

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

BAMBUNUN STRÜKTÜREL KULLANIMI VE TÜRKİYE'DE ARTVIN
İLİNDE YETİŞEN *Phyllostachys pubescens* (MOSO) TÜRÜ BAMBUNUN
STRÜKTÜREL KULLANIMINA YÖNELİK DENEYSEL ANALİZLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan CEVAHİR

MART 2024
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

**BAMBUNUN STRÜKTÜREL KULLANIMI VE TÜRKİYE'DE ARTVIN
İLİNDE YETİŞEN *Phyllostachys pubescens* (MOSO) TÜRÜ BAMBUNUN
STRÜKTÜREL KULLANIMINA YÖNELİK DENEYSEL ANALİZLER**

Oğuzhan CEVAHİR

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"YÜKSEK MİMAR"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 / 02 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 28 / 03 / 2024

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nihan ENGİN

ORCID : - - -

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“Bambunun Strüktürel Kullanımı ve Türkiye’de Artvin İlinde Yetişen *Phyllostachys pubescens* (Moso) Türü Bambunun Strüktürel Kullanımına Yönelik Deneysel Analizler” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: FYL-2022-10440

Danışmanım Prof. Dr. Nihan ENGİN’e, KTÜ Mimarlık Bölümü’nden öncelikle Prof. Dr. Nilhan VURAL, Prof. Dr. Serbürent VURAL, Doç. Dr. Özlem AYDIN, Arş. Gör. Dr. Selin OKTAN olmak üzere tüm KTÜ Mimarlık Bölümü’ne; KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü’nden Doç. Dr. Aydın DEMİR’e, Arş. Gör. Abdullah Uğur BİRİNCİ’ye, doktora öğrencisi Okan İLHAN’a ve başta Birdal KAZAZ, Hikmet KAZAZ, Mehmet BİRİNCİ, Mustafa KARAKAŞ, Rıdvan KARAHAN olmak üzere tüm KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü idari personellerine; KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden Prof. Dr. Süleyman ADANUR’a, Dr. Öğr. Üyesi Safa NAYIR’a; YTÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü’nden Prof. Dr. Mustafa VAR’a; KTÜ METAM’dan Doç. Dr. Mustafa ASLAN’a, Öğr. Gör. Dr. Hüseyin İPEK’e, Metalurji ve Malzeme Yüksek Mühendisi Ümit KARTAL’a; KTÜ MERLAB’dan Öğr. Gör. Dr. Ümit ÖZSANDIKCIOĞLU’na, Öğr. Gör. Birol BAŞAL’a, Öğr. Gör. Fatih ATCI’ya; Yüksek Mimar Didem BAYRAKTAR MARANGOZ’a ve Arş. Gör. Hasan Oğulcan MARANGOZ’a; arazideki bambuları yıllar önce diken rahmetli Osman ARSLANTÜRK’e, arazi sahibi Hikmet KAÇMAZ ve Hatice KAÇMAZ’a, arazi çalışmasında bizlerle ilgilenen Berkcan ARSLANTÜRK’e ve kesim işlemini yapan Rıfat KAÇMAZ ile Ersan KAÇMAZ’a çok teşekkür ederim.

Tüm tez sürecinde beni destekleyen annem Saniye CEVAHİR’e, babam Halil İbrahim CEVAHİR’e ve arazide benimle birlikte çalışan ablam Gülbahar CEVAHİR KEÇECİ’ye, çalışmanın farklı aşamalarında bana yardımcı olan yakın arkadaşlarım Volkan ÖZDEMİR’e, Ahmed Yasin HANCIOĞLU’na ve Uğur ŞAHİN’e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Oğuzhan CEVAHİR

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bambunun Strüktürel Kullanımı ve Türkiye’de Artvin İlinde Yetişen *Phyllostachys pubescens* (Moso) Türü Bambunun Strüktürel Kullanımına Yönelik Deneysel Analizler” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Nihan ENGİN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 28/03/2024

