyal %0.1890'dır. Ayrıca kuruma rötresi içten dışa doğru artar. Bambunun dış kısmının uzunluk yönündeki kuruma rötresi ihmal edilebilir, ancak çapraz yönde rötresi büyüktür (Yu, 2007).

- Doğal Zararlılara Karşı Direnç

Bambular kullanıldıkları yerlerde genellikle mikroorganizma ve böceklerin saldırısına maruz kalır. Bu sebeple bambuların kullanım süreleri, biyolojik bozulma oranları ile belirlenir. Ahşaba kıyasla bambuların doğal dayanımları düşüktür. Çünkü bambu, böceklere ve mikroplara besin olan organik maddelere sahiptir. Bu organik maddeler protein (%1,5- 6.0), karbonhidrat (%2), nişasta (%2,0- 6.0), yağ ve balmumudur (%2,0- 4.0). Uygun sıcaklık ve nem altında bambu böcekler ve mantarlar tarafından saldırıya eğilimlidir. Liflerin çığlaşma noktaları üzerine kahverengi kırmızı, beyaz kırmızı, hafif kırmızı renklerde mantarlar oluşur ve bunlar da bambuların gövdelerini tahrip eder (Şekil 23). Bambu gövdelerinin dayanıklılığı genelde iklimsel şartlara ve çevreye bağlıdır. Toprakla temas halindeyken, hiçbir koruma önlemi almadan kullanılan bambuların ortalama yaşam süresi, 1-3 yıl arasındadır. Ancak bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için geleneksel ve modern yöntemler kullanılmaktadır (Hsuing, 1986; Zhang ve ark., 2001; Yu, 2007).



Şekil 23. Haşerelerin bambulara verdiği zararlar (URL-15, 2018; URL-16, 2019; Delgado, 2006).

Bambunun zemini, mantar zararlarına karşı sürekli temiz tutulmalıdır. Ayrıca otobur hayvanlara karşı da mutlaka koruma önlemleri alınmalıdır. Dikim öncesi, açılan çukurda bulunan kuru yaprak, dal ve çöpler yakılarak imha edilmelidir. Bu şekilde oluşabilecek mantar zararları ve toprakta bulunan mantar miselyumları da oluşan sıcaklık sebebiyle ortadan kaldırılmış olur (Sharma, 1986).

Bambu yapıların hizmet ettiği süre zarfında, biyolojik bozulmaya karşı dayanıklılığı düşük olduğundan, kimyasal koruma yöntemleri ile bambu strüktürlerinin dayanıklılığı artırılmalıdır.

1.3.2.4. Bambuların Kimyasal Özellikleri

Kimyasal özellikler, bambuların büyümesini ve mekanik özelliklerini etkiler. Bambu, ahşap gibi selüloz, lignin ve hemiselülozdan oluşur (Liese, 1985). Selüloz, yeşil bitkilerin birincil yapısal bileşenini oluşturur. Bitkiler için birincil hücre duvarı selülozdan, ikinci hücre duvarı ise değişen miktarda lignin içeren selülozdan yapılıdır (Crawford, 1981). Lignin, bitki hücre duvarlarının ayrılmaz bir parçasıdır. Selülozdan sonra dünyada en bol bulunan ikinci organik bileşiktir. Ligninler, selüloz, hemiselüloz ve pektin bileşenlerinin arasındaki boşlukta, bitkinin hücre duvarını doldurur. Hücre duvarlarına ve dolayısıyla tüm bitkiye mekanik mukavemet kazandırır. Gövdeye su iletilmesinde önemli bir rolü vardır. Parçalanması zor olduğundan, bitkiyi patojenlerin istilasına karşı savunmak için bir bariyer oluşturmaya yardımcı olur ve bitkinin dayanıklılığını artırır. Yüksek lignin içeren, bambu dayanıklıdır ve selülozdan daha fazla enerji verir. Hemiselüloz, selüloza benzer ancak daha

az karmaşıktır. Hemiselülozlar, bitkilerde çapraz bağlı lif ağı oluşturmak için pektin ile selüloza bağlanır (Wang, 1986) (Tablo 3).

Tablo 3. Bambu ve yumuşak odun (çam, ladin vs.)'un selüloz, lignin ve hemiselüloz miktarlarının karşılaştırılması (Janssen, 1981).

	Selüloz (%)	Lignin (%)	Hemiselüloz (%)
Bambu	55	25	20
Yumuşak odun (Çam, ladin vs.)	50	25	25

1.3.2.5. Bambuların Mekanik Özellikleri

Bambu, ahşaba benzer bir şekilde heterojen ve anizotropik malzemedir (Qisheng ve ark., 2001). Bambunun mekanik özellikleri genellikle geleneksel ahşaptan iki-üç kat daha yüksektir. Bununla birlikte, uluslararası düzenlemeler ve standartlarla ilgili yasal belirsizlikler dünyanın birçok yerinde bambunun yapı malzemesi olarak yayılmasını engellemektedir. Avrupa veya Kuzey Amerika'da bambuların bir yapı malzemesi olarak kullanımı nispeten bilinmemektedir. Sadece son 30-35 yıl içinde bambuların mekanik özellikleri bilimsel olarak test edilmiştir. Çoğu ülkede, bambu için yapı kılavuzu yoktur, bu da malzemeyi inşaatta kullanmak isteyenler için durumu zorlaştırmaktadır. Yangına dayanıklılık, mukavemet özellikleri, dayanıklılık vb. gibi bazı bambu özelliklerinin belirlenmesi için, düzenlemelere ve standartlara ihtiyaç vardır (URL-31, 2020). ISO olarak bilinen Uluslararası Standardizasyon Örgütü, 2004 yılında bambuların mekanik özelliklerini belirlemek için kendi standardını oluşturmuştur. ISO 22157 standardı, bambuların dünya çapında bir yapı malzemesi olarak onaylanması için yapılan çok önemli çalışmadır. ISO 22157 standardı, basınç, eğilme, çekme, kesme dayanımı ve dayanıklılığın nasıl belirlenmesi gerektiğini açıklamaktadır (URL-31, 2020).

Bambunun mekanik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar genellikle bambu mukavemeti (çekme mukavemeti, eğilme mukavemeti, sıkıştırma mukavemeti, kayma mukavemeti ve esneklik modülü) laboratuvar testlerine dayanmaktadır (Atrops, 1969; Janssen, 1981; Dunkelberg, 1985). Bu testler; türleri, yaşları, nem içeriğini, yerleri, toprak ve iklim koşullarını değiştirirken dikkate değer farklı değerler göstermektedir (Yu, 2007) (Tablo 4).

Tablo 4. Yapı malzemesi olarak kullanılan iki bambu türünün mekanik özelliklerinin karşılaştırılması (Steffans, 2000; Zhang, 2001).

Türler	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Elastisite Modülü (N/mm ²)	Kesme Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)
<i>Phyllostachys Pubescens</i>	56	129.1	10.500	13.9	196
<i>Guadua Angustifolia</i>	56	74	19.000	9	140

Ahşap, çimento, çelik ve cam gibi diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında, bambu yapı malzemesi olarak çok iyi mekanik özelliklere sahiptir (Janssen, 1981; Dunkelberg, 1985) (Tablo 5).

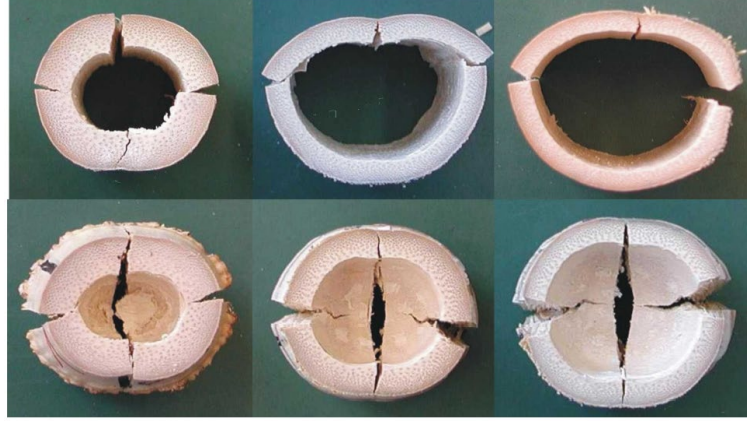
Tablo 5. Farklı yapı malzemelerinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması (Janssen, 1981).

Malzeme	Gerilme σ (N/mm ²)	E (N/mm ²) Elastisite Modülü	Şekil değiştirme $\epsilon(10^{-6})$	Depolanmış Enerji Gerilimi	
				J/m ³	J/kg
Beton	8	25.000	300	1200	0.5
Çelik	160	210.000	800	64.000	8.2
Ahşap	7.5	11.000	700	2600	4.3
Bambu	10.7	20.000	500	2500	4.2

- Basınç Dayanımı

Chung ve Yu (2002), iki farklı tür bambu gövdesinin fiziksel özellikleriyle ilişkili olarak basınç kapasitesindeki değişimi incelemiştir. *Bambusa Pervariabilis* için, basınç kapasitesi, gövdenin alt kısmında maksimum yaklaşık 60 kN olduğu ve gövdenin üst kısmında sabit olarak yaklaşık 30 kN'ye düştüğü bulunmuştur. *Phyllostachys Pubescens* için basınç kapasitesi gövdenin alt kısmında 100 kN olduğu, gövdenin üst kısmında 50 kN'ye sabit bir şekilde azaldığı görülmüştür. Bambunun nemli veya fazla rutubet içerdiği koşulda test edildiğinde, uç momentinde başarısız olmaya eğilimlidir. Ancak, bambu kuru şekilde veya düşük nem içerdiği koşulda test edildiğinde, lifleri boyunca çatlaklar oluştuğu

için genellikle uzunlamasına bölünmede başarısız olduğu görülmüştür. (Chung ve Yu, 2002) (Şekil 24).



Şekil 24. Düğüm ve boğum bölgelerine basınç testi uygulaması (Kappel ve ark., 2004).

Bambularda, büyük gövde kesitlere kıyasla küçük kesitler, daha yüksek bir basınç mukavemeti değerine sahiptir. Küçük kesitlerin, büyük kesitlere göre kabuk kısmının daha az olması sayesinde çekmeye çok dirençlidir ve bu sayede iyi malzeme özelliklerine sahiptir. Gövdenin içindeki lignin kısmı basınç dayanımını etkiler, selülozun üst kısmı ise bambu liflerinin yapı maddesini temsil ettiği için burkulma ve çekme dayanımını etkiler (Patil ve Mutkekar, 2014).

- Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı, bir yapının davranışı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Bir yapının inşa edilmeden önce her elemanının sapmasını tahmin etmek gerekir (URL-31, 2020) (Şekil 25). Havayla kuruyan (air-dry) bambu için, nihai eğilme dayanımı, Janssen (2000) tarafından tahmin edilmiştir.

$$\hat{f}_b = 0.14 \rho_{\text{air-dry}}$$

f_b = Nihai Eğilme Dayanımı (MPa)

$\rho_{\text{air-dry}}$ = Havayla kuruyan (air-dry) bambuların yoğunluğu (kg/m^3)

Bununla birlikte, genel olarak bambu eğilme testlerinde, kritik hasar kaynağı, lif çatlağı değil, malzemenin uzunlamasına bölünmesidir. Bunun nedeni, lignin kapasitesini karşılayan lifleri keserek birbirine bağlayan güçsüz ligninin kırılmasıdır (Goh ve ark., 2019).



Şekil 25. Bambular için eğilme dayanımı testi (URL-31, 2020).

- Elastisite Modülü

Yüksek elastisite modülüne sahip bambuların, yüksek kalitede olduğu bilinmektedir. Bambunun yüksek elastikiyeti, özellikle depreme yatkın alanlarda inşaat malzemesi olarak kullanılmasına olanak vermektedir (Patil ve Mutkekar, 2014). Dünya çapında, afet sonrası yeniden yapılandırma programlarında güvenli ve uygun maliyetli yapılar inşa etmek için daha iyi ve sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılması istenir. Bu bağlamda önerilen malzemelerden biri bambudur (Goh ve ark., 2019).

- Kesme ve Çekme Dayanımı

Bambu, içi boş gövdesi nedeniyle, budak gibi kusurların olmamasına rağmen, keresteye kıyasla kesmeye karşı direnç gösterecek daha az kesit alanına sahiptir. Bambu lifleri tek yönlü olduğundan, bambu gövdesinde iki asimetric kesme düzlemi vardır. Bunlar; liflere paralel düzlem ve enine kesit düzlemdir. Bu nedenle, bambunun inşaatta uygulanması için, kesme dayanımı ve uzunlamasına bölünme dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir (Goh ve ark., 2019).

Guadua angustifolia türünde bambu gövdelerinin orta ve üst kısmı, kesmeye karşı en yüksek dayanımı sunar. Bambu için maksimum kesme dayanımı, uygun doğrama sistemleri ve bağlantıları tasarlamak için önemli bir faktördür (URL- 31, 2020). Ayrıca bambunun kuru haldeki dayanım özellikleri, yaş haldekine oranla daha fazladır (Tablo 6). Dayanım özelliklerinin gelişmesinde yaş önemli bir faktördür. Genel olarak bambular üç yıldan sonra olgunlaşır ve sonrasında maksimum dayanım özelliklerine ulaşır. Kuru halde ise, ikinci yılda olgun formlara göre daha yüksek dayanım özelliği elde edilmektedir (Liese, 1985).

Tablo 6. Havayla kuruyan bambu ve yeşil bambunun mekanik özelliklerinin kıyaslanması (Janssen, 1981).

	Basınç Dayanımı	Eğilme Dayanımı	Kesme Dayanımı	E
Havayla Kuruyan Bambu (Air-Dry)	0.094	0.14	0.021	24
Yeşil Bambu	0.075	0.11	-	
Nihai gerilme (N/mm ²) = Katsayı x kütle/hacim (kg/m ³) Uygun gerilme \approx 1/7 x Nihai gerilme				

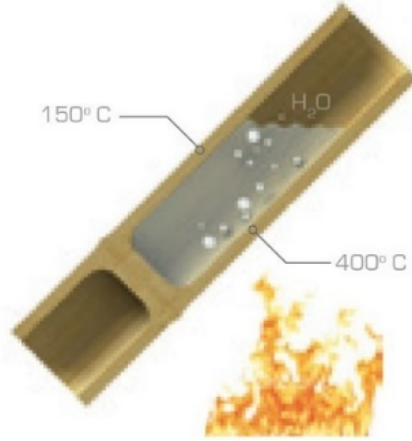
Bambu, basınca kıyasla çekmeye çalışan bir malzemedir. Bambu lifleri aksenal olarak ilerlediğinden ve dış bölgesi elastik vasküler demetlerle yoğunlaştığından, nispeten yüksek bir çekme dayanımına sahiptir. Bu liflerin çekme dayanımı, çeliğin dayanımı ile kıyaslanabilir ve hatta bazen daha yüksektir, ancak bu yüksek çekme dayanımını aktarabilen bağlantılar inşa etmenin çok zor olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Patil ve Mutkekar, 2014).

- Yangın Dayanımı

Bambu, ahşap benzeri bir maddedir. Kuru halde hücre boşlukları, bilinen en düşük iletkenlerden biri olan hava ile doludur. Lifli yapısı ve sıkışan hava nedeniyle bambu mükemmel bir yalıtım özelliğine sahiptir (López, 2003).

Bambunun yüzeyinde bulunan silikatın fazla olması ve bambunun yoğunluğunun fazla olması, yangına dayanıklı bir malzeme olmasını sağlar. Ayrıca yangına dayanıklılığı

içerisine su doldurulmasıyla arttırılabilir. Su ile doldurulduktan sonra 400° C sıcaklığa dayanabilir (Nowak ve Ansari, 2013) (Şekil 26). Aynı zamanda suya ve neme karşı çok dayanıklıdır. Diğer ahşap türleri gibi suyu görünce eğilmez, bükülmez, zarar görmez.



Şekil 26. Su ile doldurulan bambunun 400° C'ye dayanımı (Nowak ve Ansari, 2013).

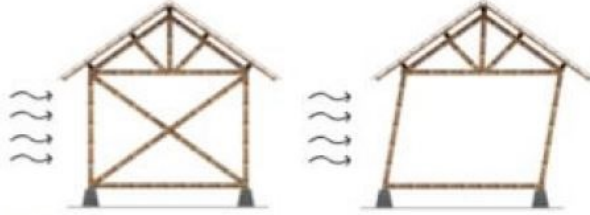
Bambu, yavaş ve öngörülebilir bir oranda kömürleşmesi ve aynı zamanda zayıf bir ısı iletkeni olması nedeniyle ateşteki keresteye benzer şekilde davranır, böylece kömürleşmiş tabakanın arkasındaki bambu neredeyse hasarsız kalır (Kaminski, Lawrence ve Trujillo, 2016) (Şekil 27).



Şekil 27. Bambunun ısıya dayanım örneği (URL-32, 2019).

- Deprem ve Rüzgâr Dayanımı

Bambu, ağırlığına bağlı olarak kuvvetlere karşı yüksek direnci, enerji emme kapasitesi ve esnekliği sayesinde depreme dayanıklı yapı inşası için ideal bir malzemedir (Minke, 2012). Bambunun hafif ve içinin boş olması, depreme karşı dirençli olmasını sağlamaktadır (Janssen, 2000) (Şekil 28).



Şekil 28. Bambu yapıların rüzgâr veya deprem karşısında sergilediği davranış (Hodgkin, 2009).

Bambu, sismik performansını etkileyebilecek kırılğan arıza modlarına sahiptir. Tarihsel olarak bambu binaları, depremlerde öncelikle hafif olmaları (yüksek mukavemet / ağırlık oranı) sayesinde ve ikincil olarak da bağlantılarda özellikle çivi kullanılıyorsa, enerjiyi emme yetenekleri nedeniyle iyi performans göstermiştir. Örneğin 1961'de Kosta Rika'da 7,5 büyüklüğündeki depremde 20 tane bambu evin ayakta kaldığı tespit edilmiştir (Janssen, 2000). Bambuların esnek doğası, bazı geleneksel bambu yapılarında depremlere karşı direnç gösterebilir, ancak daha ağır olma eğilimi gösteren, daha küçük hareket toleranslarına sahip olan ve depremlerde geleneksel yapılardan daha fazla direnç gerektiren modern yapılarda kullanılabilen bir özellik değildir. Modern bambu yapıları, genellikle daha az kırılğan olan ve daha yüksek mukavemetli cıvatalı bağlantılar gerektirir. Bununla birlikte, sismik tasarım ilkelerinin çivi gibi lokal sünek bağlantılar ile uygulandığı durumlarda, daha iyi depreme dayanıklılık ve genel yapı sünekliği elde edilebilir (Kaminski, Lawrence ve Trujillo, 2016).

Günümüze deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde bambu yapıların duvarları, kerpiç, çamur vs. malzemelerle doldurulup ve destek elemanları ile destekleme yapılmaktadır. Baharaque tekniği ile yapılan bu duvarların depreme karşı yüksek direnç gösterdiği bildirilmiştir.

Bambular rüzgârların sık olduğu kıyı bölgelerinde mahsulleri korumak için rüzgâr siperliği olarak dikilir (Pandey ve Shymasundar, 2008). Ancak bambular, kuvvetli rüzgâr,

don ve kar yağışında eğilebilir, çatlayabilir veya kırılabilir. Bambunun rüzgâr nedeniyle eğilme direnci, gövde yüksekliğinde sabit kalır. Üstte (kabuğa yakın) damarlar azalır ve selüloz, damarların yerini alır. Bu da eğilme dayanımına karşı direnci artırır.

Bambular aynı zamanda dayanıklı, sert yüzeyli ve içi boş boru şeklindeki gövde yapısı gibi fiziksel özelliklerinden dolayı mükemmel akustik özelliklere sahiptir. Tablo 7’te bambunun farklı yapı malzemeleriyle mekanik özellikleri kıyaslanmıştır.

Tablo 7. Farklı yapı malzemelerinin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması (DeBoer ve Bareis, 2000).

Özellikler	Bambu	Ahşap (<i>Ladin</i>)	Beton	Çelik
Basınç Dayanımı (N/mm ²)	64-110 N/mm ²	4.3 N/mm ²	Basınç dayanımının 1/10’u	250-350 N/mm ²
Çekme Dayanımı (N/mm ²)	35-300 N/mm ²	9 N/mm ²	12.6-126 N/mm ²	250-350 N/mm ²
Şekil Özellikleri	İçi boş silindirik yapısı sayesinde masif bir malzemeden basınç ve eğilme etkisi altında 1,9 kat daha güçlüdür.	Ahşap masif olduğundan aynı yük taşıma kapasitesini elde etmek için daha fazla ağırlık gerekir.	Çekme bölgesine takviye yapıldığında kompozit olarak en iyisidir.	Küçük kesitlerde iyi dayanım sağlar ve çekmede en iyisidir.
Yangın Dayanımı (Tutuşma süresi) (sn.)	Büyürken ateş kırıcı görevi görür. (61.2) (işlenmemiş bambu)	(19.1)	Yanmaz ancak ciddi derecede mukavemet kaybeder.	Esnekliği kaybeder, çabuk bozulma riski vardır.
Gömülü Enerji Btu/cu.ft	Minimum (İthal edilmediği sürece)	Genelde çelik ve ahşaptan azdır.	42-96.000 (ERG '97)	91.618 (ERG '97)
Yenilenme Kapasitesi/yıl	80-300% (28.000-50.00 lb./dönüm)	3-6% (16.000 lb./dönüm-çam)	Yok	Yok
Olgunlaşma Zamanı	7-9 yıl	60-80 yıl	---	---
İlk Hasattan Sonra Olgunlaşma Zamanı	1 yıl	60-80 yıl	---	---

1.3.3. Bambunun Yetiştirilmesi

Genel olarak bambuların yayılışını sınırlayan faktörler; yağış, toprak, sıcaklık, yükseklik ve enlem derecesidir. Bambu ormanları genelde yumuşak iklimlerde bulunur, fakat bazen soğuk bölgelerde (-17°C) ve daha düşük dereceli bölgelerde de bambu ormanları bulunmaktadır (Numata, 1987). Verimli balçıklı topraklarda, kışın soğuk rüzgârlara korunaklı olan az gölgeli yerlerde, nemli fakat iyi drenajlı alanlar bambuların yetişmesi için uygundur. Kuru mevsimde toprak nemi az olduğundan bambularda su kaybını azaltmak için yaprak dökümü görülür, yağmurlarla birlikte topraktaki nem artışıyla yine sürgünler toprak yüzeyine art arda çıkar ve kısa sürede bambularda tekrar yapraklanma başlar. Bu durum, bambuların vejetatif büyümelerinde, topraktaki nemin, sıcaklığa göre bambuların büyümelerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Nehir, göl ve su kenarlarında yetişen bambular yıl boyunca yapraklarını muhafaza eder (Uchimura, 1978). Numata (1979), iyi kalitede bambu üreten bölgelerde yılda 1500 mm yağış görüldüğünü belirtmektedir.

Bambular en iyi; iyi drenajlı, kumlu balçıklı topraklarda ve killi balçıklı nehir alüvyonlarında veya taşlık, kayalık alanlarda gelişmektedir. Uygun toprak rengi; sarı, kırmızımsı sarı ve kahverengimsi sarıya kadar değişir. PH değeri, 5 ile 6,5 arasında olan topraklar bambuların yetişmesi için uygundur (Şekil 29). Bambular genel olarak 8.8 °C ile 36 °C arasındaki sıcaklık değerlerinde iyi yetişir (Uchimura, 1978).



Şekil 29. Bambunun yetişmesi için uygun toprak ve ortam (Stinziano, 2019).

Topraktaki besin maddesinin çokluğu bambunun yetişmesini etkiler (Uchimura, 1986).

Bambular deniz seviyesinden başlayarak 5000 m yüksekliğe kadar değişik yükseltilerde yetişebilmektedir (Uchimura, 1978). Doğu Karadeniz’de bulunan *Phyllostachys* türleri için 1500 m yüksekliğe kadar olan alanlar uygun bulunmaktadır (Okan, 2010).

Çoğu malzemenin aksine, bambu yetiştirmek için hiçbir tarımsal kimyasala (gübre, ziraî ilaçlar vb.) ihtiyaç duyulmaz (URL-5, 2018)

Dünya’daki bütün bambu türleri (*Sasa* türü hariç), ekvatorun her iki bölgesinde, yengeç dönencesinin kuzeyindeki alanlarda ve oğlak dönencesinin güneyindeki alanlarda 40° ye kadar yetişebilmektedir (Uchimura, 1978).

Bambular eşeyli ve eşeysiz olarak iki yöntemle üretilir.

1- Eşeyli üretim yöntemi;

a) Tohumla üretim.

2- Eşeysiz üretim yöntemleri;

a) Gövde çelikleri ile üretim,

b) Rizom çelikleri ile üretim,

c) Daldırma yöntemi ile üretim,

d) Aşılama yöntemi ile üretim,

e) Doku kültürü yöntemi ile üretim.

Eşeyli üretim yöntemi olan tohumla üretim her bambu türü için uygulanabilir. Ancak bu yöntemde anaç bambunun çiçeklenmesi ve tohum üretmesi gereklidir (Uchimura, 1987). Bazı bambu türleri, kolay çimlenen bambu tohumları ile üretilir. Buna karşın bambuların çoğu 30 ile 80 yıl gibi uzun zaman periyodu içinde bir defa çiçeklenir ve çiçeklenen bu bambuların da çoğunun tohumları verimsizdir. Bu sebeple özellikle ılıman bambu türlerinin üretilmesinde, vejetatif yöntemler daha çok kullanılır. Daldırma metodu yalnızca birkaç tropikal bambu türü için uygulanabilir. Bunun haricinde genel olarak, küme oluşturmeyen bambular rizom çelikleri ile küme oluşturan bambular ise gövde çelikleri ile vejetatif olarak kolayca üretilir (Uchimura, 1978).

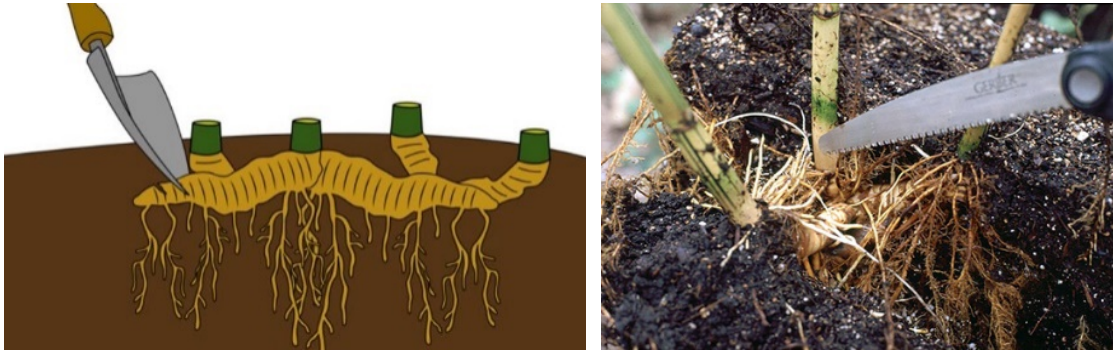
1.3.4. Bambuların Yayılımının Kontrolü

Bambu istilacı bir bitkidir. Kontrol edilmezse çok hızlı bir şekilde yayılır. Ağ sistemli kök yapısından dolayı toprakla bağlantısı çok güçlüdür. Bu sebeple bambudan kurtulmak zordur ama imkânsız değildir. Bambuyu kontrol altına almak ve yayılımını engellemek için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; kimyasal kullanarak ve kimyasal kullanılmadan yapılan yöntemlerdir (URL-33, 2019).

Kimyasal kullanılarak bambuların yayılımının engellenmesinde yapılacak işlemler sırası ile şunlardır:

1. Bambu toprak seviyesine kadar kesilir ve yeni sürgünlerin yeniden büyümesi beklenir.

2. Yeni sürgünler tekrar büyümeye başladığında herhangi bir yeraltı köksapı yok edilir. Bambuyu veya bambu rizomlarını kesmek için keskin bir kürek (veya başka bir keskin bahçe aleti) kullanılır (Şekil 30). Mümkün olduğunca çok sayıda rizom kümesi parçalanmalıdır (URL-33, 2019).



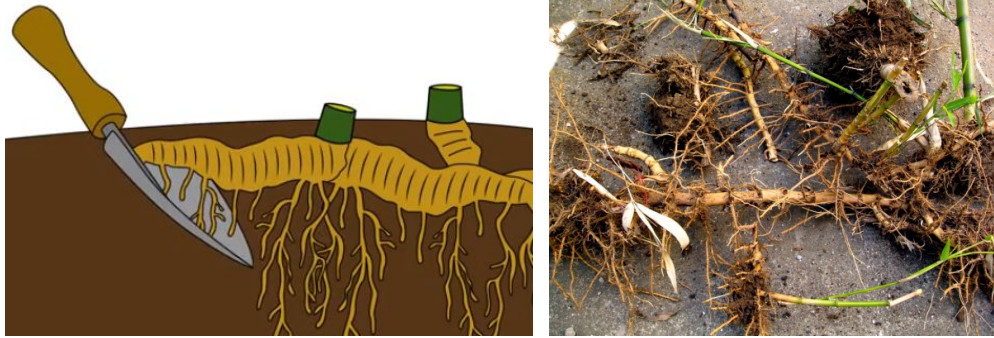
Şekil 30. Rizomların keskin bir aletle kesilmesi (URL-33 ve 34, 2019).

3. Bambunun yapraklarına, saplarına ve sürgünlerine glifosat herbisit (kimyasal bir ilaç) uygulanır. Glifosat herbisit sadece doğrudan temas ettiği bitkileri öldürür.

4. Tedavi sürekli tekrarlanır. Tek uygulama istilayı ortadan kaldırmayacaktır. Bambu, sürgünlerini göndermeye devam ettikçe, herbisit işlemini bitkinin yapraklarına, saplarına ve sürgünlerine sürekli olarak uygulamak gerekir (URL-33, 2019).

Kimyasal kullanılmadan bambuların yayılımının engellenmesinde yapılacak işlemler ise sırasıyla şunlardır:

1. Toprak kazılıp bambu kökleri çıkarılır. Bu yöntem, bambuyu öldürmenin kimyasal olmayan ana yollarından biridir. Bitkiyi kesip kazmak için keskin bir kürek veya testere kullanılabilir (URL-33, 2019) (Şekil 31).



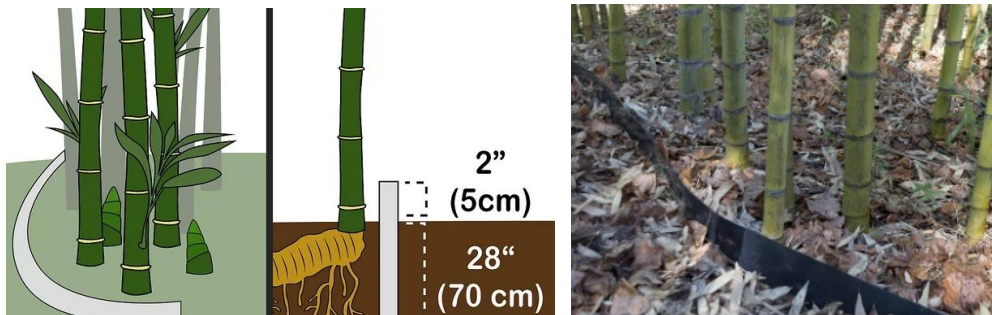
Şekil 31. Rizomun kürek vs. aletle çıkarılması (URL-33 ve 35, 2019).

2. Uygulanan bölge düzenli olarak biçilir.

3. Toprak hattının altındaki saplar kesilir, ardından alanın üzerine muşamba veya kalın bir plastik parça ile kapatılır. Bu yöntem, bitkinin yağmur, güneş ve hava ile bağlantısını keser ve sonunda bambuyu öldürür. Bu işlem biraz zaman alabilir, bu yüzden sabırlı olmak gerekir. Muşambayı en az bir ay kadar bekletmek gerekir (ancak bambuyu tamamen yok etmek bir yıla kadar sürebilir) (URL-33, 2019).

Bir diğer yöntem ise,

1. Bambunun etrafında kavisli veya yarım daire şeklinde bir hendek kazılır ve açık bir bariyer oluşturulur. Bariyer, beton, metal veya plastikten yapılabilir. Bariyerin etkili olması için 70 cm derinlikte ve 5 cm topraktan yüksekte olmalıdır, bu da çoğu rizomun gidebileceğinden daha derindedir (URL-33, 2019) (Şekil 32).



Şekil 32. Açık bariyer oluşturulması (URL-33, 2019 ve URL-36, 2020).

2. Tamamen kapalı bir bariyer kurulabilir. Kapalı bariyerlerin de en az 2-3 metre derinlikte olması gerekir. Açık kenarlı bariyerin aksine, etrafındaki tüm bambuları sarmalıdır (Şekil 33). Bu yöntemin en büyük yararı, hiçbir kök sapın kaçmasına izin vermemesidir (URL-33, 2019).



Şekil 33. Kapalı bariyer oluşturulması (URL-37 ve 38, 2019).

3. Bir tarafta gölet veya dere ile bambu korunabilir. Düzgün bir şekilde planlandığı takdirde, üç taraflı bir gölet veya dere, bambuya karşı dekoratif fakat etkili bir bariyer görevi görür (Şekil 34). Akarsuyun kendisi dördüncü duvar görevi görür, çünkü bambu rizomları su üzerinde ilerleyemez (URL-33, 2019).



Şekil 34. Göl veya derenin yayılımı engelleyen bir bariyer görevi görmesi (URL-33 ve 39, 2019).

4. Kaçan köksapların periyodik olarak kontrol edilmesi gereklidir. Bariyer yeterince derin ve sağlam bir yapıya sahipse, bambunun yetişecek çok fazla yeri olmaz. Yine de belirtilen alanın dışına çıkmadığından emin olmak için kontrol halinde olmak gerekir. Bazı

asılsız bambu köksapları bulunursa; köksaplar yüzeyin altından kesilmeli ve bambuyu tamamen öldürmek için yukarıda belirtilen adımlardan herhangi biri kullanılmalıdır (URL-33, 2019).

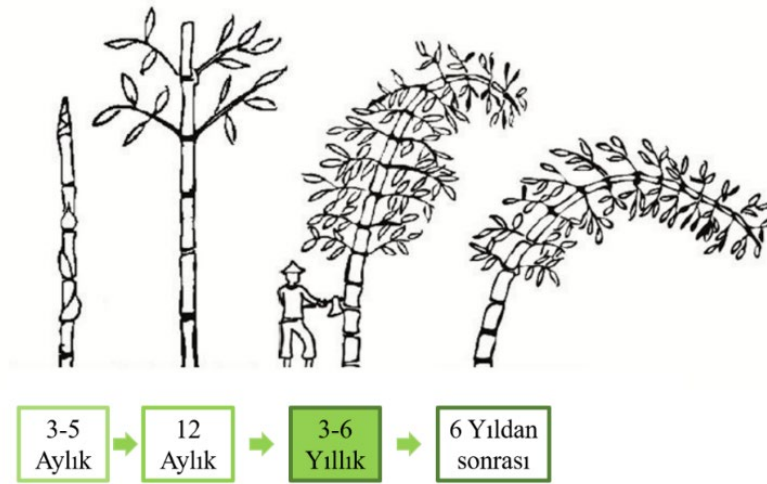
1.4. Yapı Malzemesi Olarak Bambuların Hazırlanması

Bambular (kullanım alanı fark etmeksizin), kullanıma hazır hale gelebilmesi için birtakım işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Hiçbir işleme tabi tutulmayan ham bambunun kullanım alanı oldukça sınırlı ve garantisizdir.

Bambunun kullanıma hazırlanması için gereken işlemler; bambuların hasadı, korunması, depolanması, kurutulması ve işlenmesidir.

1.4.1. Bambuların Hasadı

Bambu ormanlarındaki her bambu, birinci yılında özellikle yağmurlu mevsimde maksimum yüksekliğe ve çapa ulaşır. İlk yılında yaprakları ve dalları filizlenir. İkinci yılında, gövdesi sertleşir ve kurur. Üçüncü yılında ise maksimum güce ulaşır. Altı yaşına kadar hasat etmeye hazırdır, altıncı yıldan sonra bozulmaya başlamaktadır. Yavaşça küf, mantar ve böcekler tarafından saldırıya maruz kalır. Çürüyüp kullanılamaz hale gelene dek bu saldırı devam eder (Hodgkin, 2008) (Şekil 35).



Şekil 35. Bambunun yaşam döngüsü (Hodgkin, 2008).

Çoğu bambu türü, 3-6 yıl arasında büyüme zirvesine ulaşır. Bu nedenle, satın alma sırasında bambunun yaşının kontrol edilmesi önemlidir. Ayrıca, olgunlaşmamış bambunun hasat edilmesi, uzun yıllar boyunca mahsul verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Hasat zamanı, yaşı vb. dâhil olmak üzere çeşitli faktörler bambu kalitesini etkileyebilir (Hodgkin, 2009).

Acil bir durumda bambu, yaşam döngüsünün herhangi bir zamanında veya aşamasında hasat edilebilir. Bununla birlikte, bambuların haşere istilasına yatkınlığı, hasat sırasındaki şeker seviyelerinden oldukça etkilenir. Bambu yaşam döngüsü, yıllık büyüme döngüsü, aylık döngü ve günün saati gibi hasat için tercih edilen zamanlar vardır. Örneğin, yağışlı büyüme mevsiminde hasattan kaçınılmalıdır, çünkü yeni ortaya çıkan sürgünler zarar görür ve genel ürün verimliliği azalır (Hodgkin, 2009).

Bambunun hasat edilmesinde en iyi uygulama şu şekildedir;

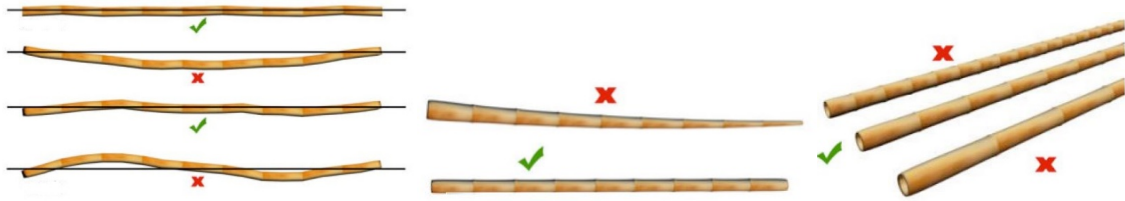
Gelişmekte olan kümeyi beslemek ve yeterli yaprak sağlamak için, ideal olan bir zamanda bir kümenin %33'ünden fazlası hasat edilmemelidir. 3-5 yaşında hasat edilmelidir (türler arasında bazı farklılıklar vardır). Potansiyel mantar saldırısını azaltmak için zeminin üstündeki ikinci düğümün hemen üzerinden kesim yapılmalıdır. Kesiklerin olabildiğince temiz olmasını sağlanmalı ve haşere istilasını azaltmak için atık bambular temizlenmelidir. Kümelerin daha fazla ışık alacağı şekilde hasat edilmeli ve yeni sürgünlerin büyümesine teşvik edilmelidir (Şekil 36). Çok yaşlı ve çürümeye başlamış, hastalıklı, kırık veya aşırı bükülmüş olan bambular temizlenmelidir (Hodgkin, 2009).



Şekil 36. Bambuların hasat edilmesi (URL-40 ve 41, 2020).

Bambuların yapı malzemesi olarak kullanılmasında dikkat edilmesi gerekenler;

Bambuların oldukça düzgün olanları seçilmelidir (3 metrede 1 cm'ye kadar bükülme düzgün olarak kabul edilebilir). Kolon ve çatı elemanları için kullanılacak bambunun en ince kısımları minimum 7-10 cm çapında olmalıdır (Krawczuk, 2013) (Şekil 37). Bambu boğumlar arasında düzdür, düğümde ise yönü biraz değişebilir. Bu nedenle, sıkı düğüm aralığına sahip bambu, düzensiz şekilli gövdeler oluşturabileceği için yapıda kullanımı zor olmaktadır. Daha geniş düğüm aralığı (30 cm-60 cm) daha düz bambu oluşumunu sağlar. Bu da inşaatta kullanımını kolay hale getirir. Aşırı geniş aralık, gövdenin yatay mukavemetini sınırlar (Hodgkin, 2009).



Şekil 37. Bambuların seçimindeki düzgünlük faktörü (Hodgkin, 2009).

İdeal olarak, konutlarda 3- 4 farklı boyut veya türde bambu kullanılır. Genellikle kolonlar için daha büyük boyutlu elemanlar (15 cm ve üstü) kullanılırken, yapısal kirişler ve kafes kirişler için 8 cm veya 10 cm malzeme kullanılabilir (Hodgkin, 2009).

1.4.2. Bambunun Korunması

Bambu/bambu ürünleri, dayanıklılığı ve performansı artırmak için, kimyasallar kullanılarak veya kullanılmadan fiziksel ve biyolojik koşullara karşı korunmaktadır.

Bu korumanın amacı:

- Dayanıklılığı ve kullanım ömrünü uzatmak
- Biyolojik bozulmayı ertelemek ve engellemek
- Boyutsal kararlılığı ve bambunun gücünü korumak
- Yangına dayanıklılık, parlaklık, renk korunumu, estetik vb. özelliklerini geliştirmektir.

Bambunun dayanıklılığı, nasıl yetiştirildiği, hasat edildiği, kurutulduğu, depolandığı ve taşındığı kullanımının tüm aşamalarında ne kadar iyi işlendiği ile doğrudan ilgilidir. İyi yetiştirilmiş, hasat edilmiş, aşırı yağmur, güneş ve toprak temasından korunan bambu, uzun yıllar yaşayabilmektedir (Şekil 38).

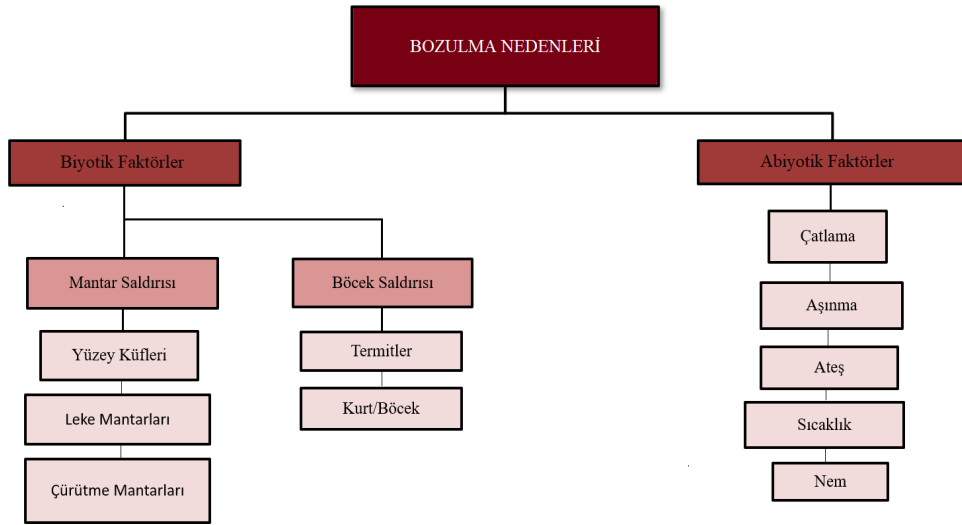


Şekil 38. İşlenmiş ve işlenmemiş bambu (Hodgkin, 2009).

Bambu organik kökenli doğal bir malzemedir. Herhangi bir koruyucu tedavi olmaksızın dayanıklılığı çok azdır. Tik ağacı gibi ahşap çeşitlerinin aksine, bambunun yapısı toksik tortulardan yoksundur. (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Bambu dış derisi serttir ve çoğu haşere için çekici değildir. Haşereler için çekici olan gövdenin içerisinde bulunan nişastadır. Bu nedenle çoğu haşere istilası, gövde içerisinde çatlaklar ve delikler yoluyla girilmesiyle gerçekleşir (Hodgkin, 2008).

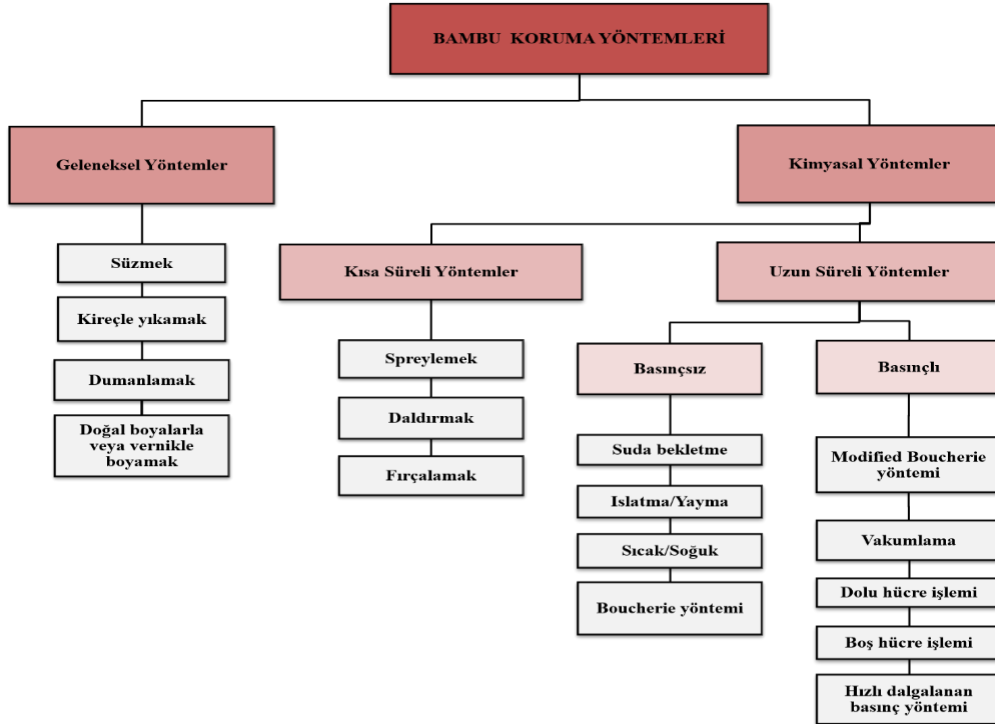
Bambu veya bambu ürünlerinde bozulma, biyotik veya abiyotik kaynaklı olmaktadır (Şekil 39).



Şekil 39. Bambunun bozulma nedenleri (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Bambu, güvenliğin büyük önem taşıdığı yapısal bir eleman olarak kullanılacağı durumlarda kesinlikle koruma gerektirir. Ayrıca, zarar gören bambuları sık sık değiştirme zaman alıcı, maliyetli ve işçilik gerektirir. Koruma ile kullanılabilirliğin artırılması uzun vadede daha ekonomiktir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Bambunun korunması geleneksel ve kimyasal olarak ikiye ayrılmaktadır (Şekil 40).



Şekil 40. Bambuyu koruma yöntemleri (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Geleneksel yöntemler; bambuların yaygın olarak büyüdüğü alanlarda uygulanan eski yöntemlerdir. Destek ekipmanı kullanılmadan basit ve maliyet açısından uygun bir yöntemdir. Ancak bu yöntemler, bambuların uzun süreli korunması için uygun değildir.

Kimyasal yöntemlerde, bambuyu bozulmaya karşı korumak için kimyasal koruyucular kullanılır. Bunlar, olumsuz koşullarda bile istenen korumayı sağlayan iyi yapılandırılmış yöntemlerdir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

1.4.2.1. Geleneksel Koruma Yöntemleri

Geleneksel koruma yöntemleri, kimyasal koruma yöntemlerine göre daha ucuzdur, ancak daha az etkilidir. Bambunun yetiştirildiği ve kullanıldığı kırsal kesimlerde özel ekipman gerektirmeden kolaylıkla uygulanabilen eski koruma yöntemleridir (Ahmed, 2005).

Geleneksel koruma yöntemleri; süzme, dumanlama-ısıtma, kireçle yıkama ve doğal boyalarla veya vernikle boyama yöntemlerinden oluşur (Tablo 8).

Tablo 8. Bambuları geleneksel koruma yöntemleri

Süzme Yöntemi



Bambular genellikle 3-4 hafta süren nehirler üzerinde taşınırken, nişasta seviyesini düşürme ve dayanıklılığını artırma gibi amaçlar doğrultusunda süzme işlemine tabi tutulur. Bambular varış noktasına ulaştıklarında, mikroorganizmaların ve böceklerin saldırılarından daha az etkilenir hale gelmektedir (URL-42, 2020).

Nehirlerde taşınmanın yanında tankların içerisinde suda bekletilerek de süzme işlemi sağlanabilmektedir. Bambular tanklara daldırılırken, süzme işleminden önce suyun içeriye kolayca girebilmesi için düğümlerin delinmesi gerekmektedir. Bambular durgun su bulunan tanklarda depolandığında, lekelenmeye ve kötü kokuya neden olacak bakterilerin büyümesini önlemek için suyun haftalık olarak değiştirilmesi gerekmektedir (URL-42, 2020).

Tablo 8'in devamı.

Dumanlama ve Isıtma Yöntemi (URL-43 ve 44, 2020; Pistolesi, 2011).

Bambudan çıkan duman, bambuyu çeşitli zararlılar için önemli ölçüde daha az çekici hale getirebilen kreozot (odun katranı ya da 240 - 270 °C'de damıtılan kömür katranından çıkarılan bir sıvı) ve furan (renksiz, uçucu, yanıcı bir sıvı) gibi koruyucu kimyasal içerir. Bu işleme ek olarak ısıtma da mevcut haşereleri öldürmektedir (Hodgkin, 2009).

Dumanlama işleminde birçok yöntem vardır. En basit olanı bambuları küçük parçalar halinde uzun süre açık ateşin üzerine yerleştirmektir. Daha kapsamlı olanı ise bambuları istiflenmiş bir şekilde kapalı fırınlarda dumanlamaktır (Hodgkin, 2009).

Açık ateşte bambuyu dumanlamak genellikle el sanatları gibi küçük ölçekli uygulamalar için uygundur. Bu yöntem geleneksel olarak sazlıktan yapılan çatıda kullanılan bambu şeritlerini korumak için kullanılır. Büyük ölçekli dumanlama işlemleri büyük fırınlar gerektirir. Bambu türüne bağlı olarak 12 ile 48 saat arasında 120-200 ° C arasında ısıtılarak gerçekleştirilir. Çoğu tedavide olduğu gibi, döşeme ve duvar kaplama için kullanılan düzleştirilmiş bambular daha hızlı bir şekilde tedavi edilebilir. Düğümlerden delme, duman penetrasyonunu artırabilir. Bütün bu işlemlerde süre ve sıcaklık türden türe değişebilmektedir (Hodgkin, 2009).

Kireçle Yıkama Yöntemi (URL-45, 2020).

Kireç esas olarak dekoratif etki için kullanılır. Bambular ve bambu hasır dokuma, sönmüş kireç ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ile boyanır. Sonrasında su emilimini engelleyen ve mantar saldırısını geciktiren kalsiyum karbonata (CaCO_3) dönüştürülür. Ayrıca bambular katranlı olabilir, kum serpilebilir ve kuruduktan sonra beyaza boyanabilir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Tablo 8'in devamı.

Doğal Boyalarla ve Vernikle Boyama Yöntemi (URL-46, 2020).	
	<p>Bambu ürünlere koruma ve renk sağlamak için çağlar boyunca doğal boyalar kullanılmıştır. Bambu ile boyalar kaynatılarak hem nişastanın çıkması hem de bambunun renk alması sağlanır. Bambunun yüzeyini kir, nemden korumak ve süslemek amacıyla boya ve vernik uygulanır. Bambu yüzeyinde bir film oluşturulur. Boyanın / verniğin kabarması bambu yüzeyini açıkta bırakabilir ve mantar-böcek saldırısına sebep olabilir. Bu nedenle, boya ve verniklerin uygulanmasından önce koruyucu bir kaplama yapılmalıdır (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).</p>

1.4.2.2. Kimyasal Koruma Yöntemleri

Kimyasal koruyucular, bambuyu biyolojik bozulmaya ve renk bozulmasına karşı koruyan tekli bileşiklerden veya karışımlardan oluşmaktadır. Birkaç istisna dışında, kimyasal koruyucular toksiktir. Performans ve çevre gereksinimlerini karşılamak için seçim ve uygulama özenle yapılmalıdır (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Bu yöntemde su kaynaklı, yağ bazlı, organik solvent bazlı ve doğal zehirli maddeler kullanılarak bambunun korunması sağlanır (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Kimyasal koruma yöntemleri kısa süreli koruma yöntemleri ve uzun süreli koruma yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

- **Kısa Süreli Koruma Yöntemleri**

Kimyasallarla yapılan bu tedavi yöntemi, yuvarlak ve bölünmüş bambularda kullanılır ve özellikle biyo-ayrışmanın çok şiddetli olduğu tropik ülkelerde bambuların geçici depolaması sırasında ham bambunun bozulmasını önlemek için tavsiye edilir. Bambu ormanı depolarında, kâğıt fabrikasında, birkaç ay boyunca depoda kalması gerektiğinde ve yeşil bambuların kamyonlarla uzun süre taşınması gerektiğinde önerilen bir tedavi yöntemidir (López, 2003). Püskürtme, fırçalama ve daldırma gibi tedavileri içeren bu yöntemler, yüzeysel koruma sağlar ve sadece kısa bir süre için etkilidir (Tablo 9).

Tablo 9. Kısa süreli koruma yöntemleri

Püskürtme Yöntemi (URL-47, 2020).

Püskürtme yöntemi, sadece depolarda örtü altında kalan büyük bambu kümeleri için uygulanmaktadır. Püskürtme yöntemi çevre kirliliğine neden olmaktadır. Sadece borik asit, boraks gibi toksik olmayan kimyasallar kullanılmalıdır. Rüzgâr yönünde püskürtme yapılmalıdır (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Fırçalama Yöntemi (URL-48, 2020).

Fırçalama yöntemi, küçük el sanatları ve ev eşyaları yapımı için uygulanmaktadır. Fırça ile 2-3 kat kimyasal sürülmektedir. Fırçanın boyutu, kaplanacak malzeme yüzeyine bağlı olarak değişmektedir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Daldırma yöntemi (Owusu ve ark., 2014).

Daldırma yöntemi, orta miktardaki bambu / bambu ürünleri için kullanılmaktadır. Daldırma, püskürtme veya fırçalama yöntemlerinden daha etkilidir. Malzemeyi korumak için 30 saniyeden bir dakikaya kadar anlık daldırma yeterli olmaktadır (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

- Uzun Süreli Koruma Yöntemleri

Bambu uzun süre saklanacaksa, uzun süre koruma sağlamak için koruyucunun yeterince nüfuz etmesi gerekmektedir. Aynı koruyucu, tedavi yöntemine bağlı olarak kısa süreli veya uzun süreli koruma sağlayabilir. Bu yöntem bambudaki nem içeriği, koruyucu türü ve son kullanım ile belirlenmektedir. Basıncılı veya basıncsız uzun süreli koruma sağlanabilir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Bambunun basıncsız koruma yöntemleri gövde ucu tedavisi, ıslatma/difüzyon, sıcak-soğuk tedavi ve öz suyu değiştirmedir (Tablo 10). Gövde ucu tedavisi ve difüzyon gibi yöntemler sadece yeşil bambular için uygundur.

Tablo 10. Basıncısız koruma yöntemleri

Basamak Yöntemi (Gövde Ucu Tedavisi) (Sharma ve ark., 2014).

Gövde ucu tedavisinde, dalları ve yaprakları sağlam olan taze kesilmiş yeşil bambular koruyucu bulunan tank içerisine dikey olarak yerleştirilir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006). Gövde ucu yaklaşık 25 cm'ye daldırılmış halde tutulur (Tang, 2013). Yaprakların devam eden terlemesi, kimyasal çözeltiyi bambunun damarlarına çeker (kimyasal çözelti, kapiller kılcal etki ve ardından difüzyon yoluyla bambuya nüfuz eder). Bu yöntem, yüksek nem içeriğine sahip (yeşil veya taze kesilmiş) daha kısa bambuların tedavisi için kullanılır. Tedavi süresi, tazeliğe ve gövdenin uzunluğuna bağlı olarak 8-14 gün sürer (Tang, 2013).

Islatma/Difüzyon (Açık Tank Yöntemi) (Kaminski ve ark., 2016).

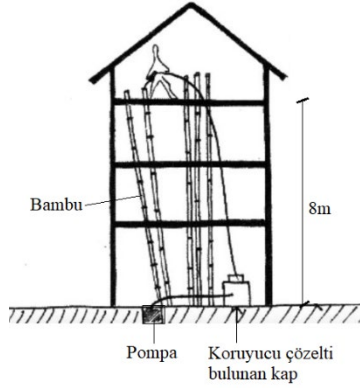
Islatma / difüzyon yöntemi, yuvarlak, bölünmüş veya şerit bambuların ıslatılarak su bazlı koruyucu çözelti bulunan açık tanklara batırılarak koruma yapılmasıdır. Bu koruma, yeşil, yuvarlak ve bölünmüş bambuların difüzyon işlemiyle en iyi ve en ekonomik tedavilerinden biri olarak kabul edilir (López, 2003). Bu koruma işlemi yavaştır ve çok sayıda tank gerektirmektedir. Tedavi süresi bölünmüş bambular için yaklaşık 2-3 gün ve gövde parçaları için 7-9 gün sürer (Tang, 2013). Ayda 50-100 bambuyu tedavi etmek için uygundur.

Sıcak ve Soğuk Koruma Yöntemi (URL-49, 2020).

Bu işlemde, bambu paneller veya bölünmüş bambular koruyucu çözeltiyeye daldırılır ve daha sonra yaklaşık 100 °C ısıtılır. Bambu, tankın sıcaklığına ulaşana kadar bu sıcaklıkta tutulur. Daha sonra, esas olarak koruyucu maddenin gerekli emilimi ile belirlenen, atmosfer sıcaklığına veya bundan daha yüksek herhangi bir sıcaklıkta soğumaya bırakılır. Isıtma süresi boyunca, gövde duvarındaki hava genişler ve kısmen dışarı atılır (López, 2003). Soğutma süresi boyunca bambudaki kalan hava büzülür, böylece koruyucunun emildiği kısmi bir vakum oluşur ve koruyucu çözeltinin hücreye girmesi sağlanır. Bu yöntemle büyük miktarlarda bambu tek seferde tedavi edilebilir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Tablo 10'un devamı.

Özsuyu Değişirme (Geleneksel Boucherie Yöntemi) (Pistolessi, 2011).

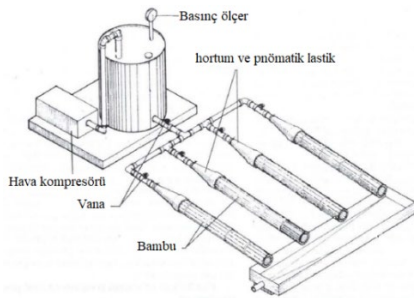


Özsuyu değişirme, bambunun dikey veya 45 ° eğimli tutulmasıyla hidrostatik basınç sayesinde bambunun özsuyu ile koruyucu çözeltinin yer değişirmesiyle oluşturulan koruma yöntemidir. Genellikle bu yöntem ile bambular tekil olarak işleme tabi tutulur ve gövde uzunluğuna, kalınlığına bağlı olarak birkaç gün sürer (López, 2003).

Bambunun basınçsız tedavi yöntemleri olduğu gibi basınçlı tedavi yöntemleri de vardır. Basınçlı yöntemler, kuru bambular için uygundur ve hızlı şekilde koruyucu çözeltinin derinlere düzgün nüfuz etmesini sağlar. Basınç altında koruma, bambuların dayanıklılığını artırır. Bu yöntemle işlenen bambular, zeminle temasında yaklaşık 15 yıl ve yapı bileşenleri için 50 yıl korunmaktadır. Tedavi için su bazlı koruyucular ve bazen kreozot (odun katranı ya da 240 - 270 °C'de damıtılan kömür katranından çıkarılan bir sıvı) kullanılır. Basınç programına bağlı olarak, dört farklı tipte basınç işlemi vardır. Bunlar; vakumlama, dolu hücre, boş hücre yöntemi ve alternatif basınç uygulama olarak sayılabilir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006) (Tablo 11).

Tablo 11. Basınçlı koruma yöntemleri


Basınçla Özsuyu Değişirme (Değişirilmiş Boucherie Yöntemi) (López,2003; URL-50, 2020).




Bu koruma yöntemi en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Değişirilmiş Boucherie yönteminde koruyucu çözeltinin, basınç altında bambulara enjekte edilmesi sağlanır. Böylece bambunun özsuyu, koruyucu çözelti ile değişirilir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Bu yöntemde, pnömomatik lastik hava sızdırmayacak şekilde kelepçe ile sıkılır. Basınç 20-25 psi arasında olana kadar pompalanır ve işlem tüm hortumlarda tekrarlanır (C.A.N, 2013).

Tablo 11'in devamı.

	<p>Bir kompresör veya pompa aracılığıyla yapılan bu koruma yöntemi, koruma süreleri önemli ölçüde azaltır (3-8 saate kadar) (Pistolesi, 2011).</p>
---	--

Vakumlama Yöntemi (Tang, 2013).

	<p>Bambu gövdesindeki hava kabarcıklarından dolayı koruyucu çözeltinin girişini kısıtlayabilen havayı kısmen çıkarmak için bir vakum oluşturularak boşaltma işlemi gerçekleştirilir. Koruyucu çözelti silindire taşar ve normal basınca bırakıldığında bambuya nüfuz ederek koruma sağlanır (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).</p>
--	---

Dolu Hücre Yöntemi

Dolu hücre yöntemi, gövdenin boşaltıldığı ilk aşamada vakumlama işlemine benzer. İkinci aşamada koruyucu çözelti, birkaç saat boyunca 5-15 bar basınç altında gövdeye pompalanır. Amaç, hücre lümenlerini tamamen koruyucu solüsyonla doldurmaktır. Son aşamada, koruyucu madde boşaltıldıktan sonra ve artan çözelti çıkarılıp sızmayı ortadan kaldırmak için tekrar 10 dakika boyunca bir vakum oluşturulur.

Bu yöntem, yüksek koruma gereken yapısal uygulamalar için kullanılacak bambuların tedavisinde kullanılır. Hücre lümenlerindeki koruyucu çözelti daha sonra lifler ve parankima hücreleri tarafından emilir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

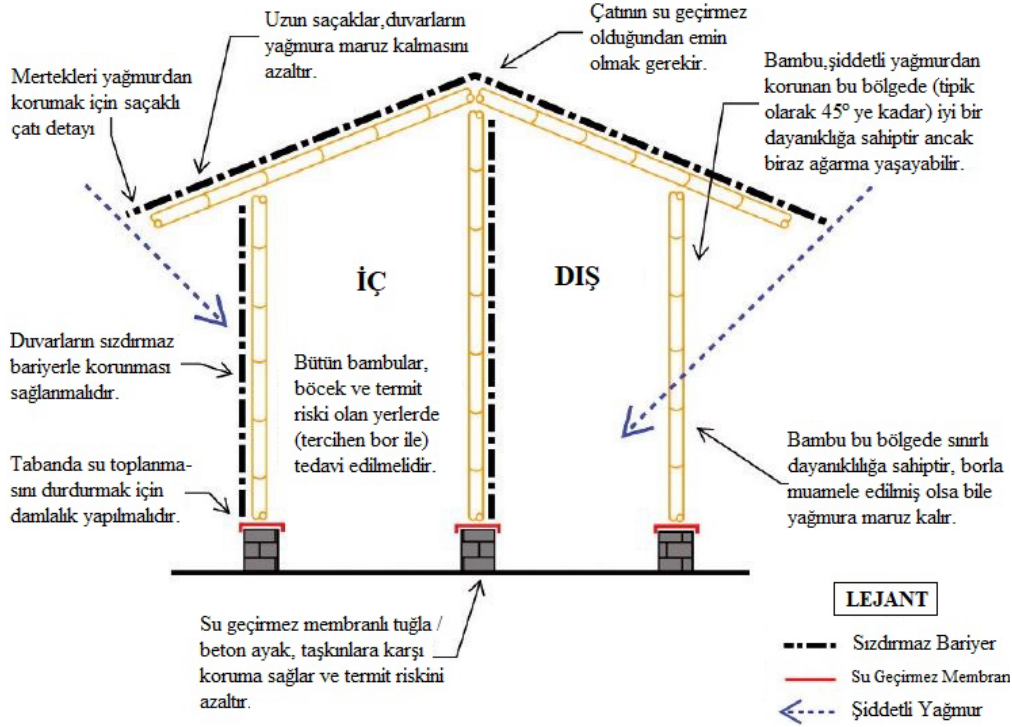
Boş Hücre Yöntemi

Bu yöntemde koruyucu çözelti hücreler üzerinde bir kaplama oluşturur ve hücre lümenini doldurmaz. Bu yöntem için ekipman maliyeti, dolu hücre basıncından daha yüksektir ve daha fazla işlem gerektirir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Hızlı Dalgalanan Basınç Yöntemi

Bu yöntemde, başlangıçta bir vakum oluşturulur ve ardından koruyucu maddenin 5-15 barda taşması sağlanır. Bu basınç birkaç dakika muhafaza edilir ve daha sonra aniden atmosfer seviyesine düşer. Basınç tekrar yükseltilir ve düşürülür. Bu işlemde birçok basınç döngüsü uygulanır ve her döngüde basınç tutma süresi azaltılır. Son aşamadaki vakum damlamayı önler (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Bambu yapıyı uzun yıllar korumak için izlenecek en etkili yol; bambuları kullanmadan önce gerekli koruma işlemlerini yapma , uygun tasarım ve detaylandırmadır (Şekil 41).



Şekil 41. Bambu yapılarını, çürümeye ve böceklere karşı korumak için detay önerileri (Kaminski ve ark., 2016).

1.4.3. Bambuların Depolanması ve Kurutulması

Bambuların mantar ve termit saldırılarını önlemek için, toprakla doğrudan teması kesilmelidir. Branda veya kalın plastik tabaka üzerine yerleştirilebilir. Hızlı nem değişikliklerinden, güneş, yağmur ve toprak neminden korunmalıdır. Havalandırmanın sürekli olması sağlanmalıdır (NMBA, TIFAC ve DST, 2006).

Bambular dikey veya yatay olarak depolanabilmektedir. Dikey istifleme, daha hızlı kuruma ve daha az mantar saldırısına olanak tanır. Ancak bambu uçlarının bükülmesini önlemek için iyi bir destek sistemi yapılmalıdır. Yatay istifleme, genellikle büyük istifler için tercih edilir. İstifleme yükseltilmiş platformlarda yapılmalıdır veya toprakla teması önlemek için kalın bir plastik tabaka üzerine yerleştirilmelidir. Daha iyi hava sirkülasyonu

için her bambu arasında ayırıcılar kullanılabilir (NMBA, TIFAC ve DST, 2006) (Şekil 42). Depolama alanından enfekte olmuş bambular atılmalıdır.



Şekil 42. Bambularda dikey istifleme ve yatay istifleme (URL-51 ve 52, 2020).

Bambunun suyun içinde depolanması, esneklik veya "yeşil" durumda olması istendiğinde yapılmaktadır. Suda depolanma, nişastanın süzülmesini sağlar ve geleneksel bambu koruma tekniği olarak kullanılır (URL-53, 2020) (Şekil 43).



Şekil 43. Bambuların su içerisinde taşınarak depolanması (URL-54, 2020).

Geçici inşaatlarda kullanılacak olan bambuların kurutulmasına gerek yoktur. Geçici yapılarda yeşil bambu parçaları kullanıldığında ortaya çıkan sorun, bambu parçaları kuruduktan sonra yapılan bağlantıların gevşemesidir. Çünkü yeşil bambu kurudukça büzülür ve çapları küçülür. Bu da yapının çökmesine neden olabilmektedir (López, 2003).

Kalıcı yapılarda veya çok ince detaylara sahip olan yapılarda kullanılacak bambuların, matkap, testere veya benzeri aletlerle uçlarında derzler yapılmadan önce en az

iki ay boyunca havayla kurutulmalıdır. Bu aletlerin yeşil bambularda kullanımı tavsiye edilmemektedir (López, 2003).

Bambuları kurutmak için iki yöntem vardır. İlki, hava sirkülasyonunun iyi olduğu bir yerde yapılan havayla kurutma işlemidir. Bu işlem yaklaşık 6-12 hafta sürmektedir. İkincisi ise, fırında kurutma işlemidir. Bu işlem ise sadece 2-3 hafta sürmektedir. Fırında kurutma işleminden sadece bölünmüş bambular yararlanabilmektedir. Bütün haldeki yuvarlak bambular bu işlem için uygun değildir (López, 2003).

Bazı bambu türleri hızlı kurumaya tolerans göstermez. Kabukta çatlaklar oluşur veya kutuplar aksel olarak bölünür (Raj ve Agarwal, 2014). Eğer bambular 1-2 haftadan daha uzun süre saklanacaksa, kuruması için düzenli olarak ters çevrilmesi gerekir. Bu sayede küf oluşumu veya haşere istilası potansiyeli azalmaktadır (Hodgkin, 2009).

Kuruma süresi; ilk nem içeriği, bambunun duvar kalınlığı, çevresel nem, güneş radyasyonu miktarı, yağmurun olmaması veya varlığı, çevredeki havanın hızına bağlıdır (URL-53, 2020).

1.4.4. Bambuların İşlenmesi

Günümüzde pek çok insanın bambu ürünleriyle ilgili deneyimi, bambu mobilyaları hasırları ve bambu sepetleri kullanmak veya bazı bambu filizlerini yemek için bambu çubuklarını kullanmakla sınırlıdır. Son 15 yılda, döşeme, lamine mobilya, yapı panelleri (ahşap esaslı kontrplak, sunta veya MDF'ye benzer), yüksek kaliteli iplik ve kumaşlar, aktif karbon ve bambu özleri gibi ticari bambu ürünlerinde çarpıcı bir büyüme görülmüştür. Bambunun kereste olarak kullanılması, ahşap kereste için artan talep ile aynı zamana denk gelmiştir. Bambunun görünümü, gücü ve sertliği, hızlı büyüme döngüsü ve sürdürülebilir hasat kapasitesi ile birleştiğinde, onu giderek daha çekici, ahşaba alternatif yapı malzemesi haline getirmektedir. Bu sayede bambunun piyasası güçlenmektedir (Marsh ve Smith, 2020).

Bu son gelişmeler bambu piyasasında, kırsal kalkınma ve yoksulluğun azaltılması hedefleri için yeni fırsatlar yaratmıştır. Özellikle, modern tedarik zincirlerinde kaynağa yakın değer yaratmanın ortaya çıkması, sektörün yoksul kırsal topluluklar üzerindeki potansiyel ekonomik etkisini arttırmaktadır (Marsh ve Smith, 2020).

Bambu, yapılarda kullanılması için 2 farklı işleminden geçmektedir. Bunlar;

1. Geleneksel yöntemlerle bambuların işlenmesi
2. Endüstriyel yöntemlerle bambuların işlenmesidir.

1.4.4.1. Geleneksel Yöntemlerle Bambuların İşlenmesi

Bambunun sanayileşmesinin temelini oluşturan geleneksel yöntemlerle işleme süreci, el işçiliğine, bambu bitkisinin özel yapısına ve zanaatkarların tekniklerine dayanmaktadır. Zanaatkarlar geçmişte bambunun malzeme özelliklerini bilip çalışma sürecini profesyonel bir şekilde tamamlamak için basit aletler kullanmıştır. Geleneksel bir çalışma sürecinin bu yolu, endüstriyel standartlara, makinelere, malzeme özelliklerine ve piyasa ekonomisi ilkesine değil, yerel halkın yaşam ihtiyaçlarına dayanmaktadır (Yu, 2007).

Bambunun ön işlenmesinden sonra, malzeme nasıl kullanılacağına göre farklı hammaddelere dönüştürülür. Bina veya bazı mobilyalar gibi büyük yapılar için bambular tüp şeklini korumalıdır. Sepet veya bazı mobilya yüzeyleri için bambular bölünebilir veya ince şeritler halinde kesilebilir (Yu, 2007).

El sanatlarında (bambu sepet, hasır, kaplama malzemesi vs.) ve geleneksel inşaat tekniklerinde (Bahareque tekniği, daha yeni prefabrik konutlarda kullanılan teknikler ve diğer teknikler) kullanılacak bambuların geleneksel yöntemlerle işlenmesine örnek gösterilebilir.

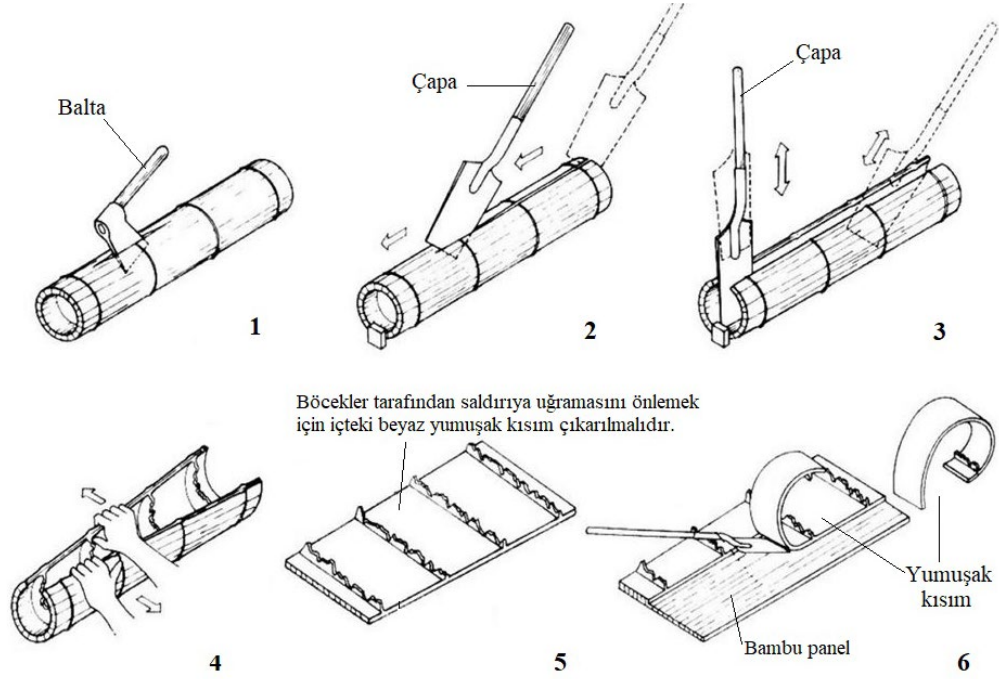
Bambuların geleneksel yöntemlerle işlenmesinde bazı yöntemler kullanılır. Bunlar;

- Bambu Levha Yapımı

Bambu, ahşaptan veya diğer herhangi bir malzemedenden daha fazla uygulama alanına sahip bir yapı malzemesidir. Bambu levhalar, konut yapımında; zeminlerde, duvarlarda, tavanlarda, çatılarda aynı zamanda, sıvalı duvar, tavanlar için altlık şeklinde ve kaplama malzemesi olarak kullanılır (Tablo 12).

Bambular, levha imalatında, lamine kirişlerin veya kompozit kirişlerin yapımında da kullanılabilir (López, 2003).

Tablo 12. Bambu levhaların yapım aşamaları (López, 2003).



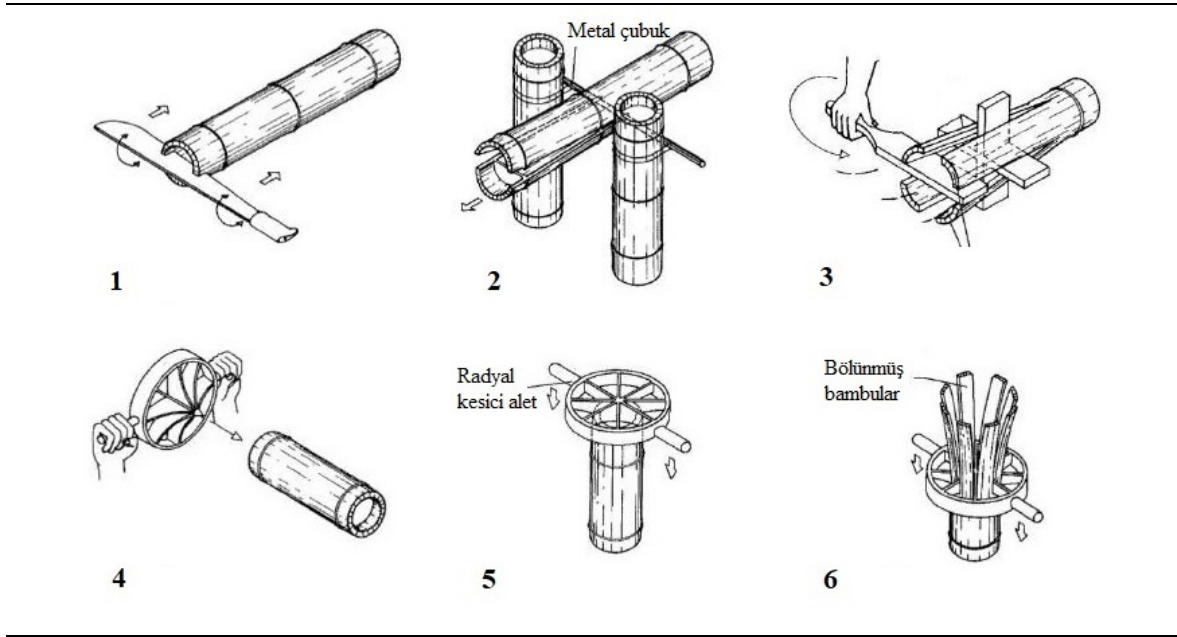
Bambu levha örnekleri (URL-55 ve 56, 2020).

- Bambu Lata Yapımı (Bölünmüş bambu)

Bambu lataları veya çیتالarı elde etmek için bambunun birkaç kez uzunlamasına kesilmesi gerekir. Gövdeyi küçük şeritler halinde kesmek için özel bir bıçak bulunmaktadır. Bu tür bir bıçakla kesim daha verimli ve hassas olmaktadır (Yu, 2007) (Tablo 13).

Bambu lataları 2-4 cm genişliğinde, çok sıcak iklimlerde yapılan evlerde; zeminde, sıvalı duvar yapımında, tavanda, çatıda, kümeslerde vb. kullanılır. Sepet ve hasır imalatı için bu latalardan şeritler yapılarak üretim sağlanmaktadır (López, 2003).

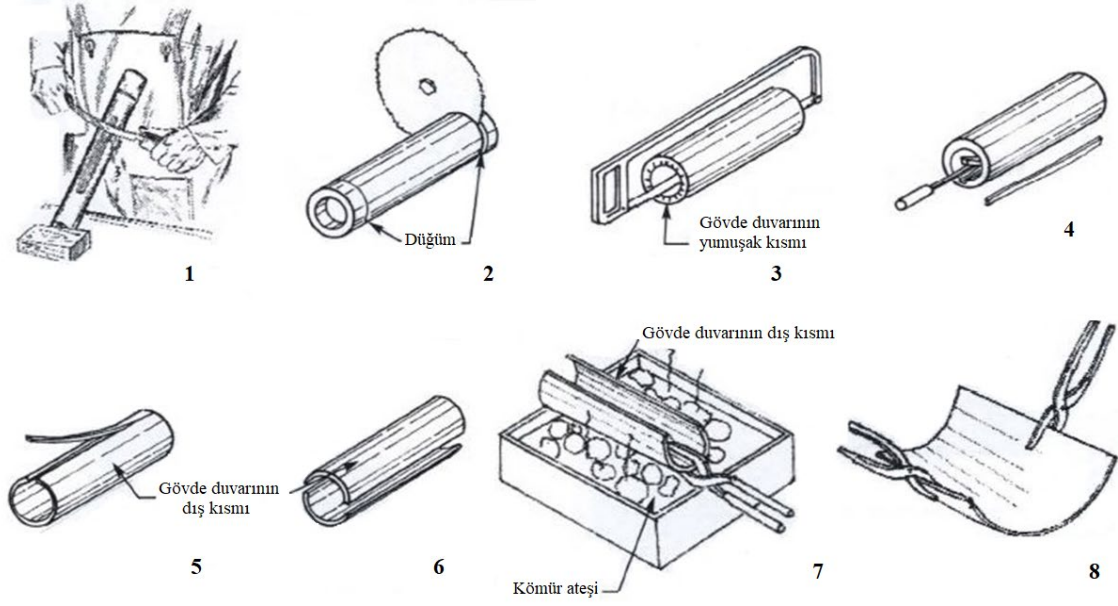
Tablo 13. Özel bölücü alet ile bambu lataların elde edilmesi (López, 2003).



Bambu lata örnekleri (URL-57 ve 58, 2020).

- Sıcak Bükme Yöntemi

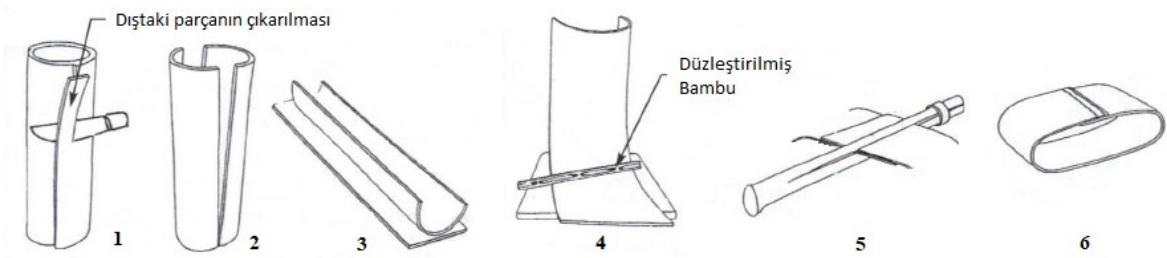
Bambunun mobilya sektöründe veya daha karmaşık formda kullanılması istediğinde sıcak bükme yöntemi kullanılır. Bambu, yüzeyinde homojen bir sıcaklık elde etmek için ateşte ısıtılır ve ardından istenildiği gibi farklı şekillere dönüştürülebilir (Şekil 44). Bu işlemde bir kalıp yardımıyla daha hassas bir şekil oluşturabilir (Yu, 2007).



Şekil 44. Sıcak bükme yöntemi ile bambunun işlenmesi (López, 2003).

- Soğuk Bükme Yöntemi

Taze, küçük, yeni kesilmiş bambu veya bölünmüş bambular, bazı basit kalıplar ile kolayca bükülebilir. Bu işlem genellikle mobilya yapımında kullanılır (Yu, 2007) (Şekil 45).



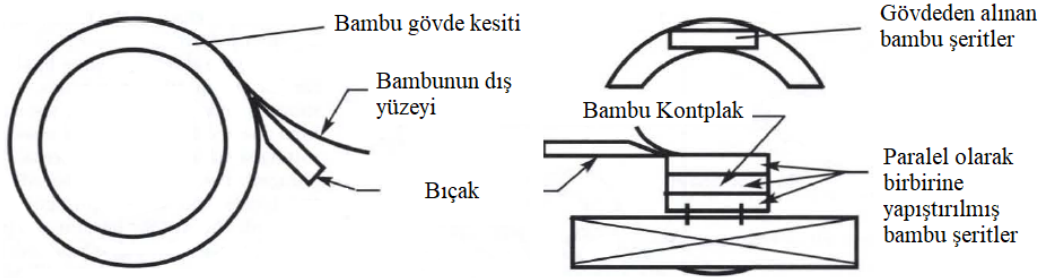
Şekil 45. Soğuk bükme yöntemi ile bambunun işlenmesi (López, 2003).

Bambular bu yöntemlerin öncesinde veya sonrasında kazıma, eğeleme, zımparalama ve soyma gibi işlemlerden geçmektedir.

Bambunun, şeritler halinde kesildikten sonra, keskin kenarlarını düzeltmek ve sırlı bir yüzey elde etmek için genellikle kazınması ve sert yüzeylerin eğelenmesi gerekir.

Zımparalama, mobilya, sanat eserleri ve müzik enstrümanları gibi ince nesnelere için faydalı bir bitirme işlemidir. Gövdenin silikatlaşmış dış tabakasının boyanması zor olduğundan yüzeyin boyanması için önemli bir hazırlıktır (Yu, 2007).

Bambunun silikatlaşmış dış katmanı, gövdenin en sert kısmı olmasına ve herhangi bir dış istilaya karşı çok iyi olmasına rağmen, bambunun başka malzemelere sabitlenmesi gerektiğinde dezavantaja neden olmaktadır. Bu nedenle, boyama gibi daha ileri işlemler için genellikle bu silikatlaşmış tabakayı soymak gerekmektedir (Yu, 2007) (Şekil 46).



Şekil 46. Silikatlaşmış dış katmanın soyulması ve bambunun diğer malzemelere entegre edilmesi (López, 2003).

1.4.4.2. Endüstriyel Yöntemlerle Bambuların İşlenmesi

Büyük hacimli bambu gövdelerinin, yarı mekanize ve tam mekanize işlenmesidir. Endüstriyel işleme, kırsal tarım toplulukları üzerinde büyüme ve gelişme açısından birçok fırsat sunmaktadır. Endüstriyel işleme, işlemenin değerine ve kullanılan malzemenin derecesine göre sınıflandırılabilir.

- Birinci sınıf işleme (yer döşemesi, lamine mobilya)
- Orta değerli işleme (yemek çubukları, mat tahtalar)
- Düşük değerli ve toplu işleme (odun kömürü, kâğıt ve kâğıt hamuru)
- İşlenmemiş bambular (iskele ve geleneksel yapı) (Marsh ve Smith, 2020).

Birinci sınıf işlemede, bambunun değerli bölümleri, tipik olarak büyük gövdelerin orta alt kısımları kullanılır. Üst kısım ve diğer kısımlar ile daha az değerli ürünler yapılabilir. Dolayısıyla, modern bambu tedarik zincirleri artık çeşitli ürünler üreten farklı işletmelerden oluşmaktadır; birinci sınıf bambu parçaları, döşeme, lamine mobilya, orta kaliteli parçalar gibi yüksek değerli kullanımlara, panjurlar, paspaslar ve çubuklar vs. orta

katma değerli işlemlerde kullanılırken kâğıt, odun kömürü, sunta veya talaş vs. artık veya kalıntı parçalardan üretilmektedir (Marsh ve Smith, 2020).

Bambu, dünyanın tropikal bölgelerinde bol miktarda dağılan doğal bir malzemedir. Bambu, bir lignin matrisine gömülü selüloz liflerinden oluştuğu için kompozit bir malzeme olarak kabul edilir (Chaowana ve Barbu, 2017).










Bambu kompozitler; geleneksel biyokompozit, gelişmiş polimer biyokompozit ve inorganik bazlı biyokompozit olarak sınıflandırılmaktadır.

20. yüzyıldan itibaren bambu, endüstriyel uygulamalarda, özellikle kâğıt, kontrplak, sunta, yonga levha veya yönlendirilmiş yonga levha gibi biyokompozit ürünler için hammadde olarak kullanılmasında; bambunun hızlı büyümesi, hızlı olgunluğu, yüksek üretkenliği, hafifliği ve üstün mukavemet özellikleri büyük önem taşımaktadır. Bu sayede bambu, biyokompozit ürünleri üretmek için alternatif bir hammadde olarak önerilebilir (Chaowana ve Barbu, 2017). Bambu bazlı biyokompozit endüstrisi hem üretim ve üretim kalitesini hem de araştırma ve geliştirmeyi iyileştirmek için son derece önemlidir (Suhaily ve ark., 2014).

Bambu kontrplak, bambu lifli levha, bambu yonga levha, bambu OSB ve benzeri tüm bambu esaslı panel ürünleri kompozit malzemelerdir. İmalatlarında kullanılan bambu elemanlara bağlı olarak, panel veya levhaların farklı uygulamaları vardır ve çoğu inşaat odaklıdır. Bambudaki lifler ahşaptan daha uzun olduğu için, bambu paneller bazı teknolojik güç ve sertlik ölçüleri ile ahşap benzerlerinden daha iyi performans gösterir. Bambu paneller, modern bina yapımında yapısal elemanlar veya beton kalıplar için yaygın olarak kullanılır. Ayrıca zeminler, çatılar, bölmeler, kapılar ve pencere çerçeveleri için de kullanılmaktadır (López, 2003). Bambu, kaplama olarak veya şeritler halinde kullanılabilir, kontrplak yapmak için lamine edilebilir veya yonga ve lifli levhaya preslenebilir.

Bambu parçaları, ahşap ve diğer lignoselüloz malzemelerle veya inorganik maddelerle karıştırılabilmektedir. Bambu kompozitler; lif, yonga, partikül veya talaş gibi lignoselülozik hammaddelerin yapıştırıcı, presleme gibi birleştirici unsurlar kullanılarak oluşturulduğu bir bileşiktir. Bambu kompozit yapımında kullanılan bu hammaddeler Tablo 14 'de incelenmiştir.


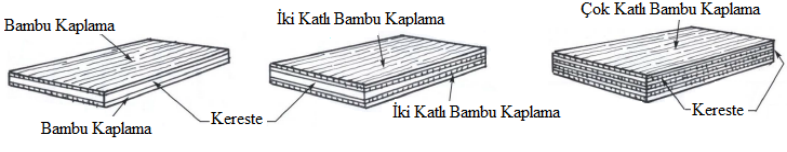

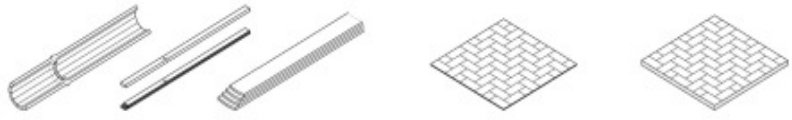

Tablo 14. Bambu kompozit yapımında kullanılan lignoselülozik hammaddeler (Liu ve ark., 2016).

Talaş	G: 10-30 mm K: 1-3 mm U: 30-50 mm		Lif demeti	G: 10-20 mm K: 1- 10 mm U: Değişken uzunluk	
Bambu gövdesi	G: 10-250 mm K: 5-30 mm U: Değişken uzunluk		Düzleştirilmiş bambu	G: 30mm K: <15 mm U: 2.5 m	
Yanya bölünmüş bambu	G: 10-250 mm K: 5-30 mm U: Değişken uzunluk		Partikül	G: 1-5 mm K: 1-5 mm U: 1-20 mm	
Perde	G: Değişken genişlikte K: 3-5 mm U: Değişken uzunluk		Bambu bantlar	G: 5-30 mm K: 0.5 mm-3.5 mm U: Değişken uzunluk	
Lif	G: 15- 20 μ m K: 15- 20 μ m U: 1.5 mm		Kaplama	G: Değişken genişlik K: 0.6 mm-1 mm U: Değişken uzunluk	
Bölünmüş bambu	G: 15-30 mm K: 10-30 mm U: 2-4 m		Şerit	G: 10-30 mm K: 3-10 mm U: 0.5-3 m	
Yonga	G: 10-50 mm K: 0.5-1 mm U: 100-180 mm		Örülmüş bambu	G: Değişken genişlik K: 3-10 mm U: Değişken uzunluk	

G: Genişlik K: Kalınlık U: Uzunluk

Tablo 15’te bambuların geleneksel biyokompozit türevleri; bambu kontrplak, bambu hasır panel, lamine bambu, dokunmuş bambu yonga, bambu sunta, bambu OSB, bambu lifli levha ve bambu kaplama detaylıca incelenmiştir.

Tablo 15. Geleneksel bambu biyokompozit yapı ürünleri

Bambu Kompozitler	Bileşenleri	Kalınlık	Uygulama alanları
Bambu Kontrplak (Plybamboo)	Bambu şeritler	-	Beton kalıp, duvar panelleri, taşıyıcı elemanlar, otobüs ve kamyonların alt paneli, döşemeler, mobilyalar
	Plybamboo kelimesi, benzer endüstriyel ahşap ürünü olan plywood (kontrplak)'tan gelmektedir. Lamine bambu ile endüstriyel bambu ürünlerinin ana akışını oluşturmaktadır.		
	Bambu belirli bir kalınlıkta düz parçalar halinde kesilir, ardından preslenir ve 60-120 mm kalınlığında şeritler halinde düzleştirilir. Yüksek sıcaklık altında şeritler dönüşümlü olarak uzunlamasına ve çapraz yönde birleştirilip fenol formaldehit reçinesi ile sıcak preslenir (Yu, 2007).		
	Genellikle 3-5 katmana sahip olmakla beraber (3, 5, 7, 9) gibi ince katmanlardan oluşabilir (López, 2003). Plybamboo levhaların standart boyutları 2440 mm (uzunluk) x 1220 mm (genişlik)'dir (Lugt ve ark., 2009).		
	Plybamboo birçok boyut, renk, katman ve desende mevcuttur. En yaygın farklılıklar, 0.6 mm (kaplama) ile 40 mm (5 katmanlı Plybamboo panel) arasında değişen kalınlık, doku (düz preslenme veya yandan preslenme) ve renktir (Lugt ve ark., 2009).		
	Düşük ağırlık, yüksek sertlik ve uygun sürtünme katsayısına sahiptir (Suhaily ve ark., 2014).		
	 <p>1.Yarıya bölünmüş bambu 2. Dikey kesilir 3. Bir araya getirilir 4. Birleştirilir (Huang,2019).</p>		
	 <p>Bambu Kiplama İki Katlı Bambu Kiplama Çok Katlı Bambu Kiplama Bambu Kiplama Kereste İki Katlı Bambu Kiplama Kereste</p>		
Bambu Hasır Panel (Bamboo Mat Board)(BMB) (Mat Plybamboo)	Bambu bantlar (G:15-30 mm K: 0.8-2.0 mm)	27.8 mm	Beton kalıp, duvar panelleri, taşıyıcı elemanlar, otobüs ve kamyonların alt paneli
	 <p>1. Bambu gövdesi-Şeritler-Bambu bantlar 2. Hasır dokunur 3.Düz preslenir (Huang,2019).</p>		
	BMB, mükemmel çekme mukavemetine sahip, çürümeye, böceklere ve yangına karşı dirençli, balıksırtı desenli birkaç kat hasır dokumadan oluşan katmanlı bir kompozittir (Vengala ve ark., 2008).		
	Mat Plybamboo için 0.8-2.0 mm kalınlığında şeritler kullanılır. Ardından hasır şeklinde örülür, yapıştırıp kurutulur ve son olarak birleştirilip sıkıştırılır. Genellikle 2-5 katmandan oluşmaktadır.		
	Perde Plybamboo (Curtain plybamboo) adında türevi bulunmaktadır.		





Tablo 15'in devamı.

Lamine Bambu (Laminated Bamboo (LB)) (Glued Bamboo Laminate) (Bamboo Glulam)	Bambu şeritler (G:10-20 mm, K:5.0-8.0 mm)	30 mm	İç mekân döşeme, yüzeyler, mobilyalar
 	 <p>1.Yarıya bölünmüş bambu 2. Dikey kesilir 3. Bir araya getirilir 4. Birleştirilir (Huang,2019).</p> <p>Lamine bambu üretirken, bambular 0.5-8.0 mm kalınlığında ve 10-20 mm genişliğinde kare kenarlı şeritler halinde kesilir. Daha sonra bu şeritler yapıştırılır, kurutulur, birkaç şerit tabakası birleştirilir ve lamine bambu şeritlere lamine edilir. İç katmanlar ahşap gibi başka malzemelerden de yapılabilir. Şeritler fenol formaldehit reçinesine batırılır ve paralel bir sırada düzenlenir. Yüksek basınç kullanılarak reçine ile ıslatılmış şeritler birbirine bastırılır. Ardından kalınlık ve genişlikte kenarlar elde etmek için bir testere makinesi kullanılır. Preslemeden önce bambu şeritler ağartılmalı veya kömürleştirilmelidir. Ürünler çok katmanlıdır (Yu,2007).</p>		
Lamine Bambu Kereste (Laminated bamboo lumber(LBL)) (Bamboo Beam)	Bambu şeritler (G:10-20 mm, K:5.0-8.0 mm)	-	Döşeme, tezgah, kalıplama elemanları, merdiven basamakları ve korkuluklar
  	<p>Üretilen tüm bambu türleri arasında, sağlamlığı ve esnek geometrisi nedeniyle lamine bambu kereste en yüksek potansiyele sahiptir. LBL, katmanlar halinde lamine edilmiş bir dizi bambu şeritten oluşmaktadır (Rittironk ve Elneiri, 2008).</p>  <p>Ham Bambu Şeritlere ayrılır Şeritin büyütülmüş görünümü</p> <p>Yatay Lamine Dikey Lamine Karışık Lamine</p> <p>Düz presleme</p> <p>Yan presleme</p>		
Dokunmuş Bambu Yonga (Bamboo Scrimber) (Strand Woven Bamboo)	Bambu demetleri (G: 10-30 mm)	30 mm	Taşıyıcı elemanlar, iç mekân/dış mekân döşeme, yüzeyler, mobilyalar

Tablo 15'in devamı.

	 <p>1. Bambu gövdesi-şerit-lif / lif demeti Bambu</p> <p>2. Dörtgen bambu lamine kereste</p> <p>3. Dokunmuş Yonga (Huang,2019).</p>		
<p>Bambu Sunta (Bamboo Particle Board) (Bamboo Chipboard) (Bamboo Flakeboard)</p>	<p>Bambu partikül (G:1-5 mm, K: 0.1-0.5 mm, U: 20-30 mm)</p>	<p>18.4 mm</p>	<p>Tavan, çatı, bölmeler, kepenkler, lambri, dekorasyon, mobilya ve paketleme elemanları</p>
	 <p>1. İnce partikül</p> <p>2. Bambu Sunta (Huang,2019).</p>		
<p>Yönlendirilmiş Bambu Yonga Levha (Bamboo Oriented Strand Board) (Bamboo OSB)</p>	<p>Uzun ve düz bambu parçası (G: 5-20 mm, K: 0.3-0.7 mm, U: 50-90 mm)</p>	<p>27.6 mm</p>	<p>Beton kalıp, duvar panelleri, taşıyıcı elemanlar,</p>
	 <p>1. İri taneli partikül 2. Yongalar yönlendirilir 3. Yönlendirilmiş yonga levha (Huang,2019).</p> <p>Bambu yonga levhalar, bambu OSB, paralel bambu yonga kereste (bamboo parallel strand lumber) ve yönlendirilmiş bambu yonga kereste (bamboo oriented strand lumber) olarak 3'e ayrılır (Chaowana ve Barbu, 2017).</p> <p>Bambu OSB, Ahşap OSB ile aynı teknoloji kullanılarak üretilir. Yüzey katmanlarında yönlendirilmiş yongalar ve rastgele yönlendirilmiş bir çekirdekten oluşan sıcak preslenmiş bir paneldir. Dış kısımda fenol formaldehit reçinesi veya polimerik difenil metan diizosiyanat reçineleri kullanılır. Bu ürün özellikle Çin'de muazzam bir potansiyele sahiptir (Liu ve ark., 2016).</p>		

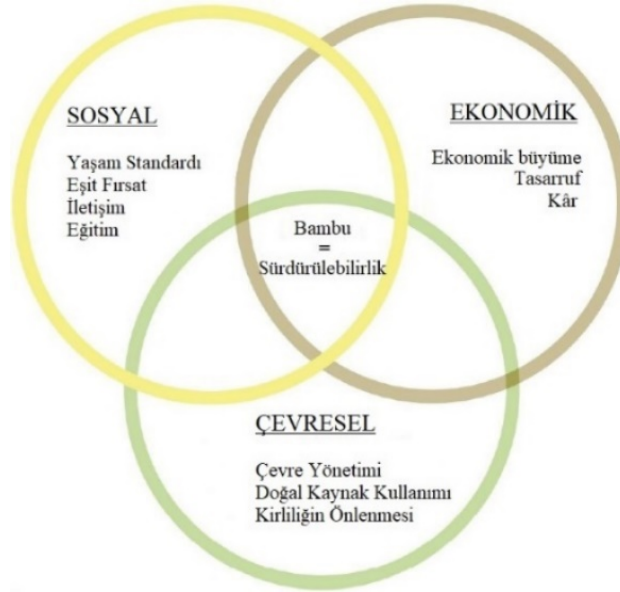
Tablo 15'in devamı.

Bambu Lifli Levha (Bamboo Fiber Board)	Bambu lifleri (G: 15-20 μ m, K: 15-20 μ m, U: 1.5 mm)	-	İç dekorasyon, mobilyalar
	 1. Bambu lifleri	 2. Bambu lifli levha (Huang,2019).	<p>Bambu lifli levha, bağımsız bambu liflerinden oluşan kompozit bir paneldir. Yapıştırılmış sıcak preslenmiş lifli levha, ahşap esaslı orta yoğunluklu lifli levhaya (MDF) benzer teknoloji ve işlem kullanılarak üretilir. Üre formaldehit veya melamin formaldehit reçineleri kullanılır. Bambu lifli levhalar MDF (orta yoğunluklu lif levha), HDF (yüksek yoğunluklu lif levha olarak ikiye ayrılır.</p>
	<p>Bambu kaplama, bambu şeritlerden yapılmış lamine tabakaların dilimlenmesiyle oluşturulan yüksek kaliteli bir kaplamadır. Çok sert bir yüzeye sahip olmasına rağmen sunta ve MDF gibi malzemelere yapıştırılabilir (Yu, 2007). Bambular önce şeritler halinde kesilir, ardından düz pres veya yan pres yapılır ve basınç altında panellere veya tahtalara yapıştırılır (Yu, 2007).</p>		
	Bambu şeritler (G:10-20 mm, K:5.0-8.0 mm)	0.6-1 mm	İç dekorasyon, mobilyalar

IPIRTI (Indian Plywood Industries Research & Training Institute) , bambu kompozitlerin geliştirilmesi için çalışmaların yapıldığı Hindistan'da kurulmuş bir Ar-Ge merkezidir. Burada yapılan çalışmalarla, çeşitli bambu bazlı ürünlerin üretimi için uygun maliyetli, insan ve çevre dostu malzemeler geliştirilmiştir (IPIRTI, 1983,1993,2000, 2001,2003 ve 2004). Bambu Hasır Panel (Bamboo Mat Board (BMB)), Bambu Hasır Kompozit Kaplama (Bamboo Mat Veneer Composite (BMVC)), Bambu Hasır Oluklu Levhalar (Bamboo Mat Corrugated Sheets (BMCS)), Bambu Hasır Mahya Örtüsü (Bamboo Mat Ridge Cap (BMRC)) ve Bambu Hasır Kalıplı Yüzey Paneli (Bamboo Mat Moulded Skin Board (BMMSB)) dahil olmak üzere bambudan çeşitli hasır tabanlı kompozitler için teknolojiler geliştirmiştir (Mohanty ve ark., 2015).

1.5. Sürdürülebilir Malzeme Olarak Bambu

Sürdürülebilirlik, çevreci, sosyal ve ekonomik olma adına altında 3 ana başlıktan meydana gelmektedir (Şekil 47). Bu bağlamda bambunun çevresel, ekonomik ve sosyal olma başlıkları incelenmiştir.



Şekil 47.Sürdürülebilirliğin 3 ana başlığı ile bambu ilişkisi

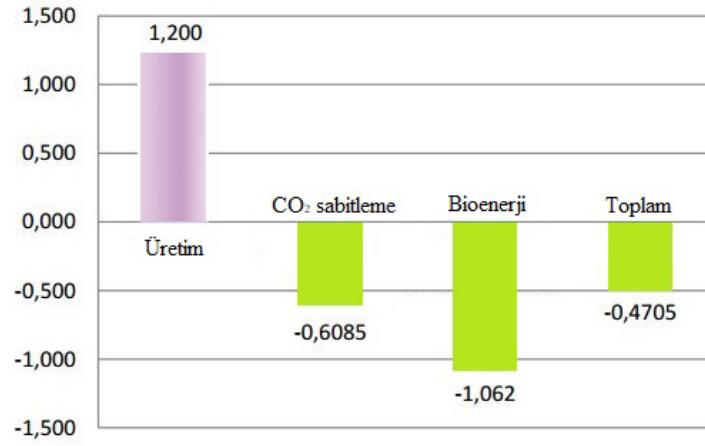
Bambunun çevresel yararları şu şekilde sıralanabilir;

Bambu, sürdürülebilir kimlik bilgileriyle sınıfının en iyisidir. INBAR raporu, bir dizi bambu ürününün sürdürülebilirliğini değerlendirmek için Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi (LCA) ve karbon ayak izini kullanır. Bunlar, çeşitli ürünlerin gerçek sürdürülebilirliğini karşılaştırmak için en iyi iki metodolojidir (URL-59, 2020).

LCA sayesinde bir ürünün veya malzemenin tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkisi değerlendirilir, böylece kaynakların çıkarılması, kullanım aşaması ve yıkım veya geri dönüşüm olan kullanım ömrü aşaması belirlenebilmektedir (Krawczuk, 2013).

Karbon ayak izi, bir ürünün kullanım ömrü boyunca sera gazı emisyonlarının kg CO₂ eşdeğeri (CO₂e) cinsinden ölçülebildiği yaygın olarak kullanılan bir metodolojidir (Vogtländer ve ark., 2014). Bambunun tüm yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izi negatif sonuçlanmaktadır (Tablo 16).

Tablo 16. Bambunun yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izi (kgCO₂eq / kg bambu) (URL-60, 2020).

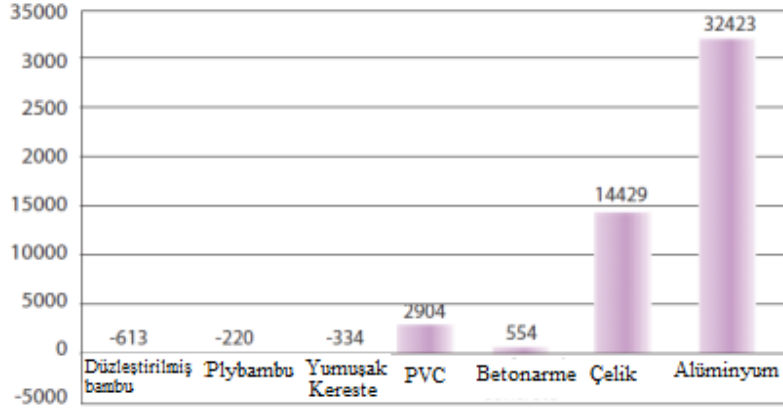


Bambular sera gazlarını emer. Günde 30 cm uzadıkları için benzer ağaçlarla aynı miktarda karbondioksit emerken %35 daha fazla oksijen üreterek adeta bir hava temizleyici gibi davranmaktadır (URL-5, 2018). Benzer ağaçlardan 17 kat daha fazla karbondioksit tutabilir ve saatte 12 ton karbondioksit absorbe edebilen türleri vardır (Krawczuk, 2013).

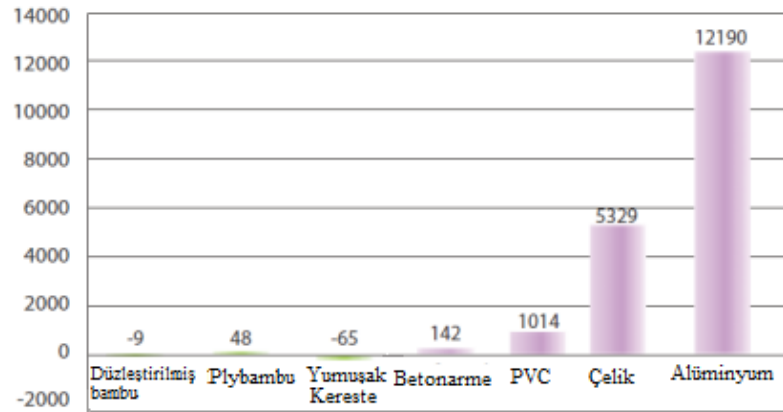
Bambular, doğal haliyle sadece 2-3 yıl dayanmasına rağmen, doğal zararlılardan korumak için kimyasal işlemler ve iklimin etkilerinden korumak için uygun tasarım unsurlarının kullanılması, bambunun 30-40 yıla kadar dayanmasını sağlayabilir. Böylece bir binada bambu kullanıldığında karbon depolanır ve binanın ömrünün sonuna kadar atmosfere salınmaz. Bambu için karbon depolama ve tutunma oranları sırasıyla yıllık hektar başına 30–121 mg ve 6-13 mg'dır (Nath ve ark., 2015). Karbon tutma bakımından diğer malzemeler arasında en yüksek oranlara sahip sürdürülebilir malzemedir. Çin'de yapılan bir araştırma, bambu (*Phyllostachy pubescens*) 'nun çin köknarından daha uzun süre karbon tuttuğunu göstermiştir (Shaohui ve ark., 2006).

Bambunun performansı, karbon maliyetleri ve eko-maliyetler açısından diğer malzemelerle karşılaştırıldığında oldukça avantajlıdır (Lugt ve Vogtländer, 2015) (Tablo 17 ve 18). Eko-maliyet, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca toplam çevresel yükünü, bu yükün önlenmesi temelinde tek bir sayı ile ifade etmek için kullanılan LCA'da kullanılan göstergedir (Vogtländer ve ark., 2014).

Tablo 17. Yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izi (kg CO₂ e / m³) (Lugt ve Vogtländer, 2015)



Tablo 18. Yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca eko-maliyetleri (€ / m³) (Lugt ve Vogtländer, 2015).



Bambular gömülü enerjisi düşük malzemelerdir. Gömülü enerji; bir ürünün yaşam döngüsünün belirli bir noktasındaki enerjiye ek olarak üretim ve taşıma için harcanan tüm enerji miktarıdır. Bunlar; yapı malzemesi üretimine katılan enerji, malzeme dağıtımında tüketilen enerji, yapım sırasında harcanan enerji, yapının yıkılması ve imhası için gereken enerjidir (URL-61, 2017). Bir binanın doğaya verdiği toplam karbon miktarının yaklaşık %10'u, yapıldığı malzemeler ile ilgilidir. Bu aynı zamanda gömülü enerji olarak da bilinir. Gömülü enerji, görünmeyen, gizli enerjidir. Malzemeleri üretmek için kullanılan enerjiyi, kullanılan yakıtın karbon yoğunluğu ile çarpılması sonucu bulunur. Gömülü karbon olarak da adlandırılabilir. Gömülü karbon, genellikle, fabrika kapısından çıkana kadar, malzeme ve ürünleri çıkarmak, işlemek ve üretmek için gerekli enerjiyi kapsar. Dolayısıyla, eğer bir

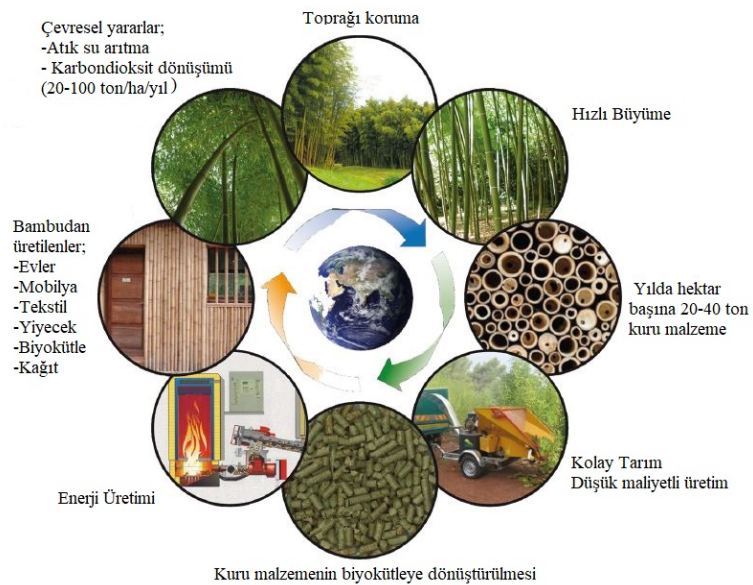
üretici işlemlerini yenilenebilir enerji ile yaparsa, bu bir malzemenin gömülü karbonunu önemli derecede azaltır (URL- 62, 2017).

Bambudan yapılmış bir bina prototipinin incelenmesinde, tuğla-beton binaya kıyasla, bambudan yapılmış binanın daha az enerji gerektirdiğini ve daha az karbon yaydığını göstermiştir (Widyowijatnoko, 2006) (Tablo 19). Ayrıca bambu hasattan sonra çok az işlem gerektirir, bu da beton ve çelik gibi diğer geleneksel malzemelere kıyasla düşük gömülü enerjiye sahip bir yapı ürünü oluşturur (Witte, 2018).

Tablo 19. Yapı malzemeleri üretimi için gereken enerji ihtiyacı (Manandhar, 2019).

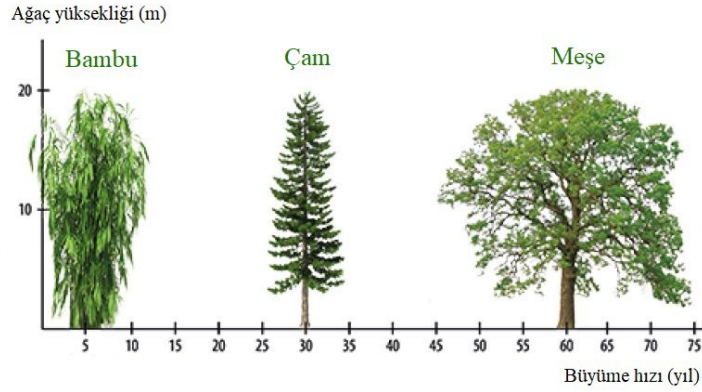
Yapı malzemeleri	Yoğunluk (kg/m ³)	Üretim için gereken enerji (MJ/kg)
Beton	2400	0.8
Çelik	7800	30
Ahşap	600	1
Bambu	600	0.5

Bambu yenilenebilir bir malzemedir. Toprağı koruma, hızlı büyüme, kuru madde üretimi, biokütleye dönüşüm (enerji üretimi), su arıtma ve CO₂ dönüşümüne işaret eden döngüsel bir diyagram Şekil 48’de gösterilmektedir. Böylece bambu bir yandan enerji üretirken diğer yandan enerjiyi geri kazandırır (Kampinga, 2015).



Şekil 48. Bambunun geri dönüşümü (Kampinga, 2015).

Bambular hızlı büyür. Bazı bambu türleri her gün 91 cm uzar. Gezegendeki hiçbir bitki, daha hızlı büyüme oranına sahip değildir. Hasat edildiğinde, geniş ekim veya ekime gerek kalmadan geniş kök sisteminden yeni bir filiz yetişir. Bambu için büyüme süresi 3-6 yıldır, meşe ve çam ağaçlarının sırasıyla 60 ve 40 yıla ihtiyacı vardır (Şekil 49). Aynı süre zarfında meşe hasadı 1 kere yapılırken, bambu hasadı ise 12 defa yapılabilir(URL-3,2019).



Şekil 49. Bambunun meşe ve çama göre büyüme hızı (Kampinga, 2015).

Sert ağaçların yerine geçen bambunun çok yönlülüğü ormanları koruma şansı sunmaktadır (URL-5, 2018). Örneğin; 5000 hektarlık arazinin bir hektarı yılda hasat edilecek 1000 bitki üretebilir ve sonuçta kayıplar dâhil olmak üzere 15 m³ net kütle elde edilir. Bunun, her yıl 1 hektarlık plantasyonundan, Şekil 50'de gösterildiği gibi 1 karkas ev inşa etmek için yeterli hesaplama yapılır (Flander ve Rovers, 2009).

	(ha)	(ağaç/ha)	(p/yıl)	(m ³ /ha/yıl)	175 m ² karkas ev
Çam	1	60	2	5	1/3
Meşe	1	75	1	6	1/3
Bambu	1	5000	1000	15	1

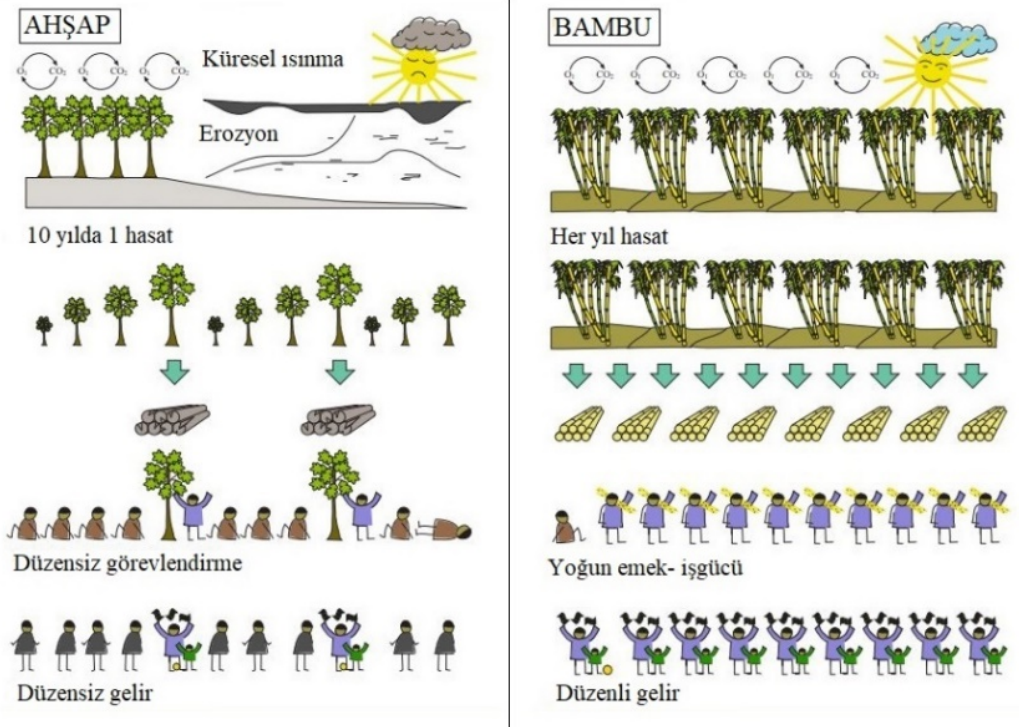
Şekil 50. Bambu, meşe ve çamın karşılaştırılması (Kampinga, 2015).

Bambular toprağı korur. Yağıyla beraber üst toprak ve besin maddeleri yıkandığı için erozyon kaçınılmaz olarak ortaya çıkar. Aşınmış toprak daha sonra nehirleri ve dereleri tıkamakta ve orada yaşayan insanların ve hayvanların hayatlarını etkilemektedir (URL-5, 2018) Bambular, özellikle dik yamaçlar, nehir kıyıları ve bozuk topraklar vb. yüksek miktarda akıntıya maruz eğilimli alanlarda, kapsamlı rizom kök sistemleri sayesinde erozyonu azaltmaya yardımcı olup toprağı bir arada tutar (Pandey ve Shyamasundar, 2008). Bambu kökleri hasat sonrası erozyonu önledikleri yerde kalır ve bir sonraki ürün için besin maddelerini muhafaza etmeye yardımcı olur (URL-5, 2018). Bambuların dikildiğı bölgelerde, dökülmüş yapraklar tarafından oluşan kalın tabaka ve toprak örtüsü, erozyonu azaltır ve sızdırmayı artırır (Alfonso, 1987). 2 yılda, erozyonu %75'e kadar azaltabilir.

Bambu her koşulda yetişir. Bambu, kuraklığın diğer ürünlere zarar verdiği kurak bölgelerde yetişebilir ve hasattan sonra kökler yerinde bırakıldığından, topraktaki nemi korumaya yardımcı olur. Sulak alanlardan dağlardaki yüksek rakımlara kadar, bambu çeşitli iklimlerde yetişebilir. Sulamaya gerek duyulmaz. Bambu ayrıca sel ve kuraklığa karşı toleranslıdır (URL-5, 2018).

Bambular çok az atık üretir. Hasattan sonra, bitkinin hemen hemen her kısmı çok çeşitli ürünler üretmek için kullanılır. Bitkinin her bir parçası kullanılabilir. Bambu neredeyse her uygulama için ahşabın yerini alabilir. Kâğıt, döşeme, mobilya, kömür yapı malzemeleri ve çok daha fazlası bambudan yapılabilir. Dahası, bambu lifleri odun liflerinden daha güçlüdür ve değişen atmosferik koşullardan dolayı daha az hasar alır (URL-5, 2018).

Ekonomiye sağladığı yararlar ile bambunun ekimi, hasatı ve işlenmesinin, coğrafi büyüme alanlarında hem olumlu hem de olumsuz ekonomik etkilere sahip olduğu ortaya konulmuştur. Bambu yetiştiriciliğı, kırsal kesimlerde gelir getirici faaliyetler için bir fırsat yaratır ve bu faaliyetlerde bulunan küçük ve orta ölçekli işletmelere istihdam sağlar (Şekil 51). Kırsal kesimde yaşayanların çoğunun elde ettiği en önemli ekonomik fayda, bambu ürünleriyle ticaret yapmaları sayılabilir (Akwada ve Akinlabi, 2016).



Şekil 51. Bambu ve ahşabın ekonomik olarak sağladığı yararlar bakımından değerlendirilmesi (Anonim, 2003).

Sosyal yararlar ise bambunun ekimi, hasadı ve işlenmesinin, plantasyonunu ticarileştiren kırsal kesimlere, topluluklara ve uluslara çok fazla sosyal fayda sağlamasıyla ortaya konulmuştur. Bambu bahçeleri, hasat için sadece temel araçlara ihtiyaç duyan bireysel çiftçiler tarafından yönetilmektedir. Sürgünler için işleme tesisleri, zemin kaplamaları, paneller ve iç-dış pazarlar için birçok ürün ile bambu, ekim ve işlemeye katılan insanların, toplulukların ve ulusların sosyal gelişim olanaklarını arttırmıştır (Akwada ve Akinlabi, 2016).

1.6. Bambunun Kullanım Alanları

Bambu çok yönlü bir bitkidir. Çeşitli kültürler ve topluluklar tarafından yüzyıllar boyunca çeşitli kullanımlar geliştirilmiş ve birçok ürüne uyarlanmıştır. Kullanım alanı oldukça geniş olan bir bitki türüdür.

Bambular; gıda, inşaat, tekstil, tarım, selüloz ve kâğıt sanayisi, sağlık, dekorasyon, müzik, silah üretimi, biyoenerji, otomotiv ve diğer birçok sektörde kullanılmaktadır. (Tablo 20).

Tablo 20. Bambunun kullanım alanları

Gıda	Bazı bambu türlerinin tohumları tahıl olarak yenir ve bazı bambuların filizleri, özellikle Çin mutfaklarında tüketilmektedir. Çiğ yapraklar hayvanlar için yararlı bir yemdir.	
İnşaat	Bambudan inşaat sektöründe; sunta, MDF, OSB, oluklu çatı levhaları, döşeme malzemeleri, kirişler, kolonlar, plybamboo vs. yapılmaktadır.	
Tekstil	Tekstil sektöründe de bambulardan yararlanılmaktadır. Bambu lifleri, nefes alabilir, doğal anti bakteriyel özelliği ve yüksek dayanıklılık sağlar.	
Tarım	Bambudan seralar, balık tuzakları tarım aletleri, sepetler, hayvan yemleri, arı kovanları, kaplar, su boruları, su çarkları vs. yapılmaktadır.	
Selüloz ve Kâğıt	Birkaç bambu türünün lifleri kaliteli kâğıt yapmak için kullanılmaktadır. Bunun yanında tuvalet kâğıdı, gazete kâğıdı vs. yapılmaktadır.	
Sağlık	Bambu yapraklarından ilaç yapılmaktadır. Aynı zamanda bambu yaprağı ekstresi kozmetik için kullanılır. Bambunun düğümlerinde üretilen <i>Tabasheer</i> adında ince taneli silika, yüzyıllar boyunca ilaç olarak kullanılmıştır.	

Tablo 20'nin devamı.

<p>Dekorasyon</p>	<p>Bambu tasarıma açık trend ve dekoratif bir malzemedir ve birçok dekoratif ürün yapılmaktadır. Bunlardan bazıları; Sepet, perde, şapka, bardak, kilim, sandalye, masa vb. olarak sayılabilir.</p>	
<p>Müzik</p>	<p>Çin ve Taiti gibi bazı ülkelerde müzik enstrümanları bambudan yapılır. Bu aletler çoğunlukla flütlerdir, ama telli enstrümanlar ve davullarda yapılabilmektedir.</p>	
<p>Silah üretimi</p>	<p>Bambunun hafif ama sağlam yapısı silah yapımı içinde çok uygundur. Bambudan mızraklar ve Japon samurayların geliştirdikleri kendo sporunun "Shinai" olarak adlandırılan temel silahlarından biri yapılmaktadır.</p>	
<p>Biyoenenerji</p>	<p>Bambu kömürü altını bile eritebilir. Ayrıca havayı temizleyebilen ve buzdolaplarındaki kokuyu emebilen arındırıcı özelliklere sahiptir. Bambulardan biyoyakıt, biyokütle vs. üretilebilir.</p>	
<p>Otomotiv</p>	<p>Bazı araba markaları bambudan yapılmış direksiyon simidi üretmiştir. Aynı zamanda bambuyu kullanarak arabanın iç tasarımını yapan firmalarda mevcuttur.</p>	
<p>Diğer</p>	<p>Bambulardan; Telefon kılıfları, kask, bisiklet, gözlük, klavye, saat, makyaj fırçaları, şemsiye ve diş fırçası vb. ürünler yapılmaktadır.</p>	

Son yıllarda geleneksel bambu pazarlarında talep yoğun bir şekilde artmıştır. Bambu ürün pazarındaki bu büyüme, ahşap ürün bazlı pazarlarda en yüksek seviyede yer almaktadır (Marsh ve Smith, 2020).

Bambuların küresel olarak pazar büyüklüğü 2018'de 68,8 milyar ABD doları, 2019'daki piyasa büyüklüğü değeri ise 72,10 milyar ABD doları olarak değerlendirilmiştir. 2018 yılında, endüstriyel alandaki bambu ve rattan (bambuya benzer güçlü bir lifli bitki) uygulamaları önemli bir büyümeye tanık olmuş ve genel pazar payının %20'sinden fazlasını ele geçirmiştir. 2019'dan 2025'e kadar %5 büyümesi tahmin edilmektedir. Bambu kullanımlarının bu tahmini dönemi boyunca pazar büyümesini artırması ve yönlendirmesi beklenmektedir (Anonim, 2019).

Bambu pazarını yönlendiren temel faktörler arasında altyapı geliştirmeye odaklanan yatırımların artması, sürdürülebilir bina / inşaat kaynaklarının kullanımının artırılması ve bambuların kullanımları/faydalarına ilişkin tüketici bilincinin artması yer almaktadır (Anonim, 2019).

1.7. Mimaride Bambu

Günümüzde “ekolojik mimari” ve “sürdürülebilir mimari” kavramları gitgide değer kazanmaktadır. Bu kavramlar doğaya en uygun, zararsız, yerel, geri dönüştürülebilir, yenilenebilir vs. olanı kullanmayı savundukları için bambu malzemesi en uygun malzemelerden biridir.

Tamamen sürdürülebilir bir kaynak olan bambu, Uzakdoğu'nun geleneksel yapılarında binlerce yıldır yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Büyük çaplı bambu türleri hafif ama dayanıklı olan gövdeleri sayesinde konut yapımı için kullanılabilir. Geçmişte Asya'da, özellikle Güneydoğu Asya'da bütün köyler tamamen bambudan inşa edilmiştir. Siam kentinin yarısı bambu sandalların üzerinde suda yüzen evlerden oluşmuştur (URL-63, 2017).

Bir bambu ev, geleneksel ahşap çerçeveli binalardan daha uzun süre dayanır. Japonya'da bambu yapıların 200 yıllık bir geçmişi vardır. Vietnam'da, işlenmemiş bambu direklerle inşa edilen bambu yapıları 50 yaşın üzerindedir.

Sürdürülebilir yapılar günümüzde her zamankinden daha değerlidir. Sorumsuzca yapılan şehir planları, artan hava kirliliği ve küresel ekonomik kriz mimarlık için yapım süreçlerini yeniden düşünme gereksinimini doğurmaktadır. Bambu gibi doğal malzemelerin kullanımı ve akıllı modüler sistemlerle birleşmesi, strüktüre her yönde büyüme/çoğalma imkânı sunmaktadır (URL-64, 2020) (Şekil 52).



Şekil 52. Bambu strüktür sistemleri (URL-65, 2021).

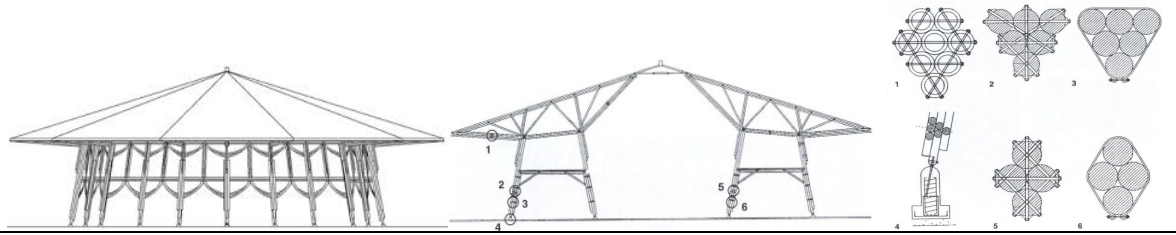
Bir zamanlar yoksulların yapı malzemesi olarak düşünüldüğünde, bambu artık her tür mimaride daha belirgin bir şekilde kullanılmaktadır. Konutlardan iş merkezlerine kadar,

ana malzeme veya en azından mimarinin vurgu malzemesi olarak bambu ile inşa edilen daha fazla yer, mekân bulunmaktadır.

Birinci Uluslararası Bambu Mimarlık Bienali, bu sağlam, çevre dostu ve sürdürülebilir malzemenin çağdaş tasarımda kullanılmasının mümkün olduğunu göstermiştir. En iyi sürdürülebilir yapı malzemelerinden biri olan bambu, uzun zamandır mimaride kullanılmasının yanında günümüz mimarisinin sınırlı sayıdaki yapılarında bambu birincil yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır (URL-66, 2020).

Sürdürülebilir bir malzeme olarak bambunun yapılarda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bambunun kullanım alanının özellikle Güneydoğu Asya'da olmasının yanı sıra, son yıllarda dünyada bambu yapılarının yaygınlaştığı görülmektedir. Yapı malzemesi, yapı elemanı olarak kullanılmasının yanı sıra, mobilya ve dekorasyon işlerinde de kullanılması mümkündür. Bambunun mimaride kullanımı gelişen teknoloji ile sınırsız ve esnek tasarımlar sunarken tasarım anlayışına farklı ve alışılmamış bir deneyim katmaktadır. Tablo 21'de günümüzde bambudan yapılmış 13 tane çağdaş mimari tasarımın değerlendirmesi yapılmıştır.

Tablo 21. Çağdaş bambu yapılar

Manizales Pavyonu (URL-67, 2020 ; ZERI Foundation, 2021; López, 2003).**Yer/ Yıl:**
Kolombiya/2000**Mimarlar:**
Simón Vélez,
Marcelo
Villegas

Simon Velez ve Marcelo Villegas tarafından inşa edilen pavyon, bambu yapının yüksek ağırlığa ve gerilimlere dayanabilecek şekilde tasarlanabileceğini göstermek için inşa edilmiştir. İki pavyon tasarlanmıştır. Birincisi, bu büyük yapının daha katı standartlara rağmen Almanya'da da inşa edilebileceğini göstermek için Kolombiya'nın Manizales kentinde inşa edilmiştir. Ağırlıktan kaynaklanan deformasyonlardan ve gerilme dâhil çeşitli testlerden sonra, bu inşaatın Almanya'da gerekli standartları karşıladığı ve bu sayede 2000 yılında Hanover Expo için inşa edilebileceği sonucuna varılmıştır. Manizales'teki pavyon bugün hala varlığı korumaktadır. Bambu yapıların en önemli özelliği depremlere dayanma kabiliyetidir. Bambu yenilenebilir bir kaynaktır, beton ve diğer ahşaplar gibi diğer malzemelerle birlikte kullanılırsa, beklenen ve hatta bazen daha fazla ağırlığa dayanabilmektedir. Birçok yenilikçi mimar, mühendis, bilim adamı ve doğa bilimcisi için *Guadua* türü bambu, çağdaş mimarinin en önemli malzemelerinden biri sayılmaktadır (Scaramuzza, 2019).

Bambu Katedral(URL-68, 2020; Noto, 2020; Constanza ve Schuster, 2013; URL-79, 2020)**Yer/Yıl:**
Kolombiya/1999**Mimarlar:**
Simón Vélez

Tablo 21'in devamı.

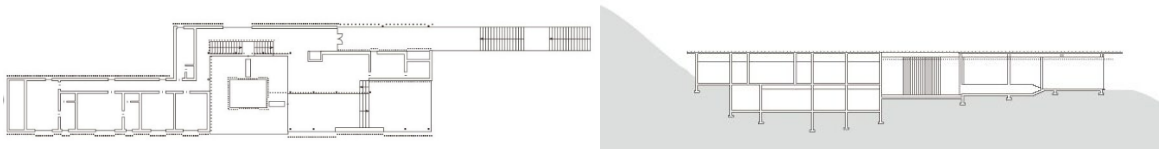


1999'daki Kolombiya depreminden sonra mimar Simón Vélez, Pereira'da binden fazla vatandaşını ve ibadet yerini yeni kaybetmiş bir topluluğa geçici bir katedral inşa etmiştir. Bambudan inşa edilen kilisenin, malzemesinin hafifliği, mukavemeti ve esnekliği ile halka ek bir güvence hissettirmiştir (URL-70, 2020). İnşaat 5 haftada bitmiştir ve *Guadua* türü bambu kullanılmıştır (Pistolesi, 2011). Simón Vélez, yükleri yarı gömülü kolonlar gibi toprağa iletmekten sorumlu olan sivri kemerler şeklinde bir bambu yapısı tasarlamıştır. Kaplanmamış bambuların birleşmesi yapının konstrüksiyonunu ortaya koymaktadır (URL-71, 2020).

Büyük Bambu Duvar (Schumann ve ark., 2019; Scaramuzza, 2019).

Yer/Yıl:
Çin/2002

Mimarlar:
Kengo Kuma

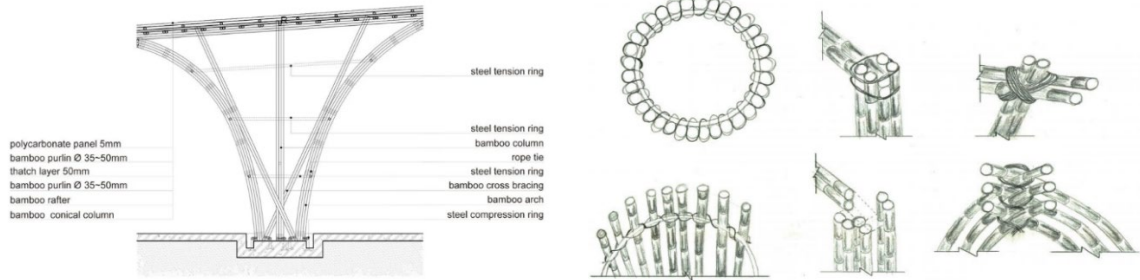


Kengo Kuma tarafından ve Çin Seddi'ne bitişik ormanda tasarlanan yüzlerce konutta bambu yerel malzeme olarak kullanılmıştır. Bu projenin temel düşüncesi orijinal coğrafi özellikleri olduğu gibi bırakmak ve yerel olarak üretilen malzemeleri mümkün olduğunca kullanmaktır. Yapının duvarları bambudan oluşan filtreler olarak tasarlanmıştır. Ana malzeme olarak bambunun seçilmesinin birçok nedeni vardır. Her şeyden önce, malzemenin naifliğinin büyüleyici bulunmasıdır. Dış kabukta bulunan bambu filtre, ışık ve rüzgarın geçmesine izin vermektedir (URL-72, 2020).

Tablo 21'in devamı.

Indochine Kafe (URL-73, 2021).

Yer /Yıl:
Vietnam/2013
Mimarlar:
Vo
TrongNghia
Architects

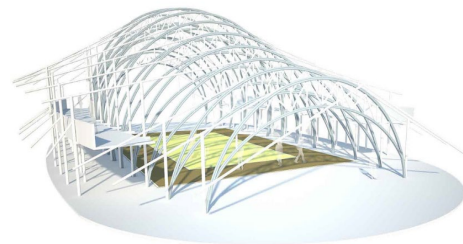
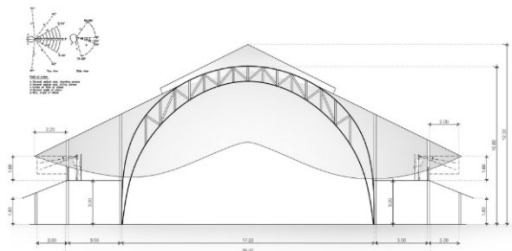


Yapılan kafenin ana çatısı 15 ters koni şeklinde birimlerden oluşan bambu taşıyıcı tarafından desteklenmiştir. Tek bir çivi kullanmadan tamamen bambudan oluşturulmuştur. Kubbeli yapıya ve göz kamaştırıcı bir çatı penceresine sahiptir. Doğal bir katedrale benzer. Yapı, geleneksel Vietnam bambu dokuma teknikleri kullanılarak dokunmuş ve yerel bir çalı bitkisi ile kaplanmıştır. Bu sütunların biçimi, geleneksel olarak Vietnam'da balıkçılık için kullanılan sepetten esinlenilerek yukarı doğru genişlemektedir. Bambu sütunlarını, bambu ormanında olma izlenimi veren iç kabuk oluşturmaktadır (URL-74, 2018).

Panyaden Uluslararası Spor Salonu (URL-75, 2021; França, 2018).