Oğuzhan CEVAHİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.3. Çalışmanın Yöntemi.....	2
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Bambu	4
2.1.1. Genel Özellikler	4
2.1.2. Hasat ve Koruma Yöntemleri.....	7
2.1.3. Endüstriyel Bambu Ürünleri	18
2.1.4. Bambunun Mimarlıkta Kullanım Alanları	23
2.2. Bambuların Strüktürel Özellikleri	24
2.2.1. Bambuların Birleşim Yöntemleri	24
2.3. Literatürden Örnek Yapıların Analizi	54
2.4. Çalışma Alanındaki Bambuların Deneysel Analizleri	95
2.4.1. Ön Hazırlıklar.....	96
2.4.1. Kesilen Bambuların Yaş Haldeki Fiziksel Boyutlarının ve Nem İçeriğinin Ölçülmesi	104
2.4.2. Bambuların Türünün Belirlenmesi.....	106
2.4.3. Liflere Paralel Eğilme Testlerinin Yapılması	107
2.4.4. Liflere Paralel Basınç Testlerinin Yapılması	109
2.4.1. Liflere Paralel Kesme Testlerinin Yapılması	113
2.4.2. Liflere Paralel Çekme Testlerinin Yapılması.....	116
2.4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizlerinin Yapılması	118

3. BULGULAR VE TARTIŞMA	120
3.1. Örnek Analizlerinin Değerlendirilmesi	120
3.1.1. Yapıya Ait Genel Bilgiler ile İlgili Bulgular ve Tartışma.....	120
3.1.2. Strüktüre Ait Bilgiler ile İlgili Bulgular ve Tartışma.....	121
3.1.3. Birleşim Elemanları ve Yöntemi ile İlgili Bulgular ve Tartışma	122
3.1.4. Yapım Aşaması ile İlgili Bulgular ve Tartışma	122
3.2. Deneysel Çalışmaların Değerlendirilmesi	123
3.2.1. Liflere Paralel Eğilme Testlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi	130
3.2.2. Liflere Paralel Basınç Testlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	136
3.2.3. Liflere Paralel Kesme Testlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi	144
3.2.4. Liflere Paralel Çekme Testlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi	147
3.2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi	152
4. SONUÇLAR.....	159
5. ÖNERİLER.....	161
6. KAYNAKLAR	162
7. EKLER.....	173
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

BAMBUNUN STRÜKTÜREL KULLANIMI VE TÜRKİYE’DE ARTVİN İLİNDE YETİŞEN *Phyllostachys pubescens* (MOSO) TÜRÜ BAMBUNUN STRÜKTÜREL KULLANIMINA YÖNELİK DENEYSEL ANALİZLER

Oğuzhan CEVAHİR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Nihan ENGİN
2024, 172 Sayfa, 93 Sayfa Ek

Bambu, esnek ve sağlam yapıda olan, hızlı büyüme oranına sahip devasa otlardır. Bu yapısıyla birlikte, mimaride geleneksel veya endüstriyel yapım sistemleri ile üretilen yapılarda başta strüktürel ve kaplama olmak üzere çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Tezin yapılan çalışmalar bölümünde, konu ile ilgilenenlere bir kaynak olması amacıyla bambu malzemeye ile ilgili genel bilgiler ve bu malzemenin mimarlıktaki strüktürel kullanımına yönelik bilimsel kaynaklardan ve internet sayfalarından bilgiler verilmiştir. Bambunun yapılarda strüktürel eleman olarak kullanımını gösterebilmek amacıyla 2007-2023 yılları arasında bambu ile yapılmış 12 yapı örneği analiz edilmiştir. Tezin deneysel çalışma bölümünde, Türkiye’de yetişen bambuların yapılarda strüktürel eleman olarak kullanılabilirliğinin sorgulanması amacıyla Artvin ilinde yer alan *Phyllostachys pubescens* (Moso) türündeki bambulara ISO 22157:2019 standardına göre liflere paralel eğilme, basınç, kesme ve çekme testleri yapılmıştır. Ek olarak bambuların içyapısı ile elde edilen test sonuçları arasında ilişki kurabilmek için taramalı elektron mikroskobu analizi yapılmıştır. Test sonuçları ile literatürdeki değerlerin benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Bambu, Yapı malzemesi, Mekanik dayanım

Master Thesis

SUMMARY

STRUCTURAL APPLICATIONS OF BAMBOO AND EXPERIMENTAL
ANALYSIS ON THE STRUCTURAL APPLICATIONS OF
Phyllostachys pubescens (MOSO) SPECIES OF BAMBOO GROWING IN THE
PROVINCE OF ARTVIN, TÜRKİYE

Oğuzhan CEVAHİR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architectural Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Nihan ENGİN
2024, 172 Pages, 93 Pages Appendix

Bamboo is a giant grass with a flexible and strength structure and a fast growth rate. With this structure, it is used for various purposes such as structural and cladding in buildings produced with conventional or modern industrial construction systems in architecture.