Yer/Yıl:
Tayland/2017

Mimarlar:
Chiangmai Life
Construction

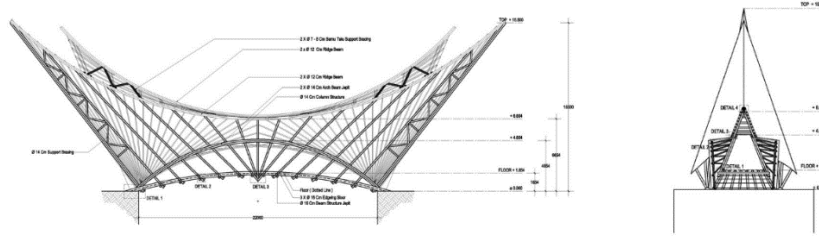


Tablo 21'in devamı.

Panyaden spor salonunun organik tasarımı, günümüz teknolojisi ile doğal bir malzemeyi bir araya getirmiştir. Yenilikçi yapısal tasarım, çelik takviyeleri ve bağlantıları olmayan 17 metreyi aşan yeni geliştirilen prefabrike bambu kafesleri ile oluşturulmuştur. Spor Salonu'nun karbon ayak izi sıfırdır. Yaş bambunun boraks tuzuyla işleminden geçirilmesiyle yapı oluşturulmuştur. Böylece bambu salonunun ömrünün en az 50 yıl olması beklenmektedir (URL-76, 2018).

Milenyum Köprüsü (URL-77, 2018).

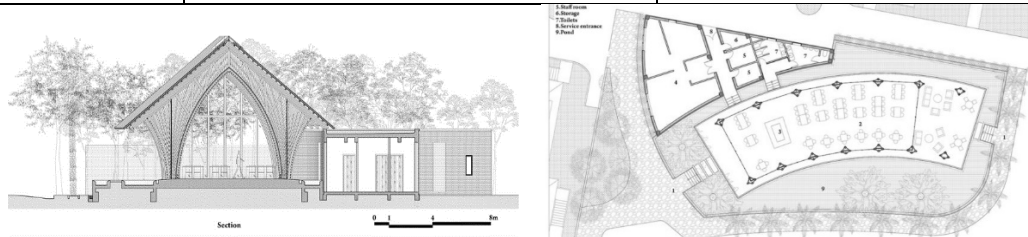
Yer/Yıl:
Endonezya/2011
Mimarlar:
IBUKU



Milenyum Köprüsü, 23 metre uzunluğa sahip Asya'nın en uzun bambu köprüsünden biridir ve etkileyici bir çatı *Minangkabau* mimarisinden esin kaynağı olup, bir manda boynuzu şeklindedir. Sarı ve siyah bambu türlerinin karışımıyla üretilmiştir. Bali'nin Sibang Kaja kentinde yeşil yaşamla ilgili modern fikirleri ve geleneksel bambu kullanımlarını bir araya getirme amacıyla tasarlanmıştır. 70 metrekare taban alanına sahip olan köprü'nün yapımı sekiz ay sürmüştür. Projede, bambunun beton ve çeliğe yenilenebilir alternatif bir malzeme olduğu gösterilmiştir (URL 78, 2018).

TingXi Bambu Restoran

Yer/Yıl:
Çin/2017
Mimarlar:
VTN Arch.



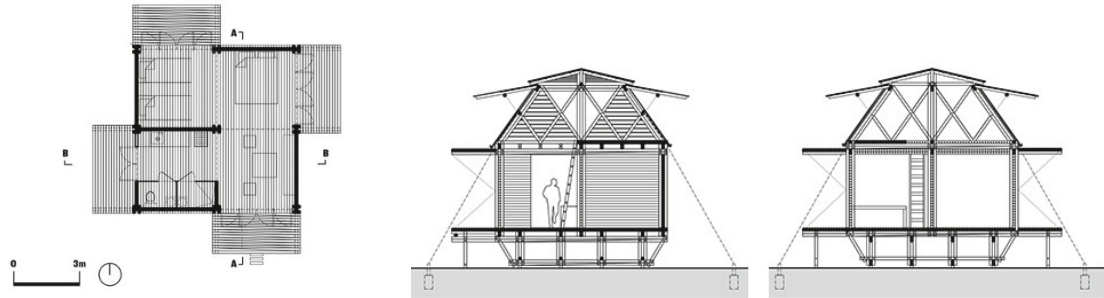
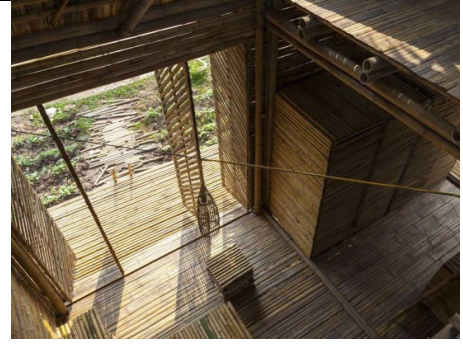
Tablo 21'in devamı.

Bambu pavyonu 8 metre aralıklı 14 bambu sütundan ve her iki taraftan saçak kenarına kadar uzanan 14 metre genişliğinde bir çatıyı desteklemektedir. Sütunlar yükselirken, bambular dört yönde çarpıcı bir şekilde dışarı çıkmakta ve iç kısımlar kalın bir kütlede boşaltıldığı izlenimini yaratmaktadır. Maksimum yüksekliği 6,4 m olan kanatlı çatı, doğal ışığın içeriye nüfuz etmesini sağlamaktadır. Hafif kavisli iç form, kullanıcıların alan derinliğinin daha da fazla algılanmasını sağlayacak şekilde mekânı deneyimlemelerine olanak tanımaktadır (URL-79, 2018). Yapıda kullanılan bambunun geleneksel koruma yöntemleri kullanılarak dayanıklılığı ve uzun ömürlülüğü arttırılmıştır.

BB (Blooming Bamboo) Evi (Paez, 2016)

Yer/Yıl:
Vietnam/2013

Mimarlar:
H&P architects



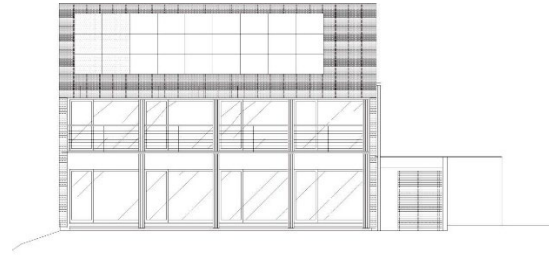
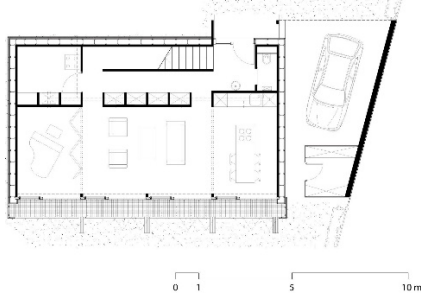
BB home, Vietnam'ın şiddetli ve yağmurlu hava olaylarına karşı insanların barınma sorunlarına karşı çözüm olarak tasarlanmıştır. H&P Architects, Blooming Bamboo Home'un duvarlarını, zeminini ve çatısını inşa etmek için sıkıştırılmış bambu kamışı ve bambu lif levhaları ile hindistan cevizi yapraklarını kullanmıştır. Zemin, sel duruma karşı yerden yükseltilmiştir. Duvarlar, binayı havalandırmak için dışa katlanabilmekte, ayrıca tavanın bölümleri, hava durumuna bağlı olarak açık veya tamamen kapalı olabilmektedir. Yerel yapı, 25 gün kadar kısa bir sürede monte edilebilir ve çeşitli yerel iklimlere ve alanlara uyacak şekilde tasarlanmıştır (URL-80 ve 81, 2020).

Tablo 21'in devamı.

Pasif Ev

Yer/Yıl:
Fransa/2009

Mimarlar:
Karawitz
Architecture



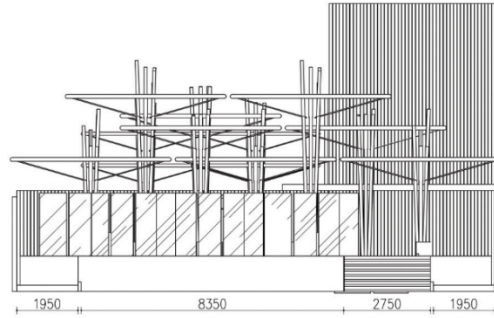
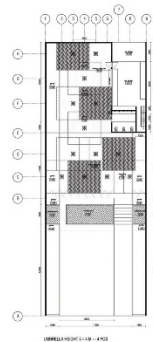
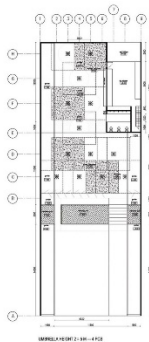
0 1 5 10m

Bu yapı, Fransa'da en iyi enerji etkin bina olarak Avrupa'daki PHI "Passiv Haus Institut" sertifikasını alan ilk konuttur. İşlem görmemiş bambudan yapılmış açık renkli bambu çubuklar, masif ahşap panellerden yapılmış yapının iskeletini sarmaktadır. Zamanla grileşen bu kaplama, bölgedeki tipik ahırların duvar dokusundan ilham alınarak yapı cephesinde kullanılmıştır. Fotovoltaik panellerin kullanılması ile yapının enerji etkinliği artırılmış ve bambunun yapıda kullanımı ile sürdürülebilirliğe katkı sağlanmıştır (URL-82, 2020).

Greenville Restoran

Yer/Yıl:
Endonezya/2010

Mimarlar:
DSA + s



1950 8350 2750 1950

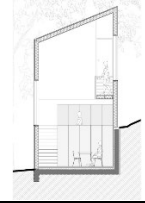
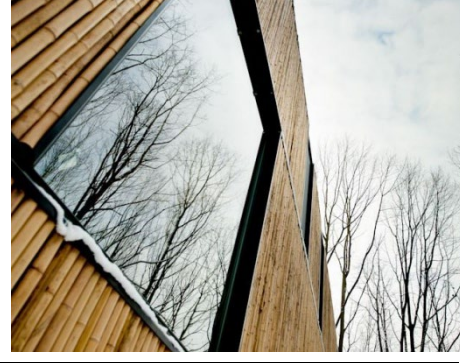
Tablo 21'in devamı.

Restoranın formu şemsiyeden esinlenilmiştir. Yapı "ijuk" adlı bir ipe bağlanmıştır. Her çatı bağımsız olarak, büyük bir sütun oluşturmak üzere çapraz kirişe bağlanmış dört bambu ile desteklenmiştir. Bambular sudan korunmak için yükseltilmiş beton zemin üzerine konumlandırılmıştır. Restoranda rüzgârın serbestçe akmasını sağlamak için geniş ve yüksek bir çatı yapılmıştır. Çatı örtüsü aynı zamanda bağlantı sistemiyle birleştirilen bambulardan oluşturulmuştur. Bu sistemde yağmur suyu bambuların doğrudan güneşe maruz kaldıklarında meydana gelen çatlamayı önlemek için kullanılmaktadır (URL-83, 2018).

Bambu Evi (URL-84, 2021)

Yer/Yıl:
Belçika/2011

Mimarlar:
AST77



Önceden var olan bir binanın üzerine inşa edilmiştir. Eğimli zemin, eğimli tavan sayesinde inşa edilebilir hacme saygı duyarken ekstra bir anlam kazanmayı mümkün kılmıştır. Bambu çubuk panellerinin dış kaplaması sadece estetik bir işleve sahip değildir, aynı zamanda havalandırma sistemine de yardımcı olur. Buna ek olarak, evin etrafındaki ağaçların yoğunluğu iç mekânın yaz aylarında daima serin olmasını sağlamaktadır. Yerden ısıtma ve duvarların yalıtımı, binanın kışın ısınmasını kolaylaştırarak enerji tüketimini düşük tutmaktadır (URL-85, 2018).

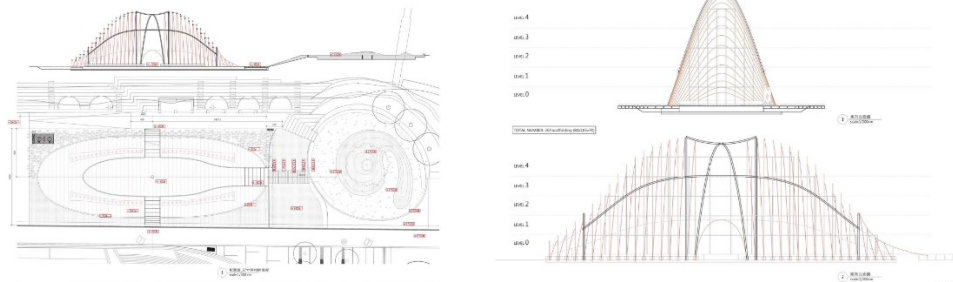
Bambu Pavyonu (URL-86, 2020).

Yer/Yıl:
Tayvan/2018

Mimarlar:
Zuo Studio



Tablo 21 'in devamı.



Bambu pavyonunun ana yapısı, çelikten ve *moso* türü bambudan, dokuma için kullanılan daha ince bambu parçalarından oluşmaktadır. Üç yıl boyunca yetiştirilen toplam 320 bambu bitkisi, 10 metre yüksekliğinde ve 30 metre uzunluğunda olup bambu pavyonunun yapımında kullanılmıştır. Tayvan kültürünün bir sembolü olarak duran tüm proje, yerel malzemeler ve zanaat kullanılarak yeşil, düşük karbonlu, geleneksel ve yenilikçi bir bakış açısıyla tasarlanmıştır. Çıkıntılı formu, Tayvan adasında geçen Orta Sıradağları hatırlatma amacı gütmektedir (URL-87, 2020).

Bambu Geçidi

Yer/Yıl:
Çin/2008

Mimarlar:
West-line studio

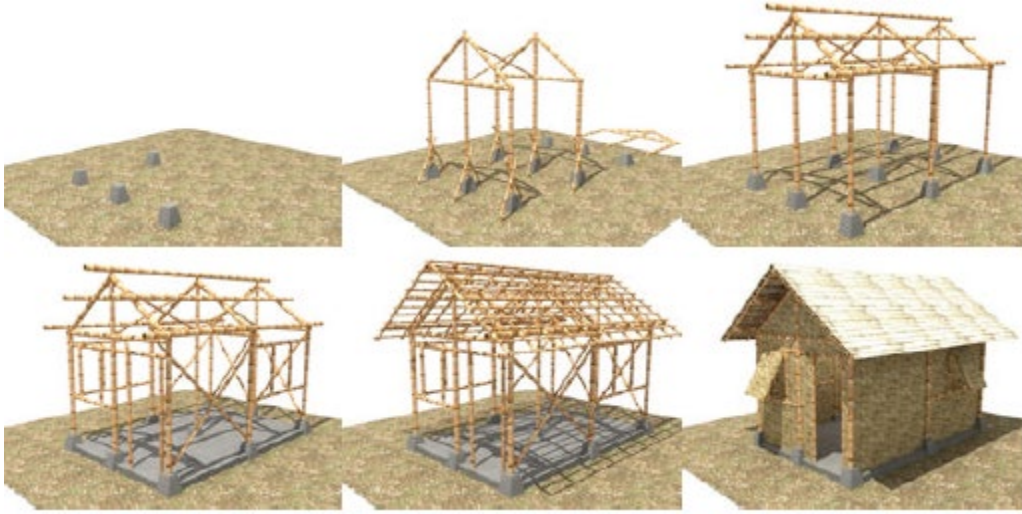


Bambu geçidi, West-line stüdyo mimarları tarafından yoğun bir dikey çizgi dizisi olarak tasarlanmıştır. Yapıdaki kapı, ormana gizlenmiş olan bambuyu 'harekete geçirmeyi' ve park için ikonik bir giriş oluşturmayı hedeflemektedir. Destek sistemi, çatıya konulan bambu (10cm çapında- 11m uzunluğunda) betondan yapılmıştır. Bambunun içerisindeki yağ, su ve şeker karışımını çıkarmak ve çürümeyi önlemek için buharlı işlemden geçirilmiştir. Yerel ekipman, bambunun maksimum 6 m uzunluğa kadar buharda pişirilmesine izin verdiği için, her biri 5,5 m olan iki parçaya bölünmüştür (URL-88, 2020).

1.8. Geleneksel Bambu Yapım Sistemleri

Geleneksel bambu yapıları uzun yıllara dayanan bir geçmişe sahiptir. Farklı kültürler, bu malzemede ekonomik bir yapı sistemi (sağlam, hafif ve kolayca değiştirilebilen) bulmuştur. Yöntemler ve araçlar genellikle basit ve anlaşılırdır (Arce, 1995). Bambular, şömine ve baca hariç hem yapısal hem de yapısal olmayan, tüm bileşenlerin yapımı için uygun bir yapı malzemesidir (Jayanetti ve Follet, 1998).

Bambu yapı, geleneksel ahşap yapılarda uygulanan yapısal çerçeve yaklaşımıyla oluşturulmaktadır (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 53). Zemin, duvar ve çatı elemanları birbirine bağlıdır. Arce (1995), bazı geleneksel yapı biçimlerinde bulunan yanıl deformasyonları kontrol etme ihtiyacını vurgulamıştır. Binanın kullanım ömrü için yeterliliği ve uygunluğunun (su ve nem girişi, mantar saldırısı ve böcek istilası vs.) büyük ölçüde iyi şekilde çözümlenmiş detaylara bağlı olduğunu belirtmiştir.



Şekil 53. Geleneksel bambu yapım aşamaları (Hodgkin, 2009).

Yapılarda bambu yapı malzemesi nadiren tek başına kullanılır. Genellikle diğer malzemelerle (ahşap, kil, kireç, çimento, beton, taş, tuğla, palmiye yaprakları, saz vb.) birleştirilmektedir.

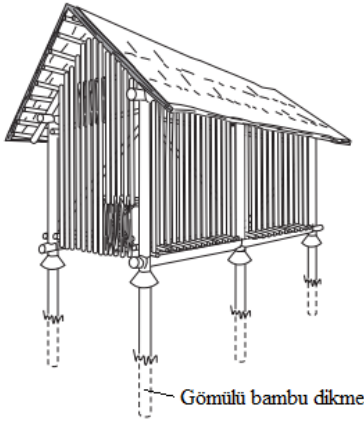
1.8.1. Temel Yapımı ve Detayları

Temel yapımında bambunun kullanımı oldukça sınırlıdır. Bunun nedeni, bambunun nemli zeminle temas ettiğinde ahşap gibi davranması ve etkili koruyucularla koruma işlemi yapılmadıkça çok hızlı bir şekilde çürüyüp bozulmalarıdır. Bambular kısa ömürlü olmalarına rağmen, eğer yapı yükseltilmiş platform (subasman seviyesi) üzerine kurulup toprakla bağlantısı kesilirse uzun yıllar varlığını koruyabilir (Krawczuk, 2013).

Bambu yapılarda kullanılan temel çeşitleri Tablo 22’de detaylıca gösterilmiştir.

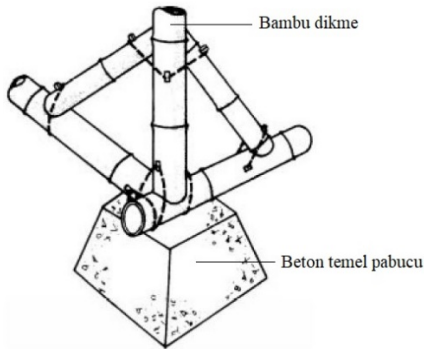
Tablo 22. Temel çeşitleri ve detayları

1. Doğrudan Zemine Temas Eden Bambu Temel (FAO, 2011).



Bu temel türünde bambu dikmeler zemine yerleştirilir veya gömülür. Mukavemet ve stabilite için, bambunun yakın aralıklı düğümlere sahip, geniş çaplı ve kalın çeperli bölümleri kullanılmalıdır. Bu temel çeşidinde bambu, altı aydan iki yıla kadar çürüyebilir. Bu nedenle koruma yöntemleri uygulanmalıdır (Jayanetti ve Follet, 1998). Tercih edilmeyen bir temel çeşididir.

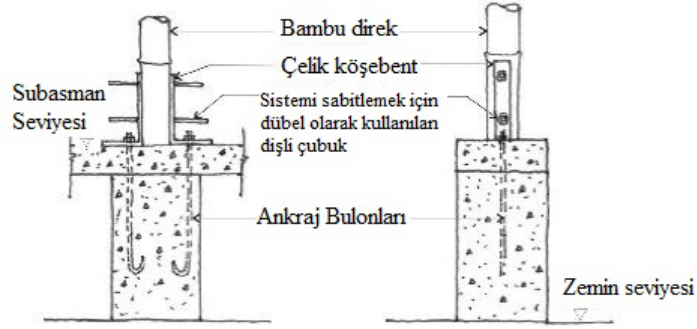
2. Bambunun Taş, Beton veya Tuğla Duvar Üzerine Oturtulmasıyla Oluşan Temel (Bandara, 1990).



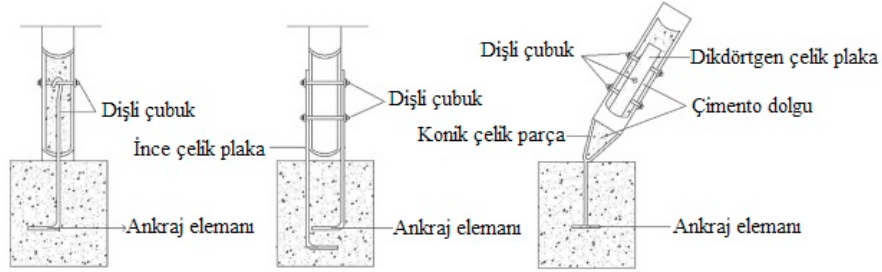
Taş ,beton veya tuğla duvar üzerine oturtulmuş temeller, zemin üzerine yerleştirilerek oluşturulmaktadır. Bu temel türünde de bambuların yakın aralıklı düğümlere sahip, geniş çaplı ve kalın çeperli bölümleri kullanılmalıdır (Jayanetti ve Follet, 1998). Temel ile bambunun birleşimi çeşitli şekillerde (bulon, civata, halat, braket vs.) yapılabilir (C.A.N., 2013).

Tablo 22'nin devamı.

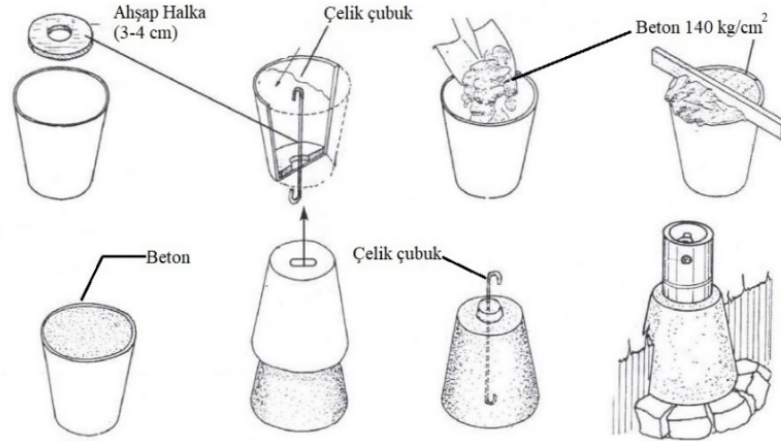
Betondan yapılmış temel üzerine bambu kolonun ankre edilmesi (Krawczuk, 2013).



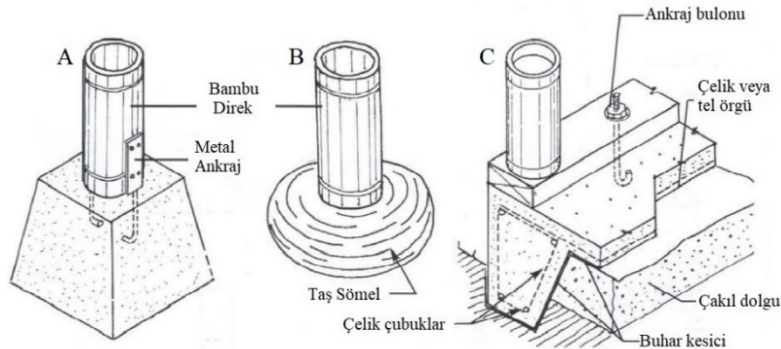
Bambunun çeşitli ankraj elemanlarla beton temele birleştirilmesi (Correal, 2016).



Kesik koni biçimli sömel yapımı ve bambunun ankre edilmesi (López, 2003).

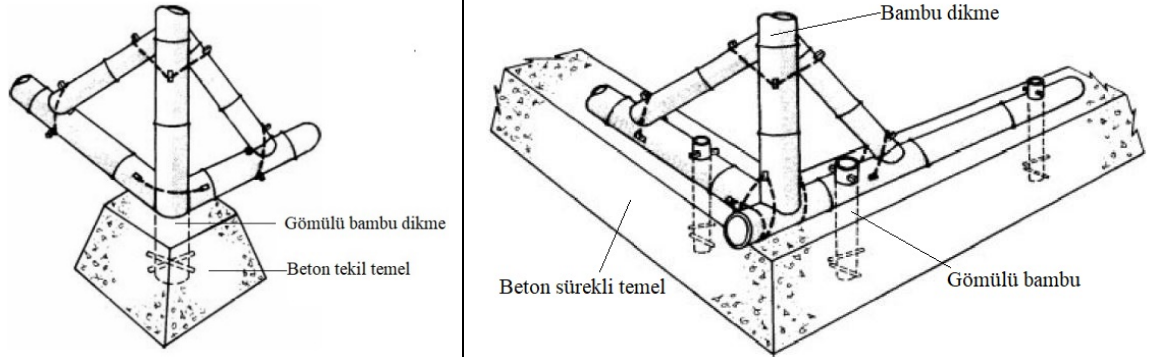


Farklı sömel tipleri ve detayları (López, 2003).



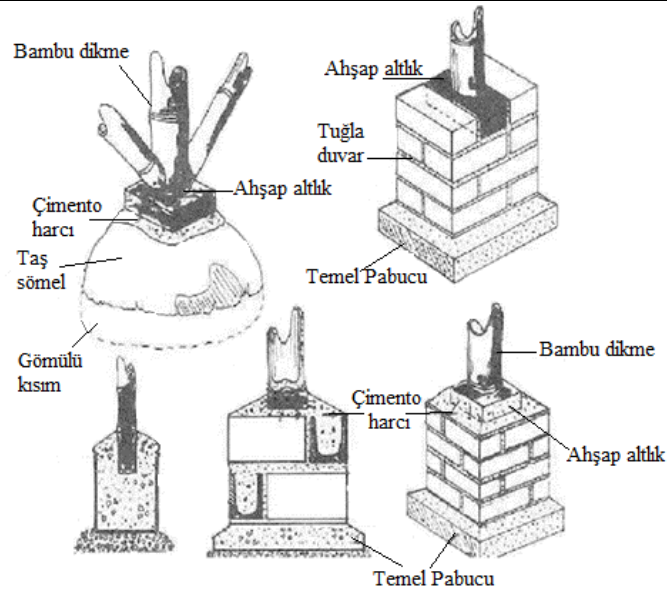
Tablo 22'nin devamı.

3. Bambunun Taş, Beton veya Tuğla Duvar İçine Yerleştirilmesi ile Oluşan Temel (Bandara, 1990)

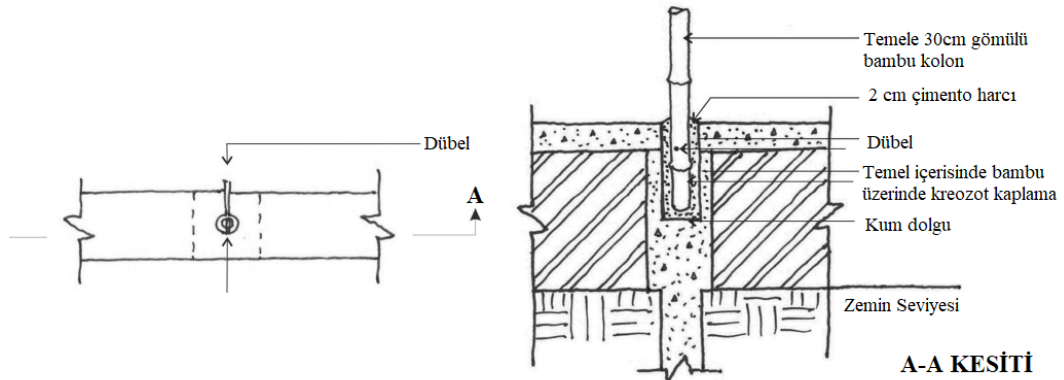


Bu temellerde bambu, doğrudan beton, taş veya tuğladan yapılmış sömelin içine yerleştirilir. Tekil temel ve sürekli temel formlarını alabilir (Jayanetti ve Follet, 1998).

Beton, taş veya tuğla duvar içine bambunun yerleştirilmesi (Díaz, 2006).

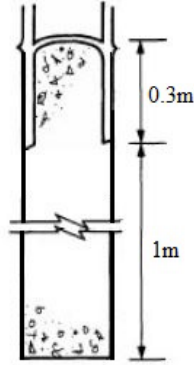


Temelin içine yerleştirilen bambu dikmeye, katran veya kreozot işlemi gereklidir. Bambu kolonunu gömmek veya sabitlemek için sömelde 30 cm derinliğinde ve 10 cm çapında bir delik açılır. Kolon bu deliğe gömülür ve delikteki kolon etrafına kum doldurulup sıkıştırılır (C.A.N., 2013).



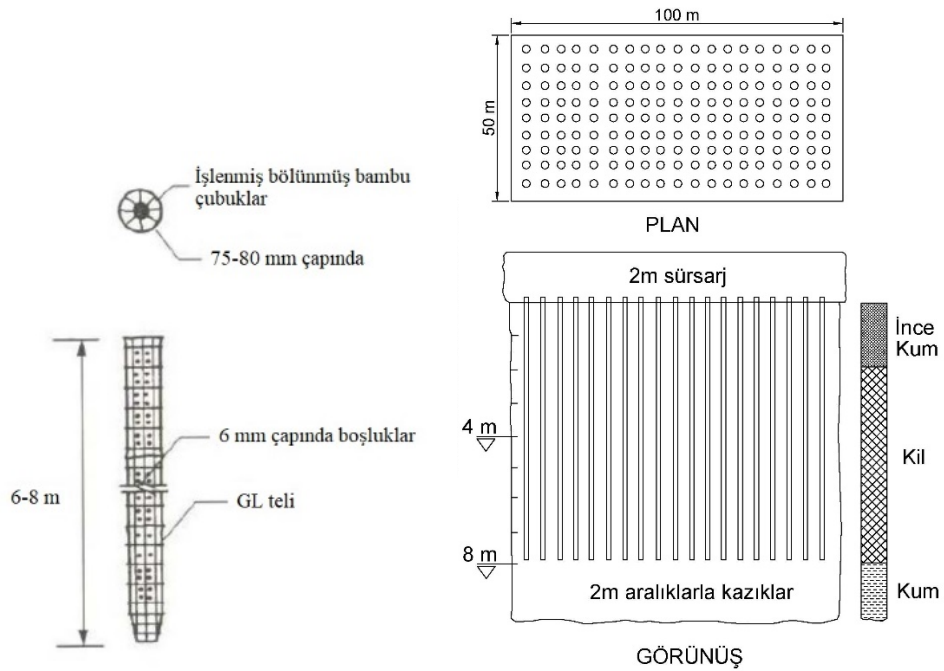
Tablo 22'nin devamı.

4. Kompozit Bambu/Beton Kolonlar (Janssen, 1995).



Aynı çapta plastik bir tüp kullanılarak bambu dikmenin beton ile bütünleştirilmesiyle bambunun beton uzantısı sağlanır. Sonuçta, bütünleşmiş, dayanıklı bir temele sahip bir bambu direk oluşturulur (Janssen, 1995).

5. Bambu Kazık Temel



Bambu kazık temeller, yumuşak toprakları stabilize etmek ve yapı yerleşimini azaltmak için kullanılmaktadır. Yukarıda gösterilen örnekte (Stulz, 1983), 8 m uzunluğunda ve 80-90 mm çapında işlenmiş bölünmüş bambu kazıkları, hint keneviri ile sarılmış hindistan cevizi lif iplikleri ile doldurulmuştur. Kesitler daha sonra tel ile bağlanmıştır. Kazıkların 2m merkezlere şahmerdan ile monte edilmesinden sonra, alan 2.5m'lik bir kumlu malzeme ile kaplanmıştır.

1.8.2. Döşeme Yapımı ve Detayları

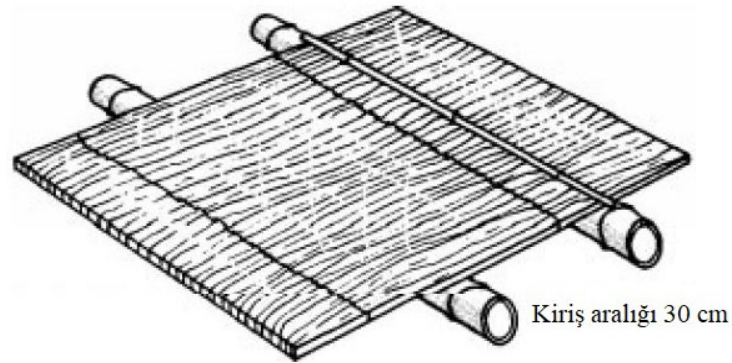
Bambu, döşeme yapımı için mükemmel bir malzemedir. Avrupa'da, bambudan yapılan döşeme panelleri oldukça kullanılmaktadır. Ancak bambuyu, sıkıştırılmış toprağa oturtmaktan kaçınmak gerekir. Çünkü bambunun toprakla teması, böceklerin istilasını kolaylaştırır. Çözüm olarak bambudan yapılan zeminin yerden yükseltilmesi gerekmektedir. Yerden yükseltme hem konforu arttırır hem de yalıtımı güçlendirir (Krawczuk, 2013). Döşemelerin yerden yüksekliği için minimum 50cm mesafe önerilir (Janssen, 1995).

Döşemeler, temele veya kolonlara sabitlenmiş bambu kirişlerden oluşur. Bu nedenle kirişler binayı çevreler. Kirişlerin kolonlara sabitlendiği noktalarda, birleşim detaylarına dikkat edilmelidir. Kirişler 2 şekilde düzenlenmektedir (Tablo 23).

Tablo 23. Kiriş düzenlemeleri

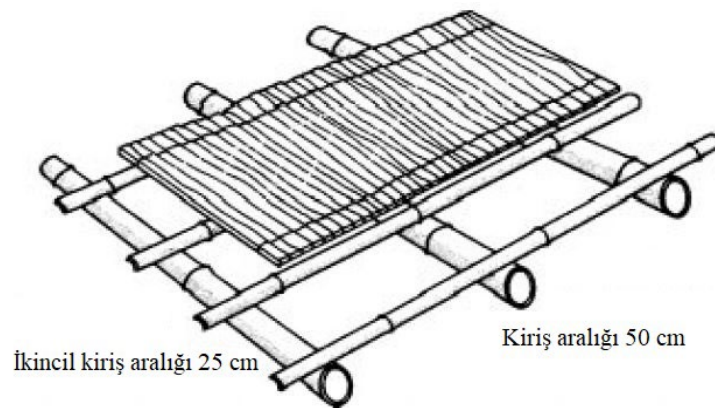
1. Sadece birincil kirişlerle oluşturulan döşeme detayı (Siopongco ve ark., 1987).

Kirişler ve kolonlar genellikle yaklaşık 10 cm çapında olmalıdır. Uzunlukları ise maksimum 3 metre olmalıdır. 3 metreden yüksek yapı yapılacaksa ara kirişlerle desteklenmelidir (Krawczuk, 2013). Bambu kirişler, ana kirişler boyunca en kısa yöne doğru atılır. Kirişler çoğunlukla kirişlerin üzerine sabitlenmeden döşenir, ancak mekanik bağlantı yapılması gerekmektedir (Jayanetti ve Follet, 1998).



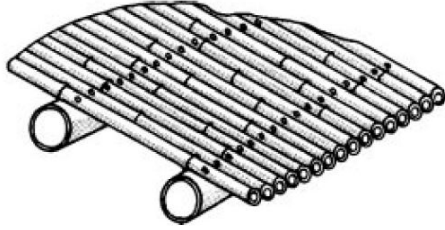
2. Birincil ve ikincil kirişlerle oluşturulan döşeme detayı (Siopongco ve ark., 1987).

Zemin döşemesinin şekline bağlı olarak, genellikle bölünmüş çıkıntı şeklini alan ikincil kirişler gerekebilir. Bu kirişlerin çapları 7 cm civarında olmalıdır. Kiriş uzaklıkları genellikle 30-40 cm veya ikincil kirişler kullanılıyorsa 50 cm'dir (Jayanetti ve Follet, 1998).

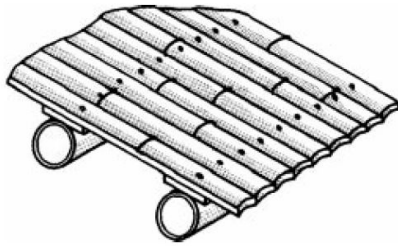


Kirişlerin üzerine oturtularak oluşturulan döşemeler 4 farklı şekilde yapılmaktadır (Tablo 24).

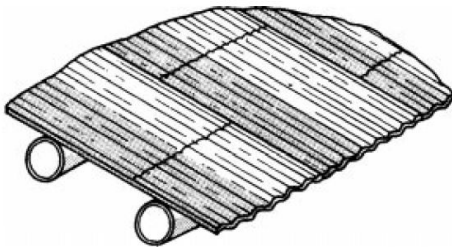
Tablo 24. Döşeme kaplamaları

1. Küçük Çaplı Bambularla Oluşturulan Kaplama (Janssen, 1995).

Küçük çaplı bambuların birbirine bağlanması ya da doğrudan kirişe sabitlenmesi esasına dayanır.

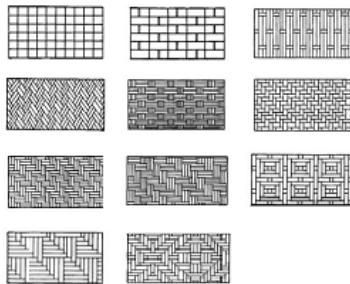
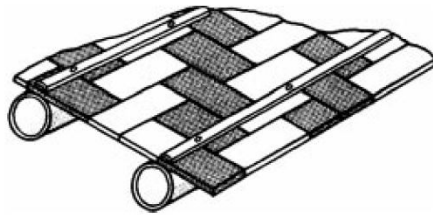
2. Bölünmüş Bambularla Oluşturulan Kaplama (Janssen, 1995).

Bambu çubukları boylu boyunca 3-4 cm genişliğinde şeritler halinde bölünür. Bağlama veya çivileme yapılarak doğrudan kirişlere sabitlenerek veya çivilemeyi kolaylaştırmak için kirişe ahşap bir çita sabitlenerek oluşturulur.

3. Düzleşmiş Bambularla (Bambu Levhalarla) Oluşturulan Kaplama (Janssen, 1995).

Yeni kesilmiş yeşil bambu çubuklarının bölünüp, iç kısımlarının temizlenip açılmasıyla oluşturulur. Elde edilen kaplama kirişlerin üzerine serilir. Çivileme veya bağlama ile kirişe sabitlenir.

Bu tip kaplamanın temizliği zordur. Hijyen ve rahatlık için üzerine çimento veya şap uygulanabilir.

4. Bambu Hasır Kaplama ile Oluşturulan Kaplama (Janssen, 1995; Narayanamurty ve Dinesh, 1972; Siopongco ve ark., 1987).

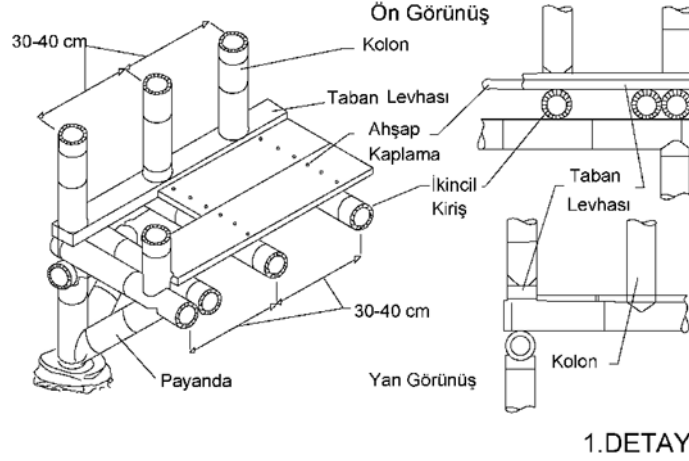
Bu kaplama, bambudan yapılan şeritlerin dokunması ile oluşur. Şeritlerin boyutu, desenin karmaşıklığına bağlı olarak değişir. Hasırlar doğrudan çivileme yöntemi ile sabitlenmemelidir. Üstüne bağlanmış veya çivilenmiş bambu şeritler veya ahşap çitalar tarafından sabitlenmelidir. Bu yöntem, temizlenmesi en kolay geleneksel zemin türlerinden biridir.

Günümüzde bambunun endüstriyel işlenmesiyle elde edilen panellerle (bambu parkeler, bambu laminatlar vs.) döşeme oluşturulmaktadır.

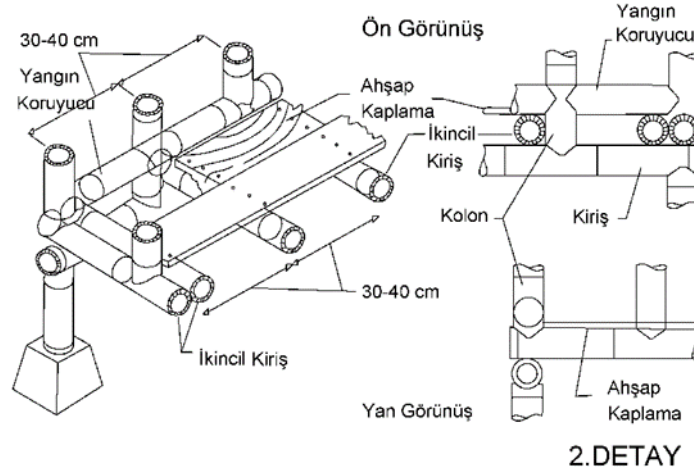
Döşemelerin temel, kolon ve kirişlerle bağlantıları Tablo 25'te detaylıca incelenmiştir.

Tablo 25. Döşeme detayları

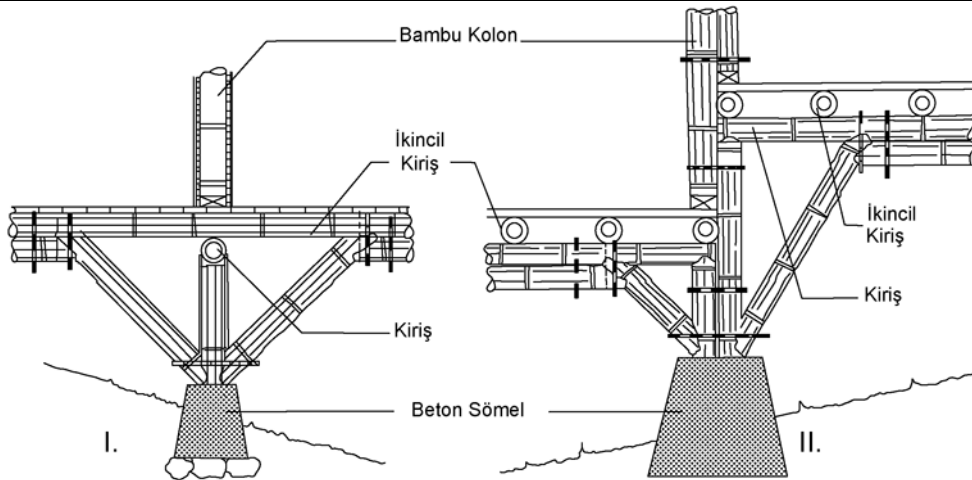
Zeminden yükseltilmiş döşeme detayı (López, 2003).



Zeminden yükseltilmiş döşeme detayı (López, 2003).

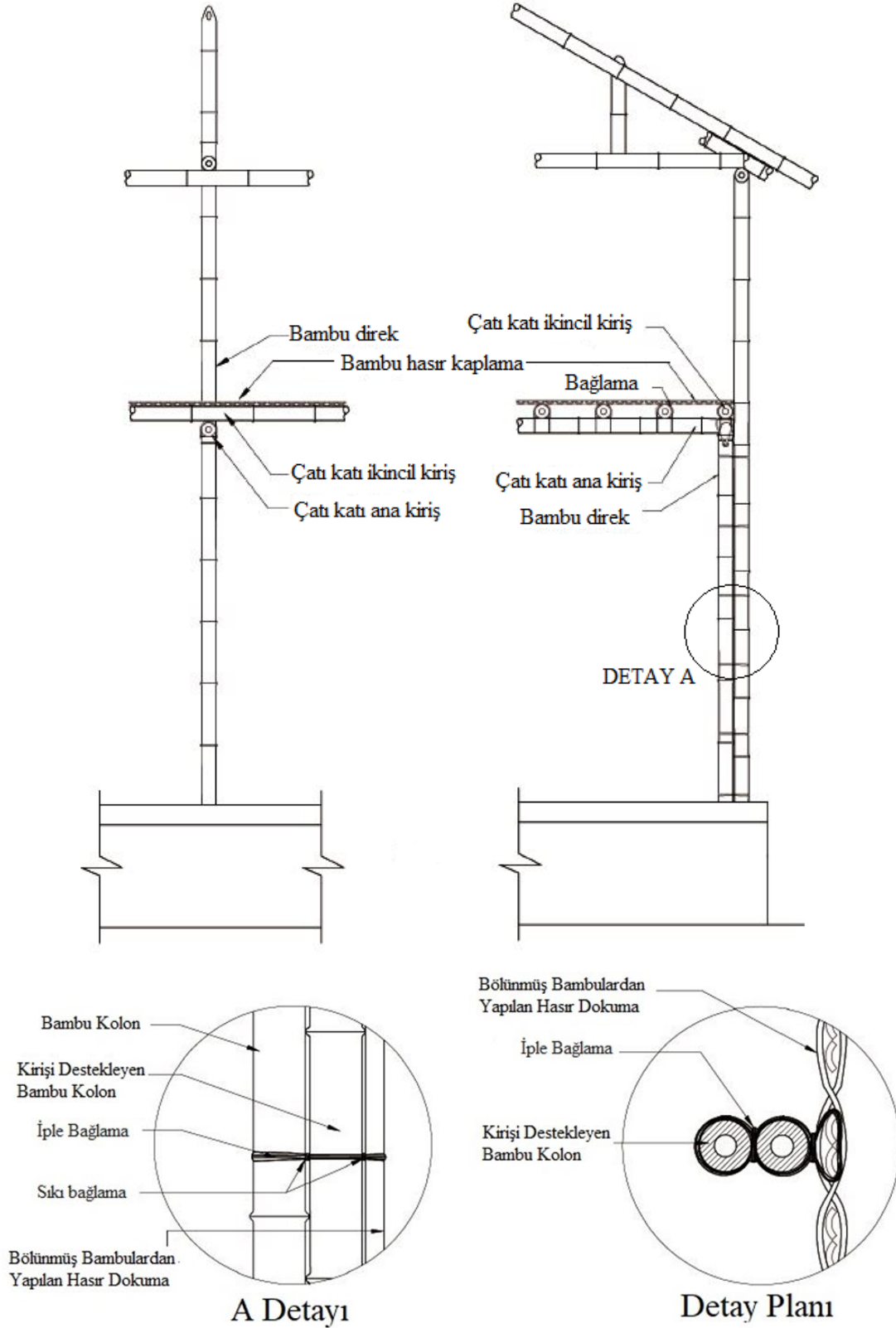


Kolon ve kiriş bağlantı detayları (López, 2003).

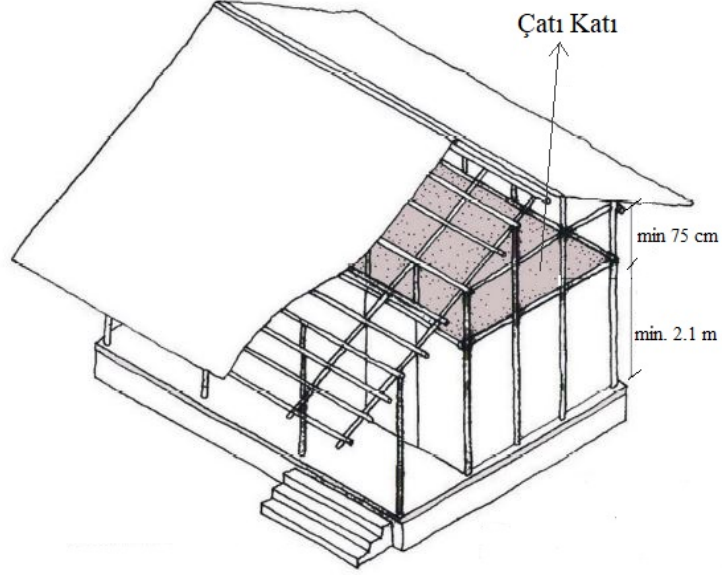


Tablo 25'in devamı.

Döşeme ve kolon bağlantı detayı (C.A.N, 2013).



Çatı katında; saçak seviyesindeki tavan yüksekliği (çatı katı yüksekliği) en az 75 cm, normal kat yüksekliği en az 210 cm olmalıdır (Şekil 54).

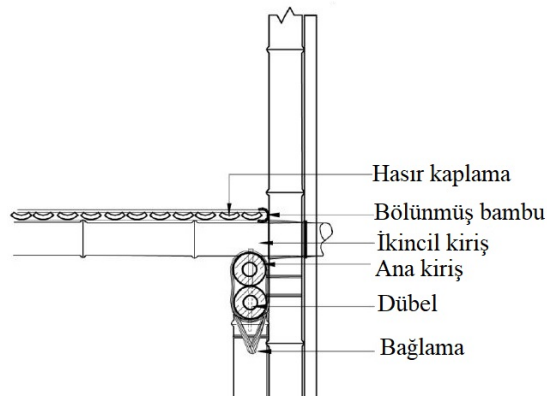


Şekil 54. Çatı katı ve normal kat yüksekliği (Arya, 2010).

3 metreden daha uzun açıklıklar için, ana kirişler, üst üste yerleştirilmiş ve pimler ile birbirine bağlanmış en az 2 bambu (minimum 7,5 cm çap) demet haline getirilmelidir (Tablo 26). Demetlenmiş bambu kirişler, her bambu gövdesinin ortasına bağlanmalıdır. Daha küçük açıklıklar için, tekli bambu kirişler yeterli olmaktadır (C.A.N, 2013).

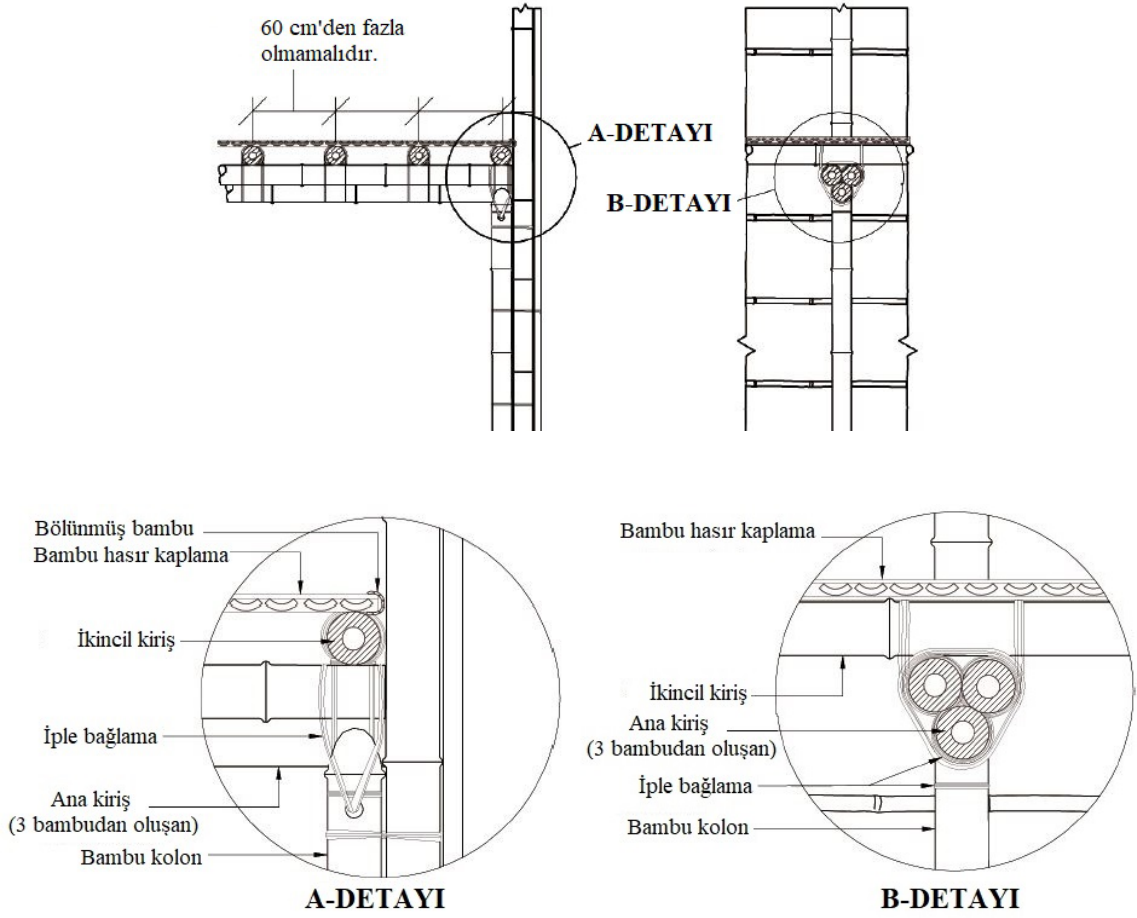
Tablo 26. Demetlenmiş bambu kirişler ve detayları

İkili kiriş, döşeme ve kolon bağlantı detayı (C.A.N, 2013).

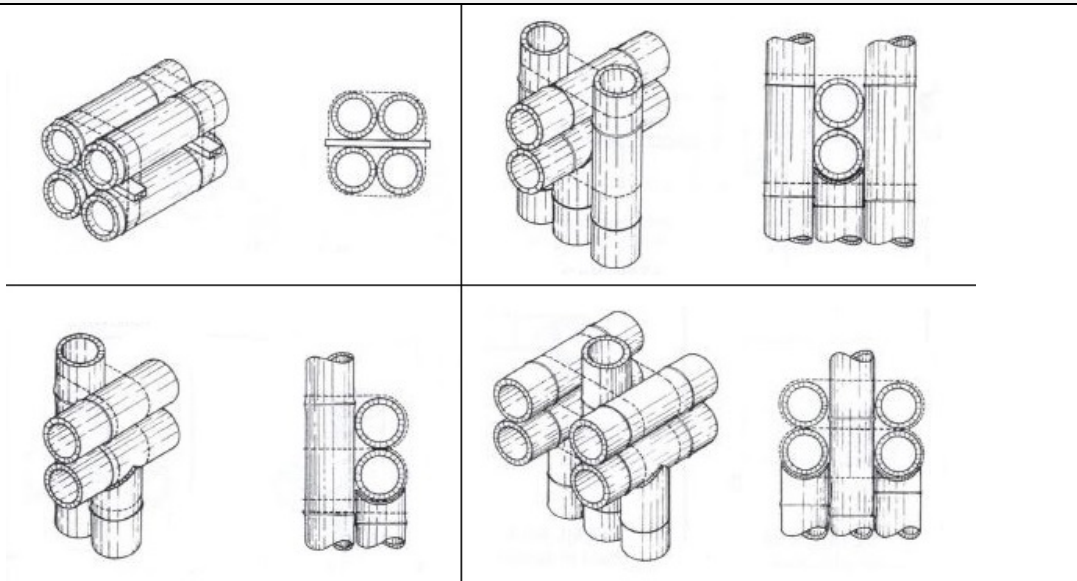


Tablo 26 devamı.

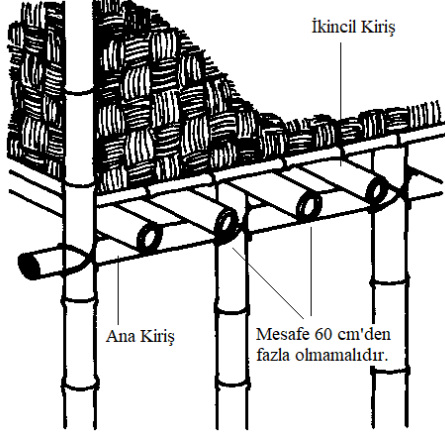
Üçlü Kiriş, döşeme ve kolon bağlantı detayı (C.A.N, 2013).



İkili ve dördü kiriş detayları (López, 2003).



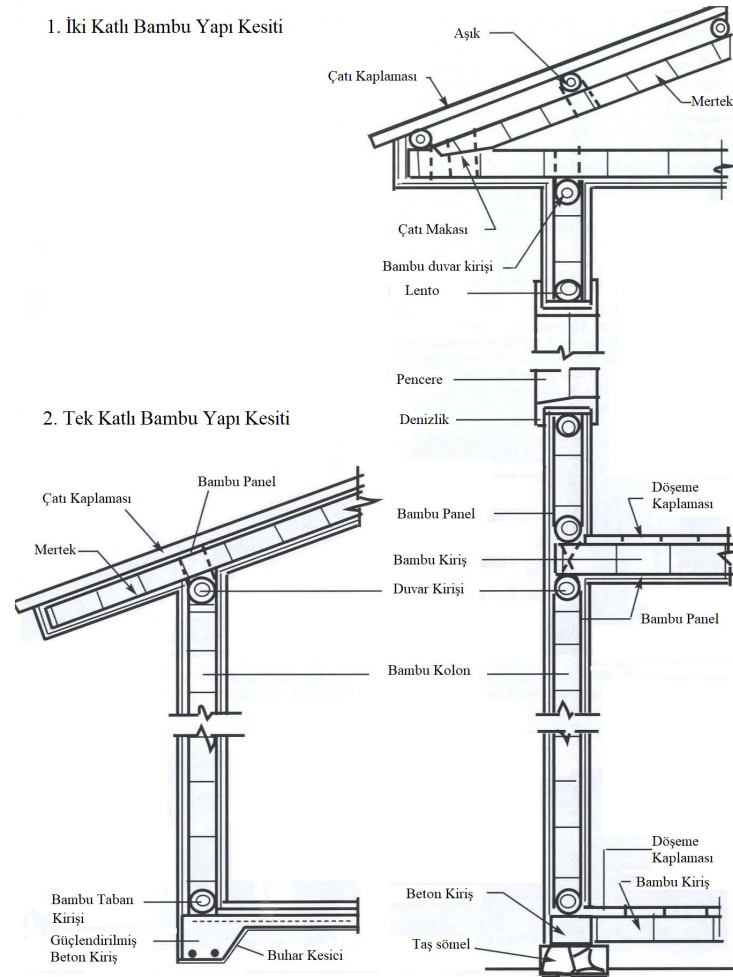
Ana kirişler üzerine ikincil kiriş olarak bambular (minimum 60 mm çap), 60 cm' den fazla olmayan mesafelere yerleştirilmelidir. İkincil kirişler, her birleşim yerinde ana kirişlere bağlanmalıdır (C.A.N, 2013) (Şekil 55).



Şekil 55. İkincil kiriş mesafeleri (Gallant, 1980; Gouyen, 2018).

1.8.3. Duvar Yapımı ve Detayları

Bambu yapının ana elemanları olan kolonlar ve kirişler, yapısal çerçevenin bir parçasını oluşturur. Bu nedenle yapı hem kendi ağırlığını hem de insan, rüzgâr ve kar yüklerini taşıması gerekir. Bu amaçla, doğru ve yeterli birleşim detayları uygulanmalıdır (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 56).



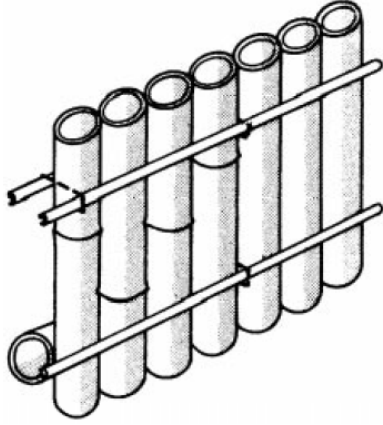
Şekil 56. Tek katlı ve iki katlı bambu yapı kesiti ve detayları (López,2003).

Duvarı tamamlamak için çerçeveleme elemanları arasında bazen dolgu kullanılmaktadır. Dolgunun amacı yağmura, rüzgâra ve hayvanlara karşı korunmak, mahremiyet sağlamak ve yatay kuvvetlere maruz kaldığında yapının genel dengesini sağlamak için düzlem içi destek sağlamaktır. Dolgu, ışığa ve havalandırmaya izin verecek şekilde tasarlanmalıdır (Jayanetti ve Follet, 1998).

Bambu duvarlar 6 şekilde oluşturulmaktadır. Tablo 27’de bambu duvarların yapım teknikleri ve detayları incelenmiştir.

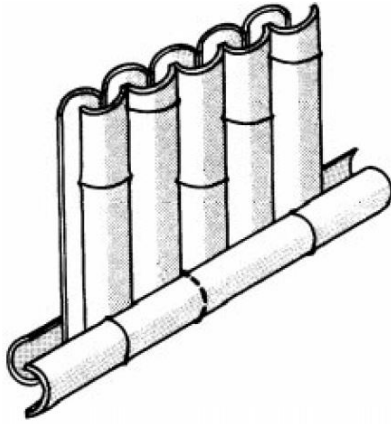
Tablo 27. Bambu duvar yapımı teknikleri

1. Bütün veya Yarıya Kesilmiş Dikey ve Yatay Bambulardan Oluşan Duvar (Janssen, 1995).



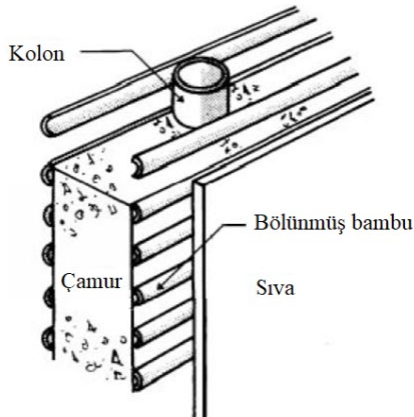
Tercih edilen kullanım, bambuların dikey olarak konumlandırılmasıdır. Çünkü bu kullanım, duvarın kayma direncini artırır ayrıca yağmur sonrasında kuruma için daha avantajlıdır. Dikey elemanlar doğrudan zemine saplanabilir, çıtalar ile veya çıtalar olmadan, kirişlere sabitlenebilir. Yarıya kesilen bambular, tek ya da çift katlı olarak aynı şekilde sabitlenebilir ya da yatay konumda yarıya kesilen bambular arasında sabitlenebilir. Dokuma yapılarak oluşan bambu hasırlar, bağlı ya da çivilenmiş ahşap çıtalar kullanılarak bir veya iki yüze de tutturulabilir (Jayanetti ve Follet, 1998).

2. Bölünmüş veya Düzleştirilmiş Bambudan Oluşan Duvar (Bandara, 1990).



Bölünmüş veya düzleştirilmiş bambu çubukların birbirleri içerisine şaşırtmalı bir şekilde konumlandırılmasıyla oluşur. Bu çubuklar, yatay veya dikey bambu elemanlar ile sabitlenir. Levhalar sıva için uygun bir yüzey sağlamak üzere gerilebilir veya tel örgüyle kaplanabilir. Bambu yüzeyine ayrıca sıva ile ya da sıva olmadan dokunmuş hasır da uygulanabilir (Jayanetti ve Follet, 1998).

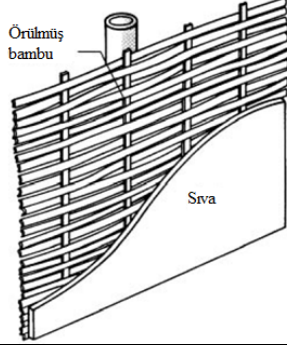
3. Bahareque Tekniği ile Oluşturulan Duvar (Janssen, 1995).



Bu yapım tekniği, Latin Amerika’da yaygın olarak kullanılan bir türdür. Dikmelerin her iki tarafına da bağlı veya çivilenmiş yatay bambu şeritlerinden oluşur. Bambular arasında kalan boşluk daha sonra çamur veya taşlarla doldurulur ve nispeten büyük bir yapı şekli ortaya çıkar (Jayanetti ve Follet, 1998).

Tablo 27'nin devamı.

4. Sepet Örgüsü Şeklindeki Sıvalı Bambu Duvar (Siopongco ve ark., 1987).

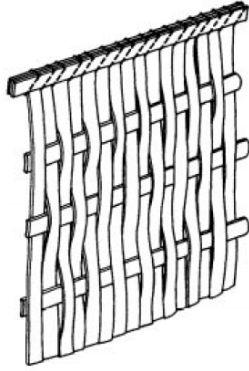


Hindistan, Peru ve Şili'nin bazı bölgelerinde yaygın olan bu yapım tekniği, her iki taraftan sıvalı bambu şeritlerin sepet örgüsü şeklindeki kaba dokuma panellerinden oluşur (Jayanetti ve Follet, 1998).

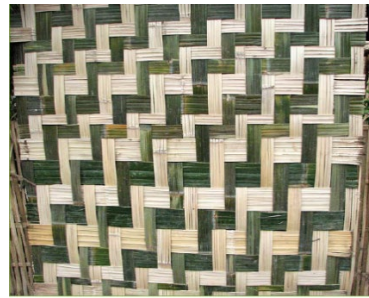


Sepet örgüsü şeklindeki sıvalı bambu duvar örnekleri (URL-89 ve 90, 2020).

5. Alçı ya da Sıva Olmadan Yapılan Örgülü Bambu Duvar (Siopongco ve ark.,1987).

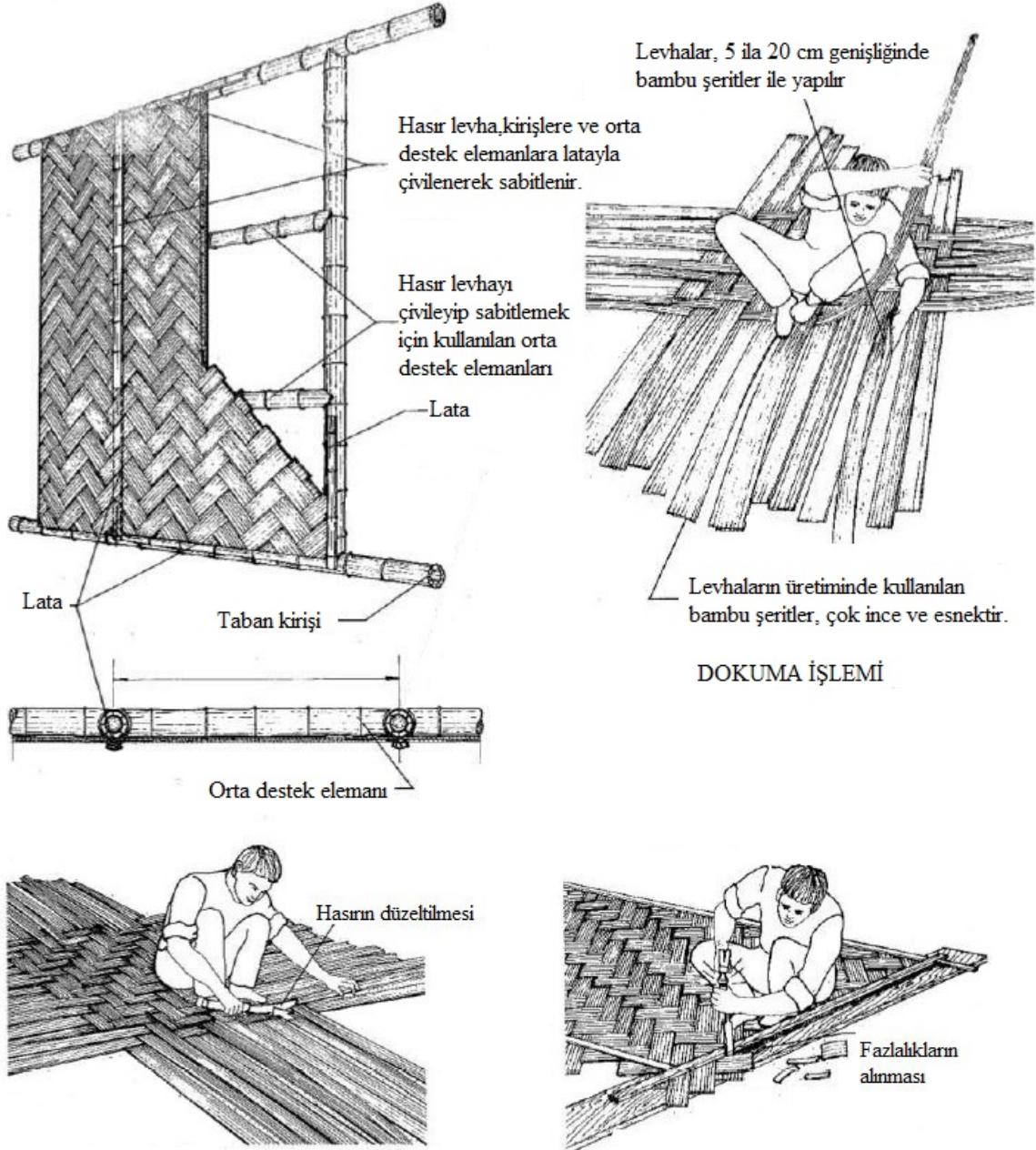


Kaba sepet örgüsü şeklinde oluşturulan dokuma paneller alçıyla veya alçı olmadan kullanılabilir. Alçı; kireç, çimento ve organik liflerle sabitleştirilmiş herhangi bir çamur, kil ve kum kombinasyonundan yapılabilir (Jagadeesh ve Ganapathy, 1995). Yüzey, tipik bir sıva görünümü elde etmek için kireç suyuyla yıkanabilir. Koruyucular eklenebilir, ancak sağlık, güvenlik ve çevre konularına dikkat edilmelidir (Jayanetti ve Follet, 1998).



Bambu hasır örgülü levhadan yapılmış duvar örneği (URL-91, 2020 ;Lamballe ve Vogel, 2016).

Tablo 27'nin devamı.



Bambu hasır örgülü levhadan yapılmış duvar detayı (López, 1981).

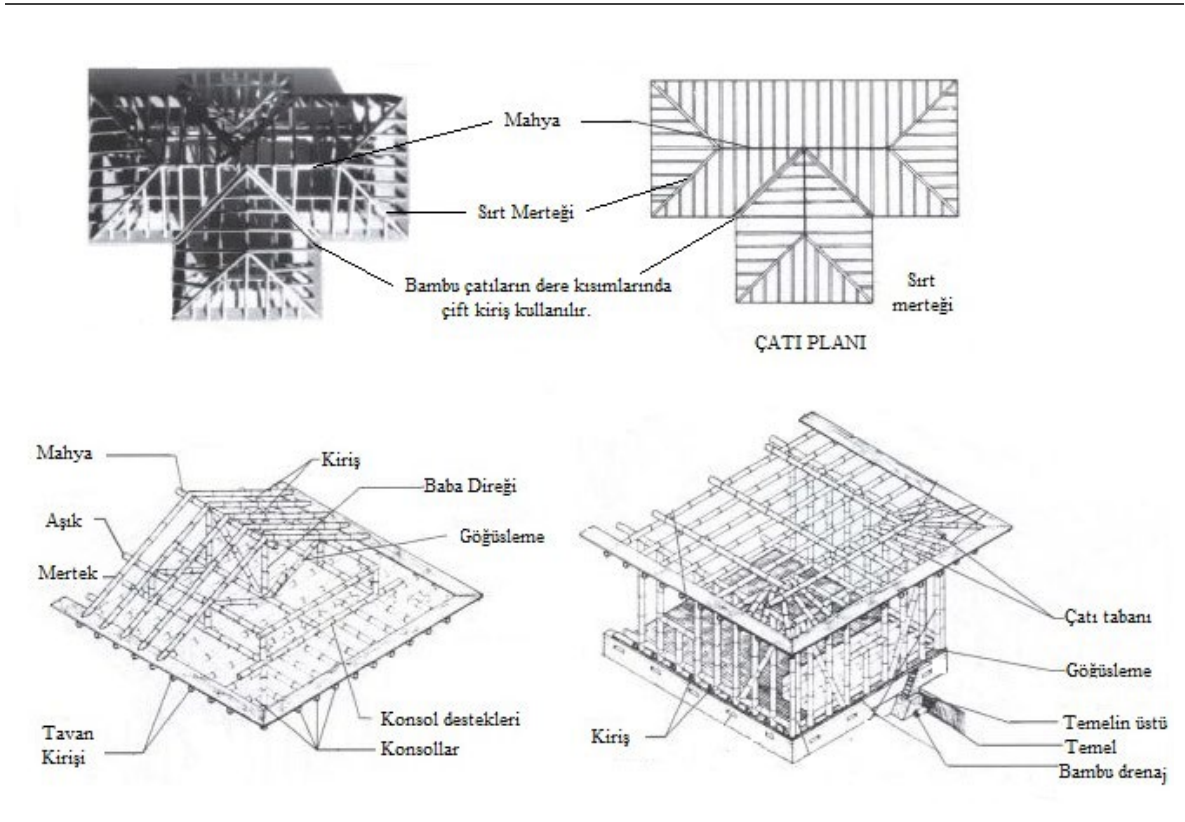
6.Bambu Paneller

Paneller, duvar ve bölmelerde kullanılmak üzere özel olarak geliştirilmiştir ve yapıya daha fazla yapısal sağlamlık kazandırma avantajına sahiptir. Bambu ayrıca sabitleştirilmiş veya sıkıştırılmış çamur, paneller arasında takviye olarak da kullanılabilir (Jayanetti ve Follet, 1998).

1.8.4. Çatı Yapımı ve Detayları

Bambu çatılar en basit şekliyle, çevre direklerinde desteklenen bir bambu mahya, aşık ve saçak kirişleri içerir. Sonrasında yarıya bölünmüş bambular, sırttan saçaklara uzanan, kenardan kenara, dışbükey olarak serilir. Eklemleri örtmek için dışbükey tarafı yukarıda olan ikinci bir tabaka döşenir. Bu yöntem kullanılarak oluşturulan maksimum açıklık yaklaşık 3 metredir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Tablo 28).

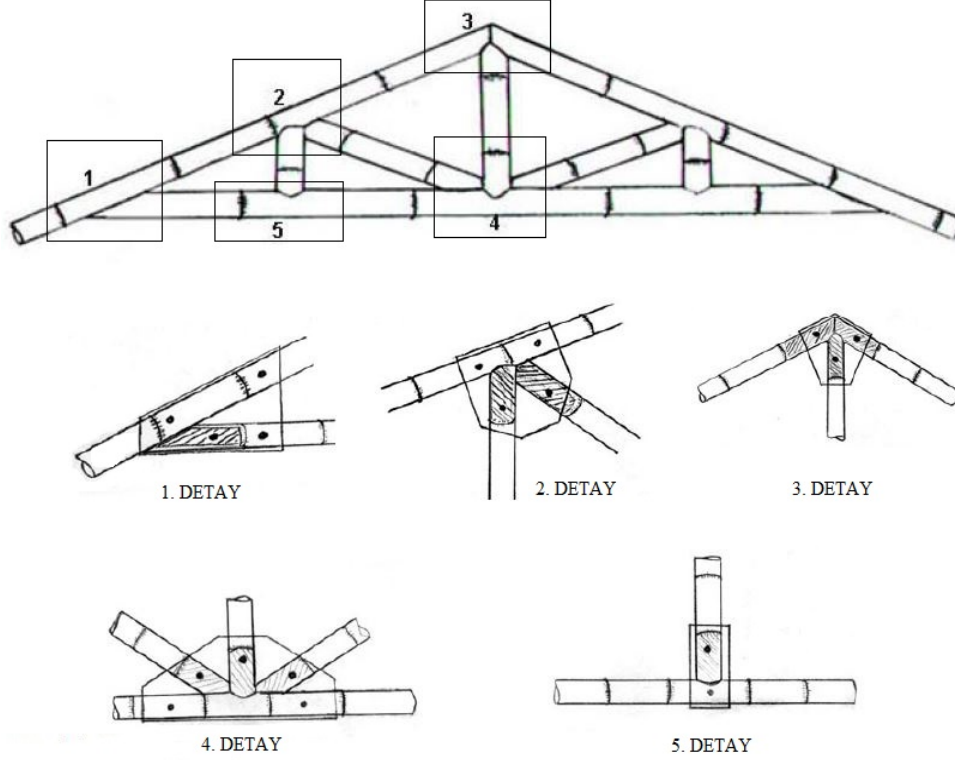
Tablo 28. Kıрма çatı yapımı ve detayları (López, 2003).



Gelişmiş sistemler kullanılarak çatı makasları 8m genişliğinde çatı açıklıkları geçebilmektedir. Çatı makasları genellikle, kolon pozisyonuna denk gelecek şekilde çatıya 2,40 m aralıklarla yerleştirilir. Böylece, bir binanın toplam uzunluğunu 2,4'e böldüğünüzde, bir bina için gereken makas sayısı kolayca hesaplanabilmektedir (Paudel ve Ayeh, 2003).

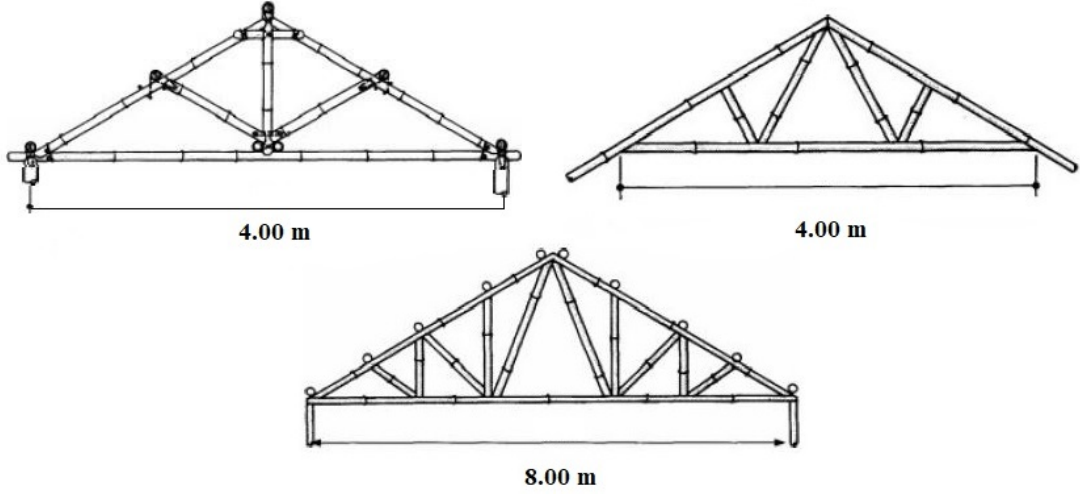
Çatı makasının boyutları binanın genişliğine göre değişebilir. Her durumda, toplam taban uzunluğu binanın genişliğine eşit olmalıdır. Ayrıca, makasın elemanlarının boyutları,

makasın eğimine veya açısına bağlıdır. Genel olarak makasların yüksekliği, makasların toplam uzunluğunun $1/4$ 'ü ile $1/6$ 'sıdır (Paudel ve Ayeş, 2003) (Şekil 57).



Şekil 57. Asma (askılı) çatı makası ve birleşim detayları (Paudel ve Ayeş, 2003).

Makas konfigürasyonları, kırma çatılarda olduğu gibi çok ve çeşitlidir. Babalı makas ve Fink makasında, geleneksel bağlantı kullanılarak kolayca 4 metre açıklığa ulaşılabilir. Gövde çapları tipik olarak 40-100 mm arasında değişir. Janssen (1995), geliştirilmiş bağlantılar kullanarak 8 metrelik bir açıklık elde etmiştir. Makasın eğimi fazla yağış alan bölgelerde en az 30° olmalıdır (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 58). Çatının dört tarafında da en az 45 cm saçak olmalıdır (C.A.N, 2013).

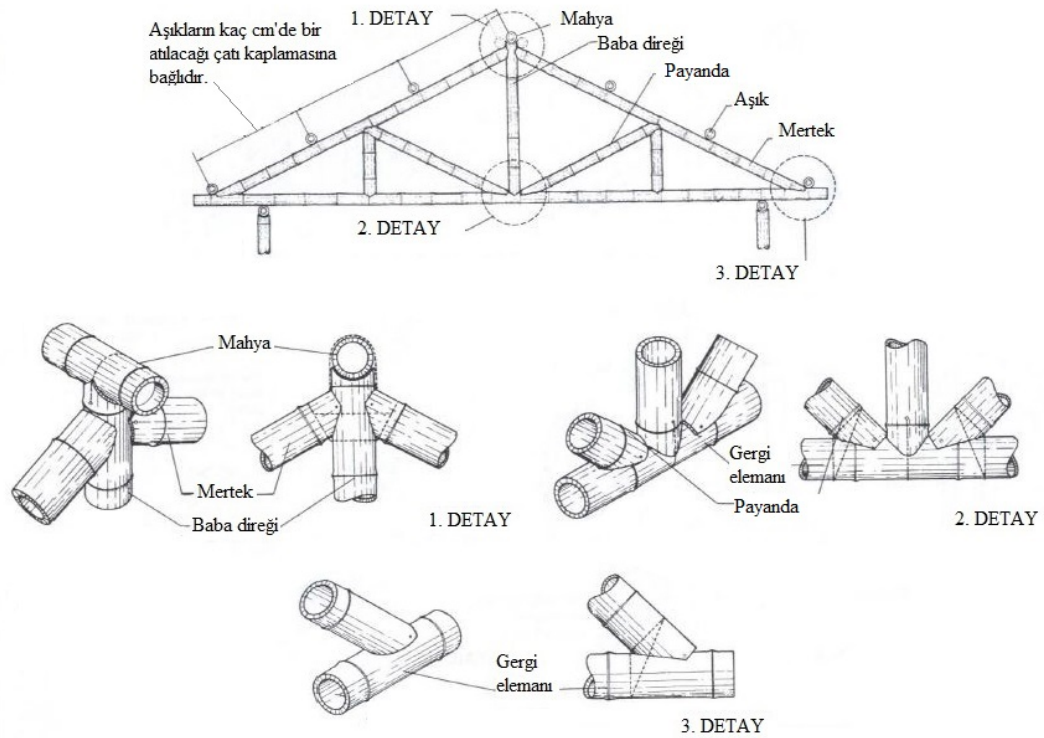


Şekil 58. 1. Babalı çatı makası (Siopongco ve ark., 1987) 2. Fink çatı makası (Punhani ve ark., 1989) 3. Janssen (1995) çatı makası konfigürasyonu

Mertekler, aşıklar, çatı makası ve çatı kaplaması gibi bambudan yapılmış çatı elemanlarının birleşiminde oluşan bağlantı detayları Tablo 29’da gösterilmiştir.

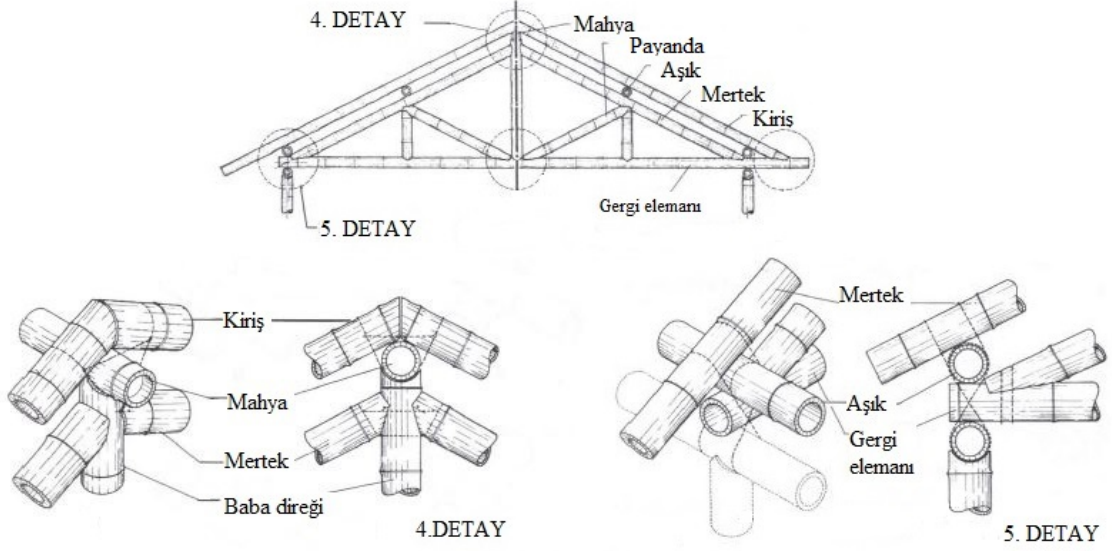
Tablo 29. Çatı detayları

Asma çatı makası ve nokta detayları (López, 2003).

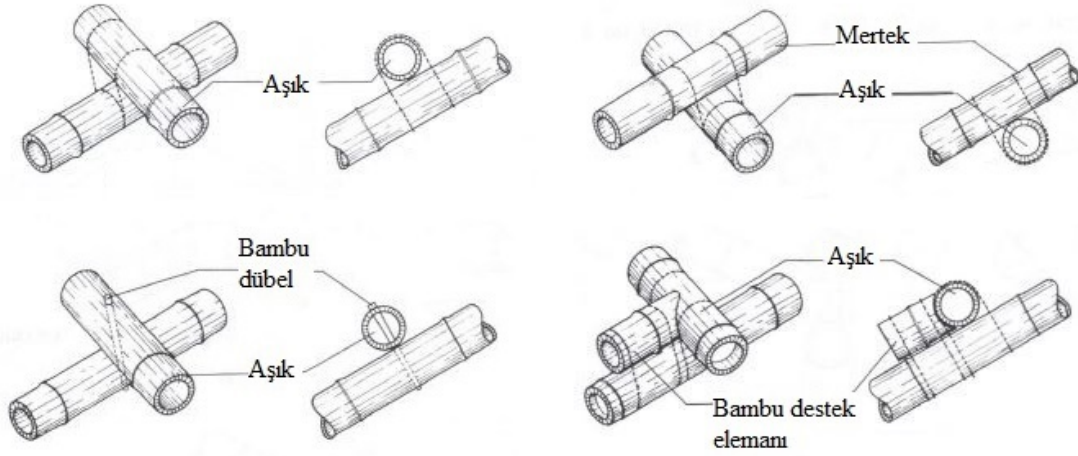


Tablo 29'un devamı.

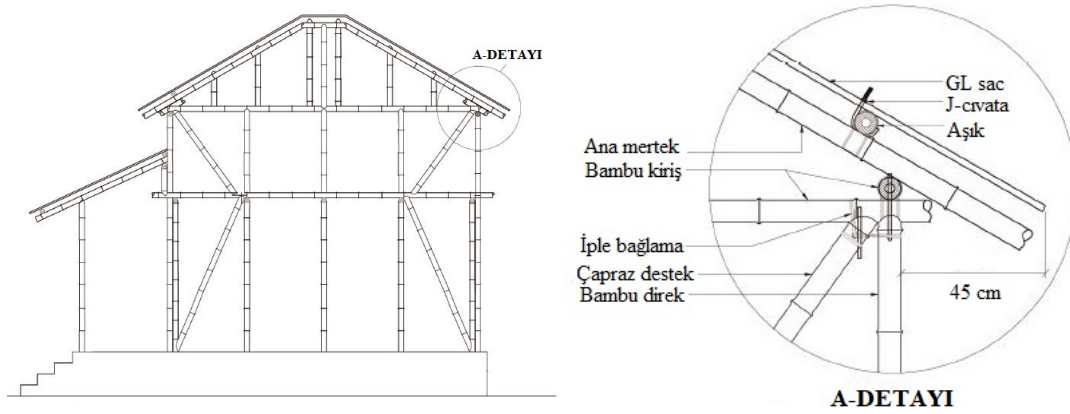
Asma çatı makası ve nokta detayları (López, 2003).



Mertek ve aşıkları sabitleme detayları (López, 2003).



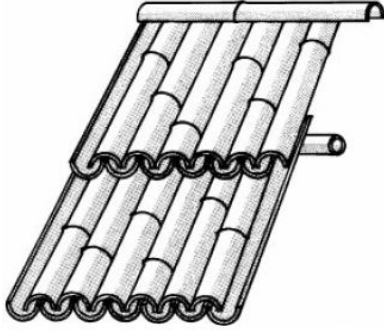
J civata kullanılarak oluşturulan çatı detayı (C.A.N, 2013).



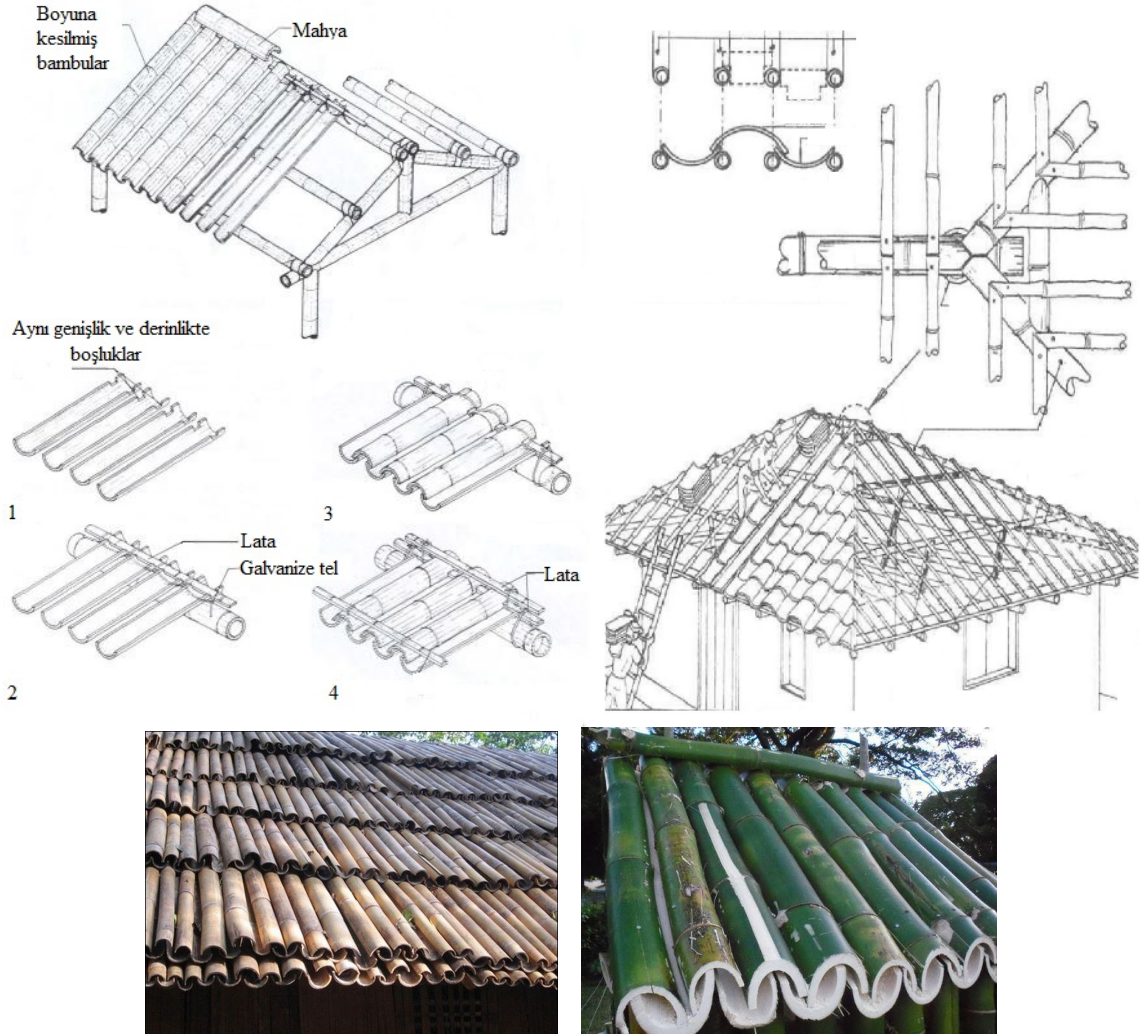
Çatı iskeleti oluşturulduktan sonra kaplama aşamasına geçilir. Bambudan kaplanacak çatılar için birçok çatı kaplama tekniği bulunmaktadır. Bu teknikler Tablo 30'da gösterilmektedir.

Tablo 30. Çatı kaplamaları

1. Bambu Kiremit ile Oluşturulan Çatı Kaplaması (López, 2003 ; Díaz, 2006).



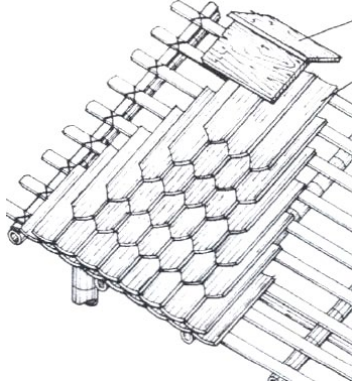
Bambu kiremitler, gövdenin dikey olarak yarıya bölünmesiyle oluşur. Bambu kiremitler, çatalara sabitlenir ve aynı uzunlukta yarıya bölünmüş gövdelerle benzer şekilde üst üste bindirilerek çatı kaplamasını oluşturur. Bu şekilde kaplanmış çatılar sızıntıya karşı oldukça hassastır (Mathar ve ark., 1964).



Bambu kiremit ile oluşturulan çatı kaplama detayı ve örnekler (URL-92 ve 93, 2020).

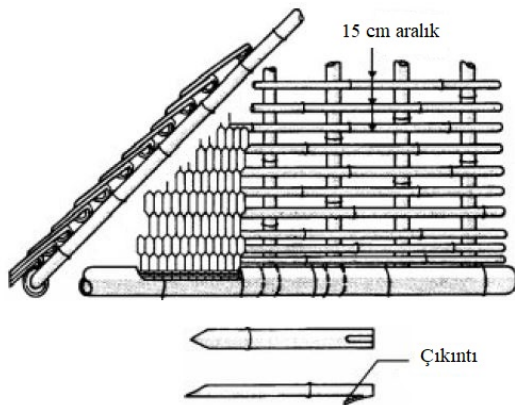
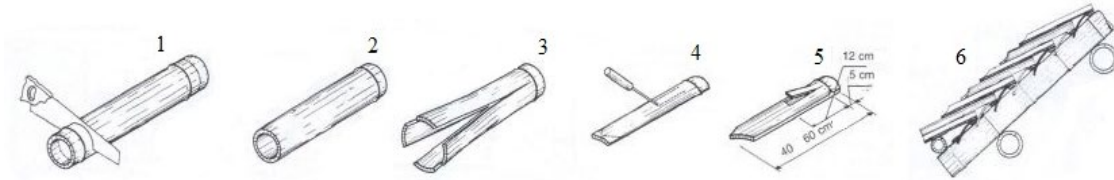
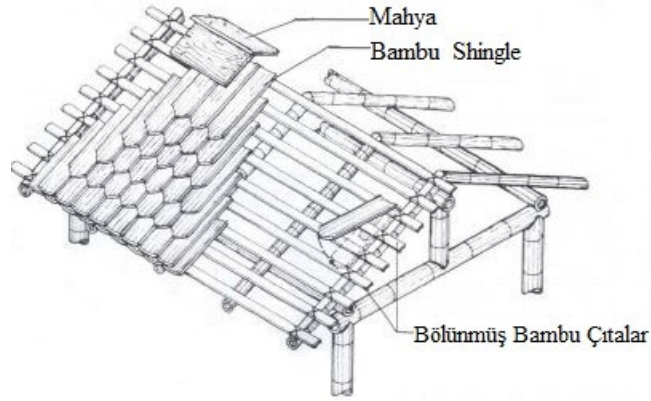
Tablo 30'un devamı.

2. Bambu Shingle ile Oluşturulan Çatı Kaplaması (López, 1981).



30-40 mm genişliğinde ve gövde uzunluğu (400-600 mm) olan shingle, 70 mm veya daha fazla çaplı yeşil bambulardan kesilir ve daha sonra havayla kurutulur.

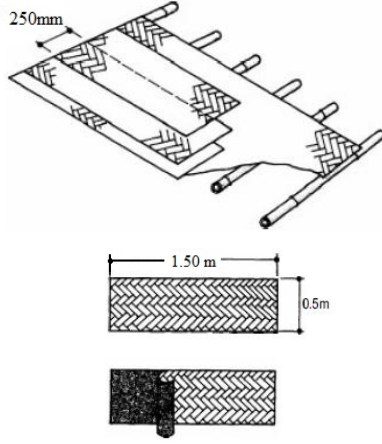
Shingle, alt tarafından dil şeklinde kesilmiş bambulardan oluşturulur ve çitalara maksimum aralık 150 mm olacak şekilde yerleştirilir. Çatıyı su geçirmez hale getirmek için üç tur gereklidir. Metrekare başına yaklaşık 200 shingle gerektirir. Şiddetli rüzgârlar varsa çivileme düşünülebilir (Jayanetti ve Follet, 1998).



Bambu shingle ile oluşturulan çatı kaplama detayı ve örnekler (Narayanamurty ve Dinesh, 1972; URL-94, 2020).

Tablo 30'un devamı.

3. Bambu Hasır ile Oluşturulan Çatı Kaplaması (Damodaran ve Jagadeesh, 1991).



Bir bitüm tabakası, yarı sert bir panel oluşturan iki hasır arasında konulur. Hasırlar, 200-250 mm mesafelerinde kirişlere sabitlenir. Bitmiş çatıya, bitümlü veya kauçuklu, hava koşullarına dayanıklı kaplama uygulanır (Jayanetti ve Follet, 1998).



Bambu hasır ile oluşturulan çatı kaplaması örnekleri (URL-95 ve 96, 2020).

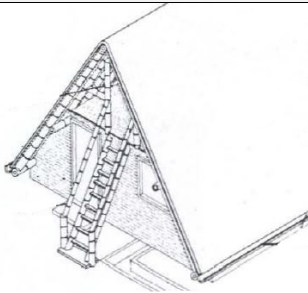
4. Oluklu Bambu Çatı Kaplama Levhaları



Oluklu bambu çatı kaplama levhaları (CBRS), oluklu asbest, demir, plastik veya çinko çatı kaplama levhalarına mükemmel bir alternatiftir. Doğal malzemelerden üretilir. Çekici, dayanıklı, olumsuz hava koşullarına ve haşere saldırısına karşı dirençlidir (Anonim, 2001).

Çeşitli standart ebatlarda üretilebilir ve konutların, depoların, hayvan barınaklarının ve diğer binaların çatılarında kullanılabilir (URL-97, 2021).

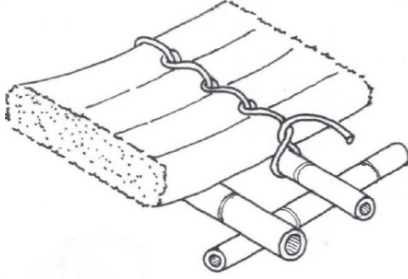
5. Sıvalı Bambu Çatı Kaplaması (López, 1981).



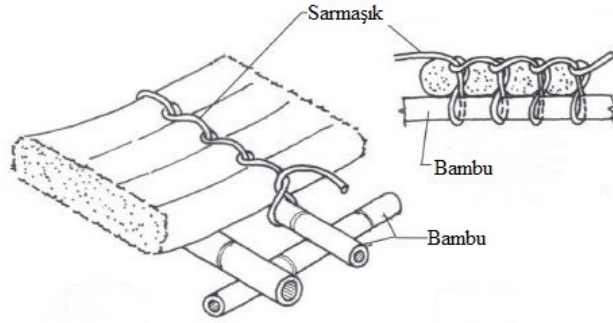
Organik lif eklenerek veya eklenmeden oluşturulan çimento sıvasının, çatının üzerine kaplanmasıyla oluşur. Geleneksel olarak Güney Amerika'daki bambu çatılara uygulanır (Jayanetti ve Follet, 1998).

Tablo 30'un devamı.

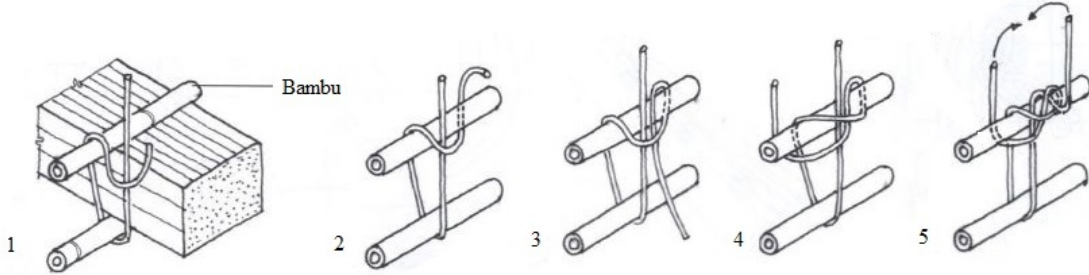
6. Saman veya Sazlık ile Oluşturulan Çatı Kaplaması (López, 2003).



Saman, sazlık vs. malzemelerin bambu merteklere sarmaşık veya ip kullanılarak bağlanmasıyla elde edilmektedir.



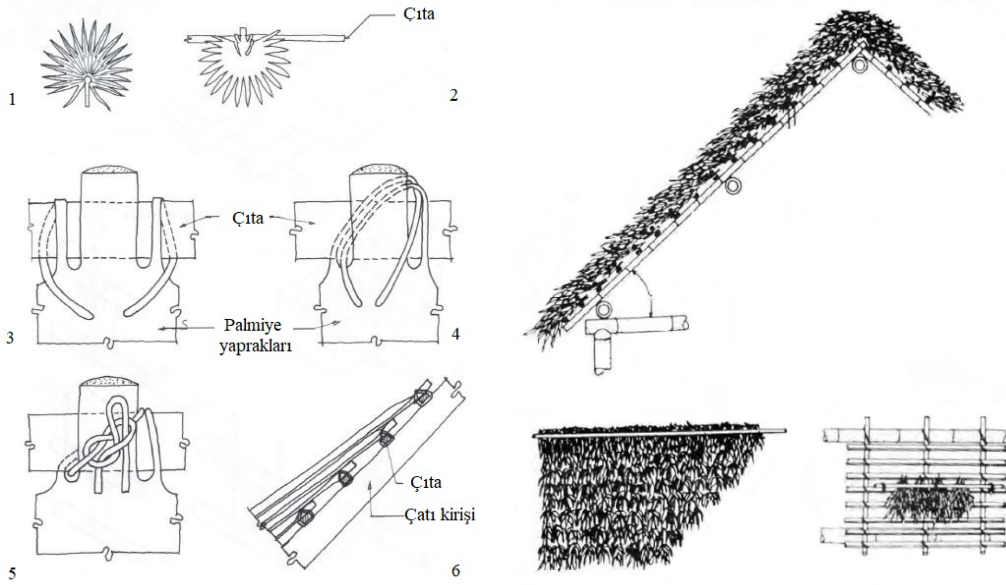
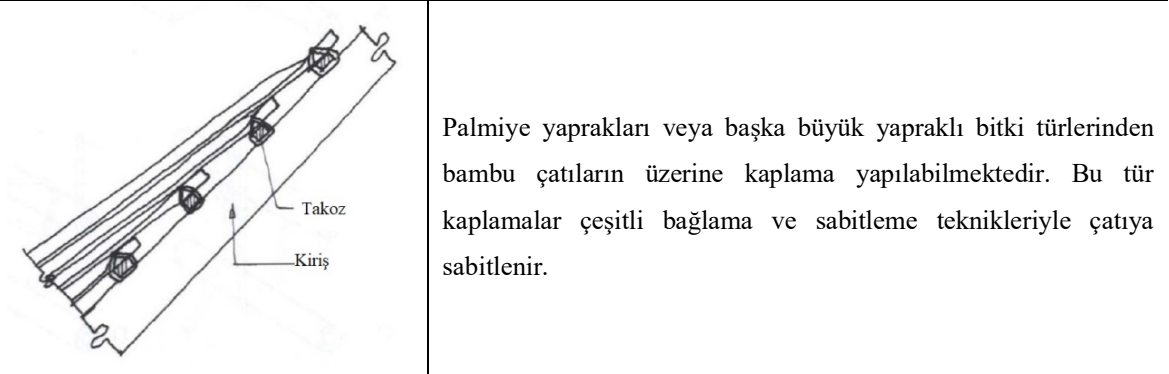
Sarmaşıklarla bağlama yöntemi



Saman veya sazlıkla oluşturulan bambu çatı kaplama detayı ve örnekleri (URL-98,99 ve 100, 2020).

Tablo 30'un devamı.

7. Palmiye yapraklarıyla Oluşturulan Çatı Kaplaması (López, 2003).



Palmiye yapraklarıyla örtülmüş bambu çatı detayı ve örnekleri (URL-101,102,103 ve 104, 2020).

Diğer çatı kaplamaları:

- Galvanize sac
- Kilden oluşmuş kiremit
- Kil veya betondan oluşmuş karolardır.

Çatı kaplamalarının ağırlıkları önemli ölçüde değişmektedir (bambu kiremitleri ve shingle için 20 kg / m², sazlık için 42 kg / m², galvanize sac için 3 kg / m² ve kil karolar için 71 kg / m²) ve bu da çatı yapısının taşıma gücüne yansır (Jayanetti ve Follet, 1998).

1.8.5. Bağlantı Çeşitleri ve Detayları

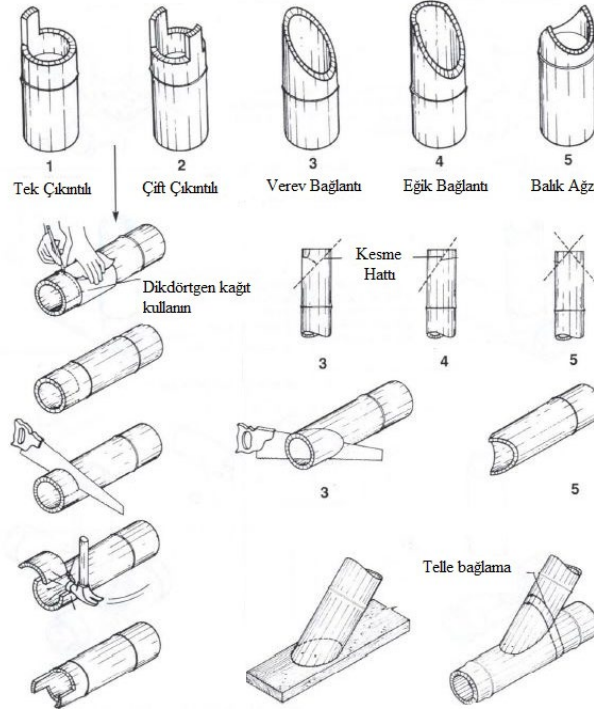
Yük aktarımı için yapısal bambu elemanların birleştirilmesi, yükün temellere eşit şekilde aktarılması inşaat sürecinin temel ve en önemli parçasıdır (Krawczuk, 2013).

Yuvarlak, boru şeklindeki formu nedeniyle, iki veya daha fazla bambu elemanın birleştirilmesi, masif ahşaptan farklı bir yaklaşım gerektirir. Yüksek mukavemetine rağmen bambu, özellikle uç kısımlarda ezilmeye karşı dirençsizdir (Jayanetti ve Follet, 1998).

Bağlantı oluşturulurken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlar;

1. Bağlantı noktaları düğümlerin yakınında oluşturulmalıdır. Çünkü her düğümde gövdeye ek güç ve sertlik katan bir diyafram olduğu için bambular düğümlerin yakınında en güçlü haldedir. Böceklerin bambu gövdesine girme riskini ve bambunun parçalanma riskini azaltmak için bağlantı, düğüme mümkün olduğunca yakın kalmalıdır (Davies, 2008).
2. Bambu gövdesinde oldukça minimum seviyede delikler oluşturulmalıdır. Bambuda oluşturulması gereken tüm delikler veya açıklıklar tercihen düğümlere yakın yapılmalıdır. Bir delik gerekiyorsa, olabildiğince küçük ve dikdörtgen yerine dairesel bir şekle sahip olmalıdır. Bu, gövdenin bir bölümünde yüksek stres yoğunlaşması olasılığını azaltacaktır (Davies, 2008). Ayrıca çivi kullanımı bambunun bölünmesine veya çatlamasına yol açabileceğinden mukavemetinde önemli azalmalara neden olabilir (Jayanetti ve Follet, 1998).
3. Tüm bağlantıların güçlü bir şekilde sabitlenmesi ve birbirine iyi oturması gerekmektedir. Birleştirmeyi kolaylaştırmak için bambuların uç kısımları çeşitli tekniklerle kesilmektedir (Şekil 59). Bu kesimler, keski, testere veya dairesel bir elektrikli matkapla yapılabilir. Güvenli bir bağlantı, bambunun gövde uçlarının erişilebilir olmasını engelleyerek suyun girişini veya böcek saldırı riskini azaltacaktır.

Detaylara gösterilen özen ve gövdelerin güvenli bir şekilde oturtulması, bambuların bölünme veya çatlama riskini de azaltır. Aynı zamanda, gerilimlerin tüm bağlantı noktalarına eşit olarak yayılmasını sağlar (Davies, 2008).



Şekil 59. Bambu uçlarının kesim teknikleri ve yapım aşamaları (López, 2003).

Bambuları birleştirme teknikleri iki şekilde incelenmektedir. Bunlar;

- Geleneksel Bağlantı Teknikleri (Düşük teknoloji bağlantı teknikleri)
- Modern Bağlantı Teknikleri (Yüksek teknoloji bağlantı teknikleri)'dir.

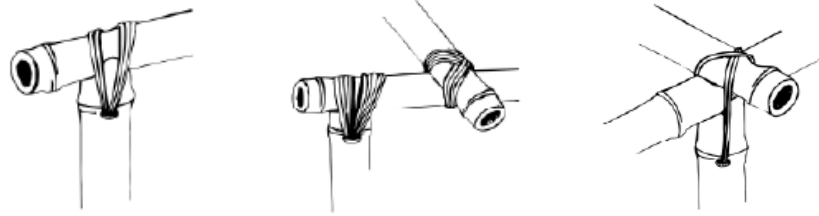
1.8.5.1. Geleneksel Bağlantı Teknikleri (Düşük Teknolojili Bağlantı Teknikleri)

Mevcut geleneksel birleştirme tekniklerinin çoğu, nesilden nesile aktarılan bilgi ile zaman içinde geliştirilmiştir (Davies, 2008). Ucuz ve basit bir bağlantı sistemi gerektirir. Özel bir iş gücü gerektirmez (Laroque, 2007).

Geleneksel bağlantı tekniklerinde elemanları sabitlemek için bazı teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler; bağlama, kama ile sabitleme, dübel veya bulon ile sabitleme ve çelik kelepçe ile sabitlemedir.

- Bağlama tekniğiyle sabitleme

Bağlama, iki veya daha fazla bambuyu bir bağlama malzemesi ile birleştirerek oluşturulur (C.A.N, 2013). Bağlama tekniğinde, birleşim yerini sabitlemek için bağlama malzemesindeki sürtünme kullanılır. Farrelly (2003), bu tekniğin halen bambuları birleştirmenin en yaygın yöntemi olduğunu belirtmektedir. Bağlama malzemeleri; hindistan cevizi lifi, palmiye lifi, hurma lifi, halat, hasır, hint kamışı, bambu şeritler veya daha endüstriyel malzemeler olan; demir tel ve plastik halatlardır. Bağlama tekniklerinde farklılıklar olabilir; bambu parçaları kesilip birbirine tutturulabilir veya her bir parçada delikler açılıp içinden halatlar geçirilip birleştirilebilir (Krawczuk, 2013) (Şekil 60).



Şekil 60. Bambulara açılan deliklerden halat geçirilerek bağlama yöntemi (Reubens, 2010).

Bağlama üç farklı teknikten oluşmaktadır. Bunlar; kare bağlama, diyagonal bağlama ve kesme bağlamadır (Tablo 31).

Tablo 31. Bağlama teknikleri (C.A.N, 2013).

Kare bağlama tekniği	Diyagonal bağlama tekniği	Kesme bağlama tekniği

Bağlama tekniği inşaatta genelde iskele yapımında kullanılmaktadır. Örneğin; bambular çelik telle bağlanıp, Çin'de kırk kata kadar yüksek yapılar yapmak için oluşturulan iskelede kullanılmaktadır (Şekil 61).



Şekil 61. Bambudan oluşturulmuş iskele örnekleri (URL-105 ve 106, 2020).

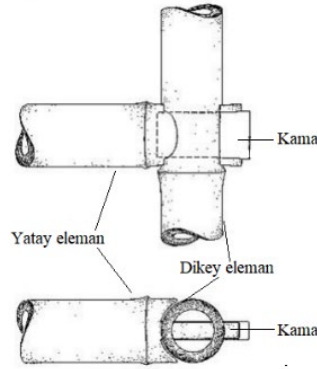
Bağlanmış bağlantı noktalarında çok az sıyrılmaya gücü vardır ve zamanla gevşemeye yatkındır. Bağlantının gerilme kapasitesi, gövdenin içinden delikler açılarak ve kancayı deliklerden bağlayarak geliştirilebilir. Bu, bambunun gücünü zayıflatır, ancak bağlantı noktasının gücünü artırır (Davies, 2008).

Bağlama tekniği kullanılan bağlantılarda ana engel güvenlik sorunudur çünkü tek tip bir kalitenin elde edilmesi çok zordur ve işe alınan işgücüne bağlıdır. Ayrıca, bambuların yerinden kaymasını engellemek çok zordur ve gerilme kapasiteleri zayıftır. Bunu önlemek için bağın aşırı sıkılması, gövde uçlarında yerel ezilmelere neden olabilir. Bağlama tekniği kullanılan bağlantılarda ilgili diğer bir büyük sorun, zayıf yangın direncidir. Bambu gövdeleri, içi boş biçimlerinden dolayı ateş altında bozulmaya meyillidir ve potansiyel yangın hasarını önleme maliyeti genellikle çok yüksek kabul edilir. Bağlanmış noktalar, bambulardan önce yanar ve bir yapının ani ve beklenmedik bir şekilde çökmesine neden olur (Davies, 2008).

- Kama ile sabitleme

İki bambu elemanın bağlantısında kama kullanmak, bambuyu bağlamanın basit bir yoludur. Bağlantıya oturması ve hareket etmemesi için yatay eleman ucunun yuvarlatılması gerekir. Kama deliğe geçirildiğinde, yatay eleman, dikey elemana baskı

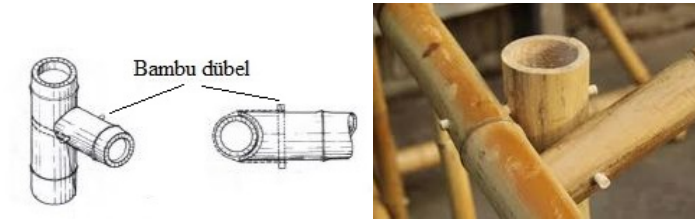
uygular ve bağlantı sabitlenir (Şekil 62). Kamının büzülme olasılığı nedeniyle, bağlama veya cıvatalı yapısal desteklere ihtiyaç vardır (Rottke, 2002).



Şekil 62. Kama ile sabitleme (Rottke, 2002).

- Dübel veya bulon ile sabitleme

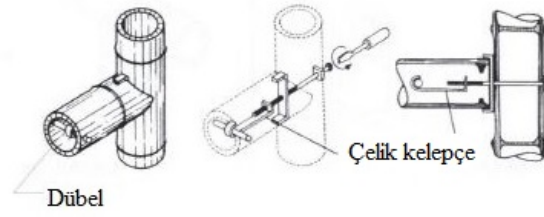
Dübel ve bulon kullanımı bambu yapılarda oldukça yaygındır. Dübelde kopma ve bambunun yarıma olasılığı nedeniyle bambunun uç kısmına çok yakın olmayacak şekilde monte edilmelidir (Rottke, 2002) (Şekil 63).



Şekil 63. Dübel veya bulon ile sabitleme (López, 1981; URL-107, 2020).

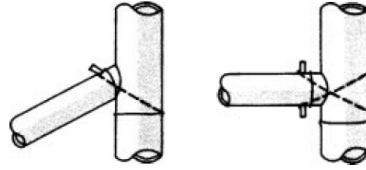
- Çelik kelepçe ile sabitleme

Çelik kelepçeler halen düşük teknoloji bağlantı olarak kabul edilmektedir. Bu sabitleme elemanı ile birden çok bağlantı yapılabilir ancak kuvvetlerin bambu gövdesine dik keşiştiği bölgelerde bu sabitleme türü kullanılmamalıdır (Krawczuk, 2013) (Şekil 64).



Şekil 64. Çelik kelepçe ile sabitleme (López, 1981).

Çoğu bağlantı türü, dübel kullanılsın veya kullanılsın, esas olarak bağlama veya düğümlenme işlemine dayanır. Düz bağlantılarda, bağlar önceden açılmış bir delikten veya önceden oluşturulmuş deliklere yerleştirilmiş sert ağaç, bambu pim veya dübellerin etrafından geçirilebilir. Çiviler, genellikle mukavemeti artırmak için bir açıyla, bir taraftan çakılır; dübeller genellikle dik açılarla elemanın içinden geçer (Şekil 65). Çapraz bağlantılarda benzer şekilde dübel kullanılabilir ve bağlanabilir (Jayanetti ve Follet, 1998).



Şekil 65. Çivi (solda) ve dübel (sağda) ile sabitleme

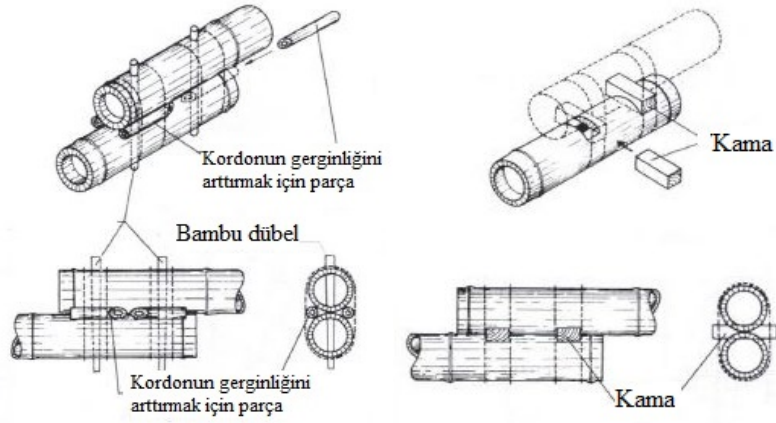
Elemanları birleştirmenin en yaygın yolları; bindirme tekniği, dikey bağlantı tekniği, açılı bağlantı tekniği ve içten geçen bağlantı tekniğidir.

- Bindirme tekniği

Bu bağlantı tekniği, daha uzun elemanlar oluşturmak istendiğinde iki veya daha fazla bambu sırayla birleştirilmesiyle oluşturulur. Bağlantı genellikle dört teknikten biriyle gerçekleştirilir:

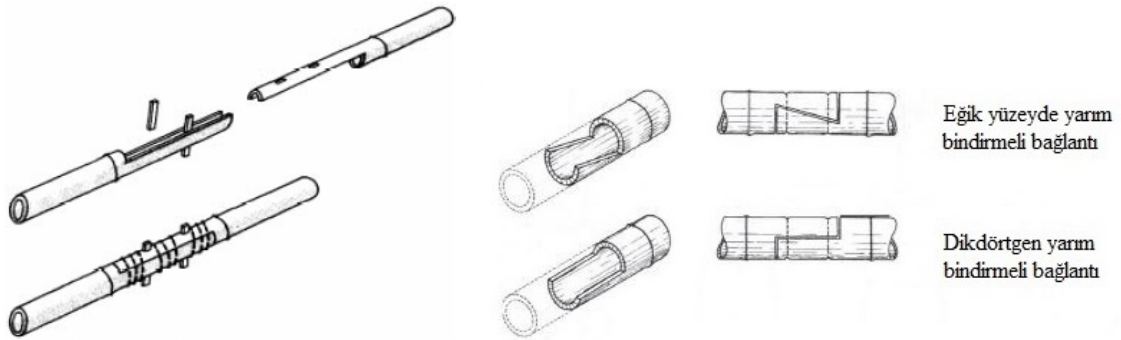
Tam bindirme: Bambuyu birleştirmek için oldukça geleneksel bir yöntemdir. İki bambu gövdesi aynı düzlemde en az bir düğümden üst üste biner. Üst üste binen alan daha sonra tek bir üye oluşturacak şekilde birbirine bağlanır. Bambu veya ahşap dübellerle,

kamalarla güçlendirilir (Şekil 66). Ortaya çıkan bağlantı çok güvenli ve yapımı basittir. Bu teknik, tek bir güçlü kiriş oluşturmak için birçok bambunun birbirine tutturulması gereken uzun yük taşıma kirişlerinde kullanılır (Davies, 2008). Bu bağlantının bir dezavantajı, oldukça büyük olmasıdır (Jayanetti ve Follet, 1998).



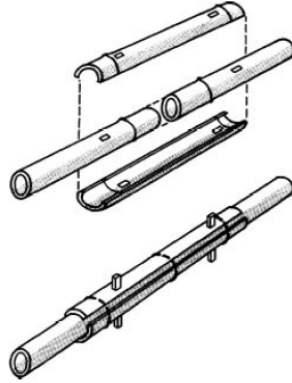
Şekil 66. Bambu dübel (solda) ve kamalarla (sağda) tam bindirme tekniği (López, 1981).

Yarım bindirme: Birleştirilecek bambular benzer çapta olmalı ve en az bir boğum uzunluğu boyunca boylamasına yarıya kadar kesilmelidir (Jayanetti ve Follet, 1998). Sonrasında üst üste bindirilir ve gerekirse dübel ilavesiyle bağlanır. Örtüşen alan, Şekil 67'de görülebileceği gibi bir boğumun uzunluğu kadar olmalıdır. Bağlantının bambu gövdesinden daha kalın olmamasını isteniyorsa, yarım bindirme tekniği kullanılabilir (Davies, 2008).



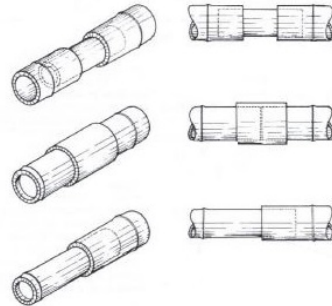
Şekil 67. Yarım bindirme tekniği (Siupongco ve ark., 1987; López, 1981).

Yan plakalarla bindirme: Benzer çaptaki bambular uç uca dizilir. Sonrasında bambuları bir arada tutmak için daha büyük çaplı ve iki veya daha fazla boğum uzunluğunda çeyrek daire şeklinde olan yan plakalar bambulara bağlanır. Yüksek dayanım istendiğinde dübellerle sabitlenme yapılır (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 68).



Şekil 68. Yan plakalarla bindirme tekniği (Jayanetti ve Follet, 1998).

Geçmeli zıvana tekniği: Uygun çaptaki kısa bambular, iki bambu gövdesini birleştirmek için harici veya dahili olarak kullanılır (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 73). Kısa gövde uzunlukları, bambu birleşim yerlerini tamamen çevrelemek için veya bambuların ortasına yerleştirilmek için kullanılır. En basit bağlantı örneği, Şekil 69'da görüldüğü gibi, küçük çaplı bir bambu gövdesinin daha büyük çaplı bir bambu gövdesinin içerisine geçirilmesiyle oluşturulmaktadır (Davies, 2008). Bu tekniğin konutlarda kullanımını nadirdir. Genellikle su kemeri gibi yapılarda tercih edilmektedir.

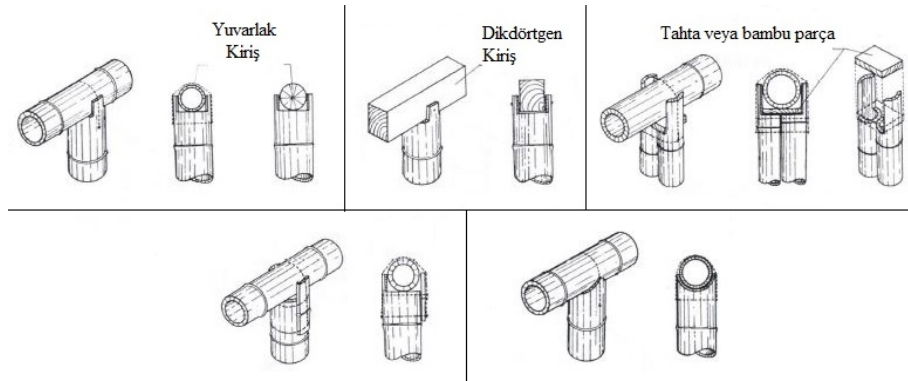


Şekil 69. Geçmeli zıvana tekniği (López, 1981).

- Dikey bağlantı tekniği

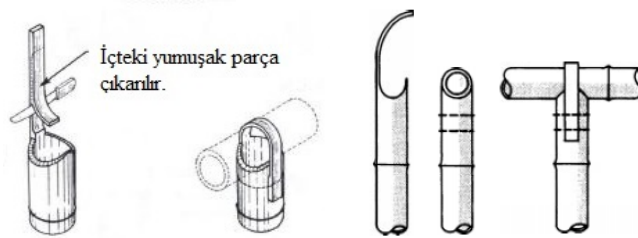
Bu teknikte iki veya daha fazla bambu, dik açılarda birleştirilir veya kesiştirilir. En yaygın kullanılan bağlantı tekniğidir. İki farklı şekilde oluşturulmaktadır.

Düz bağlantı: En basit şekliyle, doğrudan bir dikey elemanın üstünde desteklenen yatay bir eleman içerir. Örnek olarak, dikmeler ile çatı saçağı kirişleri veya ara dikmeler ile zemin kirişleri arasında olan bağlantılar gösterilebilir. Dikmenin üst kısmı, kirişin güvenli bir şekilde oturmasını ve iyi bir yük aktarımı sağlamak için bağlantıya uyumlu şekilde kesilebilir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 70).



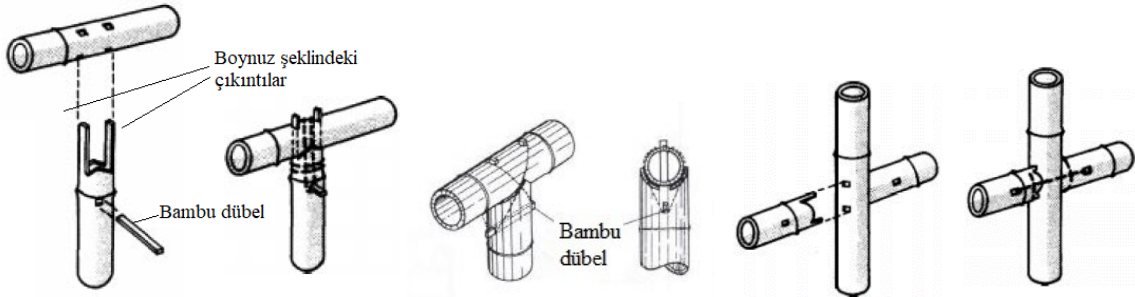
Şekil 70. Düz bağlantı örnekleri (López, 1981).

Bunun dışında diğer bir yöntem olarak da bambu ile bağlantısına uyumlu olacak şekilde kesilen dik konumdaki bambu elemanda, enine bambu elemanın tam üzerine bükülen ve arkaya bağlanan uzun, yekpare bir dil şeklinde kesilebilir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 71). Bu dil daha sonra bağlantının üzerine sarılır ve ek gerilme mukavemeti için bağlanır. Bambunun yeşil olması gerekmektedir (Davies, 2008).



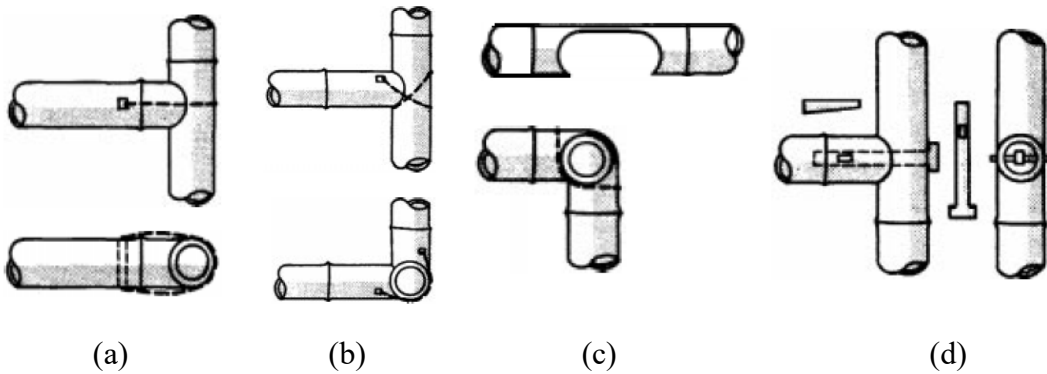
Şekil 71. Bambu gövdesinin dil şeklinde kesilip bağlantı oluşturulması (López, 1981; Stulz, 1983)

Bambulardan biri iki adet "boynuz" şeklinde kesilebilir. Kesilen bu bambu diğer bambu elemana bağlanır. Bambular birbirine dik açıda değilse, her iki taraftaki çıkıntıları hizalamak için işçilik gerekir. Bu işlem aynı zamanda bambuya bağlantının gücünü büyük ölçüde azaltabilecek delikler açmayı gerektirmektedir (Davies, 2008). Yatay elemanların uçları, dikmelerde karşılık gelen zıvanalara yerleştirilmek üzere boynuzlar veya yekpare zıvana oluşturmak için kesilebilir (Şekil 72).



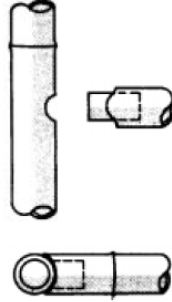
Şekil 72. Bağlantı için bambulara çıkıntı ve deliklerin oluşturulması (López, 1981; Stulz, 1983 ; Siupongco ve ark., 1987)

Bu bağlantı sistemi yatay çerçeveye de uygulanabilir (a). Varyasyonlar arasında çift mafsal (b) ve çift bükülmüş mafsal (c) bulunur. Tek uçlu bağlantı için, sert ağaçtan bir zıvana ve anahtar kullanılarak güçlendirilebilir (d) (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 73).



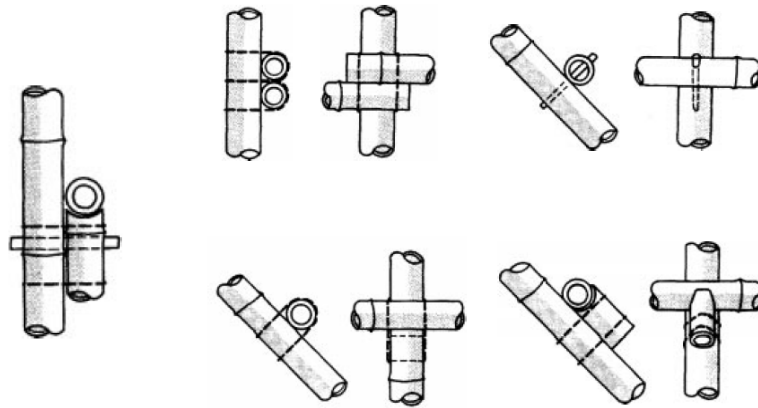
Şekil 73. Düz bağlantı varyasyonları (McClure, 1953; López, 1981; Stulz, 1983).

Başka bir detayda ise bambuların uç kısımlarına bir çözüm sunulur ancak bu dikey elemenda daha da büyük bir deliğin açılmasını gerektirir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 74).



Şekil 74. Düz bağlantıda bir diğer yöntem (López, 1981; Stulz, 1983).

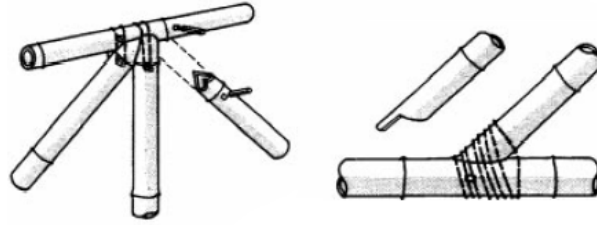
Çapraz bağlantı: İki veya daha fazla elemanın dik açılarda kesiştirilmesiyle oluşturulur. Yatay düzlemde, bağlantının işlevi esas olarak elemanları yerleştirmek ve bir dereceye kadar yanıl stabilite sağlamaktır. Basit bir bağlama tekniği ile gerçekleştirilebilen kiriş-kiriş bağlantılarını içerir. Kayma eğilimi, destek parçasının dikmeye geçirilmesiyle veya dübel kullanılmasıyla azaltılabilir. Çoğu çapraz bağlantı, eğik elemanlar (aşık-mertek bağlantıları) için de uygundur. Bu tür bağlantı varyasyonları Şekil 75'te gösterilmektedir (Jayanetti ve Follet, 1998).



Şekil 75. Çapraz bağlantı varyasyonları (Janssen, 1995 ; López, 1981; Stulz, 1983).

- Açılı bağlantı tekniği

İki veya daha fazla elemanın dik açılar dışında bulunduğu veya kesiştiği yerde oluşturulur. Düz bağlantılarda, elemanın uçları, dikey şekilde bağlanacak bambuya uyumlu olacak şekilde kesilip bağlanır. Entegre zıvana da kullanılabilir, ancak imalatı zaman alıcıdır. Açılı çapraz bağlantılar, dikey bağlantılarla ile hemen hemen aynı şekilde oluşturulur. Örnek olarak bir çatı düzlemindeki çapraz destekler, kafes kirişlerdeki bağlantı elemanları verilebilir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 76).



Şekil 76. Açılı bağlantı tekniği (Siopongco ve ark., 1987; Nienhuys, 1978).

- İçten geçen bağlantı tekniği

Farklı çaplara sahip bambuların, küçük elemanın büyük elemanda açılan bir delikten geçirilerek birleştirilmesiyle oluşturulur. Bağlantı, her iki elemandan geçen bir dübel ile sabitlenir (Şekil 77). Bu tür bağlantı, bölmelerde, kapılarda ve pencere çerçevelerinde uygulanmaktadır (Jayanetti ve Follet, 1998).



Şekil 77. İçten geçen bağlantı tekniği (López, 1981; Widyowijatnoko ve Harries, 2020).

1.8.5.2. Modern Bağlantı Teknikleri (Yüksek Teknolojili Bağlantı Teknikleri)

Geleneksel yöntemler üzerine inşa edilerek ve bambudaki gelişmelerin güçlü yönlerinden ve avantajlarından yararlanılarak, birleştirme sorunlarına yapısal olarak daha verimli çözümler sunan bir dizi birleştirme tekniği geliştirilmiştir. Bu birleştirme tekniklerinin benimsenmesi ve uygunluğu büyük ölçüde malzeme, ekipman ve vasıflı işgücünün maliyetine ve bulunabilirliğine bağlıdır (Jayanetti ve Follet, 1998)

Geleneksel bağlantı ile karşılaştırıldığında, ham bambuyu bağlamak için bir araç olarak konektörlerin kullanılması; dayanıksızlık, bağlantıdaki kayma durumları ve kolay bileşenler vb. sorunları etkili bir şekilde çözmektedir. Modern bağlantılar ile geleneksel bağlantılar arasındaki en temel fark, kuvvetin önce metal bağlantılara ve ardından diğer ham bambu bileşenlerine aktarılmasıdır. Geleneksel bağlantılarda kuvvet, doğrudan üst üste binen bambudan iletilir. Konektörler, modern mimarinin pratik ve sanatsal gereksinimlerini karşılamak, yapısal, mekânsal tipler ve karmaşık bağlantı biçimleri oluşturmak için kullanılmaktadır (Hong ve ark., 2019).

Modern bağlantılarda; cıvatalar, çeşitli materyallerde konektörler ve levhalar, jübile klipsleri, kelepçeler, pimler, çeşitli materyallerde uçlar ve başlıklar kullanılmaktadır (Şekil 78).

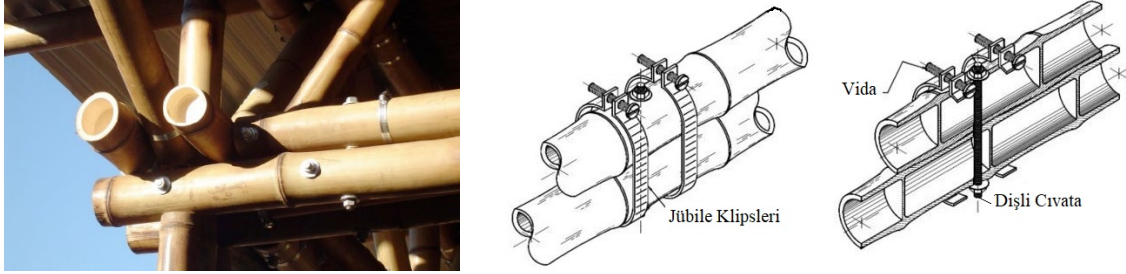


Şekil 78. Modern bağlantıda kullanılan çeşitli materyaller (URL-108,109 ve 110, 2020; Verhoeven ve Wal, 2014).