In the literature section of the thesis, general information about bamboo material and information about the structural use of this material in architecture from academic papers and websites are given in order to be a source for those who are interested in the subject. In order to show the use of bamboo as a structural element in buildings, 12 examples of buildings built with bamboo between 2007-2023 were analysed. In the experimental part of the thesis, bamboos of *Phyllostachys pubescens* (Moso) species in Artvin province were subjected to bending, compression, shear and tensile tests parallel to the fibres according to ISO 22157:2019 standard in order to examine the use of bamboos grown in Türkiye as structural elements in buildings. In addition, scanning electron microscopy analysis was performed to establish a relationship between the internal structure of bamboos and the test results obtained. It was shown that the test results were similar to the values in the literature.

Key Words: Sustainability, Bamboo, Building material, Mechanical strength

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Dünyada bambunun doğal olarak yetiştiği bölgeler (Durand, 2023)	5
Şekil 2. Türkiye’de bambunun yetiştiği bölgeler (Marangoz, 2021).....	5
Şekil 3. Bambu kesiti (URL-2, 2024)	6
Şekil 4. Bambuların farklı rizom yapıları (URL-3, 2024)	6
Şekil 5. Duman ile kürleme (Farrugia & Goutham, 2023)	10
Şekil 6. Suyu daldırma (Farrugia & Goutham, 2023).....	11
Şekil 7. Toprağa/çamura batırma (Farrugia & Goutham, 2023).....	11
Şekil 8. Yatay veya dikey olarak havayla kurutma (URL-7, 2023).....	13
Şekil 9. Kademelendirme yöntemi ile kurutma (Lalwani, 2024).....	17
Şekil 10. Açık tank yöntemi ile kurutma (URL-10, 2024)	17
Şekil 11. Boucherie yöntemi ile kurutma (URL-11, 2024)	18
Şekil 12. Plybamboo (URL-12, 2024)	19
Şekil 13. Lamine bambu kereste (LBL) (Yang & Wang, 2020).....	20
Şekil 14. Tutkallı lamine bambu (glubam) (Yang & Wang, 2020)	20
Şekil 15. Çapraz lamine bambu (CLB) (URL-13, 2024).....	21
Şekil 16. Bambunun mimarlıkta kullanım yerleri	23
Şekil 17. Bambuların kesim yöntemleri (López, 2003).....	25
Şekil 18. Tam bindirme yöntemiyle uç uca eklenen bambular (López, 2003)	25
Şekil 19. Yarım bindirme yöntemiyle uç uca eklenen bambular (López, 2003)	26
Şekil 20. Yanlardan destekli düz birleşim yöntemiyle uç uca eklenen bambular (Phanratanamala, 2014)	26
Şekil 21. Birbirinin içine geçmeli birleşim yöntemiyle uç uca eklenen bambular (López, 2003).....	27
Şekil 22. Pahlı birleşim yöntemiyle uç uca eklenen bambular (López, 2003)	27
Şekil 23. Düz birleşim yöntemiyle düzenlenen dik açılı bağlantılar (López, 2003).....	28
Şekil 24. Çapraz birleşim yöntemiyle düzenlenen dik açılı bağlantılar (López, 2003) ...	28
Şekil 25. Açılı birleşimler (López, 2003; ASF Indonesia, 2024)	29
Şekil 26. Geçmeli bağlantılar (López, 2003).....	30
Şekil 27. Sıkı bağlanmış malzemelerle yapılan bağlantılar (López, 2003; URL-15, 2024)	31
Şekil 28. Dıştan guseli bağlantılar (Vahanvati, 2024)	32