- Cıvatalarla oluşturulan bağlantı

Cıvatalar, iyi ekonomik performans, yüksek yapı verimliliği, basit ve güvenilir kuvvet iletimi özelliklerine sahip en yaygın kullanılan metal konektördür (Hong ve ark.,

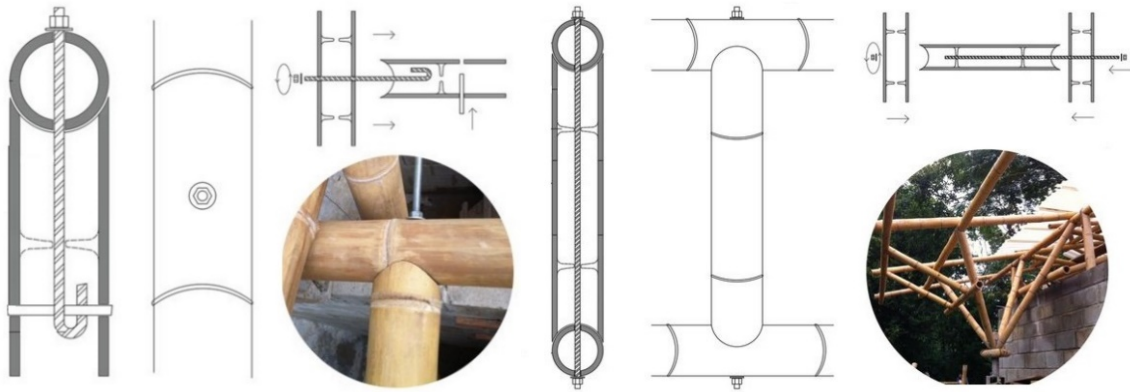
2019) (Şekil 79). Bağlantıda çelik cıvataların kullanılması, bağlama ile mümkün olmayan karmaşık bağlantıların oluşturulmasına izin verir. Bambu yapının inşasını, bağlama işleminden çok daha hızlı hale getirir (Vahanvati, 2015).



Şekil 79. Cıvatalarla kurulan bağlantı örnekleri (Vahanvati, 2015; Correal, 2016).

En basit cıvata bağlantısında yalnızca bambu üzerindeki cıvata çapına uygun delikler açılması gerekir. Ardından eşleşen cıvatalar ve somunlar, bambu bileşenleri arasındaki bağlantıyı gerçekleştirebilir. Diğer cıvata bağlantı biçimleri bu temelde optimize edilir ve geliştirilir (Hong ve ark., 2019).

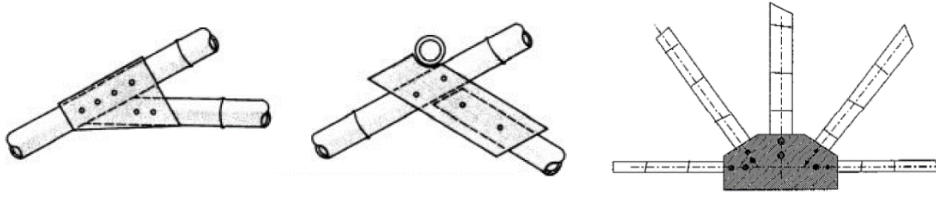
Şekil 80'de solda, bağlantıyı tamamlamak için yalnızca bir cıvata çubuğu ve bir çift somun kullanarak en basit cıvata bağlantısını göstermektedir. Sağda ise, başka bir yaygın cıvata bağlantısı biçimini göstermektedir (Hong ve ark., 2019).



Şekil 80. Cıvatalarla oluşturulan bağlantı varyasyonları (Hong ve ark., 2019).

- Köşebent levhaları veya braketler ile oluşturulan bağlantı

Kafes kirişlerdeki bağlantı düzeneklerine uygulanan, cıvatarla veya dübellerle sabitlenen kontrplak, masif ahşap, çelik veya metalden yapılan köşebent levhalar, geleneksel birleştirme yöntemlerine kıyasla gelişmiş sertlik ve mukavemet gösterir (Janssen, 1995, Punhani ve ark., 1989) Bu tür bir bağlantı, esas olarak diğer bağlantıyla birleştirilemeyen karmaşık bağlantı için kullanılır (Morisco ve Mardjono, 1995) (Şekil 81).



Şekil 81. Köşebent levhaları ile oluşturulan bağlantı örnekleri (Mishra ve Sanyal, 1991 ; Janssen, 1995 ; Davies,2008).

Braketler genellikle çelikten yapılmış ve 90 °'lik bağlantılar oluşturmak için bambuya cıvatalanmış L şeklinde parçalardır (Vahanvati, 2015) (Şekil 82).



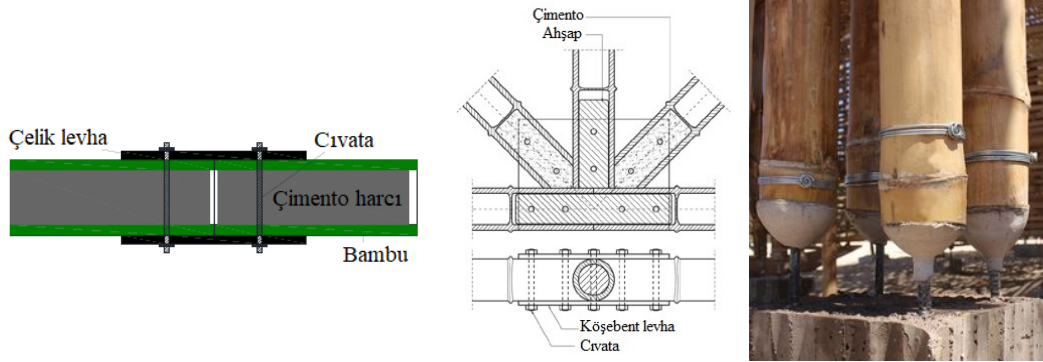
Şekil 82. Köşebent levha (solda) ve braketler (sağda) ile oluşturulan bağlantı (Vahanvati, 2015).

- Dolgu Takviyeli Bağlantı

Metal konektörlerle bağlanan mevcut bağlantıların çoğunun, cıvata deliklerinin açılması ve uçların birleştirilmesi vb. işlemler, bambu bileşenlerin performansını zayıflatır

ve bağlantıdaki ham bambunun kolay kırılmasına neden olur. Bağlantının sertliğini ve stabilitesini sağlamak için bilim adamları, bambunun boğumlarına dolgular eklenerek güçlendirilen ve daha sonra cıvata ve prefabrike metal bağlantılarla birleştirilen bağlantı formlarını ortaya koymuştur (Hong ve ark., 2019).

İlk olarak Morisco ve Mardjono (1995) tarafından geliştirilen bu bağlantı Arce bağlantısının bir modifikasyonudur. Birleştirilecek bambuların iç yüzeyleri tel fırça ile temizlenir. Bağlantı yerlerinin mukavemetini arttırmak için bambunun içi çimento ile doldurulur. Morisco ve Mardjono (1995) bu teknikte çelik cıvata ve çimento kombinasyonunu uygulamıştır. Bambunun içine doğru cıvatalar yerleştirilir ve ardından cıvataların etrafına ve bambuların düğümlerine kadar çimento dökülür (Şekil 83). Çelik veya kontrplak köşebent levhaları ile kullanılabilir. Bambu çimentoyla birlikte küçüleceğinden yeşil bambu kullanılması önerilir. Bindirme tekniği için tasarlanmıştır ancak açılı bağlantılar için kolayca uyarlanabilir (Davies, 2008). Bu bağlantıda, yapıların yanı sıra bağlantıların ağırlığı da en az 2,5 kat artar ve uzun süreli kullanım durumunda, çimento harcı ve bambunun farklı büzülme-şişme oranları nedeniyle, aralarında kademeli olarak malzemeler birbirinden ayrılacak şekilde çatlaklar meydana gelmektedir (Awaludin ve Andriani, 2014).



Şekil 83. Dolgu takviyeli bağlantılar (Awaludin ve Andriani, 2014; Widyowijatnoko ve Harries, 2020 ; URL-111, 2020).

- Başlıklı ve göbek(hub) bağlantılar

Bir göbek veya yapısal düğüm oluşturmak için bambunun uç kısmına başlık yerleştirilir (Vélez ve ark., 2000). Bambular önceden yivli hale getirilir, yapıştırıcı veya

cıvatalarla sabitlenir. Bu bağlantılar standart hale getirilebilir. Cıvatalı bağlantılara göre montajı daha az işçilik gerektirir. Başlıklı bağlantılar modüler olma potansiyeline sahiptir ve hub bağlantılarıyla basitleştirilmiş inşaat süreci sağlanmaktadır (Rottke, 2003).

Hub konektörleri genellikle birçok bambu parçasını ortada birleştirmek için kullanılır. Bambuya bir çelik levha veya çubuk kullanılarak bağlanan merkezi bir halka konektöründen oluşur. Çoklu borular ortada cıvatalanarak bir hub konektörü oluşturmak için bambu ile kullanılabilir. Hub konektörleri kelepçelerle birleştirilebilir. Bu tip konektörler, jeodezik kubbe veya diğer geometrik formları oluşturmak için kullanışlıdır. Genellikle belirli projeler için özel olarak üretilir (Vahanvati, 2015). Çelik, metal ve plastik vb. birçok malzemeden oluşturulabilir (Şekil 84).



Şekil 84. Çeşitli malzemelerle oluşturulan hub konektörleri (Vahanvati, 2015; URL-112, 2020).

Alman Bambu-Tech firması 2002 yılında patentini almış olduğu, çeşitli yapılar oluşturmak için birleştirilebilen bir dizi esnek olmayan standartlaştırılmış merkezden oluşan bir bağlantı geliştirmiştir (Rottke, 2003). Bambunun her iki ucuyla eşleşebilecek ahşaptan (alüminyum veya plastik de olabilir) standart bir bambu bağlantı başlığı oluşturmuştur (Yu, 2007) (Şekil 85).



Şekil 85. Alman Bambu-Tech firması tarafından oluşturulan bağlantı (Yu, 2007).

Shoei Yoh, Bambu-Tech'in bambu bağlantısına benzer bir bağlantı geliştirmiştir. Bambu ile metal bağlantı, vida ve somunlarla birbirine bağlanıp ve sabitlenir. Dolayısıyla bu bağlantı için beton veya yapıştırıcı gerekmez (Yu, 2007) (Şekil 86).



Şekil 86. Shoei Yoh tarafından oluşturulan bağlantı (Scaramuzza, 2019).

Renzo Piano, UNESCO ile 1989 yılında İtalya'da bir bambu yapı atölyesi düzenlemiştir (Yu, 2007). Bu atölyede alüminyum ve çelik gibi endüstriyel malzemelerle bambuların bağlantısının bir örneği geliştirilmiştir (Şekil 87).



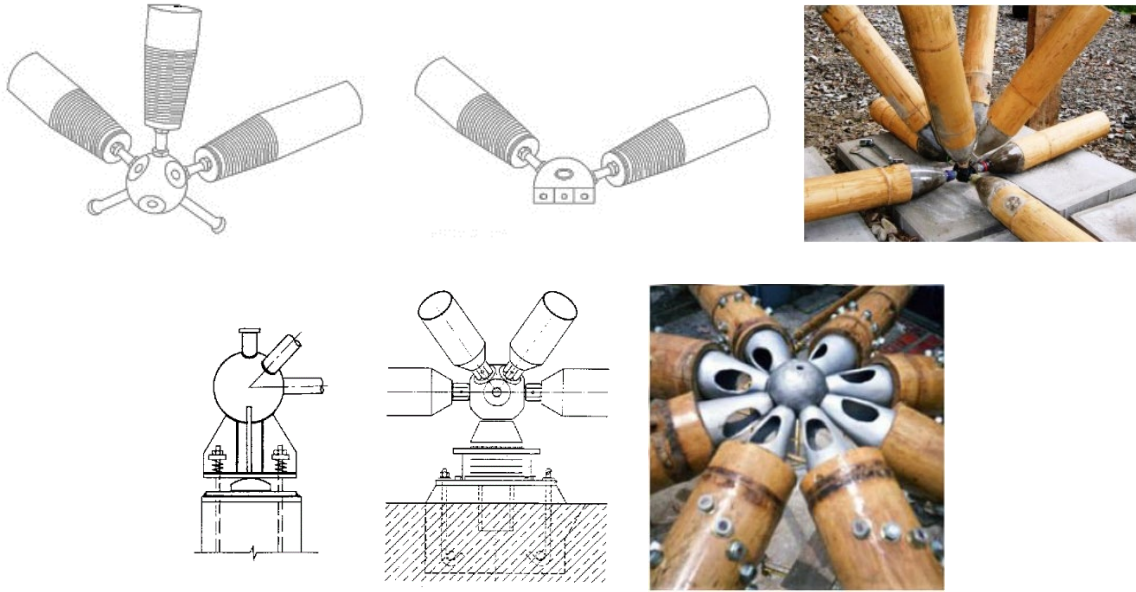
Şekil 87. Renzo Piano tarafından oluşturulan bağlantı (Pistolesi , 2013).

Koolbamboo firması tarafından patentli Guadua- Tech bağlantı sistemi geliştirilmiştir (Şekil 88). Bambuların uçlarına başlıklar yapılarak bağlantı oluşturma prensibine dayanır. Bağlantıda paslanmaz çelik, bakır veya boyalı çelik gibi çeşitli malzemeler kullanılabilir.



Şekil 88. Koolbamboo firması tarafından üretilen bağlantı detayları (Scaramuzza, 2019).

Induo bağlantı: Bambuya vidalanmış bir küreden oluşan bu sistem, büyük bambu çaplarının maksimum nominal yükünün yaklaşık %100'ünün aktarılmasını sağlar. Vida ile bambu arasında bağlantıyı sağlamak için özel bir derz dolgusu gereklidir. Yanlarında bağlantı dişleri bulunan bir dökme demir çekirdekten oluşur (Rottke, 2003) (Şekil 89).



Şekil 89. Induo bağlantı detayları (Correal, 2016; Saevfors, 2020; Lan, 1998; Pistolesi, 2011).

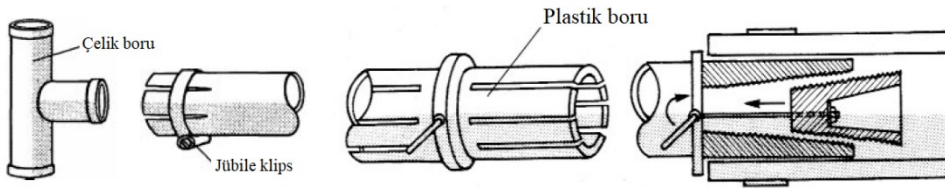
Albermani ve arkadaşları (2007), sadece standartlaştırılmış olmayan aynı zamanda konumlandırılabilir bir PVC bağlantı-göbek sistemini geliştirmiştir. Bu sistem sayesinde başlıklı ve çok portlu göbek arasında düzlemsel dönen bir cıvata bağlantısı kullanılarak, tek bir bağlantıya çeşitli açılarda 8 adede kadar bambu tutturulabilir (Disén ve Clouston, 2003).

Başlıklı ve göbek bağlantılarda kullanılan başlıkların genişletilebilir olması, çeşitli çaplarda bambuya sığabilme avantajını mümkün kılmaktadır. Birden fazla bambuya ve farklı açılı bağlantılara uyumlu, bambunun içine sığacak şekilde etkili bir basit genişletilebilir bağlantı oluşturulabilir. Genişletilebilir bağlantılarla ilgili sorun, bağlantının aşırı sıkılmasının bambu kabuğunu sıyrabilmesidir. Nienhuys (1976) tarafından tasarlanan bu bağlantı, yapıştırıcı ile kullanılmadığı sürece herhangi bir gerilme mukavemeti sağlamaz. Çeşitli malzemelerden yapılmış önceden oluşturulmuş borular, bağlantı için temel oluşturabilir (Şekil 90). Bambular bu boruya dahili veya harici olarak yerleştirilir (Davies, 2008).



Şekil 90. Dikey bambu kulelerinin bağlantısında kullanılan başlık detayları (URL- 113, 2020).

Düz bağlantılar için genişleyen plastik ekler kullanılabilir. Jübile klipsleri kullanılarak prefabrike çelik boru konektörlerin etrafındaki yarıklı uçlu bambu elemanların sıkılmasıyla açılı bağlantılar oluşturulabilir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 91).



Şekil 91. Genişleyen plastik eklerin detayları (Nienhuys, 1976).

Bambular birlikte çalışmak üzere bir araya getirilebilir. Oluşturulan bambu demetleri daha büyük yükleri taşımak için kullanılabilir (Laroque, 2007) (Şekil 92).



Şekil 92. Büyük yükleri taşımak için oluşturulan bambu demetleri (Harison ve ark, 2017; Ubidia, 2015).

- Diğer bağlantılar

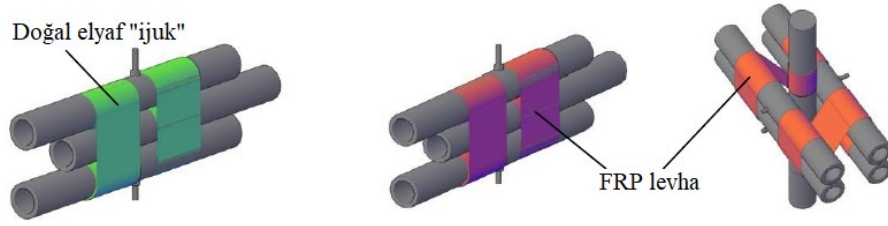
Studio Cardenas ekibi, Zhejiang Eyaletinde bambu konutu inşa ederken kirişleri ve kolonları birbirine bağlamak için çok katmanlı bir metal kafes tasarlamıştır. Metal kafes, çok katmanlı metal plakalar ve cıvatalardan oluşur. Metal plakalar arasındaki mesafe, farklı boyutlarda bambuya uyum sağlamak için somunlarla ayarlanabilmektedir. Bu bağlantı, bambuya daha az zarar verir ve bambu üzerinde çok sayıda delik açılmasını önler. Ek olarak, metal plaka üzerinde, sadece bambu üzerindeki çelik elemanların ekstrüzyonunu hafifletmekle kalmayan, aynı zamanda bambunun kaymasını ve dönmesini azaltmak için sürtünmeyi de artıran elastik bir yastık bulunmaktadır (Hong ve ark., 2019) (Şekil 93).



Şekil 93. Studio Cardenas ekibi tarafından tasarlanan bağlantı detayları (URL- 114, 2020; Scaramuzza, 2019).

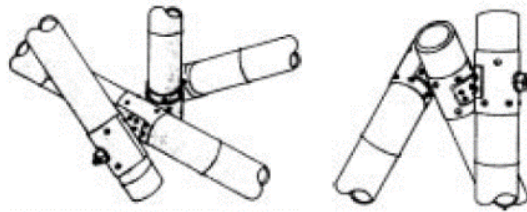
Bambuları farklı aralıklarla bir arada tutmak için çelik veya plastik bantlar kullanılabilir (Laroque, 2007). Awaludin ve Andriani (2014), doğal elyaf (Endonezce adı

ijuk) ve elyafla güçlendirilmiş plastik levha (FRP levha) ile bağlantı oluşturup karşılaştırma yapmıştır (Şekil 94). Sonuç olarak, FRP ile güçlendirilmiş bağlantıda, bağlantı kayma modülünde ve yük taşıma kapasitesinde önemli bir artış olduğunu görülmüştür. FRP levhaların sarma etkisi, bambu yarıma durumunu başarılı bir şekilde geciktirirken, doğal elyaf ijuk ile güçlendirilmiş bağlantılarda bu artış ihmal edilebilir düzeyde olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 94. FRP levha ve "ijuk" ile yapılan bağlantı (Awaludin ve Andriani, 2014).

Herbert ve Evans (1979), tarafından geliştirilen bu birleştirme tekniğine Herbert kesme pimi konektörü adı verilmiştir. Küçük çelik manşonlar bambulara tutturulur ve bu manşonların tümü pimlerle birbirine cıvatalanır (Şekil 95). Bu bağlantı, tüm bambular aynı düzlemdeyken en iyi şekilde çalışsa da birden fazla bambunun bir noktada bağlanmasına da izin verir. Bambular, herhangi bir noktada üst üste gelebilir. Üst üste binmesi, özellikle ikiden fazla bambu bağlıysa, çok hantal bağlantılara neden olabilir. Herbert kesme pimi konektöründe kullanılan çok sayıda çelik vardır, ancak belirli yönlerde çok güçlüdür. Dezavantajları, kullanılan pim bağlantısının az moment taşıması ve bambunun her iki ucunun da sabitlenmesini gerektirmesidir (Davies, 2008).

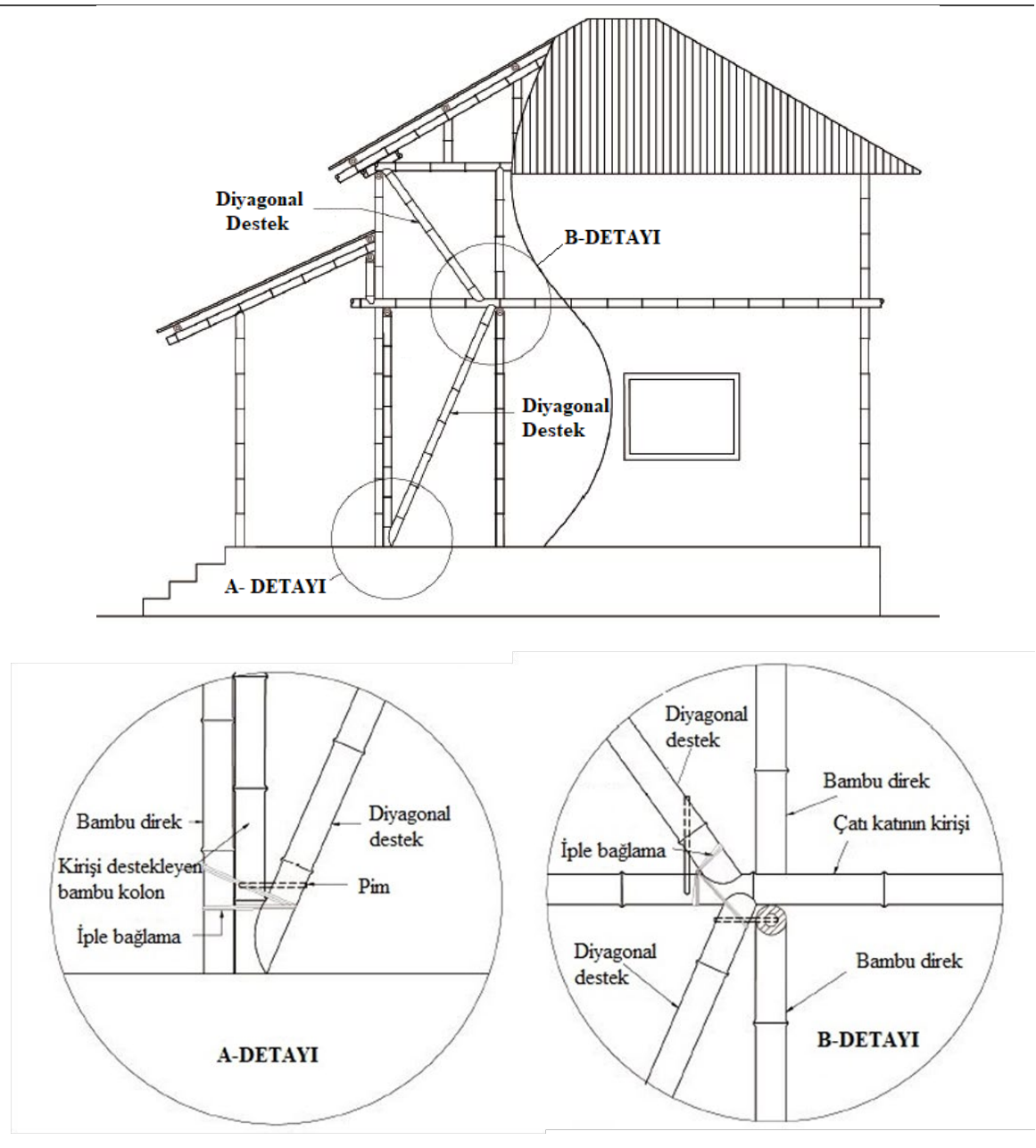


Şekil 95. Herbert kesme pimi konektörü (Jayanetti ve Follet, 1998).

1.8.6. Destekleme Yapımı ve Detayları

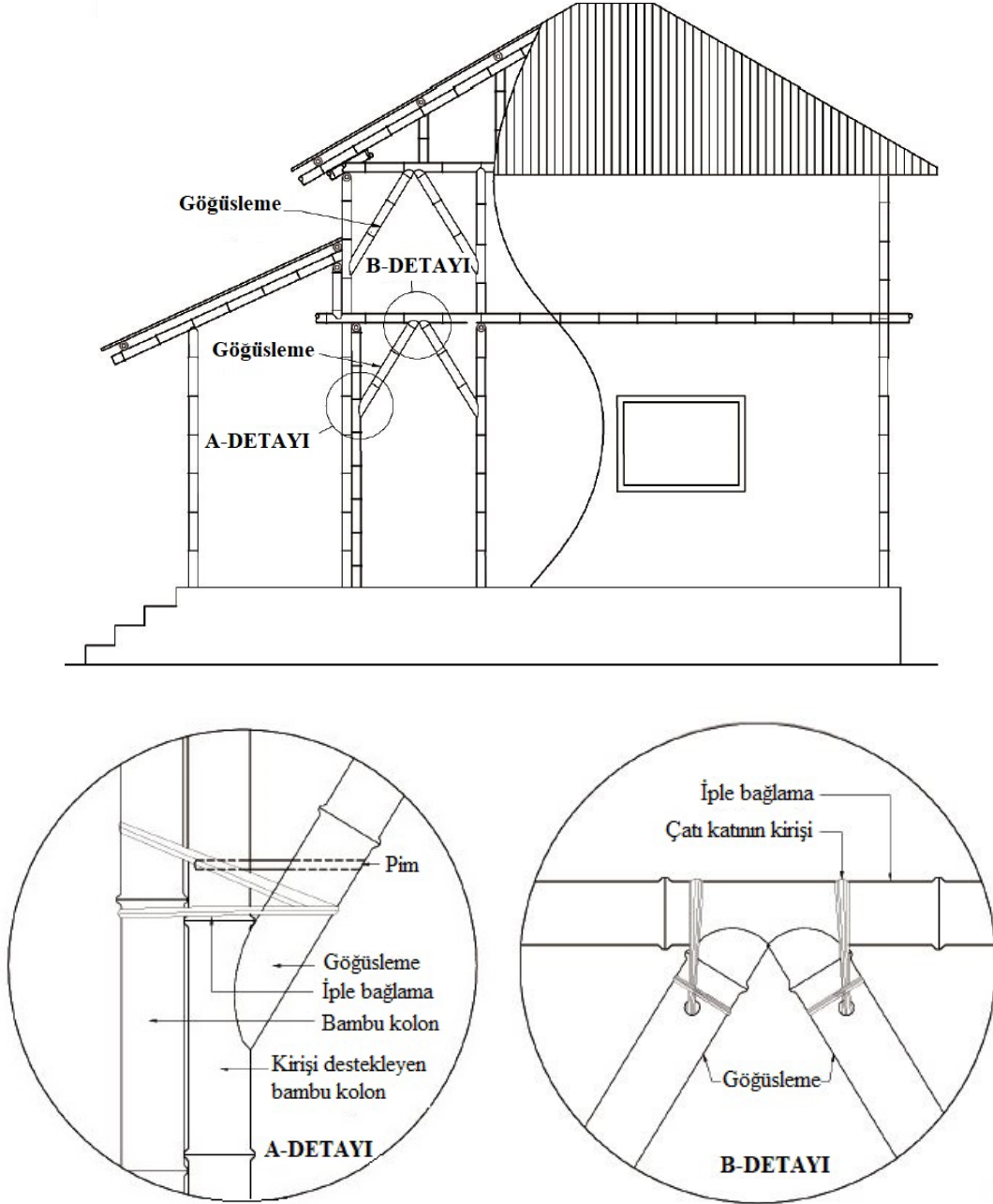
Deprem ve rüzgâr etkileri altında yapılara yüksek stabilite ve rijitlik sağlamak adına subasman seviyesinden çatı katı seviyesine kadar her kolon arasına çapraz (diyagonal) destek yapılabilir (Tablo 32). Yapılan desteklemenin aynısı karşıdaki duvara da yansıtılmalıdır (C.A.N, 2013).

Tablo 32. Deprem ve rüzgâr direnci için yapılan diyagonal destek ve detayları (C.A.N, 2013).



Kolon ve çatı katı kirişini bağlamak ve yanal yük direnci için her kolona göğüsleme yapılarak destekleme oluşturulabilir (C.A.N, 2013) (Tablo 33).

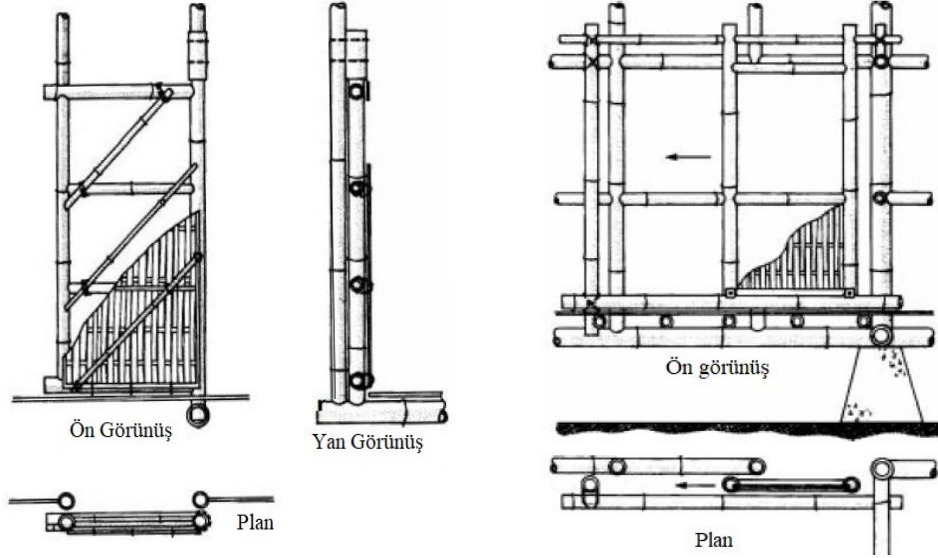
Tablo 33. Yanal yük direnci için yapılan göğüsleme ve detayları (C.A.N, 2013).



Aynı zamanda bambu dikmelerin panellerle sabitlenmesi ve bambu dikmeler arasında dolgu malzemesi konulması stabiliteyi arttırmaktadır.

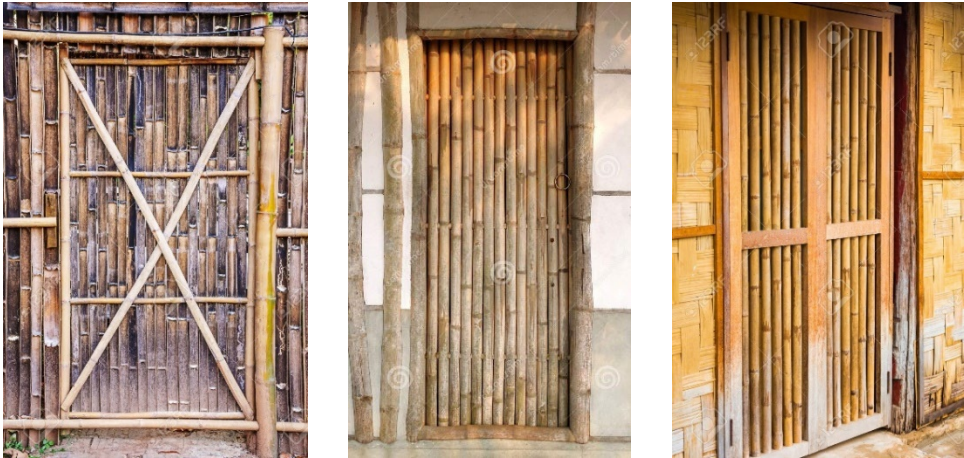
1.8.7. Kapı ve Pencerelerin Yapımı

Geleneksel bambu bina tiplerinde, kapılar ve pencereler genellikle form ve strüktür açısından çok basittir. Kapılar, yan menteşeli veya sürgülü olabilmektedir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 96).



Şekil 96. Menteşeli kapı ve sürgülü kapı çizimleri (Siopongco ve ark., 1987).

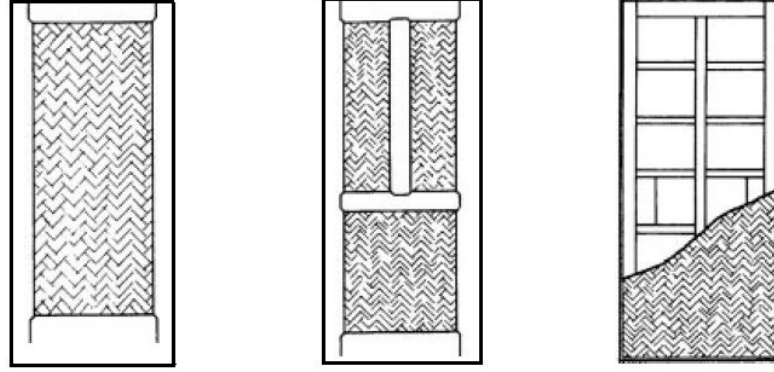
Bambu kapılar, dokunmuş bambu veya küçük çaplı bambu gövdeler içerebilir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 97).



Şekil 97. Bambu kapı örnekleri (URL-115,116 ve 117, 2020).

Yüksek nitelikli binalarda ahşap kapılar daha yaygındır.

Kapılar veya panjurlar panel olarak bambu hasır levhalardan oluşabileceği gibi, içi boş olup dış kısımda kaplama olabilmektedir (Jayanetti ve Follet, 1998) (Şekil 98).

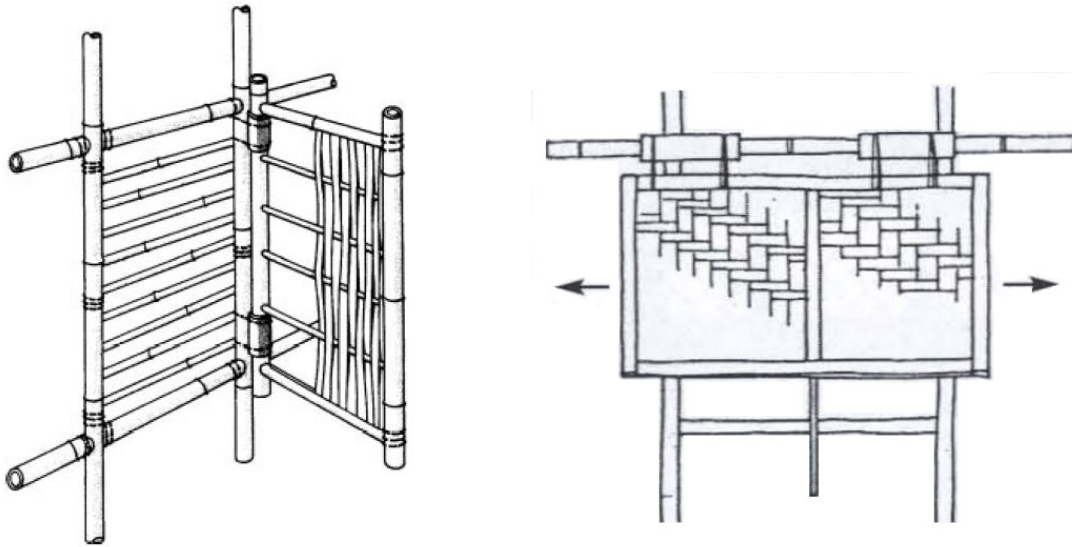


Şekil 98. Bambu hasır levhalardan oluşan ve içi boş dışı kaplamalı kapı detayları (Ganapathy ve Zoolagud, 1993; URL-118 ve 119, 2020).

Pencereler, bambu çubuklardan veya dokunmuş hasır bambu kanatlardan oluşabilir (Şekil 99). Kanatlar, doğrudan güneş ışığından ve yağmurdan korunmak için yan menteşeli, sürgülü veya yaygın olarak üst menteşeli olabilir (Şekil 100). Menteşeler basit bağlantı detaylarından ve elemanlarından oluşmaktadır. Bambu pencereler genellikle verniksiz bırakılmaktadır. Tıpkı kapılarda olduğu gibi, yüksek nitelikli binalarda pencereler yaygın olarak ahşaptan yapılmaktadır (Jayanetti ve Follet, 1998).



Şekil 99. Bambu pencere örnekleri (URL-120,121,122 ve 123, 2020).



Şekil 100. Mentşeli ve sürgülü kanatlı pencere detayları (Siopongco ve ark., 1987; (López, 2003).

1.9. Prefabrike Bambu Yapım Sistemleri

Prefabrike yapılar minimum işçilik becerisi kullanılarak çok kısa bir sürede kurulabilir. Prefabrike bambu yapılar sadece afet bölgeleri, hava ve coğrafi koşulların kötü olduğu deprem bölgeleri için en uygun olmakla kalmaz, aynı zamanda inşaat süresinin kısa olduğu çiftlik evleri, misafir evleri vb. için de kullanılmaktadır (URL-124, 2020).

Bambu prefabrike yapılar son derece dayanıklıdır ve minimum 40 yıllık kullanım ömrüne sahiptir. Yüksek hızlı rüzgârlara (150 kmph) ve depreme dayanıklıdır. Yapılar hafif, modüler ve birbiri ile değiştirilebilir. İyi termal ve akustik özelliklere sahiptir. Uluslararası uygulamaya göre hazırlanmış kalite standartları IS-13958 ile BIS-4990-1981'e göre tasarlanabilir (URL-124, 2020).

Bambu prefabrike paneller iki şekilde inşa edilebilir;

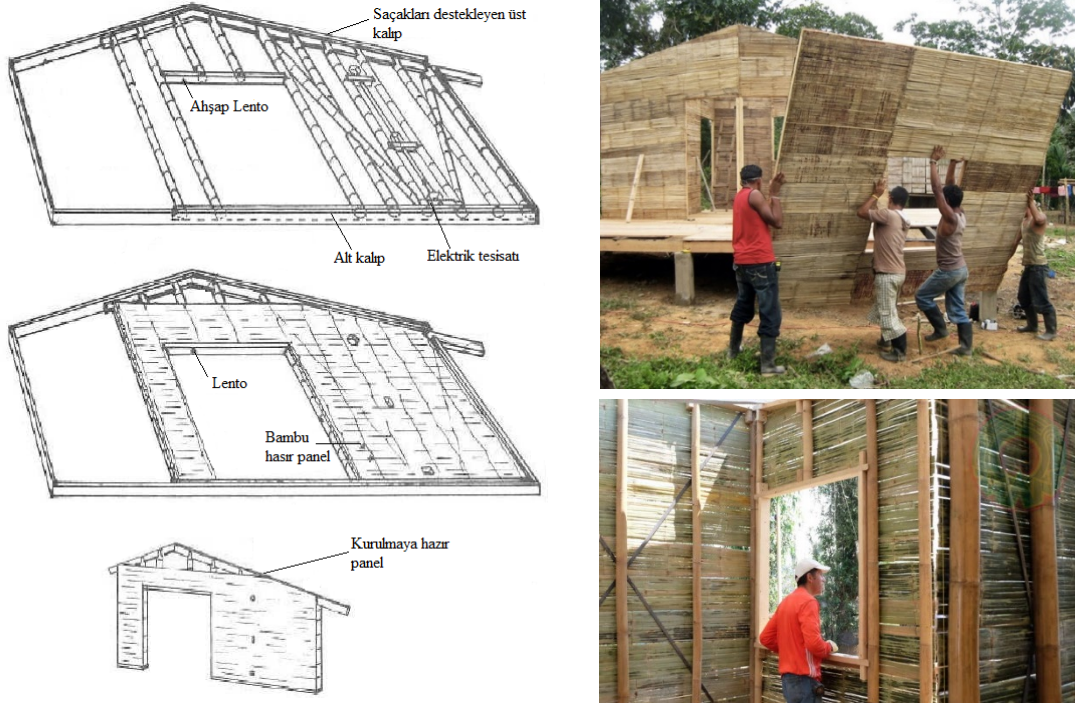
1. Yerinde montajlanan panel sistemleri (Sürekli olan, yani uzunluğu duvarın uzunluğuna eşit olan tek bir panel)
2. Prefabrike modüler panellerin tekrarlanması ile oluşturulabilir (Díaz, 2006).

1.9.1. Yerinde Montajlanan Panel Sistemi

Bu sistem, geleneksel sisteme göre daha gelişmiş sistemdir. Sahada büyük paneller veya bütüncül duvarlar üreterek, formların veya kalıpların kullanılmasıyla bir seri üretim sunmaktadır. Pahalı veya karmaşık üretim tesisleri gerektirmez çünkü basit teknolojilerin, mevcut araçların ve vasıfsız işgücünün kullanılmasıyla, kolay şekilde hedefe ulaşım sağlamaktadır. Bu sistemde istenilen, bu türden herhangi bir süreç için gerekli olan dikkatli programlama ve geliştirilmedir. Bu da panellerin imalatı ve montajı açısından bilinen bir sistemdir (Díaz, 2006).

Sistem, panelleri oluşturan parçaların kesilmesi, seçilmesi ve birleştirilmesi için yüksek teknolojilerin kullanılmasından ziyade daha basit teknolojilerle ve birkaç ahşap eleman ve bambunun kullanılmasından ibarettir. Seri üretim ve hızlı montaj, geleneksel yapım sistemlerinden oldukça farklıdır. Her bir sütun, seçilmeli, ölçülmeli, boyutlandırılmalı, yerleştirilmeli, sıhhi tesisat yapılmalı ve son olarak birbirine sabitlenmelidir. Öte yandan, bu sistemle, daha önce aynı ölçü ile kesilmiş ve sabitlenmiş dikmeler ve köşegenler hızlı bir şekilde yerleştirilip çakılabilmektedir (Díaz, 2006).

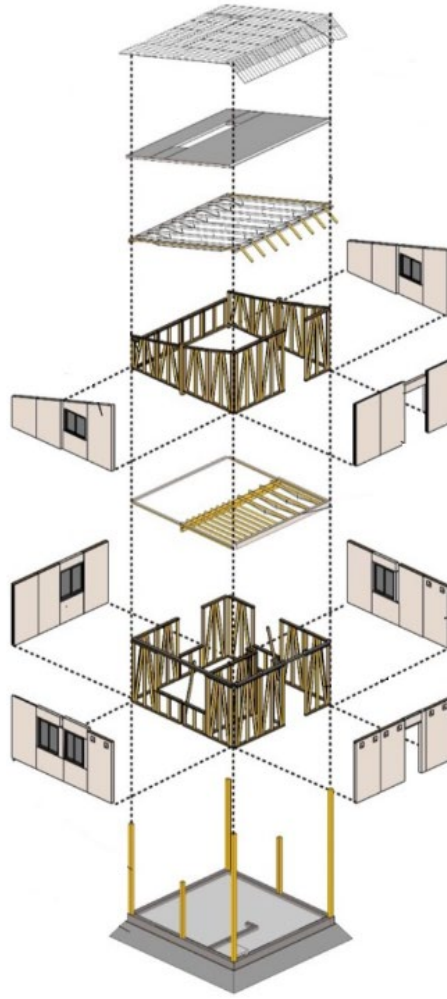
Her bir panelin imalatı basittir; istenilen boyutlara göre kesilmiş bambu dikmeleri ahşap çerçeve içerisinde işaretlenmiş mesafelere yerleştirilip sabitlenir. Sonrasında çerçeve içerisine bambu hasır vs. yerleştirilip çerçevedeki alt ve üst kalıplara monte edilir (Díaz, 2006) (Şekil 101).



Şekil 101. Yerinde montajlanan panellerin oluşturulması (Díaz, 2006; URL- 125 ve 126, 2020).

Bu sistemin süreci;

- Panellerle, çerçevelerin veya çoklu formların montajı için zemin platformunun oluşturulması,
- Ahşap çerçevenin içerisine bambu dikmelerin yerleştirilmesi,
- Panellerin oluşturulması,
- Dış duvar panellerinin zemin platformu üzerine montaj edilmesi,
- İç duvarlar panellerinin zemin platformu üzerine montaj edilmesi,
- Diyagonal destekler kullanılarak panellerin sağlamlaştırılması,
- Çatının montaj edilmesi olarak tanımlanabilir (Şekil 102).



Şekil 102. Bambu prefabrik yapı yapım sıralaması (URL-127, 2021).

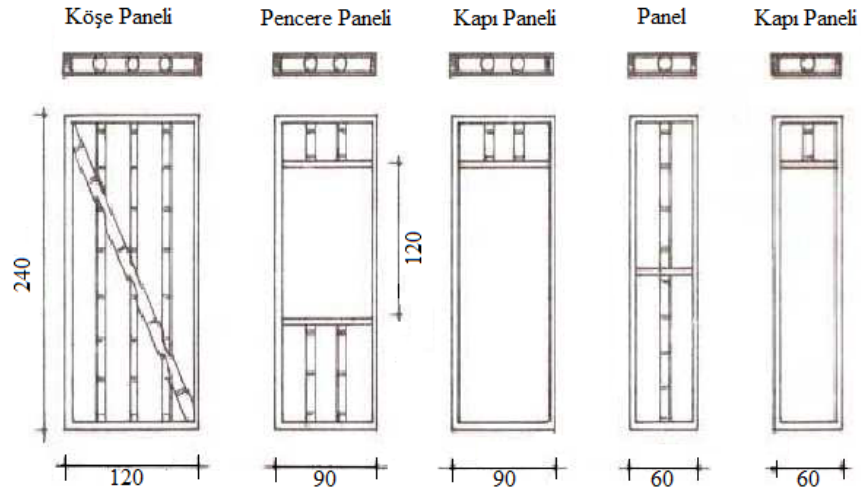
Yerinde montaj sisteminde, duvarların stabilizasyonunu hızlandırmak için bir köşeden başlanmalıdır. İki veya daha fazla panelin mafsalının sert ve sabit olması gerekir. İki veya daha fazla panelin birleşim yerlerinde oluşabilecek kayma gerilmesinden dolayı duvarlarda bütünlük sağlamak ve çatlakları önlemek için, tercihen çatı yapısını oluşturan elemanlar da yerleştirilip bütün yapının kontrolü sağlanır (Díaz, 2006).

1.9.2. Prefabriğe Modüler Panel Sistemi

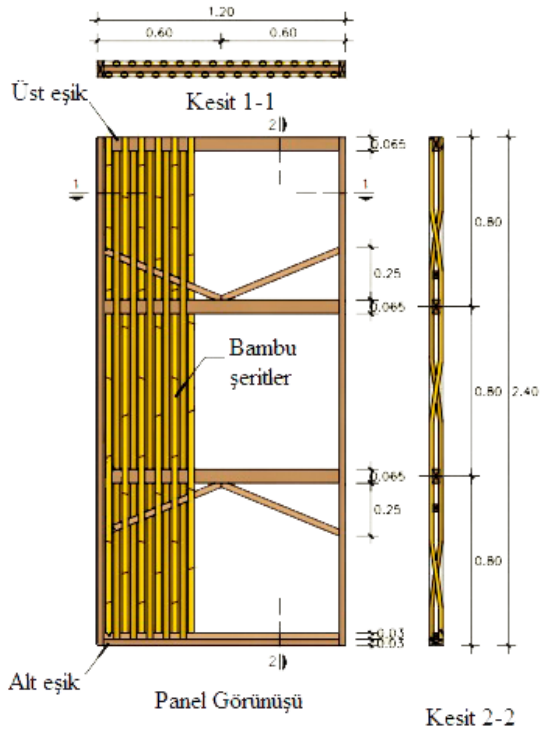
Her panel, modülasyona bağlı olarak farklı genişliklerdeki çerçevelerden veya 4 x 8 x 240 cm kesilmiş ahşaptan oluşturulan çerçeveden yapılabilir. Bambular dikmeler arasında 30 cm'lik bir mesafede yerleştirilir. Köşe parçaları, söz konusu köşe panelinin

genişliğine bağlı olarak, üst pervazın köşesinden ikinci veya üçüncü dikmenin tabanına uzanan diyagonal bir destek ile güçlendirilmelidir (Díaz, 2006).

Paneller genelde 60, 90, 120, 150 ve 210 cm genişliğinde olmaktadır (Şekil 103 ve 104).

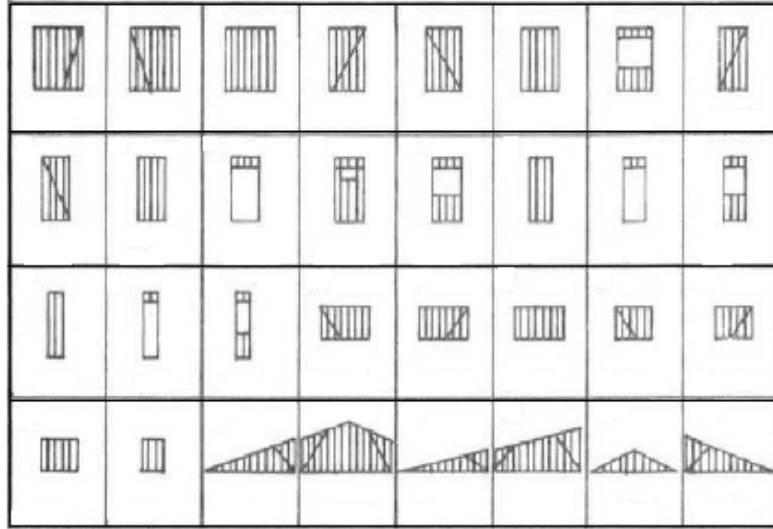


Şekil 103. Prefabrike modüler panellerin prototipi ve detayları (Díaz,2006).



Şekil 104. Prefabrike modüler panel örneği (URL-128 ve 129).

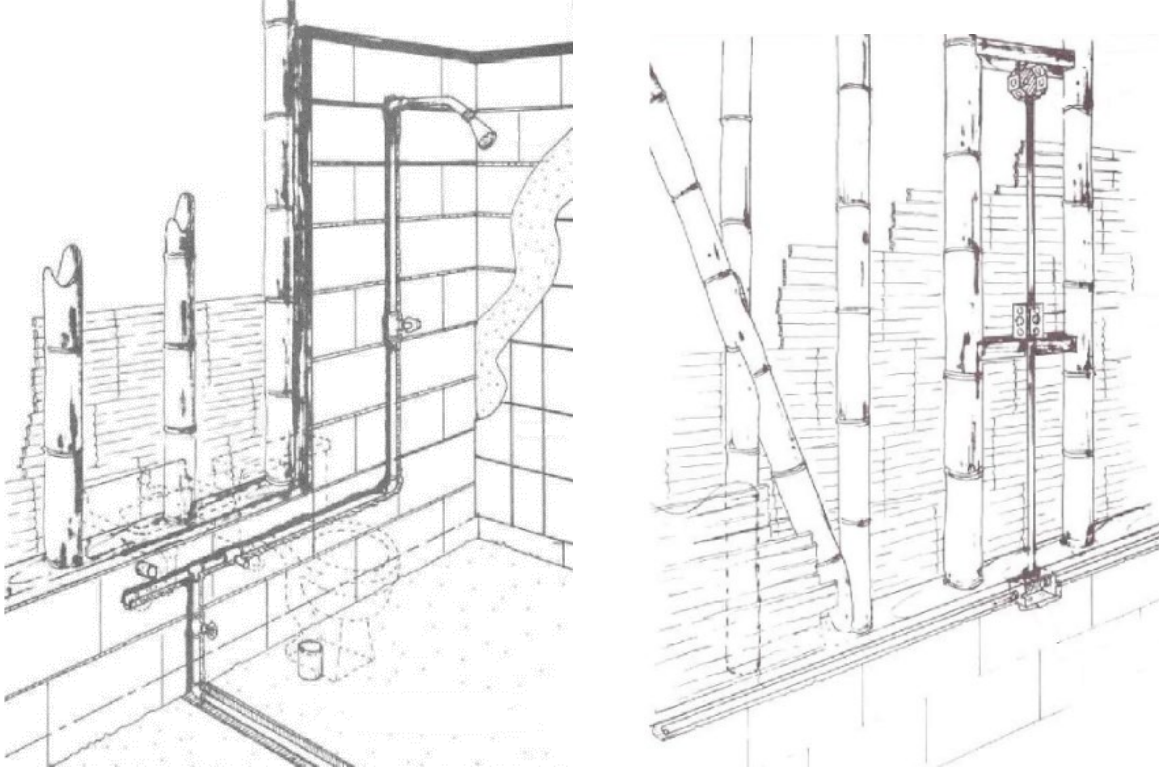
Bu tip panel sistemlerinde önerilen tasarım ve yapım sistemi, modüler boyutu 30 cm olan hem yatay hem de dikey düzlemler için 10 cm çoklu modül ile orantılı olan panellerin kullanımınıdır (Şekil 105). Yapıların mimari tasarımı, sınırsız sayıda yapının oluşturulabileceği 3,30 m x 3,30 m oluşan modüler alanlardan oluşmaktadır. En çok önerilen boyutlar; (6,60 m x 9,90 m), (9,90 m x 6,60 m) ve (9,90 m x 9,90 m)'dir (Díaz, 2006).



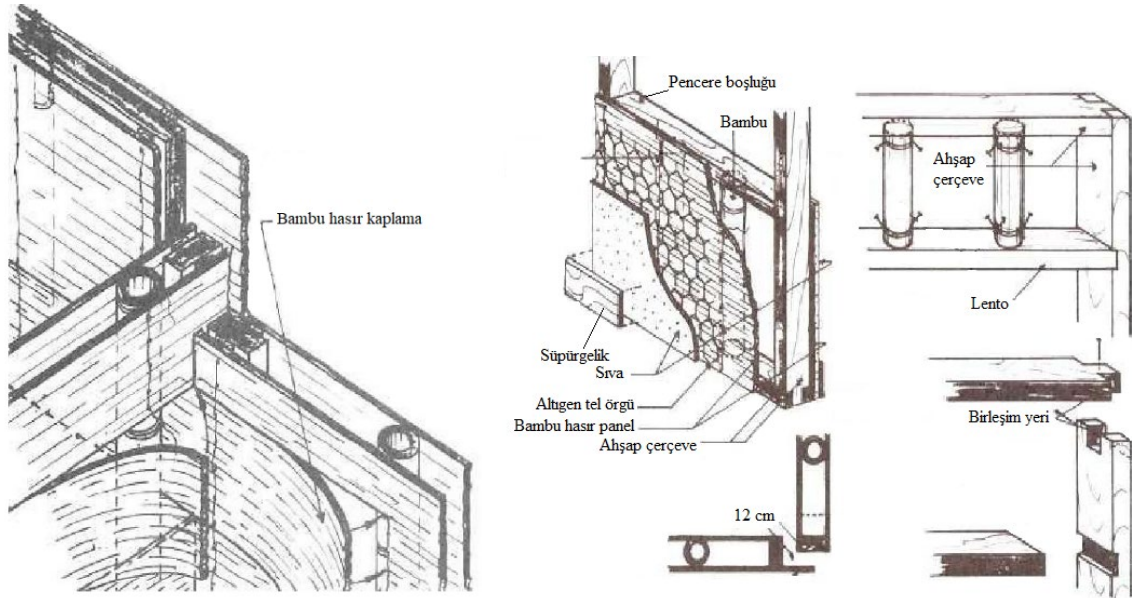
Şekil 105. Prefabrike modüler panel bileşenleri (Díaz, 2006).

Pencere veya kapıların sonradan yerleştirilmesi gerekirse, çerçeve modüler sisteme göre gerekli yüksekliklerde lentolar yardımıyla güçlendirilmelidir.

Yapım aşamasında panellerin dış yüzü kapatılır ancak iç yüzü kapatılmaz. Bunun sebebi elektrik ve su tesisatlarının yerleştirilmesinin yanı sıra montajını kolaylaştırmaktır. Elektrik ve su tesisatı ile pano ve duvarların montajı bittikten sonra açık bırakılan panel yüzü, bambu hasır kaplama ile çivi ve tel yardımıyla ek yeri olmayacak şekilde sabitlenir (Şekil 106). Hasır kaplama yerleştirildikten sonra bütün yüzey (5 x 5 cm) delikli altıgen tel örgü ile kapatılır. Bunun sebebi, sıvayı sabitlemek ve modüler elemanların birleşim yerindeki çatlamaları önlemektir. Ayrıca, panelleri üretirken, komşu panel ile örtüşmemesi için her iki tarafta yaklaşık 12 cm'lik bir pay bırakılmalıdır (Díaz, 2006) (Şekil 107).



Şekil 106. Prefabrike modüler panel sisteminde elektrik ve su tesisatı yapımı (Díaz, 2006).



Şekil 107. Panellerin bambu hasır ile kaplanması ve panellerin yapım detayları (Díaz, 2006).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışmanın Yöntemi

Bu tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde literatür taraması yapılarak konuya ilişkin kuramsal alt yapı oluşturulmuştur. Bambu ile ilgili yurt içi ve yurt dışı birçok akademik yayın, yönetmelikler, standartlar ve internet kaynakları taranarak çalışmaya yön verilmiştir. Bu bağlamda problemler saptanıp, araştırmanın amacı, önemi ve özgün değeri ortaya koyulmuştur. Konuya ilişkin araştırma soruları belirlenerek bambunun genel özellikleri, yapı malzemesi olarak kullanımı için hazırlanma aşamaları, sürdürülebilirliği, kullanım alanları ve bambunun mimaride kullanımı incelenmiştir. Bambu yapım sistemleri literatür bilgisi ile desteklenerek yapı elemanları ve bağlantı detayları çizimlerle birlikte açıklanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise birinci bölümde incelenen geleneksel bambu yapım tekniklerinden seçilen detaylar doğrultusunda Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm alanlarında konaklama amaçlı model önerisi yapılmıştır. Modelin, plan, kesit, görünüş, sistem planı-kesiti-görünüşü ve nokta detayları çizilerek uygulama projesi hazırlanmıştır. Bu model önerisi ile bambu yapı malzemesinden inşa edilen konaklama birimleri ile sürdürülebilir ve ekolojik olan bu malzemenin tanıtımı ve yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda Rize ili Pazar ilçesi Soğuksu mevkiinde bulunan bambu ormanları incelenip bilgi edinilmiş ve fotoğraflama tekniği ile alanın analizi yapılmıştır. Bu bambu ormanındaki türlerin yapısal özellikleri, yapılara uygulanabilirliği; bu alanda çalışma yapan uzmanların görüşleri ve akademik çalışmaları doğrultusunda tespit edilmiştir. Belge tarama ile elde edilen bilgiler ve bu analizler değerlendirilip oluşturulan modelin; temel, döşeme, duvar, çatı, kapı, pencere ve bağlantı detayları belirlenmiştir. 5,3 m x 5,3 m boyutlarında geliştirilen bambu modelin, vaziyeti 1/60 ölçekte, plan, kesit ve görünüşleri 1/50 ölçekte, sistem planı, kesiti ve görünüşleri 1/20 ölçekte, nokta detayları ise 1/5 ile 1/10 ölçekte ve görselleri de eklenerek uygulama projesi olarak çizilmiştir. Projenin çizimlerinde Archicad 22, Autocad 2021, Adobe Photoshop CS6 ve Sketchup pro 2021 programlarından yararlanılmıştır.

Önerilen model ile bölgede yetişen bambunun tanıtımı, yaygınlaştırılması yöre halkına katkıda bulunması ve kullanım alanlarının çeşitlenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca

yapılaşma bakımından beton yapılaşmaya karşı, ahşaba alternatif bir malzeme olarak bambunun bölge turizmine farklı ve ilgi çekici bir yaklaşım ortaya koyacağı düşünülmektedir.

Son olarak üçüncü ve dördüncü bölümde gerekli değerlendirilmeler yapılmış, gelecekte yapılacak araştırmalar ve tasarımlar için öneriler sunulmuştur.

2.2. Çalışma Alanının Belirlenmesi

Ülkemizde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, küçük çaplı bambu ormanları bulunmaktadır (Şekil 108). 1995-1998 yılları arasında Prof. Dr. Mustafa VAR tarafından Japonya'da yapılan çalışmalar sonucunda ekonomik değer taşıyan ve Kuzey Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yetişebilecek üç bambu türü tespit edilmiştir. Bu türler, *Phyllostachys pubescens* Nakai, *Phyllostachys bambusoides* Sieb, et. Zucc ve *Phyllostachys henonis* var. *nigra*'dır. Bu türler leptomorph (monopodial) tip rizom sistemine sahip olup, toprak üstü gövdelerin dağılımı dağınık (non-clump form, küme oluşturmayan) formdadır (Baykan, 1999).



Şekil 108. Artvin-Arhavi'de bulunan bambu ormanı (URL-130 ve 131, 2021).

Türkiye'de bazı bambu türleri kırsal kesimlerde erozyon kontrol etmek için kullanılmaktadır. *Phyllostachy* türleri yakın gelecekte özellikle Türkiye'nin kuzey kıyılarında erozyonu önlemek için kullanılması düşünülmektedir (Var, 2005).

Bu bölgede yetiştirilen bambu, hem fındık ve çaya alternatif olduğu gibi, hem de toprak altı kısımları ile toprağı ağ gibi sararak toprak kayması ve erozyon gibi doğa olaylarını da önlemektedir (Tuncer, 2019).

Çalışmada önerilen bambular, Rize ili Pazar ilçesine 3 km uzaklıkta yer alan Soğuksu mevkiinde %80 *Phyllostachys bambusoides* türünden oluşan ormanda yetişmektedir (Deniz, 2003). Tez kapsamında kullanılacak bu bambular, denizden 150 metre yükseklikte yaklaşık 6 dönümlük arazide yer almaktadır (Şekil 109).



Şekil 109. Rize ili Pazar ilçesindeki bambu ormanının konumu

Soğuksu mevkiindeki türlerden biri olan *Phyllostachys pubescens* (Moso bamboo (dev bambu)), Güney Asya'da inşaat yapımında oldukça yaygın olarak kullanılan bir bambu çeşididir. *Phyllostachys pubescens* türü oldukça sert ve dayanıklıdır. Çin' de bambu kereste yapımı için en çok kullanılan türdür.

Bambu bitkisi, yaklaşık 70 yıl önce Gürcistan'dan getirilen rizomların bu bölgeye dikilmesiyle çoğalıp orman haline dönüşmüştür. Şahsa ait olan bu ormanda, bambular zaman zaman çeşitli işlevlerde kullanılmak üzere satılmaktadır. Düzenli bir bakım yapılmayan bu ormanda, kesilen bambuların yerine yeni bambular kısa bir sürede yetişmektedir (Şekil 110).



Şekil 110. Rize-Pazar'da bulunan bambu ormanı

Bu çalışma, sürdürülebilir tasarım kriterleri baz alınarak oluşturulmuştur. Bambunun hızla yenilenebilir olması, geri dönüşümlü olması ve dayanıklı olmasının yanı sıra çalışma alanının belirlenmesinde bazı faktörler rol oynamıştır. Bunlar;

- Sürdürülebilir tasarım kriterlerinde yapılarda yerel malzeme ve geleneksel malzeme kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda bambu, bölgede yetiştirilebilen, iklim koşullarına uygun, yerel bir yapı malzemesidir.
- Sürdürülebilir tasarım kriterlerinde, yapı malzemelerinin üretiminden, taşınmasına ve yapının bitirildiği ana kadar minimum enerji kaybına (düşük gömülü enerji) sahip olması istenir. Bambunun hasatı, sonrasında nakliyesi sırasında harcanan enerjinin minimum olması ve kirletici atıkların oluşumunun engellenmesi için yapının konumu ile bambu ormanlarının mesafesi minimum tutulmuştur. Bu sebeple Doğu Karadeniz Bölgesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

2.3. Bambu Model Önerisi

Bambu model önerisinde öncelikle bambuların hasat edilmesinden yapıda kullanıma hazır hale gelmesine kadar olan aşamaları kapsayan varsayımlar ele alınmıştır. Sonrasında modelin oluşması için tasarım kararları belirlenmiştir. Oluşturulan modelin yapısal özellikleri yapı elemanları bazında incelemiş ve çalışmaya modelin çizimleri eklenmiştir.

2.3.1. Varsayımlar

Sürdürülebilir olan bambunun ülkemizde yapı malzemesi ve yapı elemanı olarak kullanılabileceğini göstermek için oluşturulan modelin sonuçlarından yararlanmak ve bu sonuçlar üzerinde düşünce öne sürmek için bambunun hasat edilmesinden, yapıda kullanıma hazır hale gelmesine kadar olan aşamalar, yapılmış gibi kabul edilmiştir. Bu bağlamda;

Rize'nin Pazar ilçesi Soğuksu mevkiinde bulunan 6 dönümlük bambu ormanından yaşı, boyu, düzgünlüğü ve kalınlığı yapı malzemesine uygun olan bambular seçilmiştir. Seçilen bambular hasat edilerek yapının yapılacağı alana taşınmıştır. Yapının; haşereler, hava şartları vs. diğer faktörlere karşı uzun yıllar ayakta kalabilmesi ve dayanıklılığı koruması için koruma işlemleri yapılmalıdır. Koruma işlemi olarak, kimyasal koruma yöntemlerinin uzun süreli koruma yöntemlerinden olan ve sıkça kullanılan değiştirilmiş Boucherie yöntemi tercih edilmiştir. Değiştirilmiş Boucherie yönteminin tercih edilmesinin sebebi, yapının uzun yıllar ayakta kalmasını sağlamaktır. Kimyasalların kullanılması sürdürülebilirlik açısından çelişki yaratsa da uzun yıllar ayakta kalan yapının depoladığı karbon, sürdürülebilirlik açısından daha önemlidir. Değiştirilmiş Boucherie yöntemiyle koruyucu çözelti, basınç altında bambulara enjekte edilerek bambu öz suyu ile çözeltinin yer değiştirilmesi sağlanmış ve işlem tamamlanmıştır. Koruma işlemi görmüş bambular hava sirkülasyonunun iyi olduğu bir alanda güneş almayacak şekilde yatay konumlandırılarak kurutulmaya bırakılmıştır. Son olarak kurutulan bambuların kullanıma hazır şekilde depolanıp bekletildiği varsayılmıştır.

2.3.2. Bambu Modelin Tasarım Kararları

Sürdürülebilir bambu modelin tasarım kararları; yapının konumu, yapının boyutu ve organizasyonu, yapı malzemesinin seçimi, yapının iklim koşullarına uyumu, yapı elemanlarının tasarımı, bağlantı tekniği ve elemanlarının belirlenmesi olarak ele alınmıştır.

2.3.2.1. Yapının Konumu

Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm alanlarında yapılması planlanan yapının konumlandırılmasında topografyaya uyumlu olacak şekilde vadi yamacında ve daha az rüzgâra maruz kalan alan tercih edilmiştir. Yapının arazi üzerine uygun konumlanması ve yöneliminde doğal çevre ve iklimin olumlu etkilerinden faydalanılmıştır. Doğu Karadeniz kırsal konutlarında olduğu gibi kuvvetli rüzgâr alan sırtlar, uzun süre gölgede kalan alanlar ile sel tehlikesi oluşabilecek vadi tabanları yerleşim için uygun görülmemiştir (Sümerkan, 1990).

2.3.2.2. Yapının Boyutu ve Organizasyonu

Yapı, içerisinde yaşam alanı ve veranda olacak şekilde “minimum boyut, maksimum işlevsellik” sloganı ile oluşturulmuştur. Ülkemizde yapılacak ilk örneklerden biri olmasından dolayı kolay, işlevsel, anlaşılabilir ve minimalist ilkeler ile ve günümüz kırsal turizm ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanmıştır.

Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm alanlarında bambu yapı malzemesinden yapılacak olan konaklama birimi tek katlıdır. Yapı 5,30 m x 5,30 m boyutunda ve yüksekliği 3,60 metredir. Bu boyutlar, önerilen model için kullanışlı ve işlevsel olabilecek minimum boyutlar olarak belirlenmiştir. Yapı, yaşam alanı ve veranda olarak iki kısma ayrılmaktadır. Yaşam alanında, yeme-içme bölümü, çalışma bölümü, giyinme bölümü, dinlenme bölümü ve banyo bulunmaktadır. Veranda kısmında ise oturma bölümü yer almaktadır. Yaşam alanı, 14 m² veranda 7 m² ve banyo 3 m²'dir.

2.3.2.3. Yapı Malzemesinin Seçimi

Yapı genel olarak bambu yapı malzemesinden oluşmaktadır. Zeminde, beton yapı malzemesi kullanılmıştır. Yapıya 50 cm subasman seviyesi yapılarak, bambunun toprakla bağlantısı, beton yapı malzemesiyle kesilmiştir. Bunun sebebi bambuların böceklenme, çürüme gibi dış faktörlere uzun süre dayanımı istenmesidir. Islak hacimde ise yalıtım ve hijyen açısından seramik malzeme kullanımı tercih edilmiştir.

Bambu yapı malzemesi ahşaba benzer özellikler taşımaktadır dolayısıyla yerel dokuya ve mimariye uygundur.

Yapıda gerek bambunun geleneksel işleme yöntemleriyle elde edilen yapısal varyasyonları gerekse endüstriyel işleme yöntemleriyle elde edilen bambu yapı malzemeleri tercih edilmiştir. Bunun sebepleri arasında, her iki işleme yönteminin de uygulamasını göstermek ve dayanımın daha yüksek olması istenen kısımlarında endüstriyel malzemelerin daha uygun olduğu düşüncesi yatmaktadır.

2.3.2.4. Yapının İklim Koşullarına Uyumu

Bambu bitkisi yağmur, kar, don ve yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır ancak daha uzun ömürlü dayanım, koruma yapıldıkça mümkün olmaktadır. Bazı ülkelerde rüzgara karşı siperlik olarak kullanılmaktadır. Doğru bağlantı teknikleri, detayları ve koruma ile sağlam, uzun ömürlü ve rijit bir bambu yapı her türlü iklime uyum sağlayabilir. Doğu Karadeniz yaylalarında, kışın kar ve don olaylarının görülmesi bambu yapıyı etkilemeyecektir. Aynı şekilde Doğu Karadeniz’de oldukça fazla görülen yağmur ve kar için; saçaklar geniş tutulmuş, çatı eğimi iklime göre ayarlanmış, yapı zeminden yükseltilmiş ve olası su sızıntıları için pencere sayısı az tutulmuştur. Şiddetli rüzgârlar için ise bağlantı elemanları ve noktalarının birleşimi titizlikle oluşturulmuş, bambu dikmeler kısa mesafelerde atılmış ve çatı makası ile verandada diyagonal destekler kullanılmıştır. Rüzgârlardan korumak için aynı zamanda yapının çevresine dökülmeyen yapraklı ağaçlardan olan çam ağaçları dikilmiştir.

Doğu Karadeniz Bölgesi’nin güneşlenme süresi diğer bölgelere göre azdır. Yapı güneşten maksimum şekilde yararlanacak şekilde tasarlanmıştır. Kuzey cephesinde hiç pencere yapılmayıp, pencereler güney ve batı cepheye konumlandırılmıştır. Aynı zamanda güney cephesinde yarı açık mekan olan veranda oluşturulmuştur.

2.3.2.5. Yapı Elemanlarının Tasarımı

Bambu modelin temeli, çift yönde sürekli temel olarak tasarlanmıştır. Bunun nedeni, küçük yapı olmasına karşın zemin emniyet gerilmelerinin daha düşük olduğu durumlarda bile dayanıklı olmasını sağlamaktır. Bambu düşey elemanın yüklerini bir bütün olarak ve yeterli bir rijitlik içinde zemine aktarmak istenmiştir.

Bambu modelin döşemesinde temel üzerine kiriş atılmadan direk döşeme kaplamaları uygulanmıştır.

Bambu modelin duvarlarında dış yüzeyde endüstriyel yöntemlerle işlenmiş bambu ürünü olan bambu hasır panel, iç yüzeyde ise geleneksel yöntemlerle işlenmiş bambu hasır kaplama kullanılmıştır. Yapıda dış duvarın bambu hasır panelle oluşturulmasının sebebi, BMB'nin çürümeye, böceklere ve yangına karşı dirençli olmasıdır.

Bambu modelin çatısı, çatıyı taşıyabilecek mesnetler arası açıklık 4 metreden fazla olduğu için geleneksel asma çatı tekniğiyle ve beşik çatı şeklinde oluşturulmuştur. Kaplama olarak bambu kiremit ile örtülmüştür. Palmiye, saman ve sazlık gibi bitkilerle oluşturulan kaplamaların iklimden dolayı yöreye uygun olmayacağı düşünülmüştür.

Bambu modelin kapılarında endüstriyel bambu ürünlerinden olan bambu kereste, bambu sunta ve bambu kaplama, dayanım ve dış etkilere karşı yüksek koruma sağlamasından dolayı tercih edilmiştir. Estetik amaçlı geleneksel işleme ürünü olan bambu hasır örgü sadece kapı kanadında kullanılmıştır.

Bambu modelin pencereleri, yeterli doğal aydınlatma sağlayıp minimum ısı kaybı olacak şekilde tasarlanmıştır. Pencerelerde malzeme olarak bambu kereste kullanılmış olup çift cam tercih edilmiştir.

2.3.2.6. Bağlantı Tekniği ve Elemanlarının Belirlenmesi

Bambu modelin bağlantı tekniklerinde genel olarak modern bağlantı teknikleri kullanılmıştır. Çünkü modern bağlantı tekniklerinin konaklama amaçlı yapılarda daha sağlam ve uzun ömürlü olacağı düşünülmüştür. Aşırı yük dağılımı ve taşıyıcı görevi olmayan kısımlarda ise geleneksel bağlantı teknikleri kullanılmıştır.

Bağlantı elemanlarının seçiminde uyarlanabilirlik ilkelerine (okunabilirlik, müdahale edilebilirlik ve basitlik) dikkat edilmiştir. Basit, okunabilen ve malzemelerin yapısal

bütünlüğüne zarar vermeden parçalarının sökülmesine ve tekrar birleştirilmesine olanak tanıyan bağlantı elemanları kullanılmıştır.

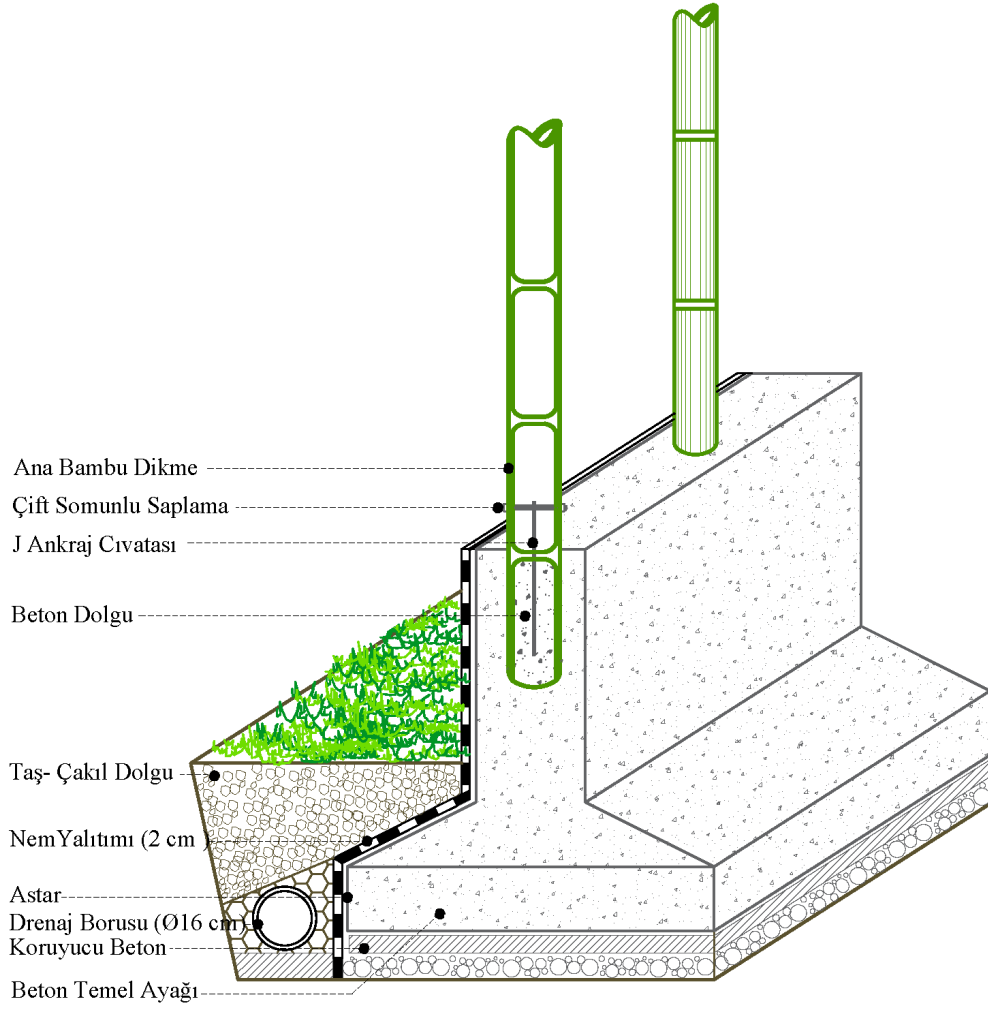
2.3.3. Bambu Modelin Yapısal Özellikleri

Bambu yapılar, geleneksel yapım teknikleri ve prefabrikte yapım teknikleri olmak üzere 2 şekilde inşa edilmektedir. Çalışmada bambu yapıların geleneksel yapım teknikleri kullanılmıştır. Bu bağlamda modelde kullanılan temel, döşeme, duvar, çatı, kapı-pencere ve bağlantı detay teknikleri detaylıca açıklanmıştır.

2.3.3.1. Temel

Yapı, 6,00 m x 6,00 m boyutlarında ve 50 cm kalınlığında çift yönde sürekli temelden oluşmaktadır. Toprak zemin üzerine sırasıyla çakıl ve koruyucu beton dökülerek temel ayağı zemine sabitlenmiştir. Temel ayağı astar ve nem yalıtımı ile kaplanmıştır. Temel ayağının yanında bulunan drenaj borusu korucu beton üzerine konumlandırılarak üzeri taş ve çakıl dolgu ile kapatılmıştır.

Yapı, belirlenen 13 adet ana taşıyıcı bambu dikme ile temele ankre edilmiştir. Bağlantı sistemi olarak J ankraj cıvatası kullanılarak sadece belirlenen ana dikmelerden temele bağlantı sağlanmıştır. Ana dikmeler J ankraj cıvatası ile sabitlendikten sonra 25 cm temele gömülerek ilk düğümüne kadar bambu boğumu betonla doldurulmuştur. Diğer bambu dikmeler ise betona 5 cm batırılarak sabitlenmiştir (Şekil 111).

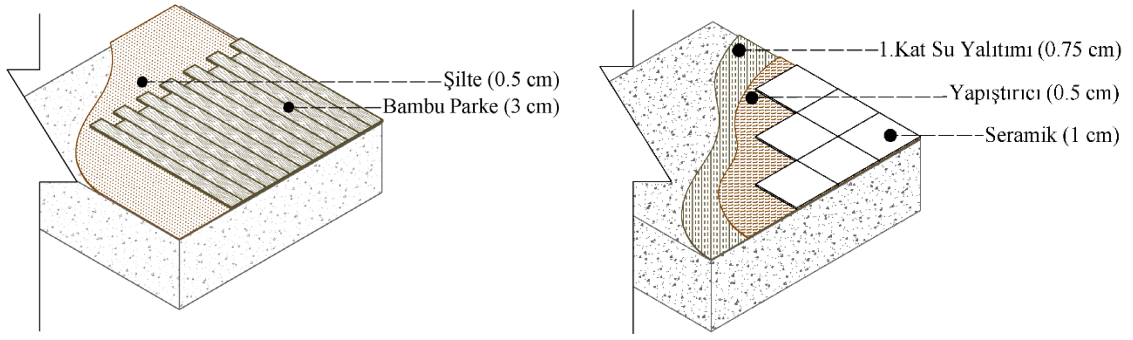


Şekil 111. Temel ve ana dikme birleşim detayı

2.3.3.2. Döşeme

Döşeme zemine oturtulmuştur. Islak hacim ve veranda seramikle, yaşam alanı ise bambu parke ile döşenmiştir.

Sıkıştırılmış toprak üzerine sırasıyla kum, blokaj (25 cm), grobeton (25 cm), yapıldıktan sonra bambu parke (3 cm) uygulanacak alana şilte (0,5 cm) serilerek parkeler birleştirilmiştir. Islak hacim ve veranda kısmına ise grobeton üzerine sırasıyla 1 kat su yalıtımı (0,75 cm) ve yapıştırıcı (0,5 cm) üzerine seramikler (45x45x1 cm) dizilmiştir (Şekil 112).

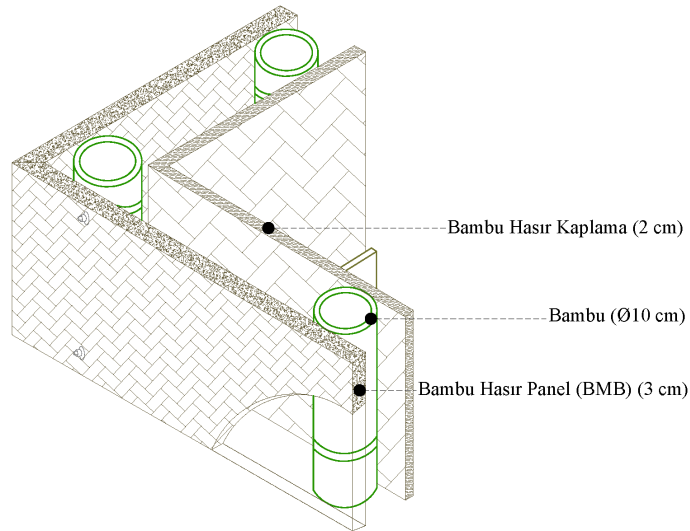


Şekil 112. Döşeme detayları

2.3.3.3. Duvar

Duvar yapımında 2 farklı çapta bambu kullanılmıştır. Taşıyıcı bambu dikmeler genellikle 10 cm'lik olmak üzere sadece korkuluktaki bazı dikmeler 8 cm'lik bambularla oluşturulmuştur. Bambu dikmelerin mesafeleri 50 cm'yi geçmemiştir.

Duvar kalınlığı 15 cm'dir. Duvarda, alçı ya da sıva olmadan yapılan hasır bambu duvar tekniği kullanılmıştır. Duvar, bambu hasır panel (3 cm) ile bambu hasır kaplama (2 cm) arasında 10 cm'lik bambu dikme koyularak oluşturulmuştur. Bambu hasır kaplama, bambunun en üst yüzeyinin şeritler halinde kesilip örülmesiyle geleneksel işlemlerle oluşturulurken bambu hasır paneller ise bambu hasır kaplamanın endüstriyel işlemlerden geçmesiyle oluşmaktadır. Duvarda herhangi bir dolgu malzemesi kullanılmamıştır. Duvarları oluşturan bu üç katman, çift somunlu saplama kullanılarak birleştirilmiştir (Şekil 113).

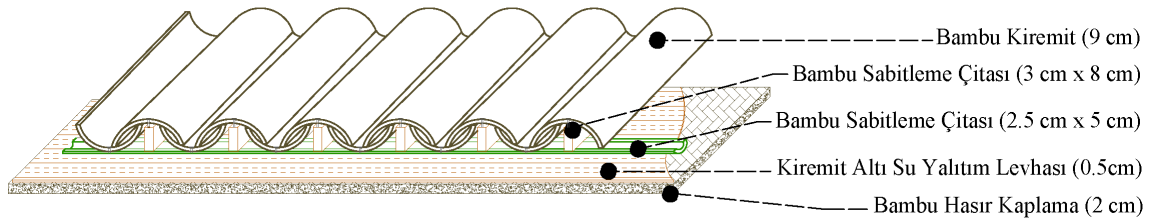


Şekil 113. Duvar detayı

2.3.3.4. Çatı

Çatı beşik çatı olup, 6,50 m x 6,10 m boyutlarındadır. Bölgenin iklimi göz önüne alınarak oluşturulan çatının eğimi %33'tür. Saçaklar 40 cm ve 60 cm olarak tasarlanmıştır. Çatı makası, asma (askılı) şeklinde yapılmıştır. Çatı makası, mertek (Ø10 cm), aşık (Ø10 cm), baba direği (Ø10 cm), payanda (Ø10 cm), ve gergi kirişinden (Ø10 cm) oluşmaktadır. Çatı kaplaması olarak bambu kiremitler kullanılmıştır.

Çatı 7 katmandan oluşmaktadır. Çatı yapımında öncelikle çerçeve yapımından başlanmıştır. Bambu mertekler, 60 cm'yi geçmeyecek aralıklarla sabitlenmiştir. Merteklerin altına bambu aşıklar (Ø10 cm) atılmıştır. Bambu merteklerin (Ø10 cm) üzerine bambu hasır örgü (2 cm) monte edilmiştir. Bambu hasır örgü , çivi yardımıyla merteklere sabitlenmiştir . Hasır örgünün üstüne kiremit altı su yalıtımı (0,5 cm) serilmiştir. Bambu kiremitleri (9 cm) sabitlemek için 2,5cm x 5 cm boyutlarında bölünmüş bambulardan elde edilen sabitleme çitası eklenerek bambu kiremitler dizilmiştir. Son olarak kiremitlerin birleşim yerlerini kapatmak ve çatıyı dış etkilere karşı korumak için bambu mahya kiremit (9 cm), mahya harcı ile çatıya sabitlenmiştir (Şekil 114).



Şekil 114. Çatı kaplama detayı

Kar ve yağmur sularının yapıdan uzaklaşmasını sağlamak için yağmur iniş boruları eklenmiştir.

2.3.3.5. Bağlantı Teknikleri ve Elemanları

Bağlantıların daha sağlam ve uzun ömürlü olabilmesi için bağlantı noktalarında minimum seviyede yuvarlak delik, düğümlere yakın oluşturulmuştur. Tüm bağlantıların güçlü şekilde sabitlenmesi sağlanmış ve elemanlar birbirine iyi oturtulmuştur.

Bağlantı bölgelerindeki bambuların uçlarında verevli, eğik ve çift çıkıntılı kesim teknikleri uygulanmıştır.

Bağlantı tekniği olarak hem geleneksel yöntemlerden hem de modern bağlantı tekniklerinden yararlanılmıştır.

Geleneksel bağlantı tekniklerinin uygulandığı bölgelerde, elemanları birleştirmek için, dikey bağlantı (düz bağlantı ve çapraz bağlantı), açılı bağlantı ve içten geçen bağlantı tekniği kullanılmıştır. Elemanları sabitlemek için; halat, çelik kelepçe, çivi ve vida kullanılmıştır (Şekil 115).



Şekil 115. Halat, çivi ve vida

Modern bağlantı tekniklerinin uygulandığı bölgelerde, elemanları birleştirmek için, cıvatalar ile oluşturulan bağlantı ve dolgu takviyeli bağlantı teknikleri kullanılmıştır. Sabitleme elemanları olarak; J ankraj cıvatası, çift somonlu saplama ve beton dolgu kullanılmıştır (Şekil 116).

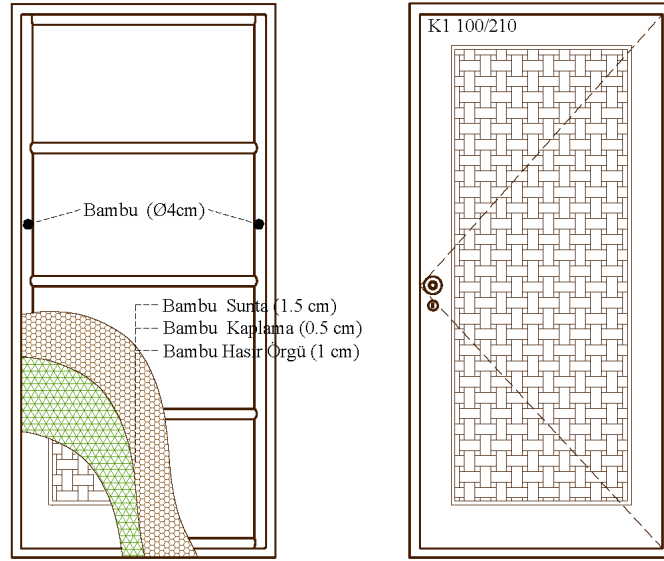


Şekil 116. J ankraj cıvatası ve çift somonlu saplama

2.3.3.6. Kapı ve Pencere

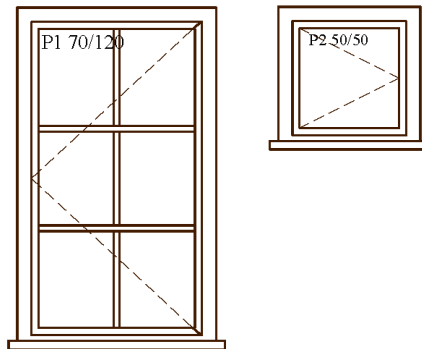
Bambu modelin kapılarında endüstriyel bambu ürünleri ve geleneksel yöntemlerle oluşturulan ürünler kullanılmıştır. Kapı kasası ve pervazı bambu keresteden, kapı kanadı

ise bambu sunta, bambu kaplama ve bambu hasır örgüyle oluşturulmuştur. Kapı kanadı 4 cm çapında iki bambu dikme arasında dört adet yatay şekilde bambuların yerleştirilmesiyle meydana gelmiştir (Şekil 117). Kapılar iki farklı boyutta (100/210 ve 75/210) ve yan dönel kanat biçiminde tasarlanmıştır. Kapı eşiklerinde yüksek dayanım sağlaması açısından dokunmuş bambu yonga kullanılmıştır.



Şekil 117. Giriş kapısı detayı

Pencereler iki farklı boyutta (70/120 ve 50/50) olup yan dönel kanat biçimindedir (Şekil 118). Pencerelerin kasa kaydı ve kanat kaydında endüstriyel bambu ürünlerinden olan bambu kereste kullanılmıştır. Denizlik olarak doğal taş kullanılmıştır. Pencerelerde 4mm'lik çift cam kullanılmıştır. Kapıların ve pencerelerin bambu hasır panellere sabitlenmesinde poliüretan köpük ve vidalar kullanılmıştır.



Şekil 118. Pencere çeşitleri

2.3.4. Bambu Modelin Oluşturulması

Bambu modelin çizimleri genel bilgiler bölümünde yer alan geleneksel bambu yapım sistemleri verilerinden seçilerek belirlenen tasarım kararları doğrultusunda oluşturulmuştur.

Bu bağlamda oluşturulan bambu model;

Görseller;

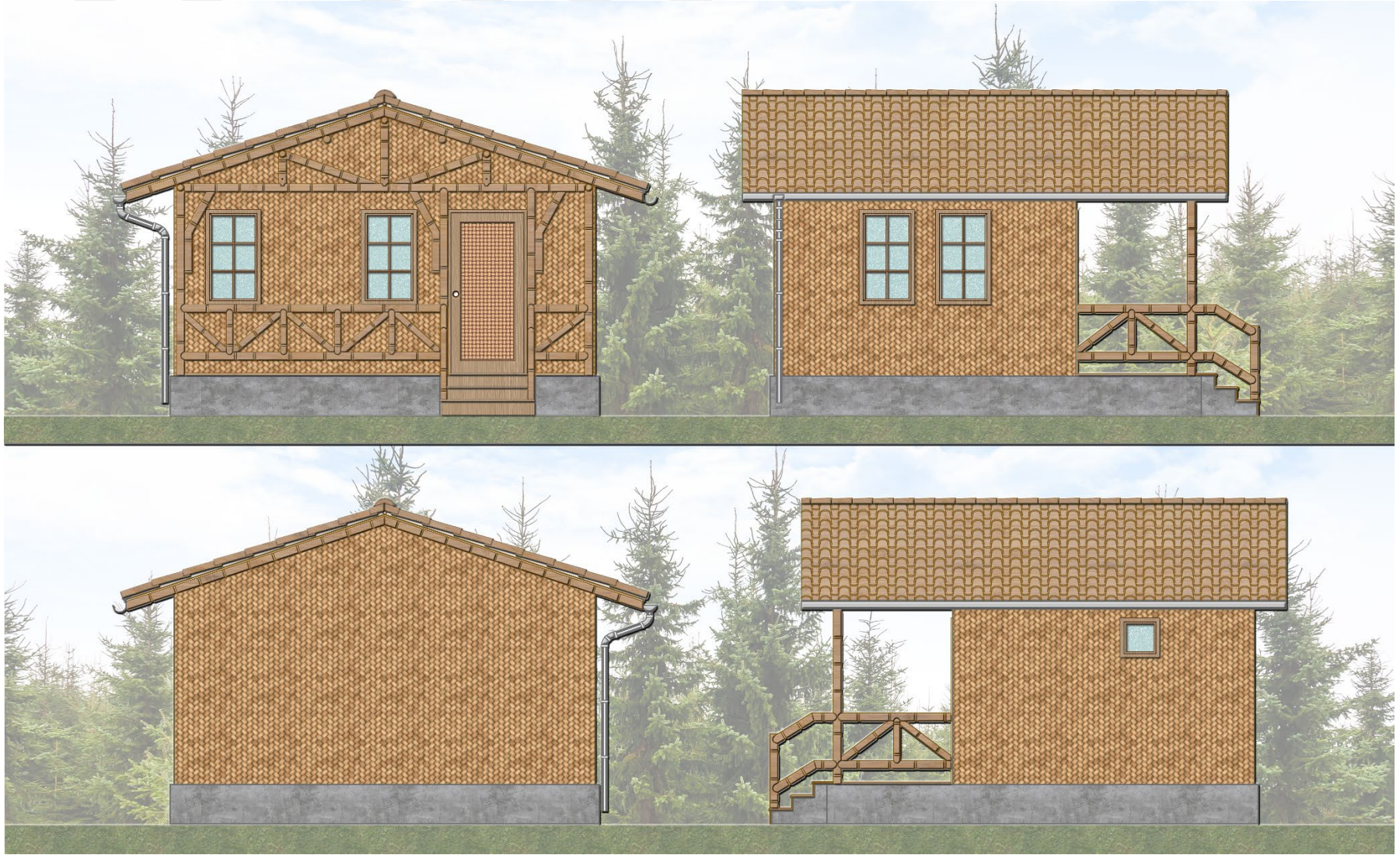
- Modelin ön cephesi (Şekil 119),
- Modelin görünüşleri (Şekil 120),
- Modelin planı (Şekil 121) ve

Teknik çizimler;

- Vaziyet planı ölçek: 1/60 (Şekil 122),
- Kat planı ölçek: 1/50 (Şekil 123),
- Temel planı ölçek: 1/50 (Şekil 124),
- Çatı planı ölçek: 1/50 (Şekil 125),
- Kesitler ölçek: 1/50 (Şekil 126 ve 127),
- Görünüşler ölçek: 1/50 (Şekil 128,129,130 ve 131),
- Sistem planları ölçek: 1/20 (Şekil 132 ve 133),
- Sistem görünüşleri ölçek: 1/20 (Şekil 134 ve 135),
- Sistem kesitleri ölçek: 1/20 (Şekil 136,137,138 ve 139),
- Nokta detayları ölçek: 1/5 ve 1/10 (Şekil 140,141,142,143,144,145,146,147,148, 149,150,151 ve 152) olarak çizilmiştir.



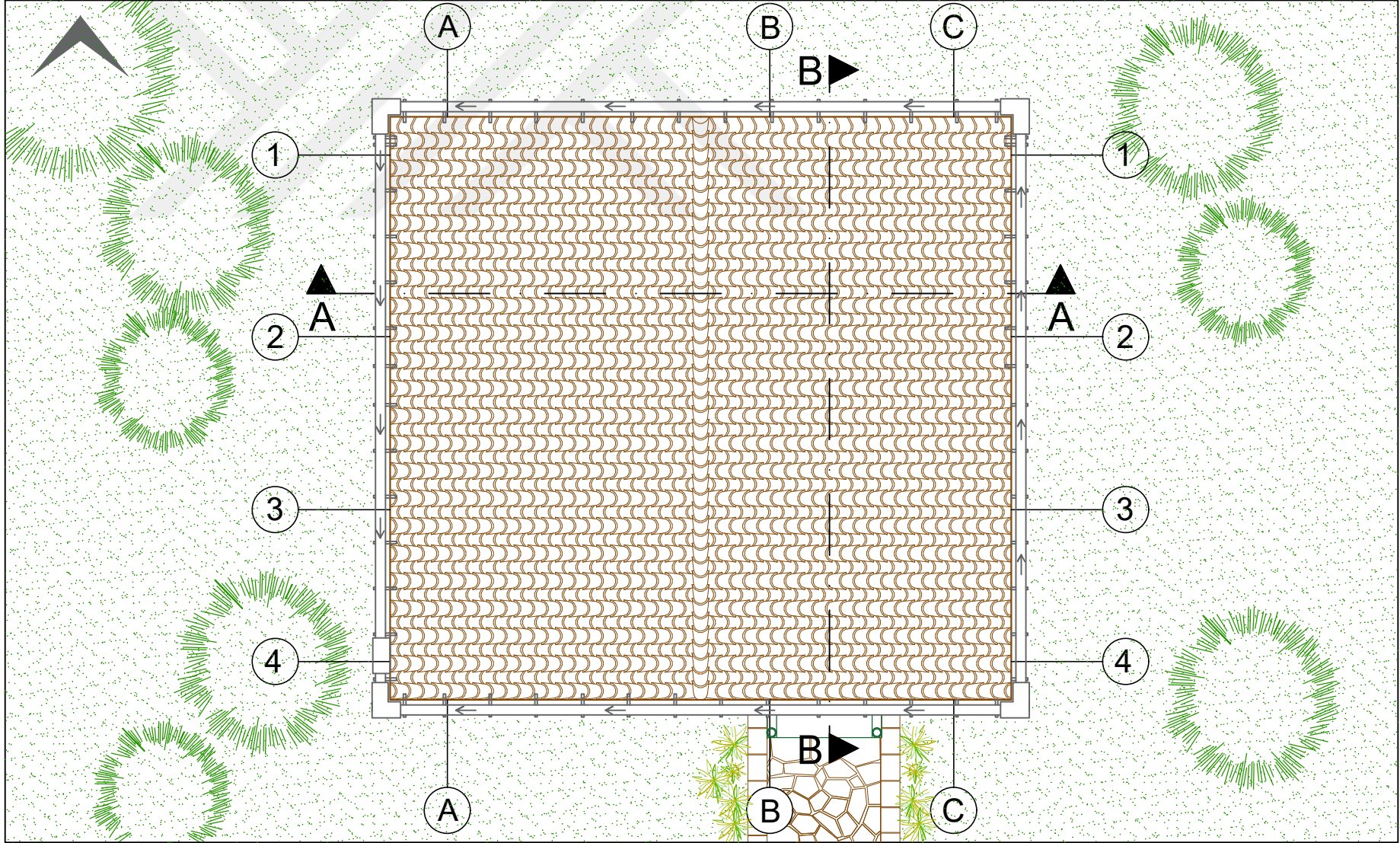
Şekil 119. Bambu modelin ön cephesi



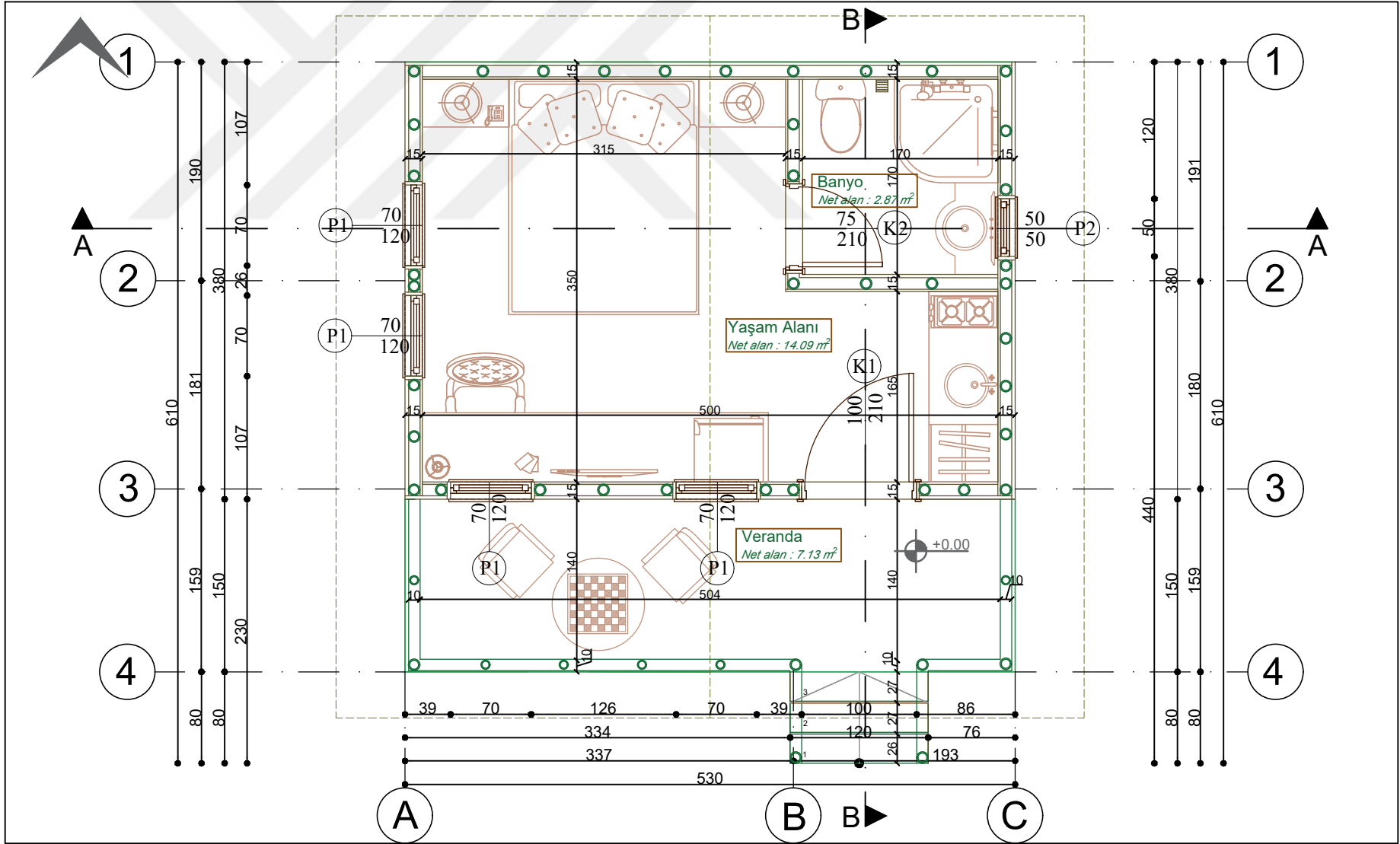
Şekil 120. Bambu modelin görüntüleri



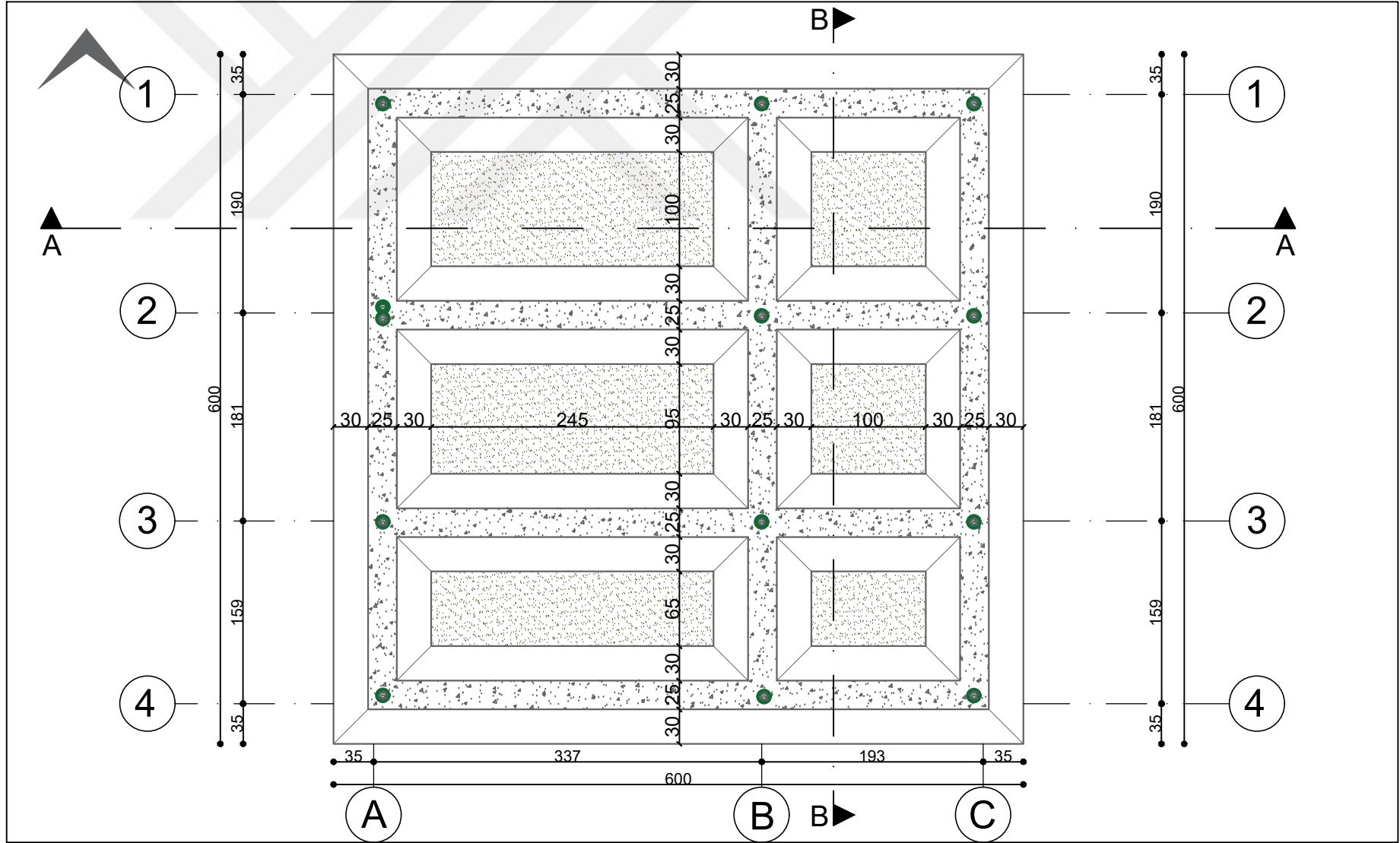
Şekil 121. Bambu model planı



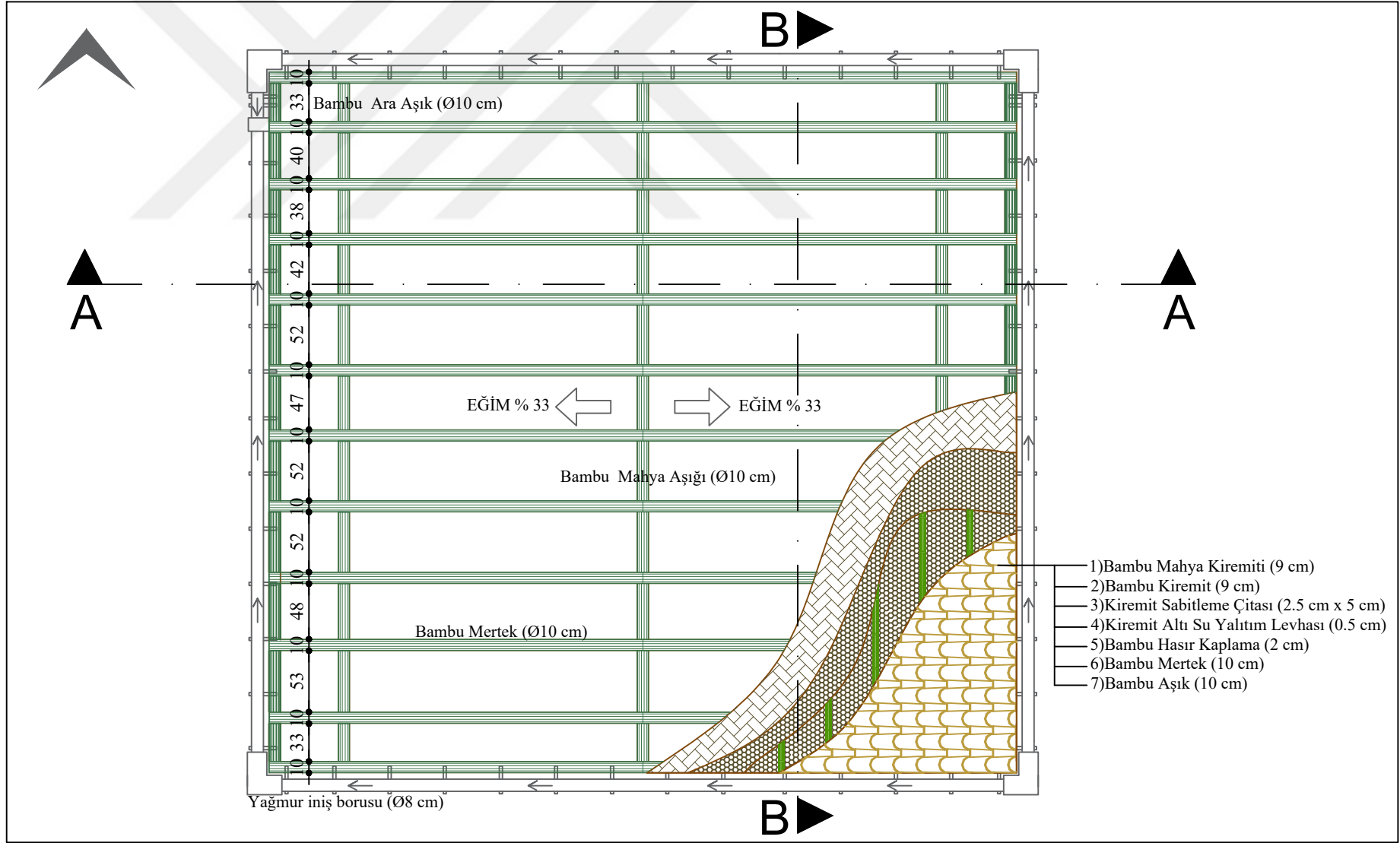
Şekil 122. Bambu modelin vaziyet planı ölçek: 1/60



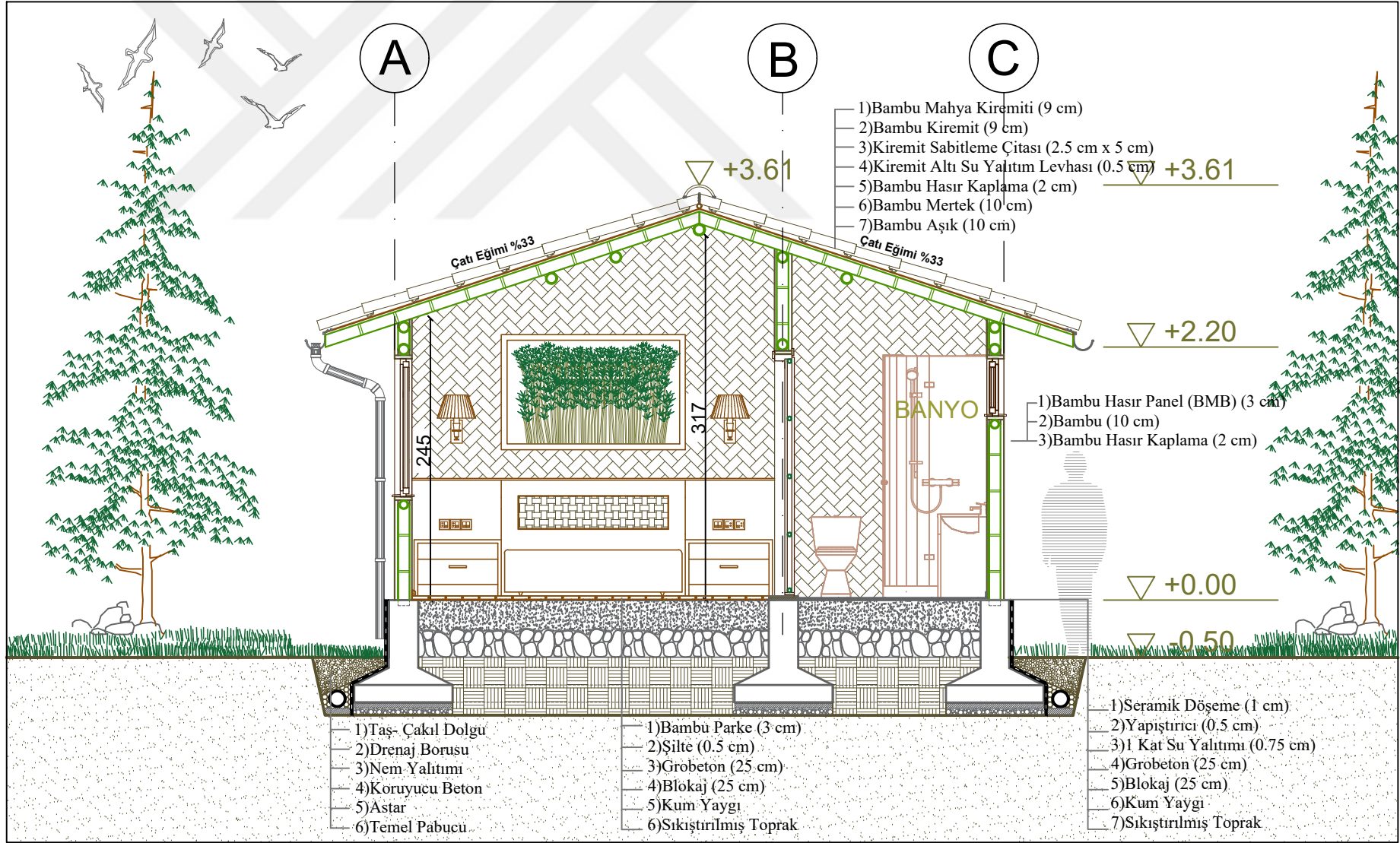
Şekil 123. Bambu modelin kat planı ölçek :1/50



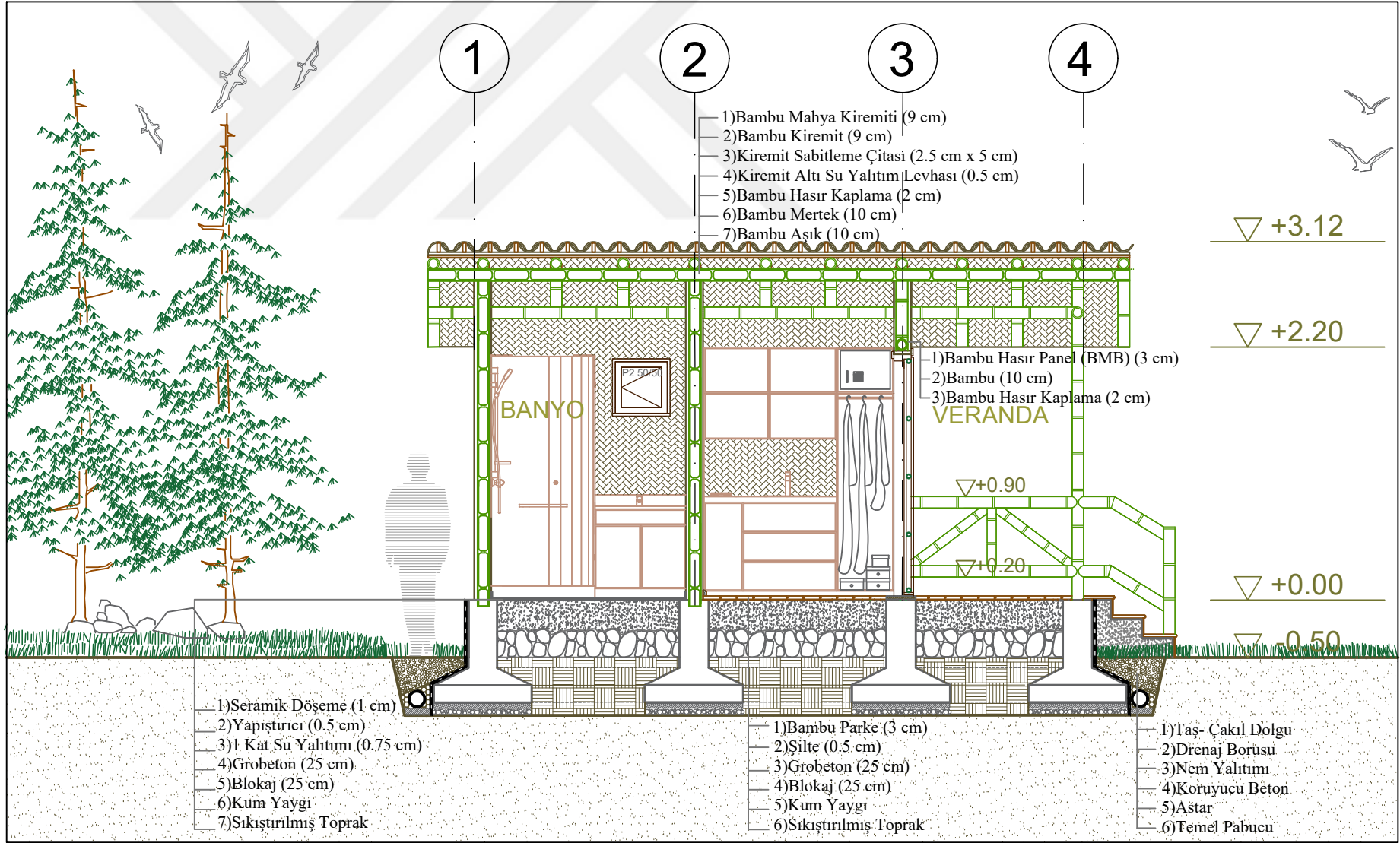
Şekil 124. Bambu modelin temel planı ölçek:1/50



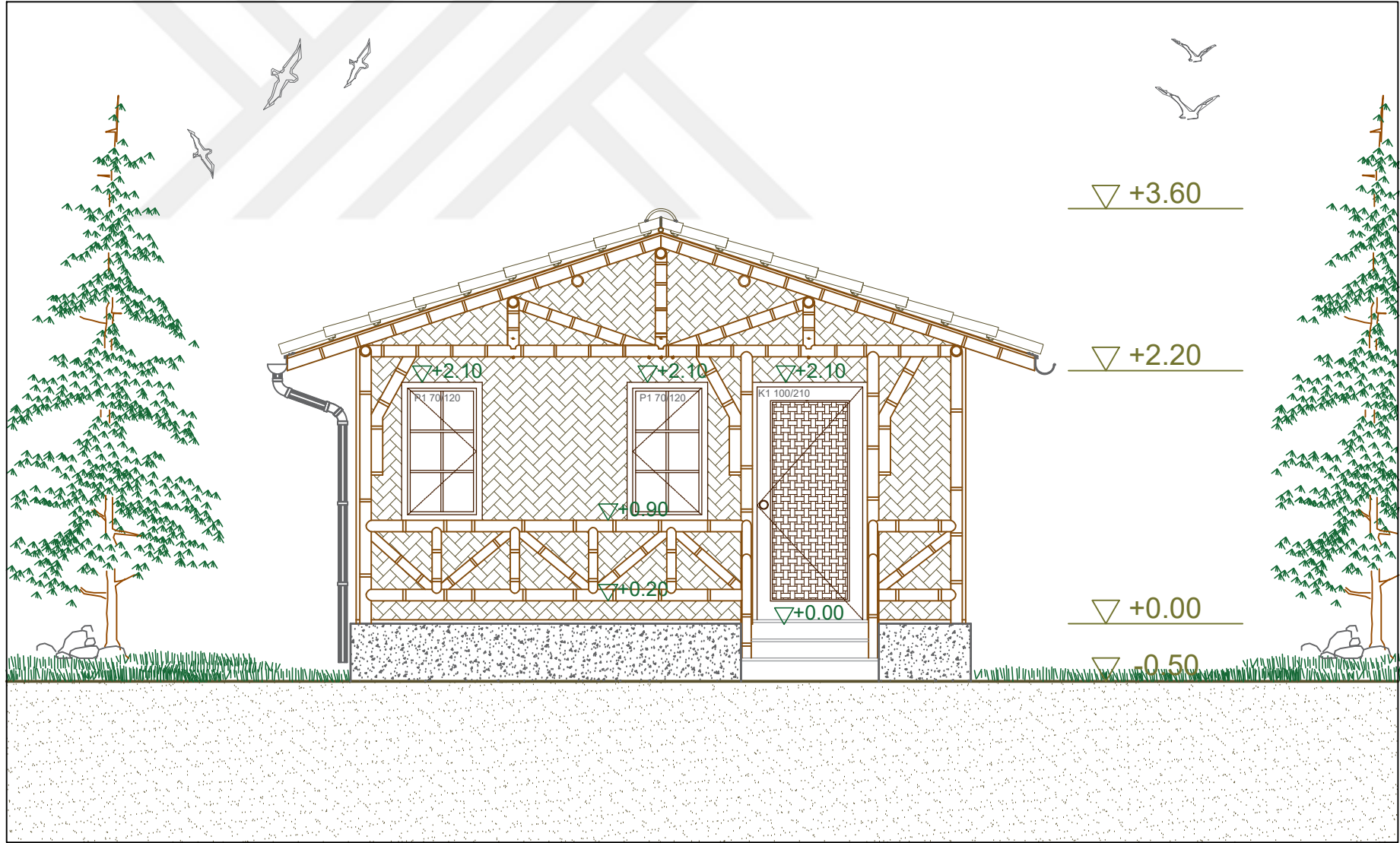
Şekil 125. Bambu modelin çatı planı ölçek:1/50



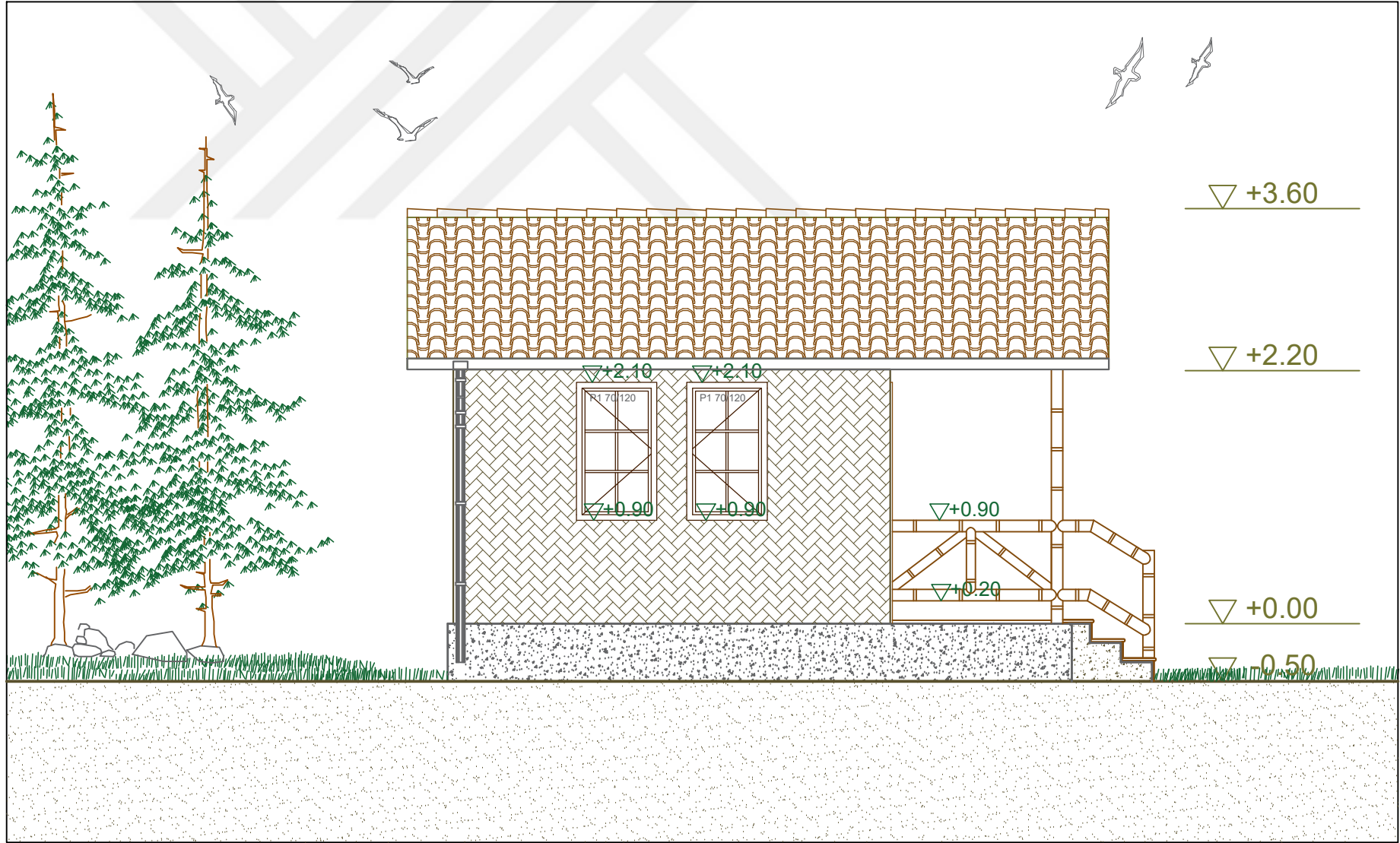
Şekil 126. Bambu modelin A-A kesiti ölçek:1/50



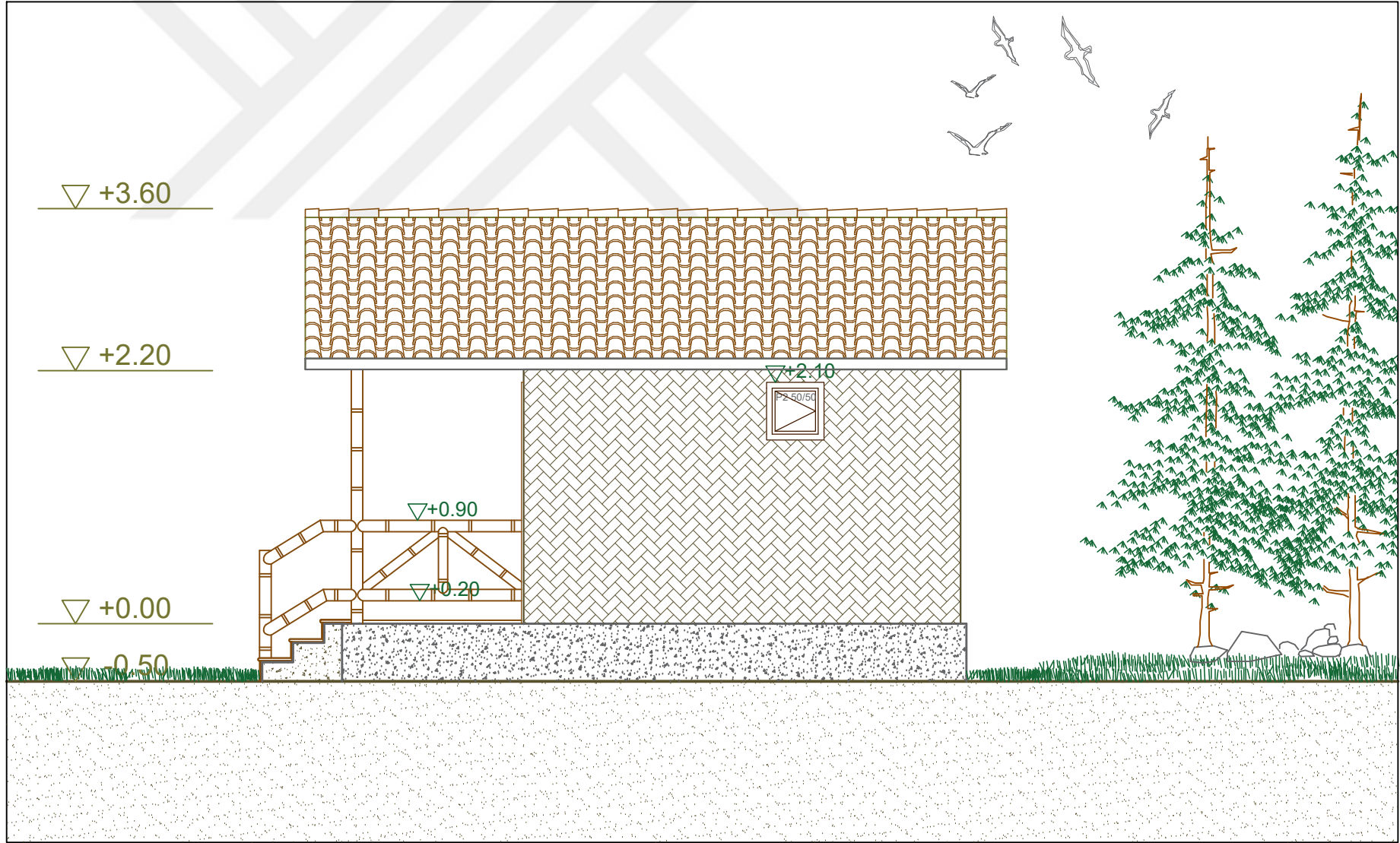
Şekil 127. Bambu modelin B-B kesiti ölçek:1/50



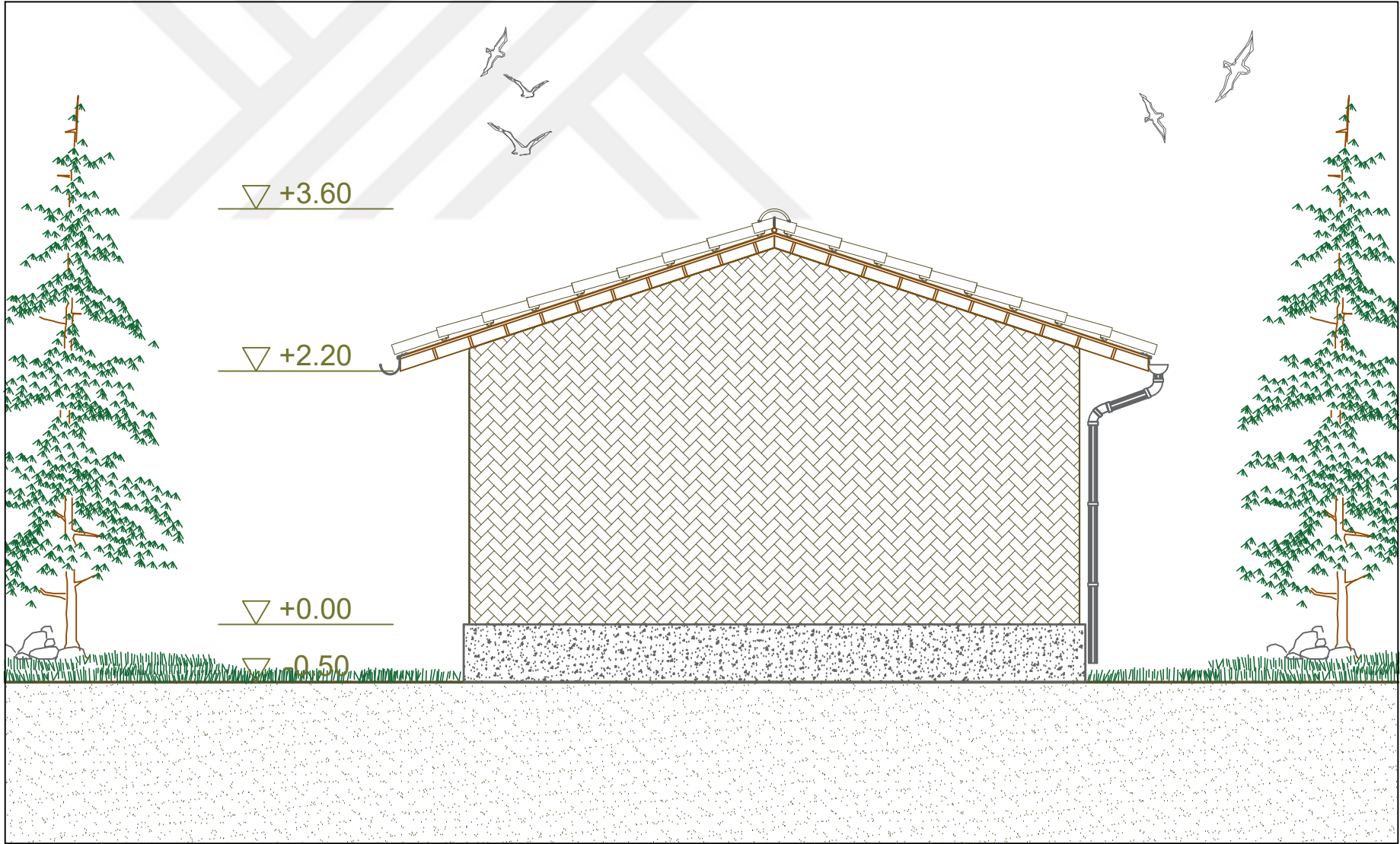
Şekil 128. Bambu modelin güney cephesi ölçek:1/50



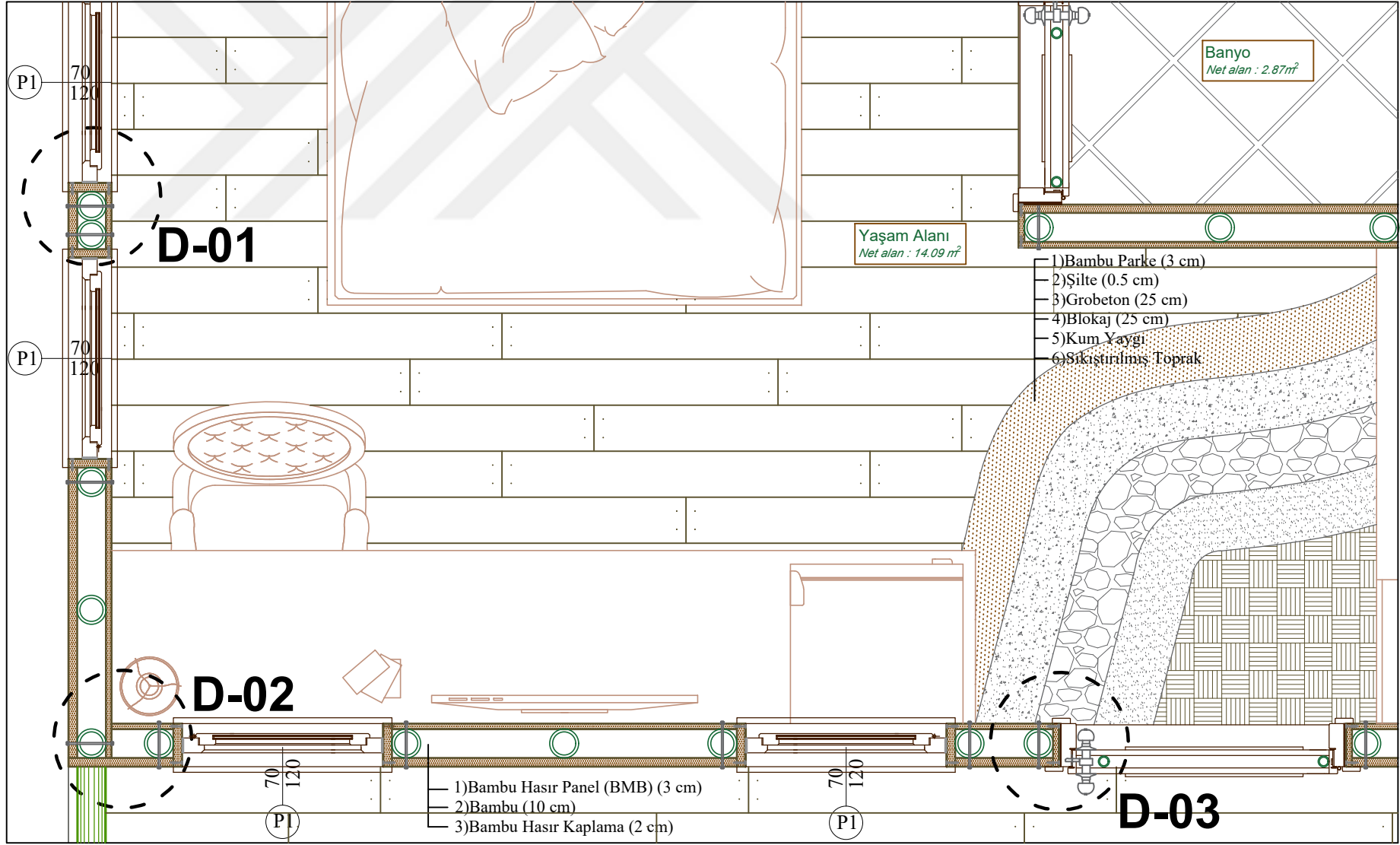
Şekil 129. Bambu modelin batı cephesi ölçek: 1/50



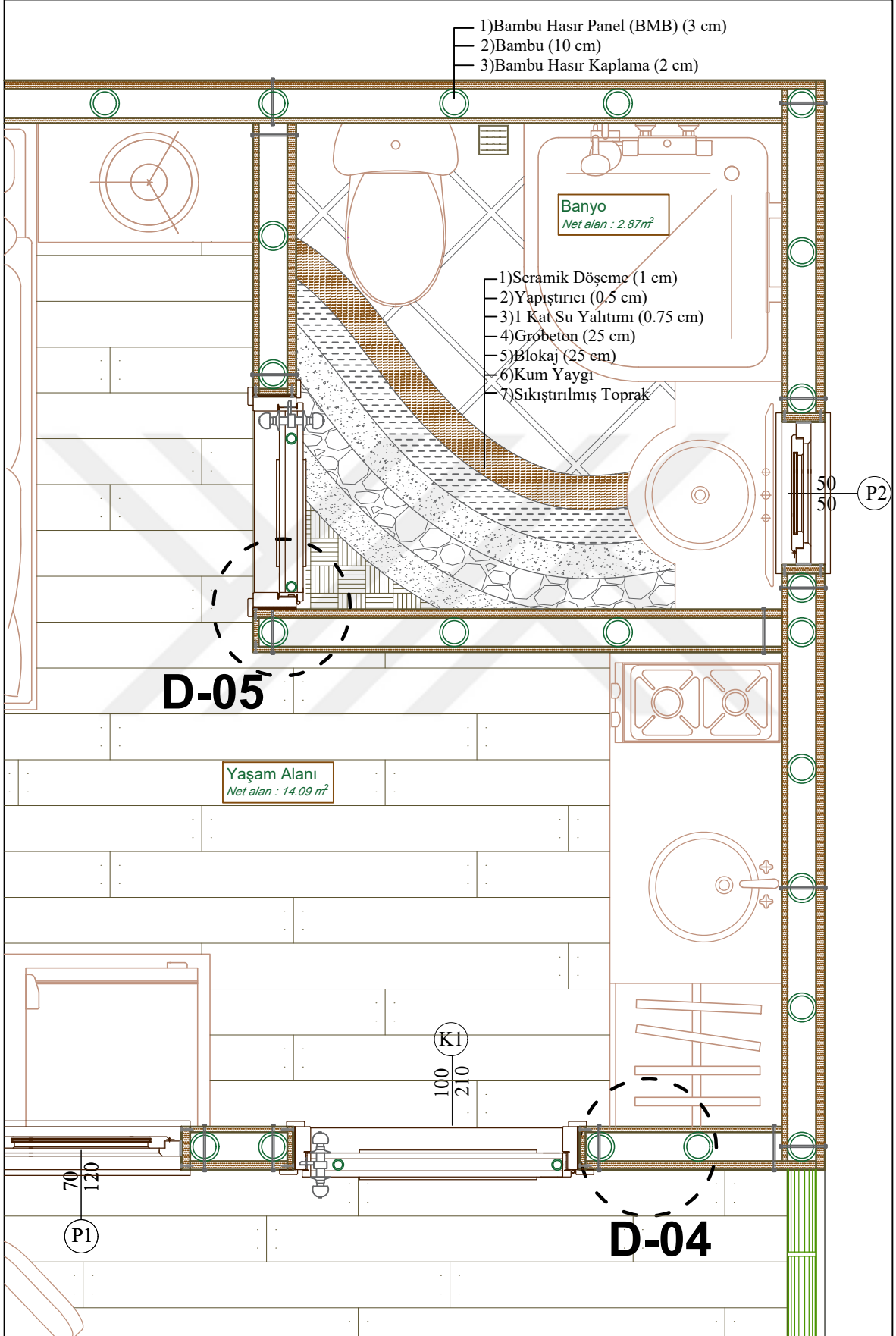
Şekil 130. Bambu modelin doğu cephesi ölçek: 1/50



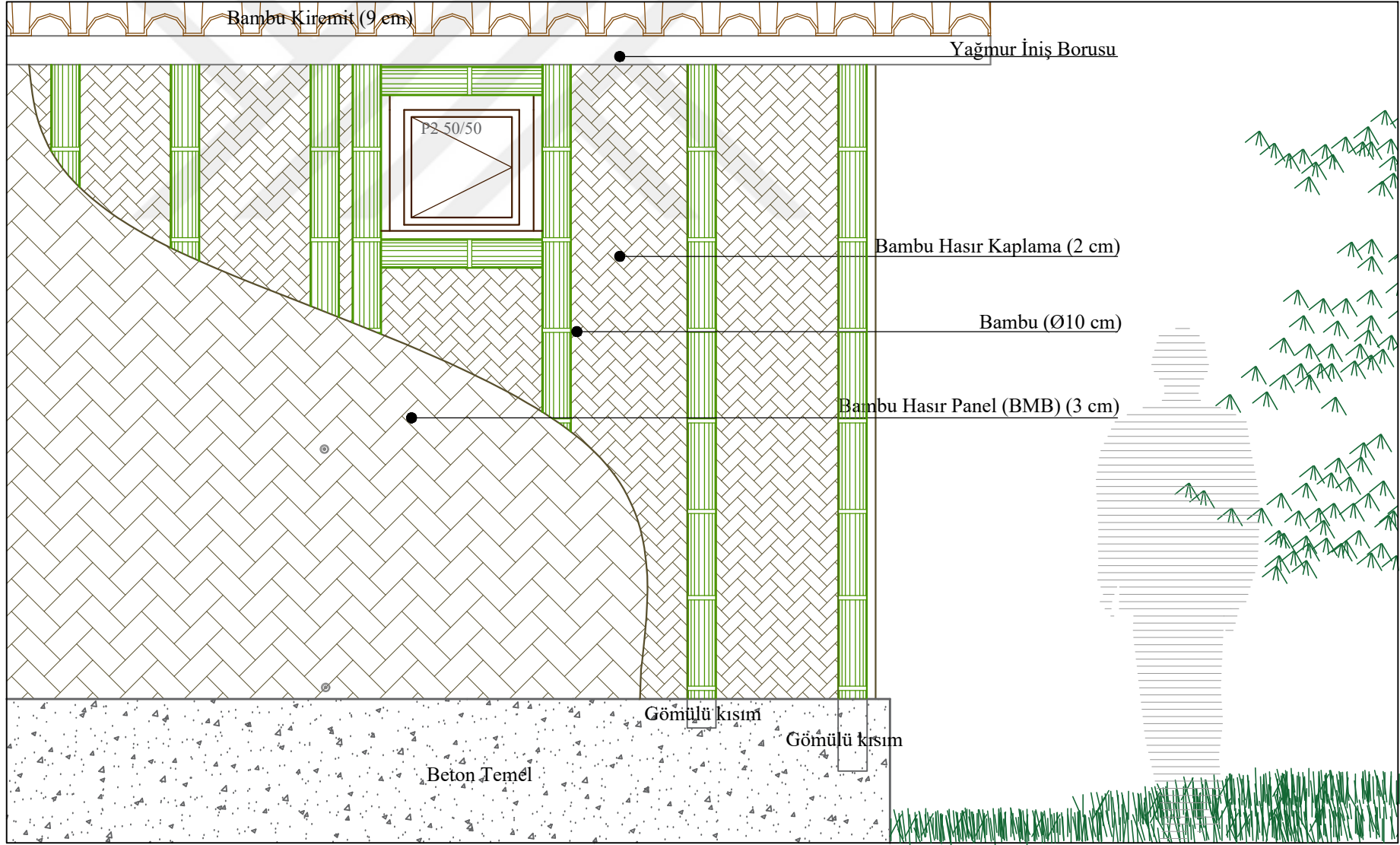
Şekil 131. Bambu modelin kuzey cephesi ölçek:1/50



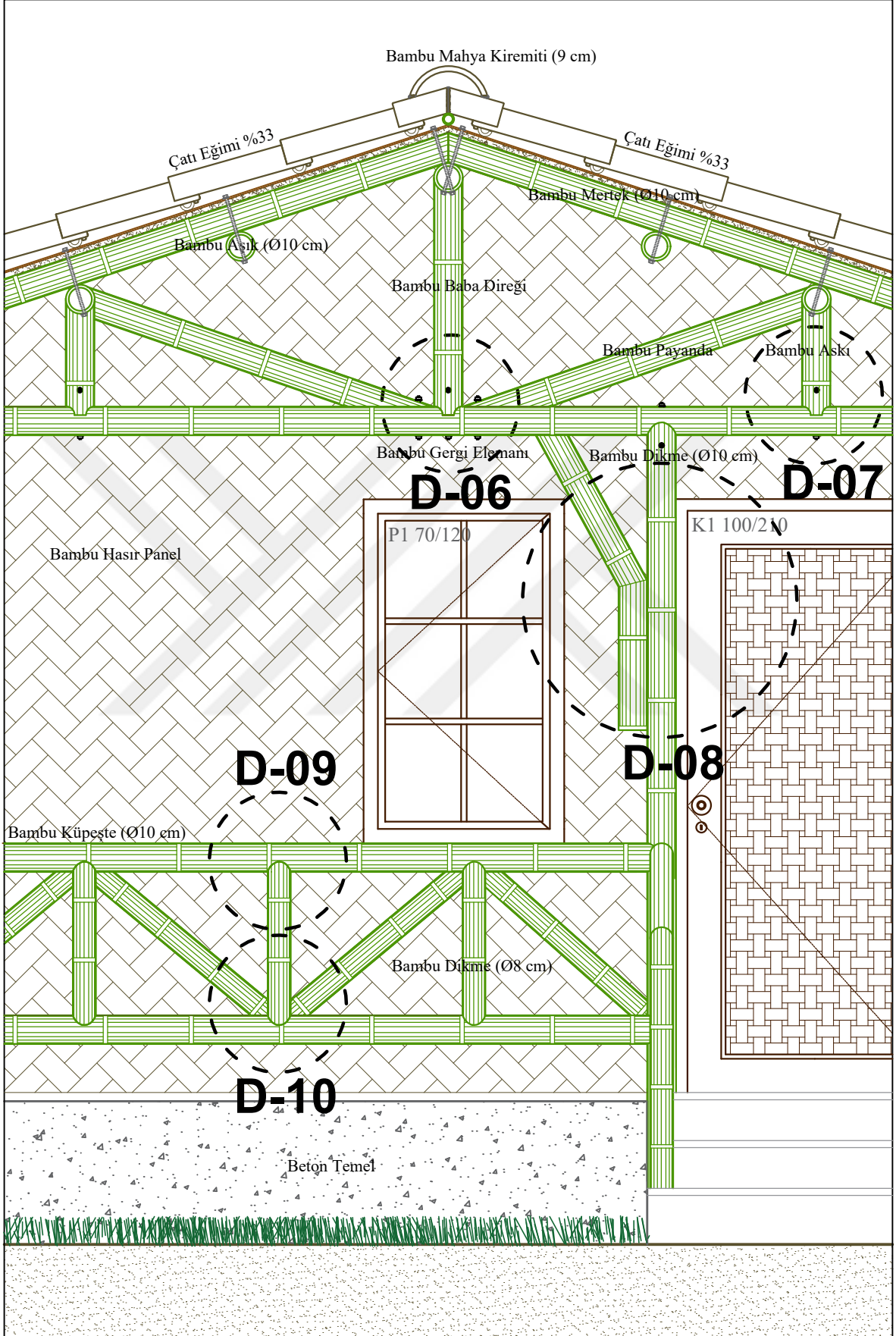
Şekil 132. Bambu modelin sistem planı ölçek:1/20



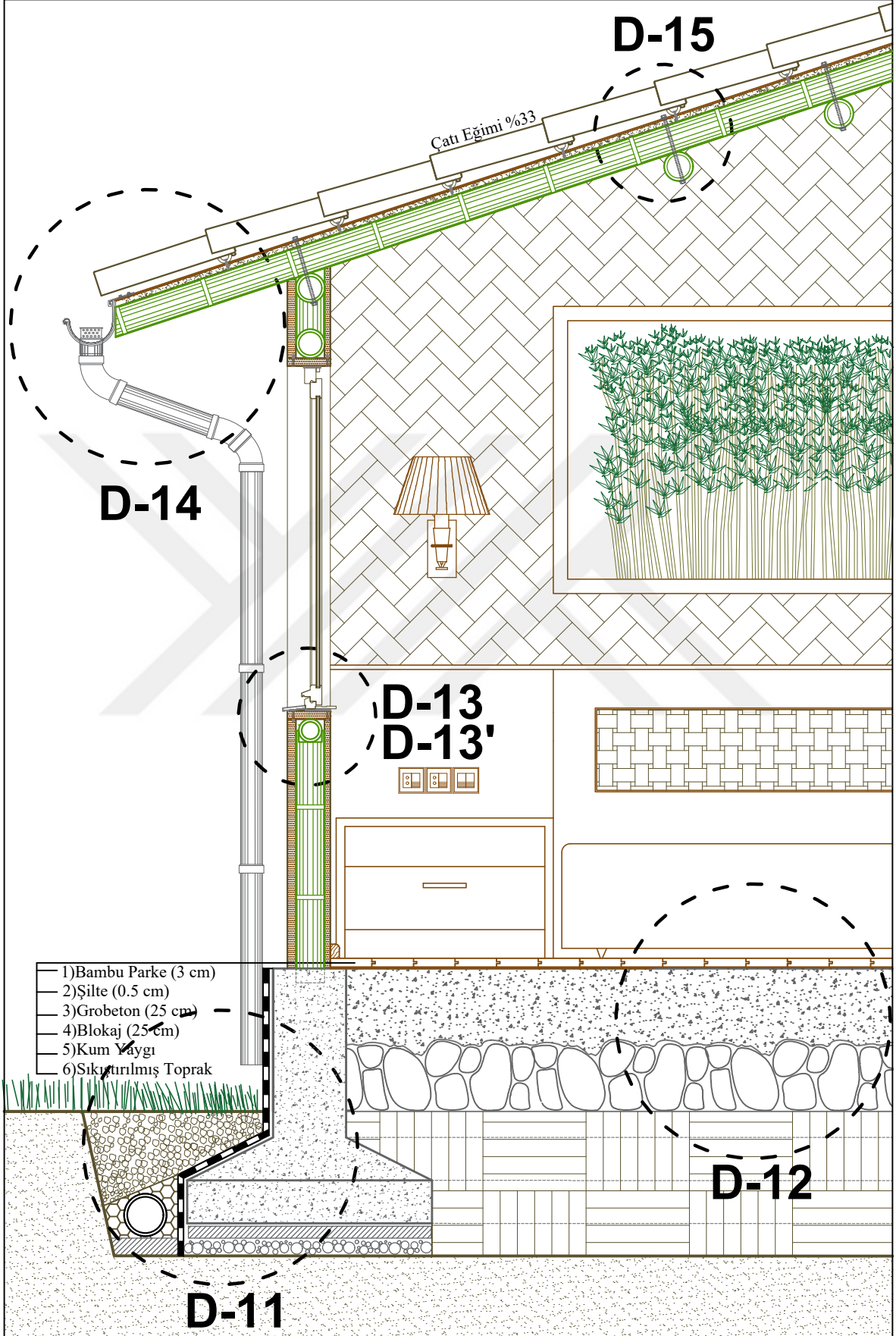
Şekil 133. Bambu modelin sistem planı ölçek: 1/20



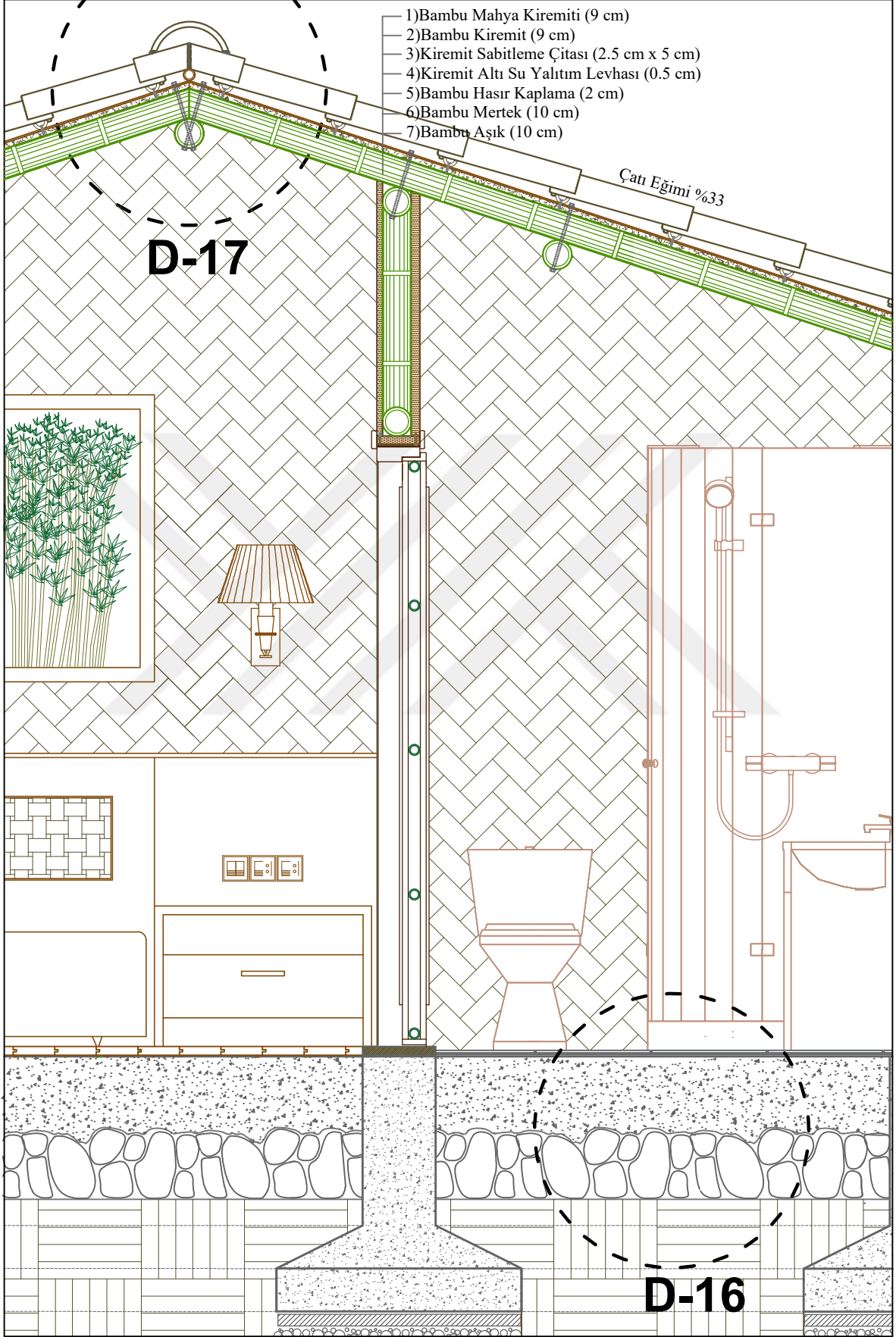
Şekil 134. Bambu modelin sistem görünüşü ölçek:1/20



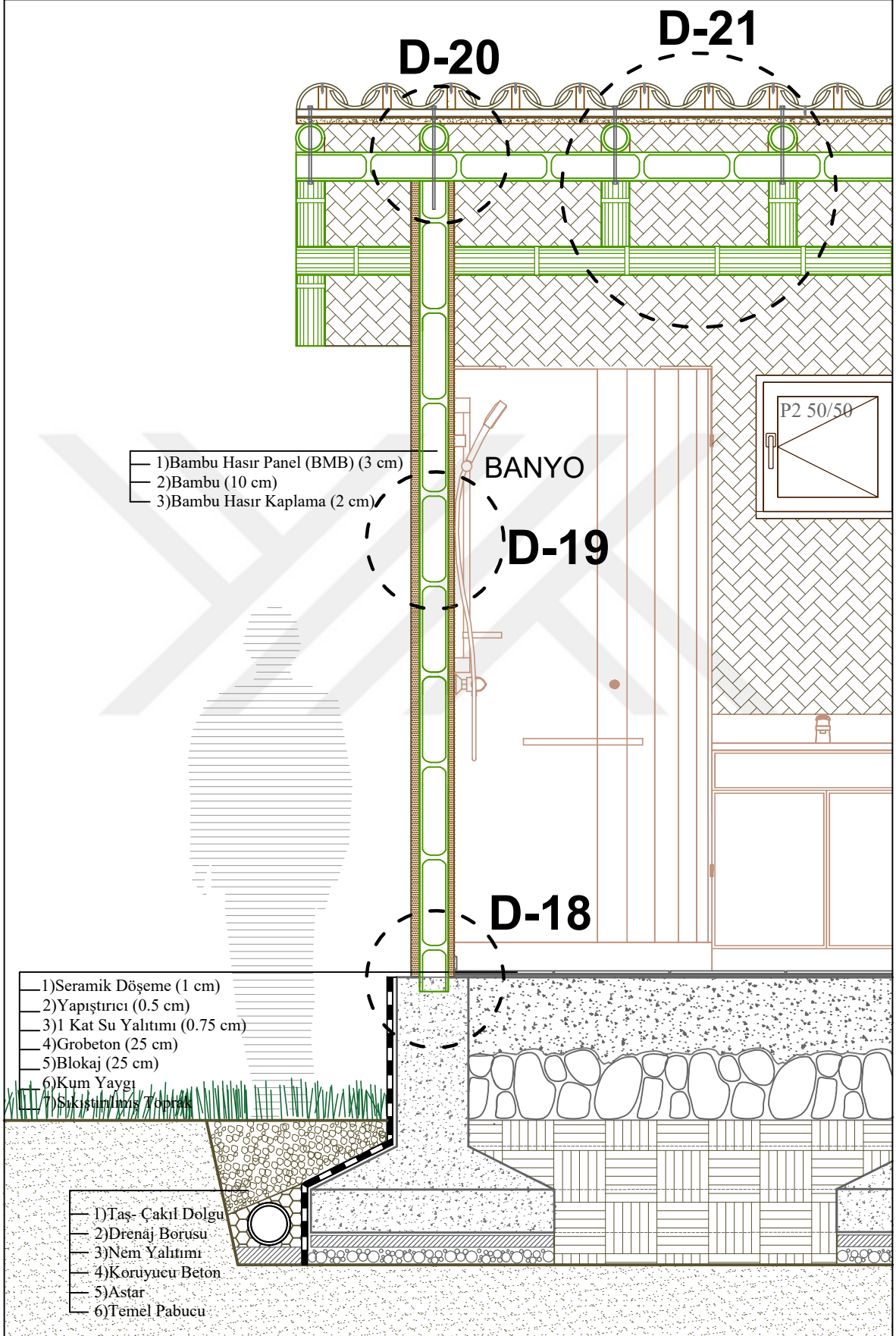
Şekil 135. Bambu modelin sistem görünüşü ölçek:1/20



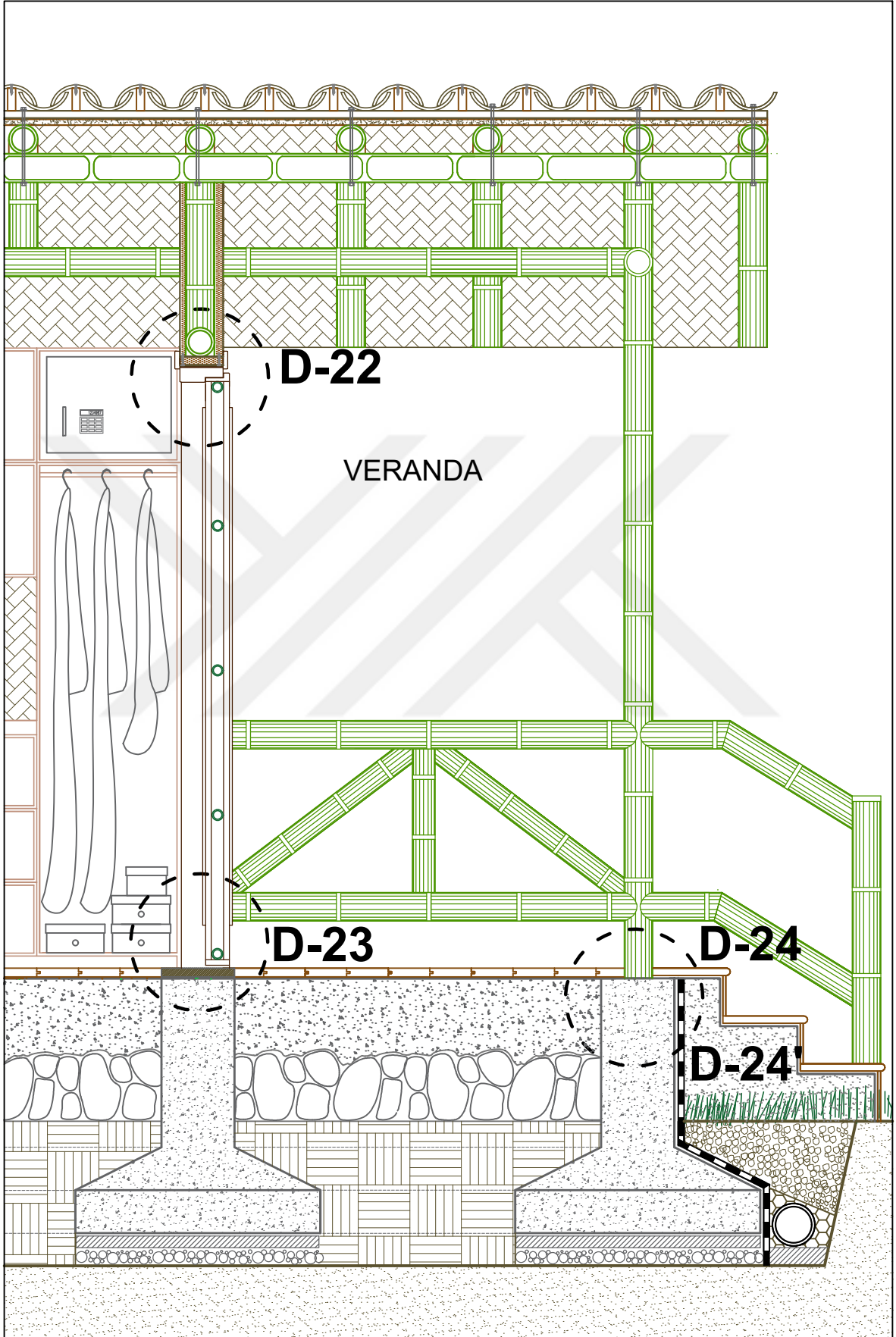
Şekil 136. Bambu modelin sistem kesiti ölçek:1/20



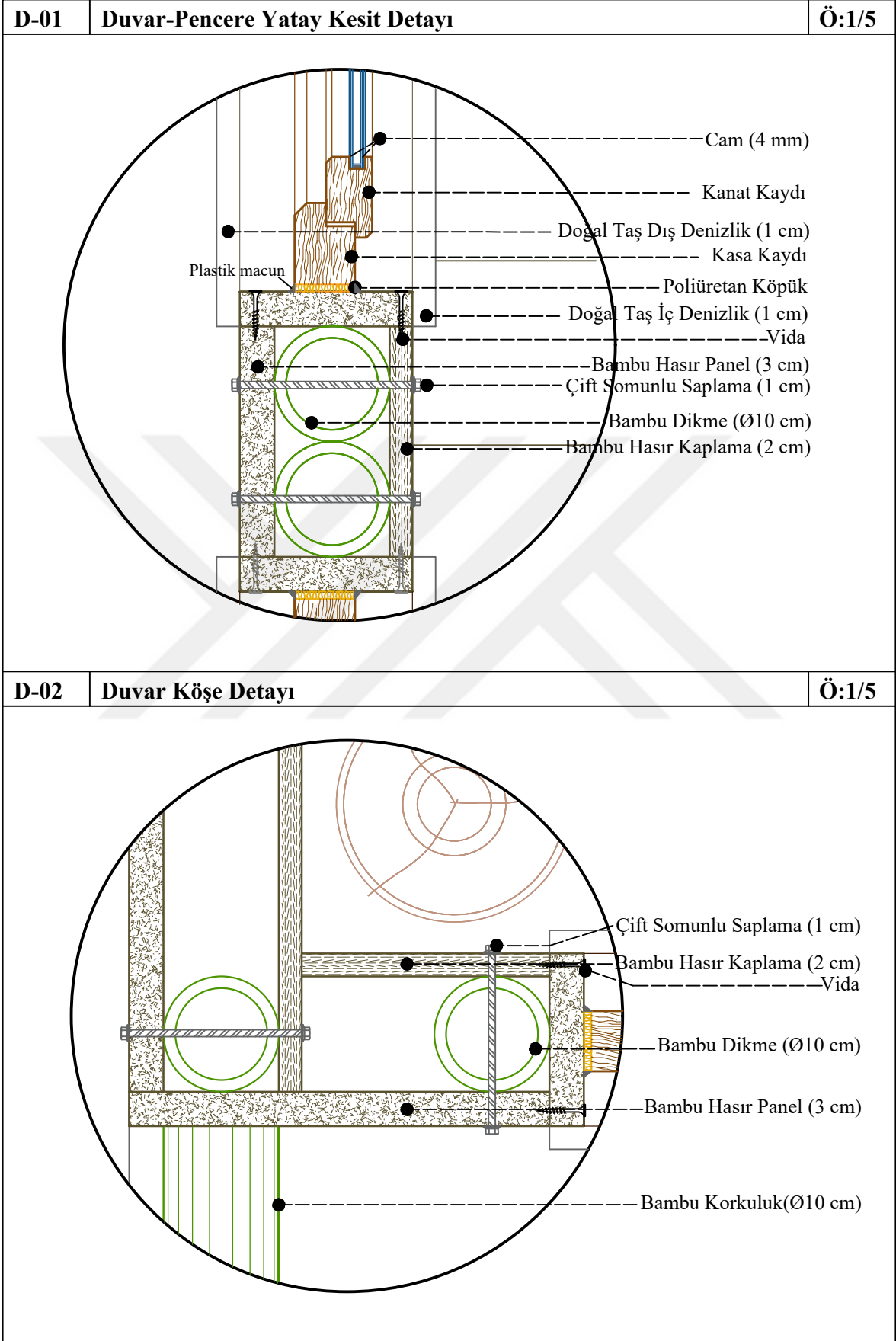
Şekil 137. Bambu modelin sistem kesiti ölçek:1/20



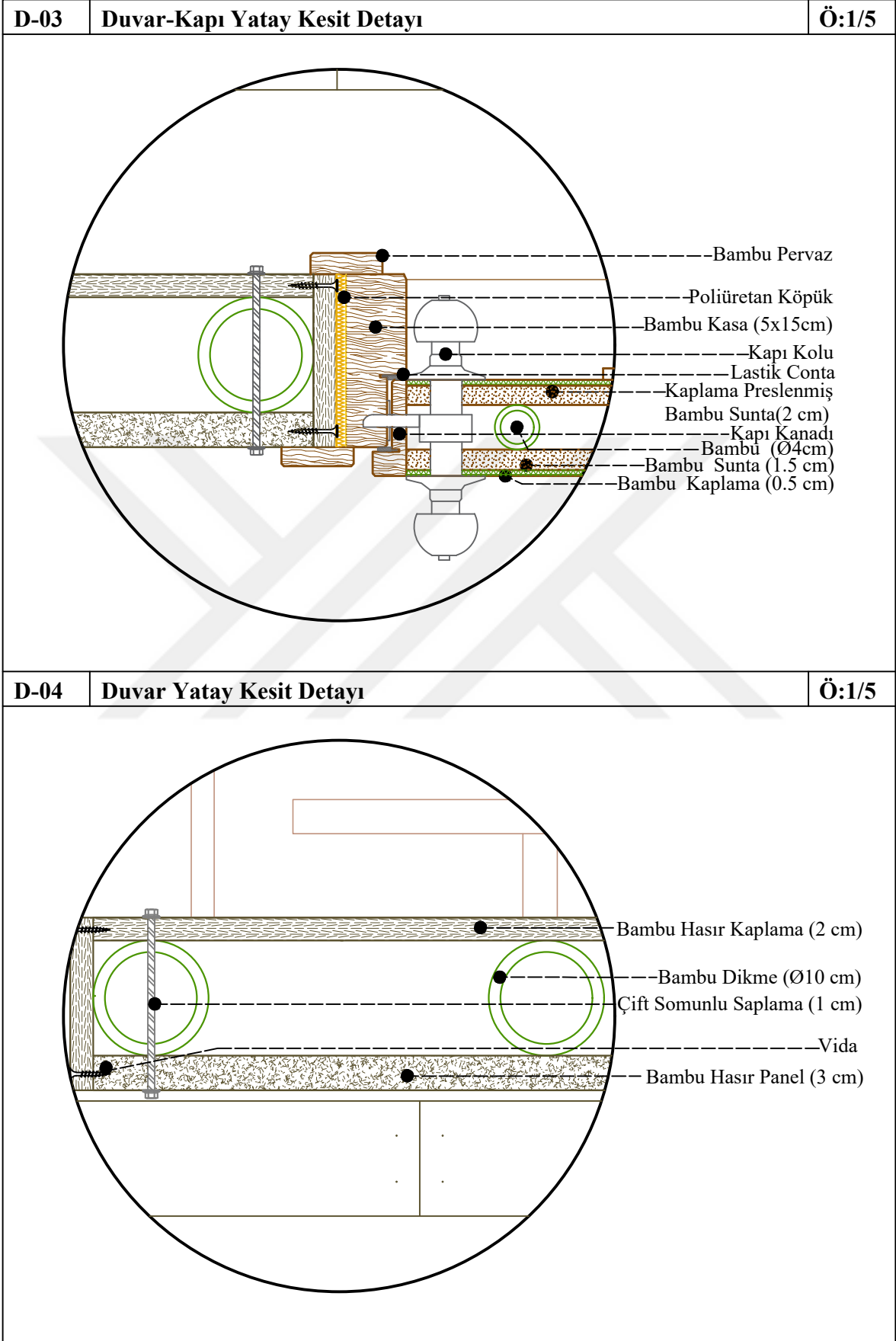
Şekil 138. Bambu modelin sistem kesiti ölçek:1/20



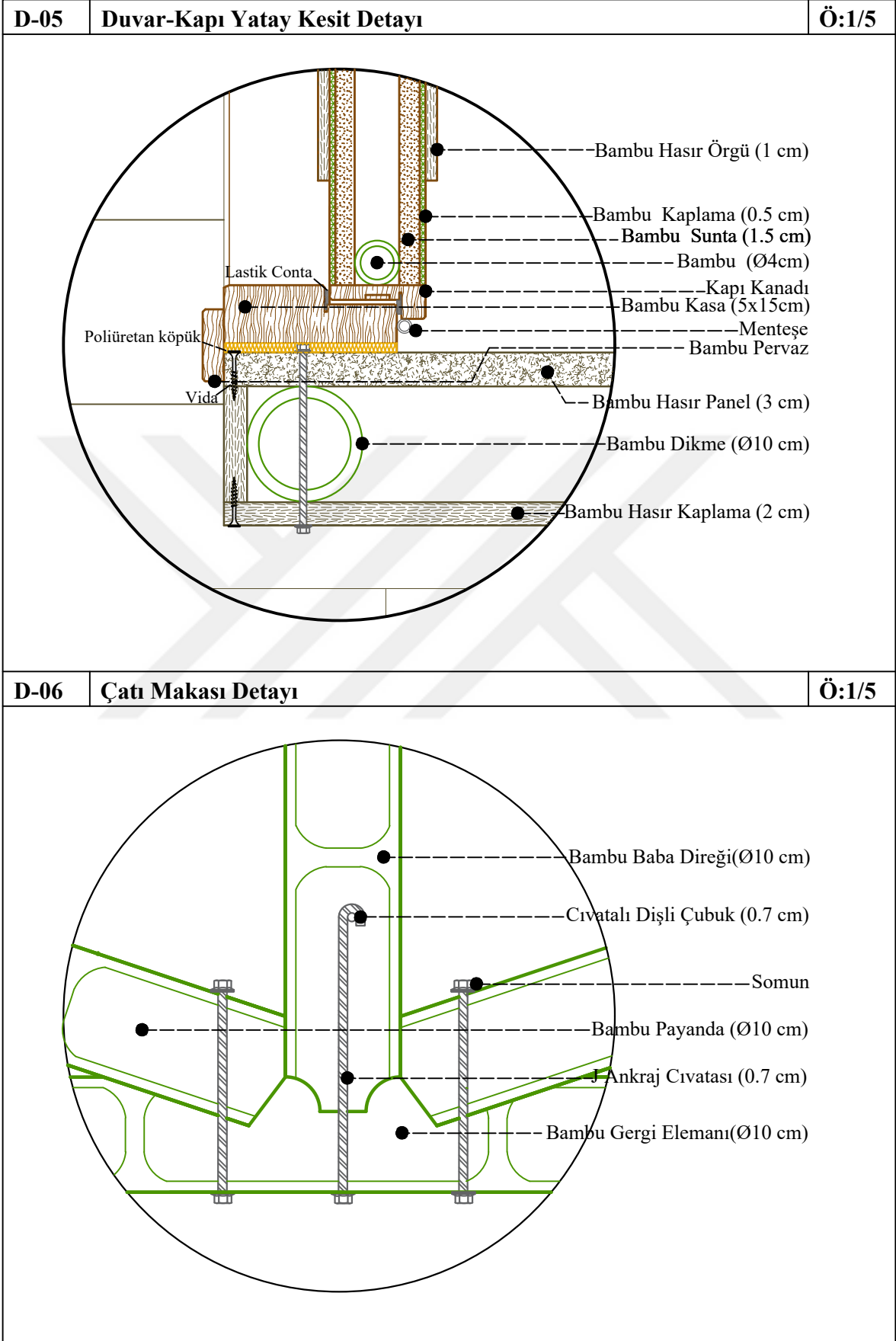
Şekil 139. Bambu modelin sistem kesiti ölçek:1/20



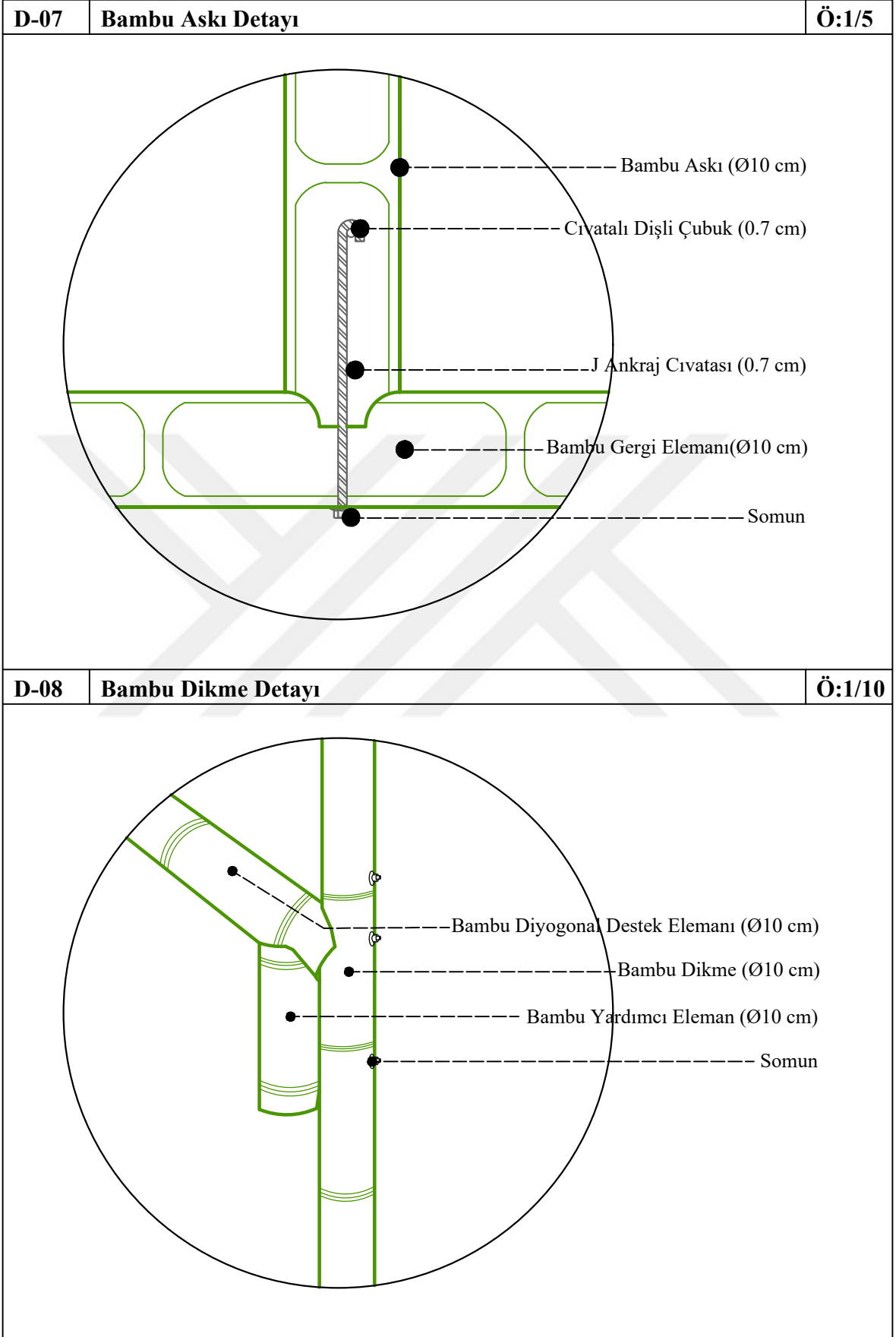
Şekil 140. Bambu modelin nokta detayları



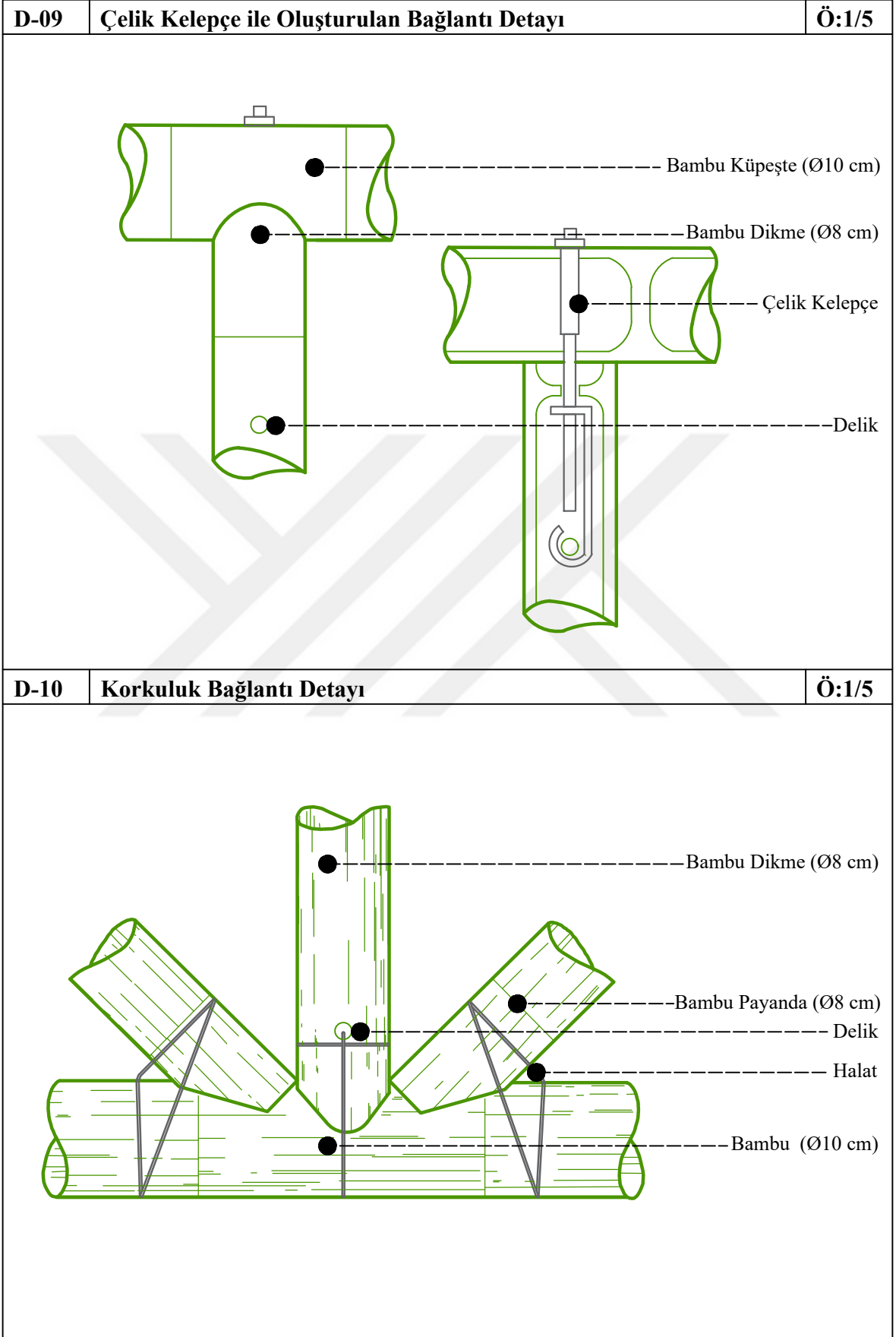
Şekil 141. Bambu modelin nokta detayları



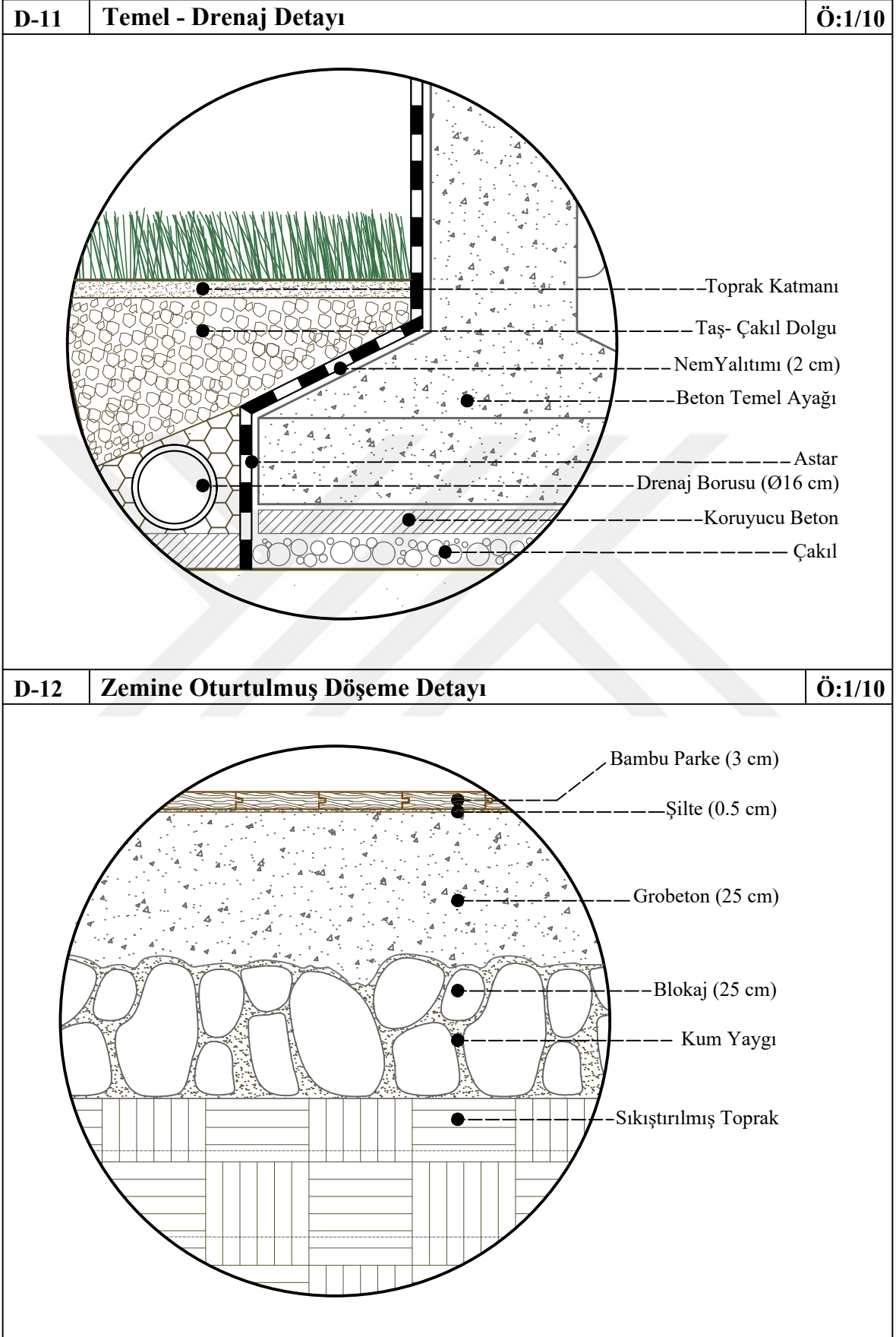
Şekil 142. Bambru modelin nokta detayları



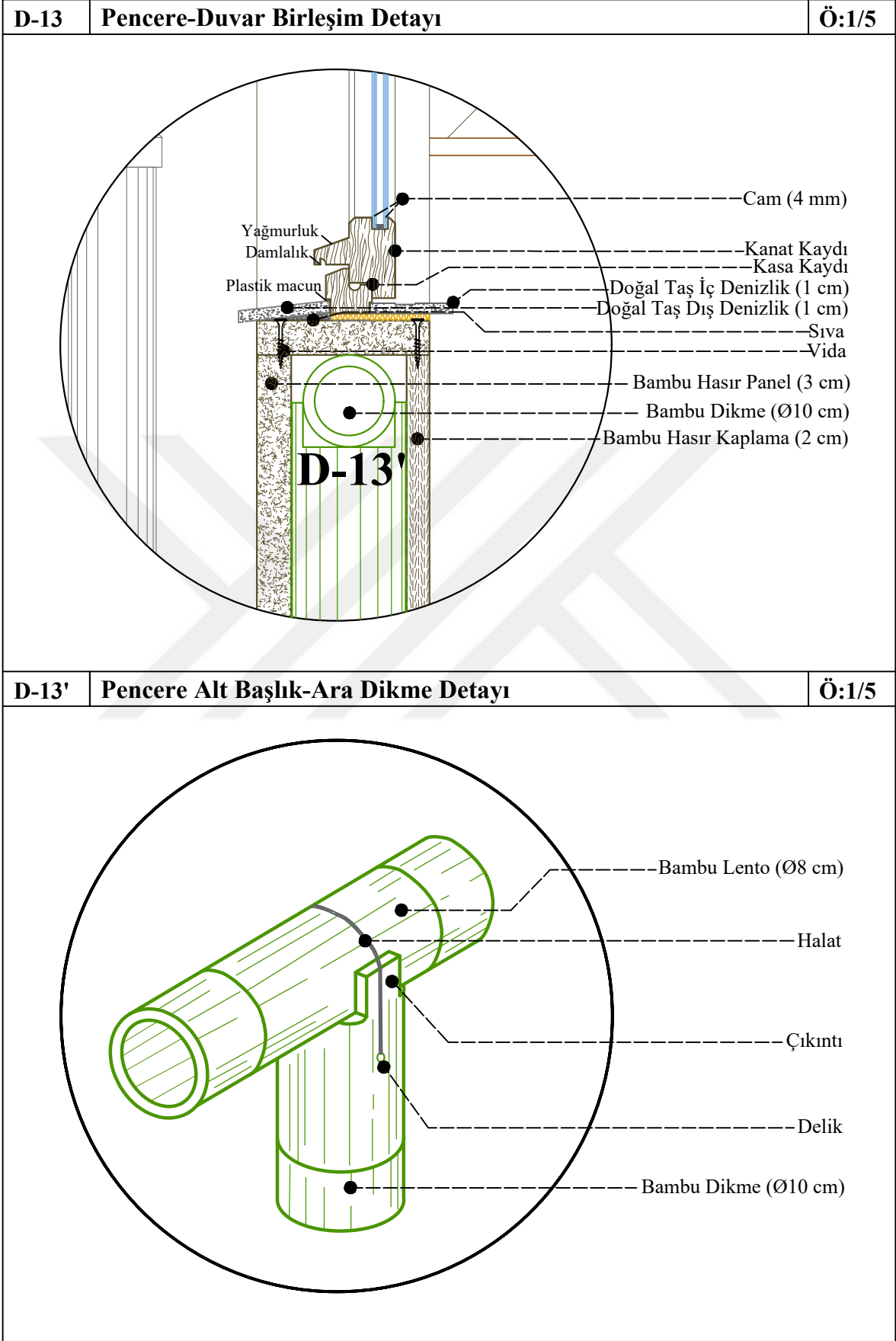
Şekil 143. Bambu modelin nokta detayları



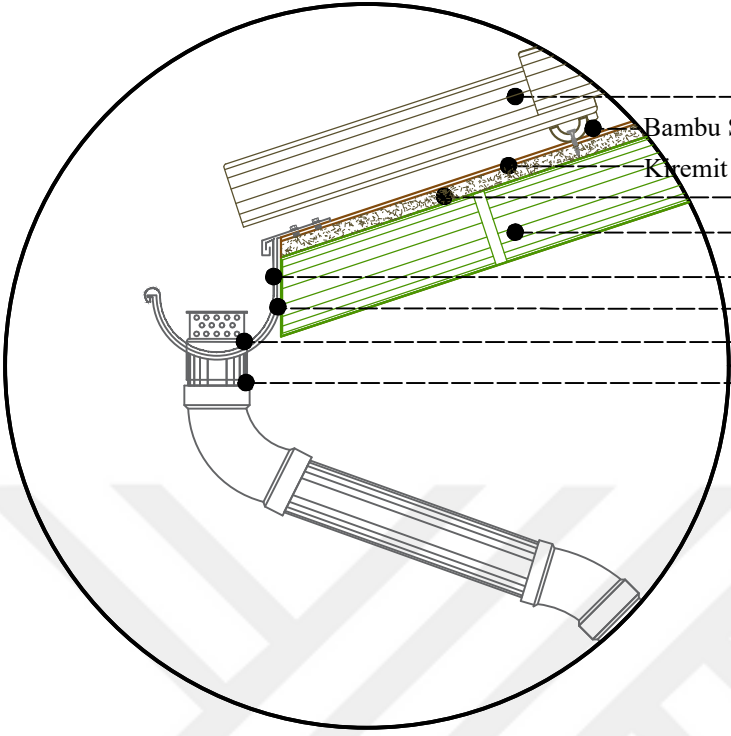
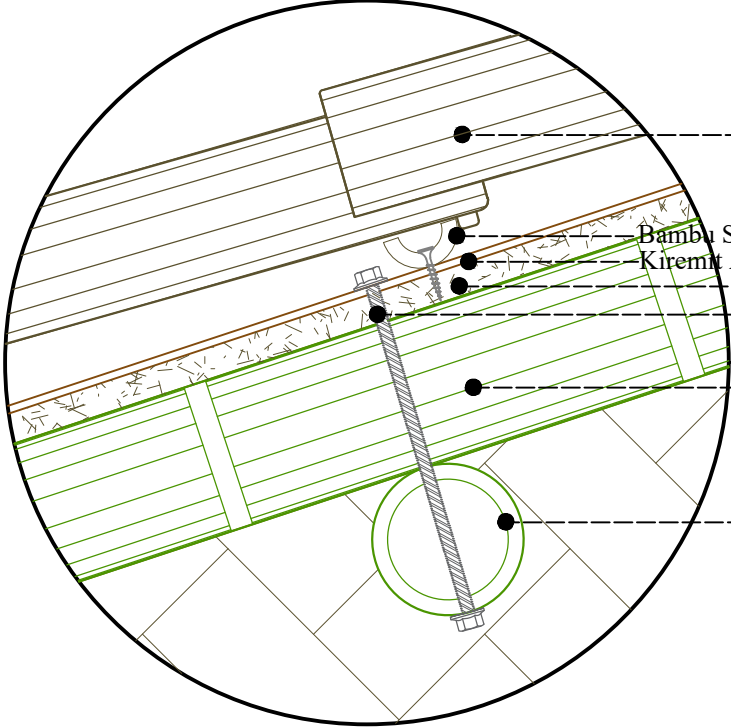
Şekil 144. Bambo modelin nokta detayları



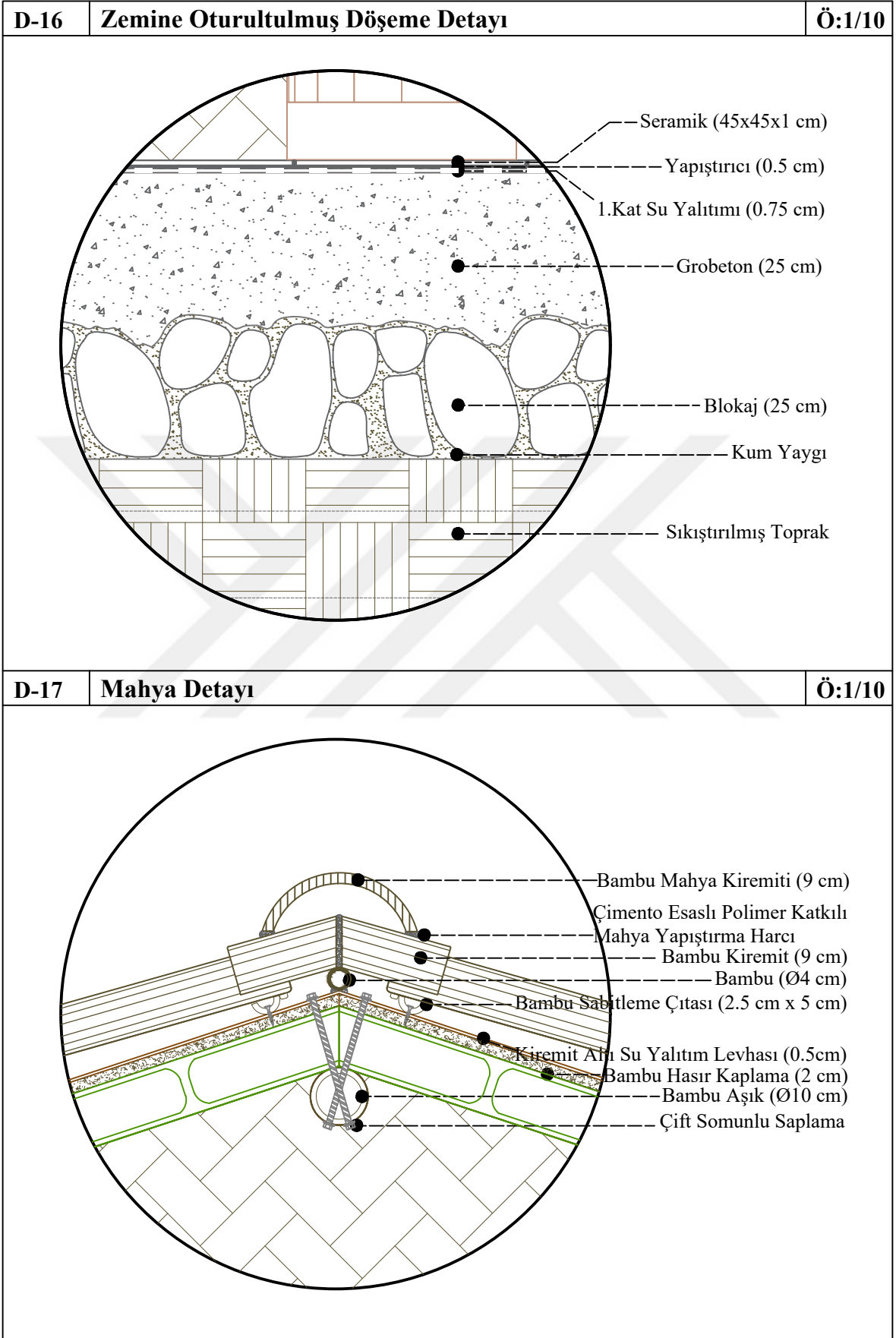
Şekil 145. Bambu modelin nokta detayları



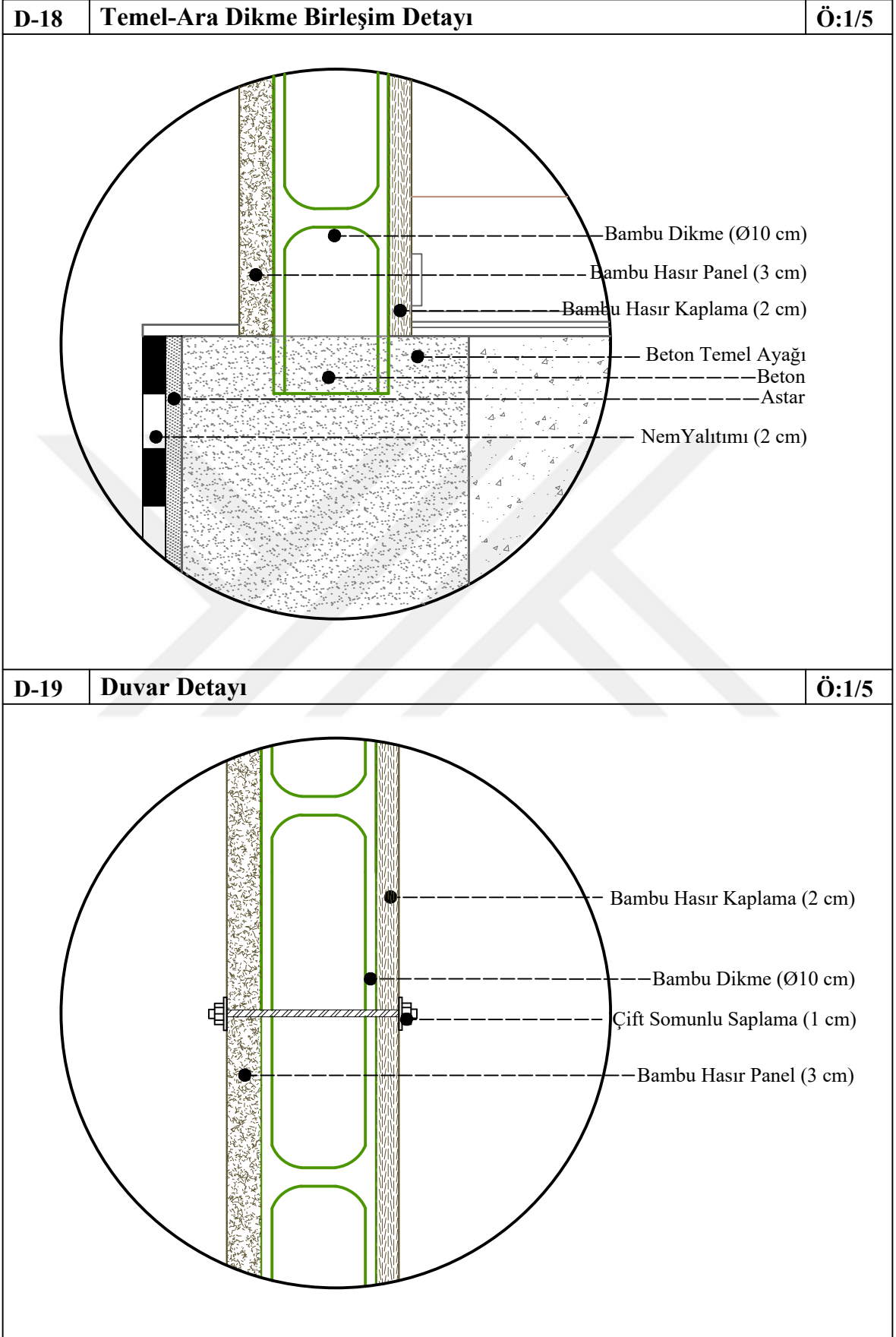
Şekil 146. Bambu modelin nokta detayları

D-14	Yağmur İniş Borusu Detayı	Ö:1/10
 <ul style="list-style-type: none"> — Bambu Kiremit (9 cm) — Bambu Sabitleme Çıtası (2.5 cm x 5 cm) — Kiremit Altı Su Yalıtım Levhası (0.5cm) — Bambu Hasır Kaplama (2 cm) — Bambu Mertek (Ø10 cm) — Galvanize Demir Lama(1 cm) — Silikon Dolgu (2mm) — Çinko Süzgeç (7cm) — Çinko Yağmur Oluğu (8 cm) 		
D-15	Aşık ve Mertek Bağlantı Detayı	Ö:1/5
 <ul style="list-style-type: none"> — Bambu Kiremit (9 cm) — Bambu Sabitleme Çıtası (2.5 cm x 5 cm) — Kiremit Altı Su Yalıtım Levhası (0.5cm) — Bambu Hasır Kaplama (2 cm) — Çift Somunlu Saplama (1 cm) — Bambu Mertek (Ø10 cm) — Bambu Aşık (Ø10 cm) 		

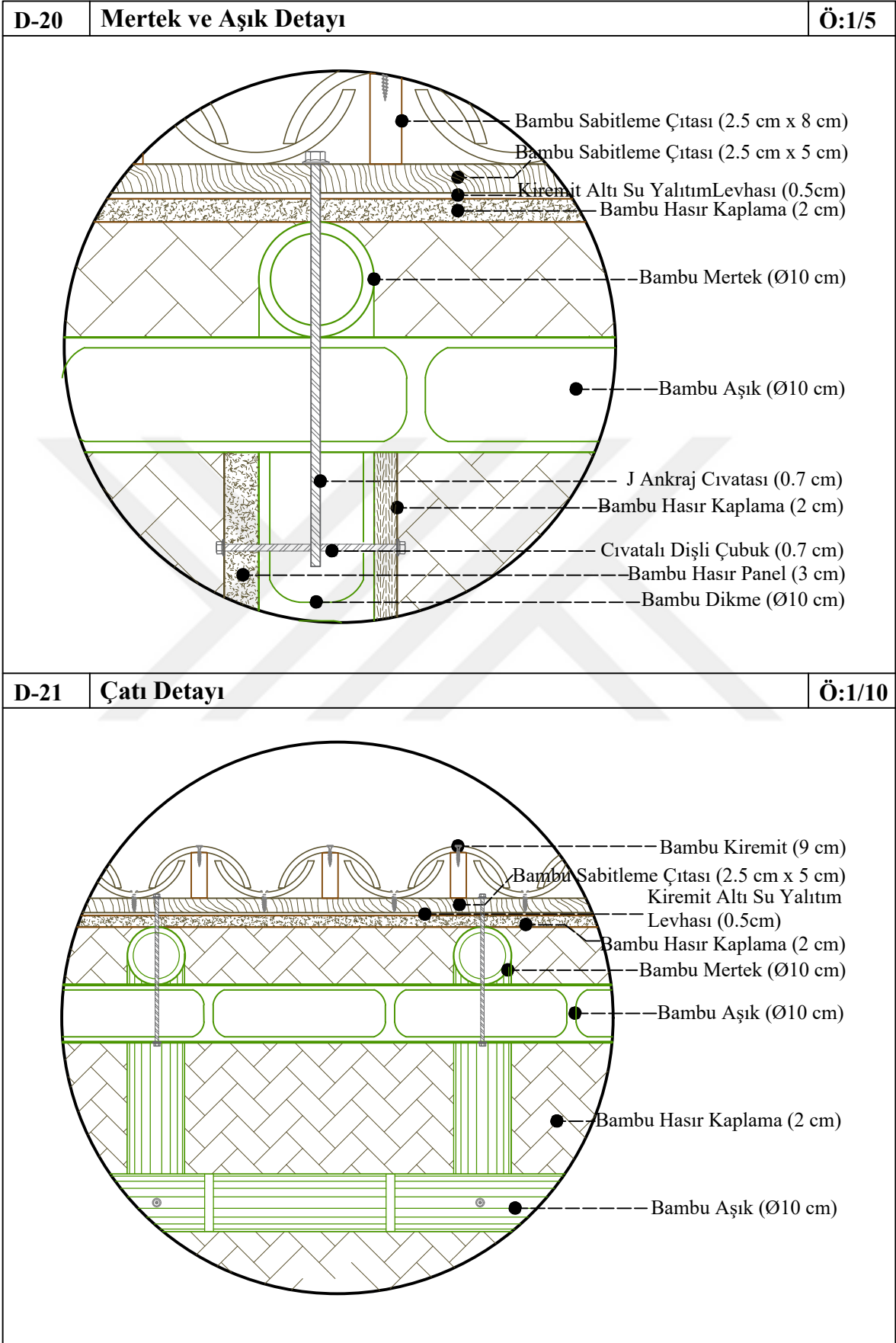
Şekil 147. Bambu modelin nokta detayları



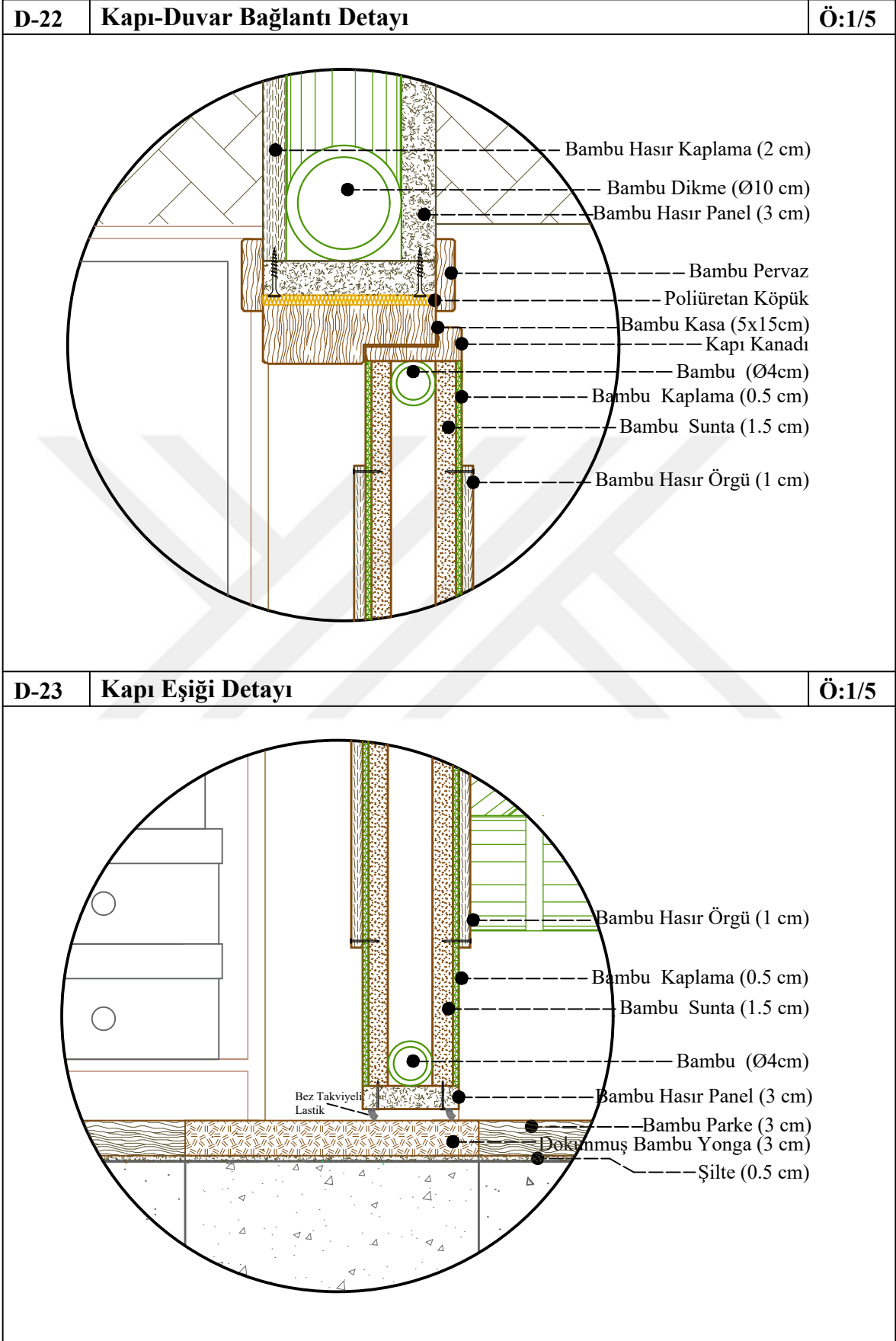
Şekil 148. Bambu modelin nokta detayları



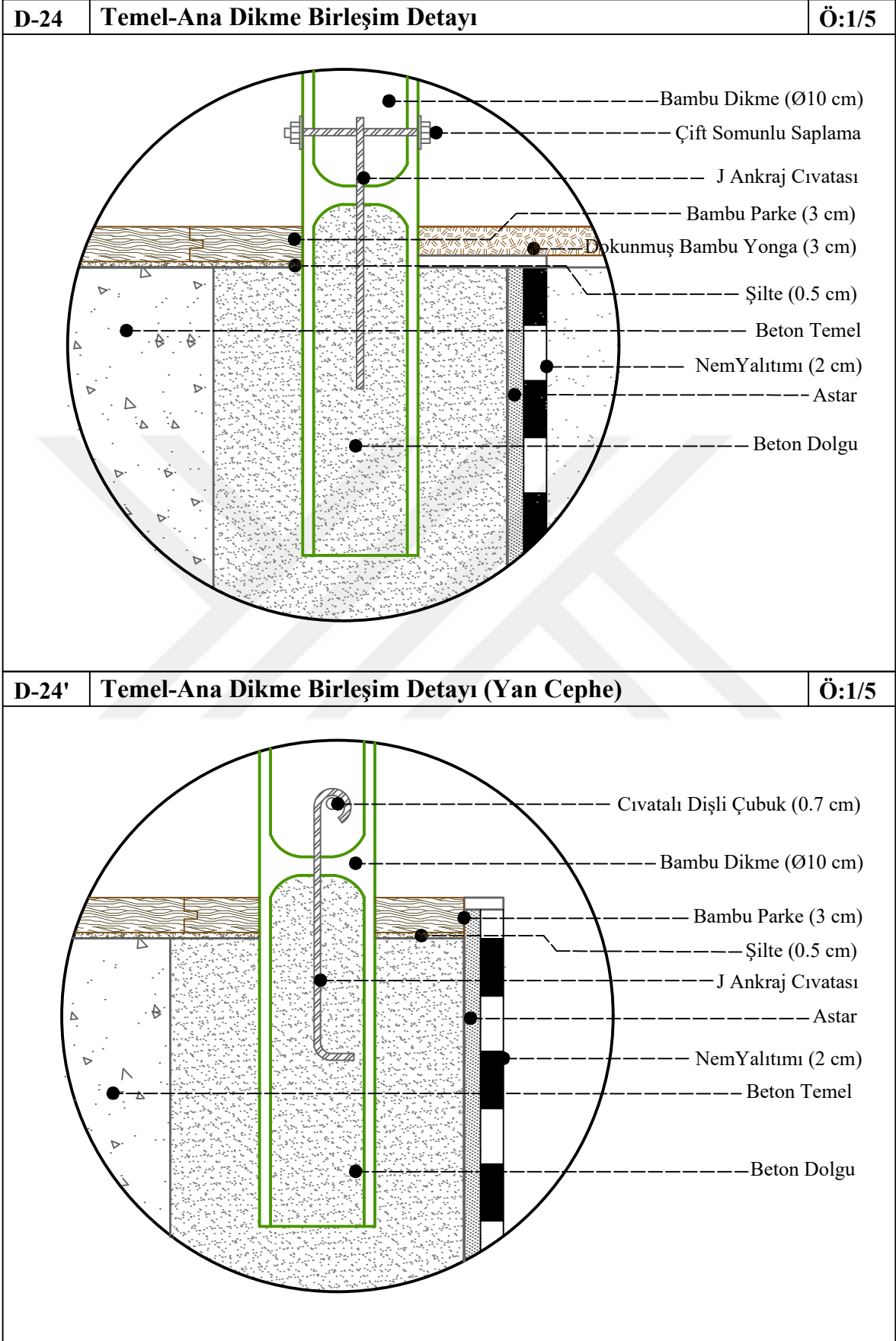
Şekil 149. Bambu modelin nokta detayları



Şekil 150. Bambu modelin nokta detayları



Şekil 151. Bambu modelin nokta detayları



Şekil 152. Bambu modelin nokta detayları

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Bambu, inşaat sektöründe ahşap ve kereste endüstrilerinde yumuşak ve sert ahşaba alternatif sürdürülebilir bir kaynaktır. Aynı zamanda bambu, kısa döngülü hasat sistemiyle, sadece temel araçlarla yönetilebilen ve onu toplum temelli kalkınma için ideal hale getiren çok yıllık bir üründür. Dolayısıyla bambunun yetiştiği bölgelerde, yerel yapı malzemesi sayılarak kırsal turizm bölgelerinde kullanımı sağlanmalıdır. Yapılan model önerisi ile ülkemizde bambu yapıların yapılmasına ve arttırılmasına teşvik etmek amaçlanmıştır.

Önerilen bambu modelin yapım tekniği olarak geleneksel yapım teknikleri seçilmiştir. Geleneksel bambu yapılar sırasıyla, temel, döşeme, duvar, çatı ve doğrama yapımından oluşmaktadır. Bu yapı elemanlarının yapım sistemlerinden Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm alanlarında yapılması planlanan model için uygun olan teknikler belirlenmiştir. Belirlenen teknikler ve kararlar doğrultusunda oluşturulan proje ile elde edilen bulgular şu şekilde sıralanabilir;

1. Alan çalışmasıyla elde edilen veriler ve daha önce yapılmış çalışmalara göre Rize ili Pazar ilçesinde bulunan bambuların yapı malzemesi ve yapı elemanı olarak kullanım için son derece uygun olduğu görülmüştür.
2. Bambu yapıların yapım sistemleri, ahşap yapıların yapım sistemlerine benzemektedir.
3. Bambu yapı malzemesinin, döşeme, duvar, çatı, doğrama ve kaplamalarda kullanılabilen çok yönlü bir malzeme olduğu görülmüştür.
4. Bambu yapı malzemesi, diğer ahşap, beton, çelik, taş vs. yapı malzemeleriyle kompozit olarak kullanılabilir.
5. Bambu yapılarda, bambuların korunması ve bağlantı detayları, yapının sağlamlığında ve ömrünün uzun olmasında çok büyük öneme sahiptir.
6. Bambu yapıların tamamıyla sürdürülebilir yapı kriterlerine uygun olduğu görülmüştür.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde yapılan çalışmalar, giderek enerjiyi etkin kullanma prensibiyle oluşturulmaktadır. Enerjiyi etkin ve verimli kullanma amacı güden bu tasarım kuramı malzeme seçimini de önemli kılmaktadır. Enerji etkin malzemeler, çağdaş malzemelerle ilgili karşılaşılan tüm zorluklara karşı bir çözüm niteliğindedir. Bu malzemeler, hammadde elde edilmişinden, yok edilmesine kadar enerjiyi en verimli şekilde kullanmayı amaçlar. Yerel malzemelerin kullanılması, geri dönüştürülebilir ve yenilebilir malzemelerin kullanılması, gömülü enerjisi düşük ve dayanıklı malzemelerin kullanılması yapılarda enerjinin korunumunu arttırmaktadır. Çevresel yaklaşım modeli içinde yapılarda düşük enerjili malzemelerin tercih edilmesi, yapı-yaşam döngüsünün her aşamasında enerjiyi az ve verimli kullanmak sürdürülebilirliğe önemli katkı sağlamaktadır. Enerji tüketimini azaltan malzemelerin kullanımı, enerji etkin yapı tasarımında etkili bir yöntem olmaktadır. Çünkü yapı malzemeleri diğer bütün özellikleri ile çevresel özelliklerini de kullandıkları yapıya aktarmaktadır. Bu bağlamda yeşil çelik olarak adlandırılan bambu, hızlı yenilenebilen, ormansızlaşmayı azaltan, sera gazlarını emen, çok az atık üreten, gömülü enerjisi ve karbon ayak izi düşük, çok yönlü, toprağı koruyan, her koşulda ve iklimde yetişen, ekonomik gelişmeye katkı veren, kültürel iş birliğinin ve istihdamın artmasını sağlayan sürdürülebilir ve ekolojik bir yapı malzemesidir. Aynı zamanda trend, tasarıma açık ve düşük maliyetlidir.

Çalışma kapsamında, ülkemizde bambunun yapı malzemesi olarak kullanımını sağlamak ve yaygınlaştırmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda geliştirilen bambu model önerisi ile bu tür yapıların ülkemizde de uygulanabilirliği kanıtlanmak istenmiştir. Ülkemizde bambularla ilgili kaynak yetersizliğinin önüne geçmek ve sürdürülebilir yapı tasarımına ışık tutmak amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda öncelikle bambularla ilgili genel bilgiler verilmiş, bütün özellikleri ele alınmış sonrasında geleneksel yapım teknikleri detaylıca incelenmiştir. İncelenen tekniklerden bambu model önerisi için uygun olanlar seçilerek alan çalışması yapılmıştır. Rize ili Pazar ilçesinde yer alan bambu ormanlarına yakın konumda bulunan Doğu Karadeniz kırsal turizm alanlarında yapılması varsayılan bambu model, uygulama projesi şeklinde oluşturulmuştur.

Bu bağlamda çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

- İnşaat sektöründe enerji kullanımını minimum tutmak amacıyla, yapılarda bambu gibi sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılmasına yönelik çalışmalar desteklenmelidir.
- Bambu yapıların ülkemize, sürdürülebilirlik ve ekolojik mimari adına büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
- Üstün mekanik ve sürdürülebilir özellikleri olan bambunun ülkemizde yapı malzemesi ve yapı elemanı olarak kullanılmasını sağlamak ve yaygınlaştırmak amacıyla literatürde yer alan çeşitli ülkelerden günümüz mimari örnekleri incelenmiştir. Sonuç olarak; iklim koşullarına, topoğrafyaya, yerel dokuya ve mimariye uygun tasarım ile bambu yapılar ülkemizde sadece Doğu Karadeniz Bölgesi'nde değil diğer bölgelerde de uygulanabileceği açıkça görülmektedir.
- Doğu Karadeniz kırsal turizm alanları için önerilen bambu modelin, yerel halk ve turistlerin ilgisini çekerek sürdürülebilir kalkınma aracı olarak görülen ekoturizme büyük katkı sağlayacağı ve ekolojik faydaların yanı sıra çeşitli uygulamalarda kullanım için ekonomik faydalar oluşturacağı öngörülmektedir.
- Son yıllarda bambunun kullanımı ve popülaritesi arttığından sadece inşaat sektörü için değil bambunun kullanım alanı olan diğer sektörlerde de ithalat yerine ihracat yapan bir ülke konumunda olmak; bambu ormanlarının arttırılması, halkın üretime teşvik edilmesi ve bilinçlendirilmesi ile mümkündür.
- Devlet desteği ve yasal düzenlemeler ile bambudan kent içinde farklı işlevlerde (turizm ofisi, kent donatısı, üst geçit vb.) kullanılan modellerin gerçekleştirilmesi sağlanabilir.
- Doğu Karadeniz kırsal turizm alanlarında yapılan yapılarda ahşap malzeme yerine bambu yapı malzemesinin kullanılması; ormansızlaşmayı azaltması ve yeni, farklı bir anlayış getirmesine olanak tanıyacaktır. Aynı zamanda bambunun üstün mekanik özellikleri, kısa sürede hasat edilmesi, üretim için gereken enerji ihtiyacının ahşabın enerji ihtiyacının yarısı olması vs. gibi özellikler, bambuyu ahşaptan üstün kılmaktadır.
- Bambular diğer birçok orman kaynağına kıyasla kalkınma için muazzam bir potansiyel katma değere sahiptir. Ülkemizde endüstriyel orman plantasyonları bambulardan oluşturulabilir. Çünkü kereste alternatifi olan bambular oldukça hızlı büyüyen ve hasat edilen bir türdür. Doğal ormanları korumak, karbon emisyonunu

azaltmak, kırsal kalkınmaya katkı sağlayıp istihdam yaratmak ve dış pazarlara bağımlılığı azaltmak bu sayede mümkün olmaktadır.

- Aynı zamanda Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bambu ormanların arttırılması, risk teşkil eden erozyon ve heyelana karşı çözüm niteliği taşımaktadır. Bambu, ülkemizde şu an sadece belirli bölgelerde yetişmektedir. Ancak her bölgede ve iklimde yetişecek bambu türleri bulunmaktadır. Yetiştirilmesi kolay olup olumsuz özelliklerinden biri olan hızlıca ve kontrolsüz yayılmasının önüne geçmek için kimyasal kullanılarak ve kullanılmadan uygulanan işlemler yapılabilmektedir.
- Bu tez çalışması ile, bambuların yapı malzemesi ve yapı elemanı olarak kullanımına ilişkin literatürdeki bilgi ve kaynak eksikliğinin yeri doldurulmuştur.

Bambunun ülkemiz için yeni bir yapı malzemesi olmasında, bazı olumsuzluklar ve sınırlılıklar bulunmaktadır. Bunlar;

- Türkiye'de bambu için belirli standartların ve mevzuatın olmaması belirsizlik ve eksiklik oluşturması,
- Ülkemizde bambu yapım teknikleri ile ilgili bilgi sahibi olan özel kalifiyeli elemanların bulunmaması,
- Bambunun Türkiye'de ihracatının olmaması ve bambu pazarının bilinmemesi olarak tanımlanabilir.

Bu olumsuzlukların ve sınırlılıkların bu gibi araştırmaların giderek artması, bambunun tanıtımının yaygınlaştırılması ve devlet desteği ile çözüleceği öngörülmektedir.

Bu çalışmadan yararlanılarak oluşturulacak araştırmalar adına verilebilecek öneriler şu şekilde sıralanabilir:

- Doğu Karadeniz bölgesi kırsal turizm alanlarında yapılması planlanan bambu model, başka bölgelere uyarlanabilir. Maliyet, estetik, yörenin iklim şartları ve coğrafi yapısına uygunluk vs. gibi konular göz önünde bulundurularak yöreye uygun tasarımlar yapılabilir. Aynı zamanda bambunun deprem dayanımının yüksek olması, deprem bölgesinde bulunan kırsal alanlar için yapı tasarımına yön verebilir.
- Doğu Karadeniz bölgesi için geleneksel yöre mimarisi yapılarından biri olan serender yapıları, ahşaba alternatif olan bambu yapı malzemesiyle yapılabilir. Bu bağlamda malzemeyi yerelleştirme ve topluma kazandırma sağlanabilir.
- Sürdürülebilir ve ekolojik bambu yapı malzemeleriyle yapılmış yapılar analiz edilerek karşılaştırılabilir.

- Bambunun diğer yapı malzemeleriyle (beton, ahşap ve çelik vs.) birlikte kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılabilir.
- Bambunun modern bağlantı teknikleri hakkında detaylı araştırma yapılabilir ve son yıllarda çıkan bağlantılar hakkında bilgiler derlenebilir.
- Ülkemizde bulunan bambu türleri ile ilgili mekanik ve fiziksel çalışmalar yapıp malzeme olarak kriterleri belirlenebilir.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar ve önerilerin gelecekte yapılacak çalışmalara kaynak olacağı düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Ahmed, K., I., 2005. Handbook on Design and Construction of Housing for Flood-Prone Rural Areas of Bangladesh ,93, Asian Disaster Preparedness Center (ADPC), Bangladesh.
- Akwada D., R. ve Akinlabi E.,T., 2016. Economic, Social and Environmental Assessment of Bamboo for Infrastructure Development, 5th International Conference on Infrastructure Development in Africa, South Africa.
- Albermani, F., Goh, G., Y. ve Chan. S., L., 2007. Lightweight Bamboo Double Layer Grid System, Elsevier: Engineering Structures, 29, 1499-1506.
- Alfonso, D., J., 1987. Let's Plant Bamboo, Weekly-Agribusiness (Philippines), 1,16, 12-13.
- Anonim, 2001. INBAR – FSI Transfer of Technology Model: Corrugated Bamboo Roofing Sheets, Research Centre for Forest Ecology and Environment, Forest Science Institute, Hanoi, Vietnam.
- Anonim, 2003. Vertical Soak Diffusion for Bamboo Preservation, EBF(The Enviromental Bamboo Foundation), Bali, Indonesia.
- Anonim, 2019. Bamboos Market Size, Share & Trends Analysis Report, by Application (Raw Materials, Industrial Products, Furniture, Shoots), by Region, and Segment Forecasts, 2019 – 2025.
- Arce, O., A., 1995. Bamboo Housing in Seismic Prone Areas. Paper Presented at the Fifth International Bamboo Workshop, Bali (unpublished).
- Arya, A., S., 2010. Guideline for Wind and Earthquake Resistant Construction of Bamboo Huts in Bihar, Bihar State Disaster Management Authority, Govt. of Bihar, Patna, India.
- Atrops, J., L., 1969. Elastizität und Festigkeit von Bambusrohren, in Bauingenieur 44, 220-225, Berlin.
- Awaludin, A. ve Andriani, V., 2014. Bolted Bamboo Joints Reinforced with Fibers, Procedia Engineering, 95, 15-21.
- Bandara, D., H., M., S., 1990. Possible Uses of Bamboo in Low Cost Housing. National Building Research Organisation, Sri Lanka.
- Baykan, C., S., 1999. *Phyllostachys bambusoides Sieb. Et. Zuec.* Türünün Rizom Çelikleri ile Üretimi ve Bambuların Kullanım Alanları, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bayraktar Marangoz, D., 2019. Fotoğraf Arşivi.

- C.A.N., 2013, Bamboo Construction Source Book, Hunnarshala Foundation for Building Technology and Innovations, Gujarat-India.
- Chaowana P. ve Barbu, M., C., 2017. "Bamboo: Potential Material for Biocomposites", In Lignocellulosic Fibre and Biomass-Based Composite Materials, 1, 259-289, Woodhead Publishing, Duxford, United Kingdom.
- Chung, K., F. ve Yu, W., K., 2002. Mechanical Properties of Structural Bamboo for Bamboo Scaffoldings, Engineering Structures, 24, 4, 429-442.
- Constanza M. ve Schuster, M., 2013. Le Bambou; Du Savoir-Faire Vernaculaire À L'architecture D'aujourd'hui Processus de Revalorisation du Matériau en Colombie, Memotre de Master 1, Architecture et Cultures Constructives École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, France.
- Correal, J., F., 2016. "Bamboo Design and Construction" In Nonconventional and Vernacular Construction Materials Characterisation, Properties and Applications, 393-431, Woodhead Publishing.
- Crawford, R., L., 1981. Lignin Biodegradation and Transformation, John Wiley and Sons, New York.
- Damodaran, K. ve Jagadeesh, H., N., 1991. Application of Bamboo Mat Composites in Construction and Packaging. Bamboo in Asia and The Pacific. 2.12. Proceedings of the Fourth International Workshop, Chiangmai, Thailand. Technical Document GCP/RAS/134/ASB, FORSPA Publication 6. International Development Research Centre, UNFAO, United Nations Development Program 1994.
- Davies, C., 2008. Bamboo Connections, Department of Architecture and Civil Engineering, University of Bath.
- DeBoer D. ve Bareis K., 2000. Bamboo Building and Culture, Unpublished, ABD.
- Delgado, E., S., 2006. Actualidad Y Futuro de La Arquitectura de Bambú En Colombia: Simon Vélez : Símbolo Y Búsqueda de Lo Primitivo, Universitat Politècnica de Catalunya, 382.
- Deniz, İ., 2003. Sülfat Yöntemiyle Bambu (*Phyllostachys Bambusoides*)'dan Kâğıt hamuru Üretim Şartlarının Belirlenmesi, Proje, K.T.Ü., K.T.Ü Araştırma Fonu , Trabzon
- Díaz F.E., 2006. El Pequeño Manual del Bambú, 251, Venezuela.
- Dikmen, Ç., B., 2011. Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, Politeknik Dergisi, 14, 2, 121-134.
- Disén, K. ve Clouston, P., L., 2003. Building with Bamboo: a Review of Culm Connection Technology, Journal of Green Building, 8,4,83-93.

- Dunkelberg, K., 1985. Bamboo as a Building Material, Institute for Lightweight Structures, University of Stuttgart, Germany.
- FAO, 2011. "Grain Crop Drying, Handling and Storage" In Rural structures in the Tropics Design and Development, Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture, Rome, Italy.
- FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment (FRA) 2020, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Farrely, D., 1984. The Book of Bamboo, Sierra Club Books, San Francisco, 332.
- Flander, K., D. ve Rovers, R., 2009. One Laminated Bamboo-Frame House Per Hectare Per Year, Construction and Building Materials 23, 1, 210-218.
- França, J., J., L., 2018. Costruzioni Contemporanee in Bambù: Le Connessioni Dei Culmi Tramite Corda, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico Di Torino, Italy.
- Gallant, P., 1980, Self-help Construction of 1-story Buildings, 235, Peace Corps, Information Collection and Exchange, 806 Connecticut Avenue, NW, Washington.
- Ganapathy, P., M., ve Zoolagud, S., S., 1993. Bamboo Mat Board, (unpublished), Final Technical Report to IDRC of Canada.
- Gangwar, T. ve Schillinger, D., 2019. Microimaging-Informed Continuum Micromechanics Accurately Predicts Macroscopic Stiffness and Strength Properties of Hierarchical Plant Culm Materials, Mechanics of Materials, 130.
- Gezer H., 2012. Malzemenin Gizil Güçlerinin Mimariye Katkısı, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 201,20, 97-118.
- Goh, Y., Yap, S., P. ve Tong, T, Y., 2019. Bamboo: The Emerging Renewable Material for Sustainable Construction, University of Malaya , Kuala Lumpur, Malaysia.
- Gouyen, A., S., 2018. Bambou Les Enjeux De Demain Pour Un Véritable Impact , Mémoire De Master 2, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Montpellier (ENSAM), Fransa.
- Harison, A., Agrawal, A. ve Imam A., 2017. Bamboo as an Alternative to Steel for Green Construction Towards Low Cost Housing, Journal of Environmental Nanotechnology 6, 2, 100-104.
- Herbert, M., R., M. ve Evans, P., 1979. The Development of Structural Connections for Bamboo, Building Research Establishment, Watford UK, 143,79.
- Hodgkin D., 2008. Fact Sheet 1: Bamboo, International Organization for Migration (IOM), Indonesia.

- Hodgkin D., 2009. Humanitarian Bamboo: A Manual on the Humanitarian Use of Bamboo in Indonesia, Humanitarian Benchmark Consulting, Indonesia.
- Hong, C., Li, H., Lorenzo, R., Wu, G., Corbi, I., Corbi O., Xiong, Z., Yang, D. ve Zhang, H., 2019. Review on Connections for Original Bamboo Structures, Journal of Renewable Materials, 7,8,713-730.
- Hsuing, W., 1986. Research and Development of Production and Utilization, XVIII. IUFRO World Congress, Ljubljana, Yugoslavia , Bamboo Production and Utilization 4-10.
- Huang, Z., 2019. Application of Bamboo in Building Envelope, 449, Springer Cham, Switzerland.
- IPIRTI, 1983. Development of Improved and New Products from Bamboo Mats, Technical Report of the Project Sponsored by the All India Handicrafts Board, 100.
- IPIRTI, 1993. Bamboo Mat Board (India) 3-p-89-0228, Final Technical Report, 188.
- IPIRTI, 2000. Wood Substitutes (India) CF, 93-8309, Final Technical Report, 105.
- IPIRTI, 2001. Status of Bamboo Housing Technology developed at IPIRTI, IPIRTI Miscellaneous Report, 1/2001, 13.
- IPIRTI, 2003. Investigation Analysis for the Development of Technology Package for Bamboo Boards (Bamboo Laminates) Final Technical Report.
- IPIRTI, 2004. Field Demonstration and Development of Bamboo based composite panels for housing in North Eastern region – Final Technical Report.
- Jagadeesh, H., N., ve Ganapathy, P., M., 1995. Traditional Bamboo Based Wall/Flooring Systems in Buildings and Research Needs, Paper presented at the Fifth International Bamboo Workshop, Bali (unpublished).
- Janssen, J., 1981. Bamboo in Building Structures, Doctoral Thesis, Technical University of Eindhoven, The Netherlands.
- Janssen, J., 2000. Designing and Building with Bamboo, Technical Report No:20, Technical University of Eindhoven, The Netherlands.
- Janssen, J., J., A., 1995. Building with Bamboo, a Handbook. Second Edition, Intermediate Technology Publications, 103/1 05 Southampton Row, London, UK.
- Jayanetti D., L. ve Follet P., R., 1998. Bamboo in Construction, an Introduction, TRADA Technology Ltd., Buckinghamshire.
- Kaminski S., Lawrence A. ve Trujillo D., 2016. Structural Use of Bamboo: Part 1: Introduction to Bamboo, The Structural Engineer, 94, 8, 40-43.

- Kaminski S., Lawrence A., Trujillo, D. ve King C., 2016. Structural Use of Bamboo. Part 2: Durability and Preservation, The Structural Engineer, 94,10,38-43.
- Kampinga C., 2015. Bamboo, The Building Material of The Future, Student Assignment, Architectural Engineering, Delft University of Technology, The Netherlands.
- Kappel R., Mattheck C., Bethge K. ve Tesari I., 2004. Bamboo as a Composite Structure and Its Mechanical Failure Behaviour, Design and Nature II, 285-293.
- Karahan, A., Öktem, T. ve Seventekin, N., 2006. Doğal Bambu Lifleri, Tekstil ve Konfeksiyon, 4, 236-240.
- Krawczuk, K., 2013. Bamboo as Sustainable Material for Future Building Industry, 7th Semester Bachelor Dissertation, Bachelor of Architectural Technology and Construction Management, KEA, Denmark.
- Lamballe, P. ve Vogel, A., 2016. Transformation du Bambou, Christian Castellanet et Martine François, 235, Gret, Cedex, France.
- Lan, T., T., 1998. Space Frame Structures, Structural Engineering Handbook Ed. Chen Wai-Fah Boca Raton, 59, CRC Press LLC, 1999.
- Laroque, P., 2007. Design of a Low Cost Bamboo Footbridge, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- Liese, W., 1985. Bamboos – Biology, Silvics, Properties, Utilization, Deutsches Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) G.m.b.H., Eschborn, Germany.
- Liese, W., 1992. The Structure of Bamboo in Relation to Its Properties and Utilization, In Bamboo and Its Use. Proc. Int. Symp. on Industrial Use of Bamboo, Beijing, China, 7-1 December, Beijing, 95-100.
- Liese, W. ve Grover, P., N., 1961. Untersuchung über den Wassergehalt von indischen Bambushalmen, Sonderdruck aus den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 74,3,105-118.
- Liese, W., ve Köhl, M., 2015. Bamboo : The Plant and Its Uses , 356, Springer, London.
- Liu, X., Smith, G., D., Jiang, Z., Bock, M., C., D., Boeck, F., Frith, O., Gatóo, A., Liu, K., Mulligan, H., Semple, K., E., Sharma, B. ve Ramage M., 2016. Nomenclature for Engineered Bamboo, Bioresources, 11,1, 1141-1161.
- Lobovikov, M., Lou, Y., Schoene, D. ve Widenoja R., 2009. The Poor Man's Carbon Sink Bamboo in Climate Change and Poverty Alleviation, Non-Wood Forest Products Working Document N° 852, FAO, Rome, Italy.
- López, O., H., 1981. Manual de Construcción con Bambú, Estudios Técnicos Colombianos Ltda., 71, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- López, O., H., 2003. Bamboo: The Gift of the Gods, Oscar Hidalgo López , University of Minnesota, ABD, 553s.
- Lugt, P., Vogtländer, J. ve Brezet, H., 2009. Bamboo, a Sustainable Solution for Western Europe Design Cases, LCAs and Land-use, INBAR Technical Report No. 30 (Draft Version, to be Published 2009), 87.
- Lugt, P.,V., D. ve Vogtländer, J.,G., 2015. The Environmental Impact of Industrial Bamboo Products, Technical Report No:35, Second Edition, INBAR ,58.
- Manandhar R., Kim J.H. ve Kim J.T., 2019. Environmental, Social and Economic Sustainability of Bamboo and Bamboo-Based Construction Materials in Buildings, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 18, 2, 49–59.
- Marsh J. ve Smith N., 20. New Bamboo Industries and Pro-Poor Impacts: Lessons from China and Potential for Mekong Countries, <http://www.fao.org/3/ag131e/ag131e25.htm>, 12.09.2020.
- Mather, G., C., Ratra, R., S. ve Bindlish, D., D., 1964. Bamboo for House Construction, Directorate of Advertising & Visual Publicity, Ministry of I & B for the National Buildings Organisation, Ministry of Works and Housing, Government of India.
- Minke, G., 2012. Building with Bamboo: Design and Technology of a Sustainable Architecture, 1st edition, 160, Birkhäuser , Berlin, Germany.
- Mishra, H., N. ve Sanyal, S., N., 1991. Mature Bamboo in Mass Housing. Bamboo in Asia and the Pacific. 2.12. Proceedings of the Fourth International Workshop, Chiangmai, Thailand. Technical Document GCP/RAS/134/ASB, FORSPA Publication 6. International Development Research Centre, UNFAO, United Nations Development Program 1994.
- Mohanty B., N., Sujatha, D. ve Uday, D., N., 2015. Bamboo Composite Material : Game - Changer for Developing Economies , 10th World Bamboo Congress, Korea.
- Morisco, Mardjono, F., 1995. Strength of Filled Bamboo Joint, 5th International Bamboo Workshop, Unpublished, Ubud, Bali, 113-120.
- Narayanamurty, D. ve Dinesh M., 1972 The Use of Bamboo and Reeds in Building Construction, United Nations Secretariat.
- Nath, A., J., Lal, R. ve Das, A., S., 2015. Managing Woody Bamboos for Carbon Farming and Carbon Trading, Global Ecology and Conservation, 3, 654-663.
- Nienhuys, S., 1978. Bambu Cana Guadua, Recommendations Para el uso en la Construcción, Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.
- NMBA, TIFAC, DST, 2006. Preservation of Bamboo , Government of India, New Delhi.

- Noto, D., The Man Who Went ‘Bamboo’. <https://thecitypaperbogota.com/features/the-man-who-went-bamboo/3890> 5 Nisan 2020.
- Nowak M., A. ve Ansari I., 2013. Bambooklet: A Guide to Bamboo, Subtropical Cities: Design Interventions for Changing Climates, Association of Collegiate Schools of Architecture (ACSA), Fort Lauderdale. ABD.
- Numata, M., 1979. The Ecology of Grasland and Bambooland in the World, Dr. W. Junk bv Publishers The Hague, Boston, London.
- Numata, M., 1987. The Ecology of Bamboo Forest, Particularly on Temperate Bamboo Forest, *Bamboo Journal*, 118-131.
- Okan, O., T., 2010. Kraft Yöntemiyle Üretilen Bambu (*Phyllostachys bambusoides*) ve Melez Kavak (*Populus x euramericana (Dode) Guiner*) Kağıt Hamurlarının Ağartılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Owusu, F., W., Appiah-Kubi, E., Tekpetey, S., Essien, C., Arthur, P., I. ve Zorve, G., K., 2014. Products Development of Laminated Panel Doors from Plantation Grown Bamboo Species in Ghana, *J. Bamboo and Rattan*, 13, 3&4, 91-105.
- Paez, B., M., 2016. Abrigos Temporários de Caráter Emergencial de Bambu, Projeto de pesquisa, Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, Brasil.
- Palombini, F., L., Nogueira, F., M., Junior, W., K., Paciornik, S., Mariath, J., E., A. ve Oliveira, B., F., 2020. Biomimetic Systems and Design in the 3D Characterization of the Complex Vascular System of Bamboo Node Based on X-Ray Microtomography and Finite Element Analysis, *Journal of Materials Research*, 35,8, 842-854.
- Pandey, C., N. ve Shyamasundar K., 2008. Post Harvest Management and Storage of Bamboo Culms, Proceedings of the International Conference on Improvement of Bamboo Productivity and Marketing for Sustainable Livelihood, New Delhi, 47-58.
- Parameswaran, N. ve Liese, W., 1981. The Fine Structure of Bamboo, In *Bamboo Production and Utilization. Proceedings of the Congress Group 5.3A "Production and Utilization of Bamboo and Related Species , XVII IUFRO World Congress, Kyoto, Japan, 6-17 September, (ed. by T. Higuchi), 178-183.*
- Patil, S. ve Mutkekar, S., 2014. Bamboo as a Cost-Effective Building Material for Rural Construction, *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*, 1, 35-40.
- Paudel S., K. ve Ayeh S., 2003. Bamboo School Building, Transfer of Technology Model (TOTEM) Based on the Experiences and Lessons Learnt from INBAR’s Bamboo School Project, Ghana.

- Peña, C., M., 2015. Solución Bambú: Guía para el Manejo Sustentable del Género *Phyllostachys*, Argentina.
- Pistolesi, G., 2011. Bambù Acciaio Dolce, ISIA, Firenze.
- Punhani, R., K. ve Mishra, H., N., 1989. Laboratory and Field Investigations on Bamboo Trusses and Their Feasibility for Rural Housing, Division of Forest Products, Forest Research Institute, Dehra Dun, India.
- Qisheng, Z., Shenxue, J. ve Yongyu, T., 2001. Industrial Utilization on Bamboo, INBAR Technical Report No.26, 206.
- Raj D. ve Agarwal B., 2014. Bamboo as a Building Material, Journal of Civil Engineering and Environmental Technology, 1,3, 56-61.
- Reubens, R., 2010. Bamboo in Sustainable Contemporary Design, Working Paper No. 60, International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), Beijing , China.
- Rittironk, S. ve Elnieiri, M., 2008. “Investigating Laminated Bamboo Lumber As an Alternate to Wood Lumber in Residential Construction in the United States”, In 1st Int. Conf. on Modern Bamboo Structures, 83-96, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Rottke, E., 2002. Mechanical Properties of Bamboo, RWTH Aachen University. Faculty of Architecture, Aachen, North Rhine-Westphalia, Germany.
- Rottke, E., 2003. Bamboo Connections, Construction with Bamboo, RWTH Aachen University. Faculty of Architecture, Aachen, North Rhine-Westphalia, Germany.
- Saevfors, I., Bamboo Space Frame Structures.
http://www.saevfors.se/Bamboo%20space%20frame%20structures__Aug2012.pdf
 f 7 Aralık 2020.
- Scaramuzza, N., Bamboo Architettura Tecnologia Design,
https://issuu.com/collettivocerretini/docs/bamboo_-_collettivo_cerretini/2016
 Ekim 2019.
- Schumann, K., Hauptman, J. ve MacDonald, K., 2019. Addressing Barriers for Bamboo: Techniques for Altering Cultural Perception, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Shah, D., U., Konnerth, J., Ramage, M., H. ve Gusenbauer, C., 2019. Mapping Thermal Conductivity Across Bamboo Cell Walls with Scanning Thermal Microscopy, Scientific Reports, 9, 1.
- Shaohui, F., Fuming X., Silong, W., Caiyun, X., ve Chi, Z., 2006. “Carbon Storage and Spatial Distribution in *Phyllostachy Pubescens* and Chinese Fir Plantation Ecosystem”, In International Bamboo Workshop on Bamboo for the Environment, Development and Trade, 28–39, Wuyishan City, Fujian, China: International Network for Bamboo and Rattan.

- Sharma, S., Shukla, S., R. ve Sethy, A., 2014. Utilization of Bambusa Bambos (L.) and Dendrocalamus Strictus (Roxb.) As an Alternative to Wooden Dunnage Pallets, Journal of the Indian Academy of Wood Science, 11, 21–24.
- Sharma, Y., M., L., 1986. Production and Utilization of Bamboos and Related Species in the South Asian Region in the Rural Sector, XVIII. IUFRO World Congress, Ljubljana Yugoslavia, Bamboo Production and Utilization ,17-24.
- Siopongco, J.,O. ve Munander, M., 1987. Technology Manual on Bamboo As a Building Material. Prepared in Cooperation with FPRDI Philippines and IHS Indonesia for UNIDO/UNDP (DP/RAS/82/012).
- Soderstrom T., R. ve Calderon, C., E., 1979. A Commentary on the Bamboos (Poaceae: Bambusoideae), Association for Tropical Biology and Conservation, 11, 3 ,161-172, Biotropica, USA.
- Spandre, R., 2009. Il Bambù in America Latina, Ente Parco Migliarino , San Rossore e Massaciuccoli.
- Steffans, K., 2000. Aus dem Testbericht zur Experimentellen Tragsicherheitsbewertung des ZERIpavillons / Excerpt from an Experimental Evaluation of the Load-Bearing Properties of the ZERI Pavilion. In von Vegesack, A. & Kries, M. (eds.), Grow Your Own House -Simón Vélez und Die Bambusarchitektur, pp 53-56, Weil am Rhein, Vitra Design Museum.
- Stinziano, J., Bamboosting Growth: Why Does Bamboo Grow So Fast. <https://www.botany.one/2017/11/bamboosting-growth-bamboo-grow-fast/> , 15 Kasım 2019.
- Stulz, R., 1983. Appropriate Building Materials, SKAT and Intermediate Technology Publications Ltd, CH-9000, St Gallen, Switzerland.
- Stulz, R., ve Mukerji, K., 1981. Appropriate Building Materials : A Catalogue of Potential Solutions, 3rd Edition, Practical Action Publishing, 456, Rugby, United Kingdom
- Suhaily, S., S., Khalil, H., P., S., A., Nadirah, W.,O.,W. ve Jawaid, M., 2013. “Bamboo Based Biocomposites”, In Material Design and Applications, Materials Science - Advanced Topics Chapter 19, Dr. Yitzhak Mastai , 489-517, Intech Publication.
- Sümerkan, M., R., 1990. Biçimlendiren Etkenler Açısından Doğu Karadeniz Kırsal Kesiminde Geleneksel Evlerin Yapı Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tang, T., K., H., 2013. Preservation and Drying of Commercial Bamboo Species of Vietnam, Zur Erlangung der Würde des Doktors der Naturwissenschaften des Fachbereichs Biologie, der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der Universität Hamburg, Hamburg.

- Tang, T., Zhang, Bo., Liu, X., Wang, W., Chen, X. ve Fei, B., 2019. Synergistic Effects of Tung Oil and Heat Treatment on Physicochemical Properties of Bamboo Materials, *Scientific Reports*, 9.
- Tekin, Ç., 2012. Enerji Etkin Yapılarda Malzeme Kullanımı, Yeşil Bina Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi, 14,46-52.
- Tuncer, T., 2019. Bambu ve Kızılçam Odun Unu Takviyeli Farklı Molekül Ağırlığına Sahip Polietilen Esaslı Kompozitlerin Üretilmesi ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Ubidia, J., M., 2015. Construir con Bambú (Caña de Guayaquil) Manual de Construcción,3,77, Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR, Lima – Perú.
- Uchimura, E., 1978. The Ecological Distribution and Characteristic of Some Philippine Bamboos, Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute, 301, 118-131.
- Uchimura, E., 1986. The Present State and Prospect of Bamboo Resources in Japan, XVIII, IUFRO World Congress, Ljubljana, Yugoslavia, Bamboo Production and Utilization,89-93.
- Uchimura, E., 1987. Studies on Multiplication of Bamboo by Different Growth Types of Bamboo Rhizomes, Bamboo Journal, No:23, 36-52.
- URL-1, https://www.egger.com/shop/tr_TR/inspiration/talks/hebel-bambus , Bambu Sürdürülebilir Mimari Malzemesi. 3 Ocak 2018.
- URL-2, <https://www.globallandscapesforum.org/glf-news/bamboo-rattan-and-forest-biodiversity/> , Bamboo, Rattan, and Forest Biodiversity. 15 Ocak 2021
- URL-3, <http://www.taipeitimes.com/News/world/archives/2012/06/11/2003535075> , Poor Man's Timber Used in Indonesia as Cheaper, Greener Alternative to Steel. 4 Aralık 2019.
- URL-4, <https://www.voanews.com/archive/bamboo-planting-can-slow-deforestation> , Bamboo Planting can Slow Deforestation. 13 Ocak 2021.
- URL-5, <https://www.bamboogrove.com/why-bamboo-save-planet.html> , The Top Ten Reasons Why Bamboo can Save the Planet. 3 Ocak 2018.
- URL-6, <http://foris.fao.org/static/data/fra2010/fig2.12.jpg> , FRA 2010. 4 Ocak 2018.
- URL-7, <http://www.fao.org/director-general/speeches/detail/en/c/1330892/>, A statement by FAO Director-General Qu Dongyu. 14 Ocak 2021.
- URL-8, <http://www.bambum.com.tr/bambu/neden-bambu/> , Neden Bambu. 5 Ocak 2018.

- URL-9, <https://www.foreverbambu.com/blog/come-si-coltiva-il-bambu-gigante-moso/> , Come si Coltiva il Bambù Gigante Moso. 18 Mart 2020
- URL-10, <https://householdwonders.com/why-is-bamboo-a-sustainable-material/>, Why is Bamboo a Sustainable Material. 18 Mart 2020.
- URL-11, http://www.completebamboo.com/bamboo_anatomy.html, Bamboo Biology - Morphology, Structure, and Anatomy. 12 Kasım 2019.
- URL-12, <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-345367/en-detalle-las-uniones-en-bambu/5329c4e5c07a80c2d00000b2-en-detalle-las-uniones-en-bambu-imagen> , Cómo Unir Las Varas de Bambú. 20 Mart 2020.
- URL-13, <https://paintingvalley.com/bamboo-tree-sketch> , Bamboo Tree Sketch. 20 Mart 2020.
- URL-14, <http://www.biomasscorp.com/morphologyb.htm>, Bamboo Morphology. 12 Kasım 2019.
- URL-15, <http://www.bamboocraft.net/bamboo/showphoto.php?photo=2809&size=big> , Bamboo Flora & Fauna from Around the World. 5 Ocak 2018.
- URL-16, <https://www.guaduabamboo.com/bamboo-identification> , Bamboo Identification Guide. 10 Şubat 2019.
- URL-17, <https://www.nedir.com/rizom>, Rizom Nedir. 12 Kasım 2019.
- URL-18, <http://clarifygreen.com/bamboo-facts/> , Bamboo: Is It For You. 13 Kasım 2019.
- URL-19, <http://www.shweeashbamboo.com/Bamboo%20Care%20and%20Maintenance.htm> , Bamboo Care and Maintenance. 13 Kasım 2019.
- URL-20, <https://studiousguy.com/bamboo-root-system/>, Bamboo Root System. 14 Ekim 2020.
- URL-21, <http://www.bamboobotanicals.ca/html/about-bamboo/bamboo-growth-habits.html>, Bamboo Anatomy And Growth Habits. 13 Kasım 2019.
- URL-22, <https://lewisbamboo.com/how-bamboo-grows/> , How Does Bamboo Grow. 4 Şubat 2020.
- URL-23, <https://bambouenfrance.fr/cultivez-le-bambou/> , Culture du Bambou en France. 4 Şubat 2020.
- URL-24, <https://scientificillustration.tumblr.com/post/13687875876/what-is-the-name-a-the-bamboo-leaf> , Bamboo Leaf. 4 Şubat 2020.

- URL-25, <https://www.alamy.com/green-bamboo-forest-bamboo-leaves-image257012011.html> , Green Bamboo Forest Bamboo Leaves. 15 Şubat 2020.
- URL-26, <https://en.yna.co.kr/view/PYH20200708034200315> , Bamboo Flowers. 27 Kasım 2020.
- URL-27, <https://www.eeob.iastate.edu/research/bamboo/characters/fruits.html> , Flowers and Fruits. 29 Kasım 2020.
- URL-28, <https://researchmatters.in/news/what%E2%80%99s-bamboo-fruit-researchers-find-out> , What's in a Bamboo Fruit? Researchers Find Out. 29 Kasım 2020.
- URL-29,
https://en.wikipedia.org/wiki/Vascular_bundle#:~:text=A%20vascular%20bundle%20is%20a,includ%20supporting%20and%20protective%20tissues , Vascular Bundle. 15 Mart 2020.
- URL-30, <https://www.sciencephoto.com/> , Bamboo Stem. 18 Mart 2020.
- URL-31, <https://www.bambooimport.com/en/what-are-the-mechanical-properties-of-bamboo> , What are the Mechanical Properties of Bamboo. 8 Şubat 2020.
- URL-32,
https://www.youtube.com/watch?v=hJymcQgTqqI&ab_channel=PrimitiveCulture , Easy Ideas for Cooking Eggs in Bamboo Tube in the Forest. 13 Aralık 2019.
- URL-33, <https://www.wikihow.com/Kill-Bamboo> , How to Kill Bamboo. 18 Ocak 2019.
- URL-34, <http://www.bambooki.com/blog/> , How to Plant and Grow Running Bamboo. 18 Ocak 2019.
- URL-35, <https://www.flickr.com/photos/angeliquelittle/2593159479> , Bamboo Roots. 18 Ocak 2019.
- URL-36, <https://lewisbamboo.com/products/bamboo-barrier-8030> , Bamboo Shield. 18 Ocak 2019.
- URL-37, <https://www.amazon.com/Bamboo-Shield-Foot-Barrier-Water/dp/B00UB4IZSO> , Bamboo Shield - 50 feet Long x 24 inch x 60 mil - Bamboo Root Barrier/Water Barrier. 18 Ocak 2019.
- URL-38, <https://njbamboo.com/> , New Jersey Bamboo Landscaping. 19 Ocak 2019.
- URL-39, <https://pixels.com/featured/bamboo-stream-doug-shanaman.html> , Bamboo Stream. 19 Ocak 2019.
- URL-40, <https://hindi.sakshi.com/planting-billions-of-trees-and-harvesting-millions-of-trees> , Planting Billions of Trees and Harvesting Millions of Trees. 14 Nisan 2020.

- URL-41, <https://bamboofurni.com/nguyen-lieu-go-tre.html> , Material. 25 Nisan 2020.
- URL-42, <https://www.guaduabamboo.com/blog/leaching-bamboo> , Leaching Bamboo. 27 Nisan 2020.
- URL-43, <https://ziveliblog.wordpress.com/2017/11/08/smoked-bamboo/>, Smoked Bamboo. 28 Nisan 2020.
- URL-44, <https://bambubuild.com/vi/tin-tuc/mau-tre-hun-khoi.html> , Màu tre Hun Khói. 28 Nisan 2020.
- URL-45, <https://www.alamy.com/stock-photo-man-dipping-bunches-of-bamboo-into-limewash-to-assist-in-oftening-97868060.html>, Man Dipping Bunches of Bamboo into Limewash to Assist in Oftening Them for the Papermaking Process. 28 Nisan 2020.
- URL-46, <https://www.alibaba.com/showroom/nature-bamboo-sticks-supplier.html> , Nature Bamboo Sticks. 28 Nisan 2020.
- URL-47, <http://bambootreatments.com.au/photos.php> , Treating Bamboo Poles. 30 Nisan 2020.
- URL-48, <https://www.bambooimport.com/en/properties-of-bamboo-and-maintenance-tips> , General Properties of Bamboo and Maintenance Tips. 30 Nisan 2020.
- URL-49, <http://www.thorkaichon-bamboo.com/portfolio/naung-taung-bamboo-treatment-training-workshop-2/> , Bamboo Treatment Training Workshop. 30 Nisan 2020.
- URL-50, <https://studiowna.com/portfolio-item/bamboo-treatment-boucherie-method/> , Bamboo Treatment Boucherie Method. 30 Nisan 2020.
- URL-51, http://www.koolbamboo.com/bamboo_poles.html , Bamboo Poles. 30 Mart 2020.
- URL-52, <https://everythingsbamboo.com/bamboo/bamboo-treatment/>, Bamboo Treatment. 29 Mart 2020.
- URL-53, <https://www.guaduabamboo.com/blog/drying-bamboo-poles>, Drying Bamboo Poles. 1 Nisan 2020.
- URL-54, <https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/Nripal%20Adhikary.pdf> , Bamboo: A Sustainable Construction Material for the 21st Century. 2 Mayıs 2020.
- URL-55, <https://www.bamboo-earth-architecture-construction.com/bamboo-treatment/> , Bamboo Treatment. 3 Mayıs 2020.
- URL-56, <https://farangtofalang.wordpress.com/2013/04/23/building-with-bay/> , Building with Bay. 3 Mayıs 2020.

- URL-57, <https://www.amazon.com/Tiger-Bamboo-Building-Wholesale-Amounts/dp/B07H1CXH47> , Bamboo Strips. 3 Mayıs 2020.
- URL-58, <https://tr.pinterest.com/pin/159596380523996835/> , Japanese Tools | Bamboo Splitter 200mm from Bamboo Land Nursery. 3 Mayıs 2020.
- URL-59, <https://barnabythinks.com/2020/05/17/why-bamboo-wins-on-sustainability/> , Why Bamboo Wins on Sustainability. 4 Aralık 2020.
- URL-60, <https://www.bamboomaster.co/the-importance-of-bamboo>, Carbon Footprint Life Cycle Bamboo. 8 Aralık 2020.
- URL-61, http://surdurulebilir-mimari.blogspot.com/2012/05/sozluk_5188.html#:~:text=G%C3%B6mülü Enerji%20miktar%C4%B1.&text=Malzeme%20da%C4%B1m%C4%B1nda%20t%C3%BCketilen%20enerji , Gömülü Enerji . 4 Aralık 2017.
- URL-62, <https://www.ekoyapidergisi.org/13-yesil-ic-mimarlik-nedir.html>, Yeşil İç Mimarlık Nedir. 29 Aralık 2017
- URL-63, <http://www.wikizero.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQmFtYnU> , 29 Aralık 2017.
- URL-64, <http://kot0.com/birimden-butune-cadirdan-kentsel-dokuya-rising-canes/> Birimden Bütüne / Çadırdan Kentsel Dokuya: Rising Canes. 12 Mart 2020.
- URL-65, <https://bambubuild.com/en/blog/the-durability-of-bamboo.html>, The durability of Bamboo. 8 Şubat 2021.
- URL-66, <https://www.yesilodak.com/kucuk-koyun-cagdas-tasarimli-bambu-yapilari> , Küçük Köyün Çağdaş Tasarımlı Bambu Yapıları. 12 Mart 2020.
- URL-67, <http://resourceculture.de/articles/manizales-zeri-pavilion-simon-velez> , Manizales / Zeri Pavilion - Bamboo Construction with German Building Permit. 5 Nisan 2020.
- URL-68, <https://tr.pinterest.com/pin/470907704760571732/>, Bamboo Cathedrale, 8 Nisan 2020.
- URL-69, <https://actu.epfl.ch/news/a-la-decouverte-de-l-architecte-du-bambou/>, A La Découverte De L'architecte Du Bambou. 8 Nisan 2020.
- URL-70, <https://www.utne.com/community/thehousesbamboobuilt> , The Houses Bamboo Built. 8 Nisan 2020.

- URL-71, <http://www.diedrica.com/2014/04/iglesia-sin-religion.html> , Iglesia Sin Religión. 8 Nisan 2020.
- URL-72, <https://archeyes.com/commune-great-bamboo-wall-kengo-kuma-associates/>, Bamboo House Commune by the Great Wall / Kengo Kuma & Associates. 8 Nisan 2020.
- URL-73, <https://portfolio.cept.ac.in/fa/material-and-design-expression-1005-b-spring-2018/the-bamboo-swing-spring-2018-ua2215> , The Bamboo Swing, 5 Şubat,2021.
- URL-74, <https://www.archdaily.com/392710/kontum-indochine-cafe-vo-trong-nghia-architects>, Kontum Indochine Café / Vo Trong Nghia Architects. 2 Ocak 2018.
- URL-75, <https://www.archdaily.com/877165/bamboo-sports-hall-for-panyaden-international-school-chiangmai-life-construction>, Bamboo Sports Hall for Panyaden International School / Chiangmai Life Construction. 5 Şubat 2021.
- URL-76, <https://weburbanist.com/2017/08/14/bold-bamboo-8-dramatic-organic-structures-by-chiangmai-life-architects/> , Bold Bamboo: 8 Dramatic Organic Structures by Chiangmai Life Architects. 2 Ocak 2018.
- URL-77, <https://www.archdaily.com/884632/the-millennium-bridge-ibuku> , The Millenium Bridge / IBUKU . 2 Ocak 2018.
- URL-78, <https://www.atlasobscura.com/places/millennium-bridge>, Millennium Bridge. 2 Ocak 2018.
- URL-79, <https://www.archdaily.com/884816/vtn-architects-creates-airtight-bamboo-pavilion-for-restaurant-in-xiamen> , VTN Architects Creates Airtight Bamboo Pavilion in Xiamen. 2 Ocak 2018.
- URL-80, <https://www.dezeen.com/2013/09/25/blooming-bamboo-house-by-h-and-p-architects/> , H&P Architects'ten Blooming Bamboo Home. 9 Ekim 2020.
- URL-81, <https://www.archdaily.com/431271/bb-home-h-and-p-architects> , Bb Home / H&P Architects. 9 Ekim 2020.
- URL-82, <https://www.archdaily.com/84165/passive-house-karawitz-architecture> , Passive House / Karawitz Architecture. 9 Ekim 2020.
- URL-83, <https://www.archdaily.com/85282/restaurant-at-greenville-dsas> , Restaurant at Greenville / DSA+s. 2 Ocak 2018.
- URL-84, <https://www.archdaily.com/306183/low-energy-bamboo-house-ast-77-architecten>, Low Energy Bamboo House / AST 77 Architecten. 5 Şubat 2021.
- URL-85, <https://www.klatmagazine.com/en/architecture-en/bamboo-house-necessary-132/41510> , Bamboo House. 2 Ocak 2018.

- URL-86, <https://www.archdaily.com/905690/bamboo-pavilion-zuo-studio> , Bamboo Pavilion / Zuo Studio. 10 Ekim 2020.
- URL-87, <https://www.dezeen.com/2019/09/05/bamboo-pavilion-zuo-studio-taiwan/> , Zuo Studio Builds Arching Bamboo Pavilion Over Water in Taiwan. 10 Ekim 2020.
- URL-88, <https://www.archdaily.com/797620/bamboo-gateway-west-line-studio> , Bamboo Gateway / West-line Stüdyo. 10 Ekim 2020.
- URL-89, <http://jsongviet.blogspot.com/2014/03/tai-vach-mach-dung.html> , Tai Vách Mạch Dừng. 4 Mart 2020.
- URL-90, <https://yr-architecture.com/building-low-cost-sustainable-bamboo-houses/bamboo-house-wall-plaster5/> , Bamboo House Wall Plaster. 4 Mart 2020.
- URL-91, <https://www.alamy.com/stock-photo-painet-iy8441-thailand-detail-woven-bamboo-wall-house-chiang-mai-photo-11213181.html> , Thailand Detail Woven Bamboo Wall House Chiang Mai. 8 Mart 2020.
- URL-92, <https://housefiz.com/30-unique-bamboo-roof-design-ideas/> , Bambu Roof. 15 Mart 2020.
- URL-93, <https://www.indiamart.com/proddetail/modern-bamboo-roofing-21251892888.html> , Roofing Material. 15 Mart 2020.
- URL-94, <https://tr.pinterest.com/pin/341640321739908516/> , Bamboo Roof. 15 Mart 2020.
- URL-95, <https://www.dreamstime.com/stock-image-roof-woven-bamboo-bamboo-support-image40808101> , A Woven Roof of Bamboo with Bamboo Support. 4 Aralık 2020.
- URL-96, <https://www.bamboocreasian.com/mattings.html> , Bamboo Panels for Walls and Ceiling. 4 Aralık 2020.
- URL-97, <https://www.guaduabamboo.com/blog/corrugated-bamboo-roofing-sheets> , Corrugated Bamboo Roofing Sheets, 9 Şubat 2021.
- URL-98, <https://www.dreamstime.com/closeup-straw-thatched-roof-closeup-top-straw-thatched-roof-tree-branches-background-image169809470> , Closeup of Top of Straw Thatched Roof with Tree Branches in Background. 20 Mart 2020.
- URL-99, <https://es.dreamstime.com/cierre-del-techo-de-paja-la-parte-superior-un-con-ramas-%C3%A1rbol-difuminadas-en-primer-plano-image169809454> , Cierre de la Parte Superior de un Techo de Paja Con Ramas de Árbol Difuminadas En Primer Plano. 20 Mart 2020.
- URL-100, <https://www.re-thinkingthefuture.com/sustainable-architecture/a2799-sustainable-construction-techniques-used-in-vernacular-architecture/> , Thatch Roof Construction. 18 Kasım 2020.

- URL-101, <https://hipehabitat.com/2011/08/26/building-in-nicaragua-palm-fronds-for-the-thatch-roof/> , Building in Nicaragua – Palm Fronds for the Thatch Roof. 21 Mart 2020.
- URL-102, <https://www.shutterstock.com/search/traditional+vietnamese+thatched+roof> , Traditional Vietnamese Thatched Roof. 21 Mart 2020.
- URL-103, https://www.123rf.com/photo_50711562_primitive-thatch-of-palm-leaves-in-hot-countries-of-south-america.html , Primitive Thatch of Palm Leaves in Hot Countries of South America. 21 Mart 2020.
- URL-104, <https://www.keralapool.com/photos/palm-thatch-panel.html> , Palm Thatch Panel. 21 Mart 2020.
- URL-105, <https://www.gambetanews.com/why-are-bamboo-important-in-building-construction/> , Why Are Bamboo Important In Building Construction. 18 Kasım 2020.
- URL-106, <https://www.alamy.com/bamboo-scaffolding-on-a-construction-site-shanghai-china-image335962374.html> , Bamboo Scaffolding an a Construction Site, Shanghai, China. 18 Kasım 2020.
- URL-107, <https://project.theownerbuildernetwork.co/2014/11/24/giant-grass-bamboo-cubby-house/> , Build Your Own Bamboo Cubby. 6 Aralık 2020.
- URL-108, <https://www.engineeringdiscoveries.net/2019/05/why-bamboo-is-more-stronger-than-steel.html> , Why Bamboo is More Stronger Than Steel Reinforcement. 6 Aralık 2020.
- URL-109, <https://www.gardenskill.com/webshop/plant-supports/plant-stake-connectors/cane-ball-connectors-pack-of-8/> , Cane Ball Connectors. 6 Aralık 2020.
- URL-110, http://034dd53.netsolhost.com/Root1/images/slides/IMG_1048.JPG , 6 Aralık, 2020.
- URL-111, <https://www.designboom.com/architecture/the-scarcity-and-creativity-studio-bamboo-shade-shelter-galapagos-playa-man-01-17-2017/> The Scarcity and Creativity Studio Uses Bamboo for Shade Shelter in The Galapagos. 6 Aralık 2020.
- URL-112, <https://designtoconnect.blogspot.com/?view=classic> , Flexible Dome Connector | Fit + Screw. 8 Aralık 2020.
- URL-113, <https://inhabitat.com/vertical-bamboo-towers-are-high-tech-and-primitive-at-the-same-time/> , Cocoon-Like Vertical Bamboo Towers Are High Tech and Primitive at The Same Time. 9 Aralık 2020.

- URL-114, <https://www.archdaily.com/868926/energy-efficient-bamboo-house-studio-cardenas-conscious-design> , Energy Efficient Bamboo House / Studio Cardenas Conscious Design. 9 Aralık 2020.
- URL-115, https://it.123rf.com/photo_24470852_porta-di-bamb%C3%B9-sulla-recinzione-taglio-di-bamb%C3%B9-vedere-al-interno.html , Archivio Fotografico - Porta di Bambù Sulla Recinzione, Taglio Di Bambù Vedere Al Interno. 31 Mart 2020.
- URL-116, <https://es.dreamstime.com/fotos-de-archivo-casa-del-chino-tradicional-con-la-puerta-de-bamb%C3%BA-image38944883> , Un Cortijo del Chino Tradicional Hecho de Los Polos Y de Las Paredes de Bambú del Fango Sin Los Clavos. 31 Mart 2020.
- URL-117, https://it.123rf.com/photo_88260618_view-of-the-bamboo-door-in-louangphabang-laos-close-up-vertical.html , Archivio Fotografico - Vista Della Porta di Bambù a Louangphabang, Laos. Avvicinamento. Verticale. 31 Mart 2020.
- URL-118, <https://www.alamy.com/stock-photo/traditional-house-near-mandalay-in.html> , Traditional House Near Mandalay in. 31 Mart 2020.
- URL-119, https://www.bamboo-earth-architecture-construction.com/img_9914/ . 31 Mart 2020.
- URL-120, https://kr.123rf.com/photo_17628282_%EB%8C%80%EB%82%98%EB%AC%B4-%EB%B2%BD%EC%97%90-%EC%A7%A0-%EC%B0%BD-%ED%8C%A8%EB%84%90.htm , Woven Window Panel on Bamboo Wall. 31 Mart 2020.
- URL-121, https://kr.123rf.com/photo_61163444_bamboo-window-and-wall-home.html , Bamboo window and Wall home. 31 Mart 2020.
- URL-122, <https://fr.dreamstime.com/photo-stock-fond-bambou-fen%C3%AAtre-image47363846> , Le Bambou de Fenêtre Pour le Fond. 31 Mart 2020.
- URL-123, https://www.tripadvisor.com.au/LocationPhotoDirectLink-g3177245-d2232772-i148870180-Rinjani_Beach_Eco_Resort-Tanjung_Lombok_West_Nusa_Tenggara.html , Rinjani Beach Eco Resort. 31 Mart 2020.
- URL-124, <https://www.bamboohouseindia.org/building-process> , Our Building Process. 16 Ekim 2020.
- URL-125, <https://inhabitat.com/co2-bambu-brings-low-cost-low-carbon-bamboo-housing-to-nicaragua/co2-bambu-homes-3/> , CO2 Bambu Brings Low-Cost, Low-Carbon Bamboo Housing to Nicaragua. 17 Ekim 2020.

- URL-126, <https://elportal.mx/vivienda-resiliente-con-prefabricados-de-bambu/sistema-biba-002/> , Sistema Biba .17 Ekim 2020.
- URL-127, <https://reconstruir.org.mx/biba-sistema-prefabricado-de-bambu-estructural/> , BIBA – Sistema Prefabricado de Bambú Estructural. 20 Şubat 2021.
- URL-128, <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-333349/en-detalle-revisitando-tradiciones-constructivas-al-rescate-de-la-quincha> , Re-Visitando Tradiciones Constructivas: Al Rescate de La Quincha. 21 Şubat 2021.
- URL-129, <http://bambooproductsphoto.blogspot.com/2013/08/bamboo-panels.html> , Bamboo Panels, 21 Şubat 2021.
- URL-130, <https://www.haber7.com/yasam/haber/3064522-25-yil-once-gurcistandan-getirip-artvine-diktiler-buyuyen-bambular-ilgi-odagi-oldu> , 25 Yıl Önce Gürcistan'dan Getirip Artvin'e Diktiler! Büyüyen Bambular İlgi Odağı Oldu. 24 Nisan 2021.
- URL-131, <https://www.caytvhaber.com/artvin/bu-bambular-uzakdogu-da-degil-artvinde-yetisiyor-40210h> , Bu Bambular Uzakdoğu'da Değil Artvin'de Yetiştiriyor. 24 Nisan 2021.
- Vahanvati, M., 2015. The Challenge of Connecting Bamboo, 10th World Bamboo Congress, Theme: Architecture, Engineering and Social Housing, Korea.
- Var, M., 2005. Country Report on Bamboo Report in Turkey, Global Forest Resources Assessment, International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), Turkey.
- Vélez S., von Vegesack A. ve Kries, M.ed., 2000. Grow Your Own House: Simón Vélez and Bamboo Architecture, Bilingual Version. Weil am Rhein: Vitra Design Museum. 108-121.
- Vengala, J., Jagadeesh, H., N. ve Pandey, C., N., 2008. Development of Bamboo Structure in India, Indian Plywood Industries Research and Training Institute (IPIRTI), Yeshwantpur, Bangalore, India.
- Verhoeven, M. ve Wal L.,V., 2014. Bambú Social, Project Rapport Short sighted El Rama, Nicaragua en de Bluefields Indian Caribbean University, El Rama (BICU), Nicaragua.
- Vogtländer, J., G., Van der Velden N., M. ve Van der Lugt, P., 2014. Carbon Sequestration in LCA, A Proposal for A New Approach Based on the Global Carbon Cycle; Cases on Wood and on Bamboo, Int J Life Cycle Assessment ,19,13-23.
- Wang, H., 1986. Studies on The High Yield Pulping of some Taiwan Bamboo Species, XXIII. IUFRO World Congress, Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species, Yugoslavia, Ljubljana, 49-55.

- Watanabe, M., 1986, A Proposal on The Life from of Bamboos and The Ecological Typification of Bamboo Forests, XVIII IUFRO (International Union of Forestry Research Organization) World Congress, Ljubljana, Yugoslavia, Bamboo Production and Utilization, 94-98.
- Wenyue, H., Zhufu, D., Youfen, L. ve Ping, L., 1985. "Studies on Branching Pattern of Monopodial Bamboos", In Recent Research on Bamboos, A.N. Rao, G. Dhanarajan, C.B. Sastry, International Bamboo Workshop, 2, 401, Hangzhon, CN.
- Widyowijatnoko, A. ve Harries, K., A., 2020. "20 - Joints in Bamboo Construction" In Nonconventional and Vernacular Construction Materials, Second Edition, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 561-596.
- Widyowijatnoko, A., 2006. Plastered Bamboo Project, In International Bamboo Housing Design Workshop, 1-6, Beijing, China: International Network for Bamboo an Rattan.
- Witte, D., 2018. Contemporary Bamboo Housing in South America Challenges & Opportunities for Building in the Informal Sector, Master of Architecture, University of Washington, Washington.
- Wong, K., 2004. Bamboo The Amazing Grass, University of Malaya, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Kuala Lumpur, Malaysia
- Yılmaz, S., 2020. Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Turizm Tesisleri için Yapım Sistemi Önerisi: Yapay Çentikli Ahşap-Beton Kompozit Sistem, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yu, X., 2007. Bamboo: Structure and Culture, Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades, der Universität Duisburg-Essen, Yibin, China.
- ZERI Foundation, ZERI Pavilion for EXPO 2000.
http://www.zeri.org/ZERI/Home_files/ZERI%20PAVILION%202012.pdf 4
 Şubat 2021.
- Zhang, Q., Jiang, S. ve Tang, Y., 2001. Industrial Utilization on Bamboo, INBAR, Beijing.

ÖZGEÇMİŞ

Didem BAYRAKTAR MARANGOZ, ilk, orta ve lise eğitimini Rize’de tamamladı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü’nden bölüm üçüncüsü olarak mezun oldu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitime başladı. 2016 yılından beri Bayraktar Mühendislik Mimarlık Harita İnşaat Gıda. Paz. Tic. Ltd. Şirketi’nde mimar olarak çalışmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

Tezden üretilen yayınlar;

Bayraktar Marangoz, D., Aydın, Ö., Engin, N., 2019. Sürdürülebilir Malzeme Olarak Bambunun Mimaride Kullanımı, 4. Uluslararası Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Kongresi, İstanbul, Türkiye, 23-24 Nisan, ss.178.