Şekil 29.	İçten guseli bağlantılar (ITCR bağlantısı) (Phanratanamala, 2014)	32
Şekil 30.	Arce bağlantısı (Arce, 1993; Phanratanamala, 2014).....	33
Şekil 31.	Çelik plaka ile güçlendirilmiş Arce bağlantısı (Arce, 1993)	33
Şekil 32.	Dolgulu bağlantılar (URL-16, 2024; Meinhold, 2024)	34
Şekil 33.	Cıvatalı bağlantılar (URL-17, 2024; Stevens, 2024)	34
Şekil 34.	Metal ve kauçuk başlıklar ile yapılan bağlantılar (Minke, 2023).....	35
Şekil 35.	Yan yana getirilmiş ikili bambu birleşimleri (López, 2003)	35
Şekil 36.	Demet halinde birleşimler (López, 2003; Arce, 1993).....	35
Şekil 37.	Kelepçeli birleşimler (Vahanvati, 2024).....	36
Şekil 38.	Herbert mafsallı bağlantısı (Phanratanamala, 2014)	36
Şekil 39.	Gutierrez bağlantısı (Phanratanamala, 2014)	37
Şekil 40.	Nienhuys bağlantısı (Phanratanamala, 2014)	37
Şekil 41.	Duff bağlantısı (Koolbamboo, 2024).....	38
Şekil 42.	Shoei Yoh bağlantısı (URL-18, 2024).....	38
Şekil 43.	Vitor Marcel bağlantısı (Minke, 2023).....	39
Şekil 44.	BAMBOOTIX bağlantısı (URL-19, 2024; URL-20, 2024)	39
Şekil 45.	Mero bağlantı elemanı (URL-21, 2024)	40
Şekil 46.	Jörg Stamm bağlantısı (URL-22, 2024)	40
Şekil 47.	Bambutec bağlantısı (Disén & Clouston, 2013).....	40
Şekil 48.	Induo ankraj bağlantısı (URL-14, 2024)	41
Şekil 49.	Renzo Piano bağlantısı (Widyowijatnoko, 2012).....	41
Şekil 50.	Tim Obermann bağlantısı (Minke, 2023)	42
Şekil 51.	Markus Heinsdorff bağlantısı (URL-23, 2024)	42
Şekil 52.	Christoph Tönges bağlantısı (Minke, 2023)	43
Şekil 53.	Munir Vahanvati bağlantısı (Vahanvati, 2024)	43
Şekil 54.	Kam bağlantısı için kullanılan bağlantı elemanı (URL-24, 2024)	44
Şekil 55.	Kam bağlantısı (Widyowijatnoko, 2012)	44
Şekil 56.	Deneysel çalışmanın akış şeması.....	95
Şekil 57.	İncelenen bambuların yetiştiği arazinin konumu (URL-43, 2023).....	96
Şekil 58.	Kesim öncesi boy, et kalınlığı ve dış çap tahmini için verilerin toplanması	98
Şekil 59.	İşaretlenen bambuların arazideki konumları	99
Şekil 60.	Kesimi yapılan bambuların toprak üstünde kalan kısımları	101
Şekil 61.	Bambuların kesildikten sonra 5 m'lik üç alt gruba ayrılması.....	101
Şekil 62.	Kesim işleminden sonra arazide bambulara etiket yapıştırılması.....	103

Şekil 63.	Laboratuvar ortamında bambulara yeniden etiket yapıştırılması	103
Şekil 64.	(a) Dijital iç-dış çap kanal kumpası, (b) şerit metre, (c) arazi tipi şerit metre, (d) hassas terazi	104
Şekil 65.	Bambuların nem içeriklerinin ölçülmesi	105
Şekil 66.	Liflere paralel dört noktalı eğilme testi düzeneğinin kurulması	108
Şekil 67.	Kesme testi için kullanılan plakalar	114
Şekil 68.	Bambulara liflere paralel kesme testinin uygulanması	115
Şekil 69.	Liflere paralel çekme numunelerinin hazırlanması	117
Şekil 70.	Bambuların taramalı elektron mikroskobuna yerleştirilmesi	119
Şekil 71.	Taramalı elektron mikroskobu analizi için numunelerin hazırlanması	119
Şekil 72.	Bambuların yapılarda strüktürel eleman olarak kullanıldığı ülkeler	120
Şekil 73.	7 numaralı numunenin liflere paralel dayanım testlerinin sonuçları	124
Şekil 74.	9 numaralı numunenin liflere paralel dayanım testlerinin sonuçları	125
Şekil 75.	13 numaralı numunenin liflere paralel dayanım testlerinin sonuçları	126
Şekil 76.	15 numaralı numunenin liflere paralel dayanım testlerinin sonuçları	127
Şekil 77.	6 numaralı numunenin liflere paralel dayanım testlerinin sonuçları	128
Şekil 78.	10 numaralı numunenin liflere paralel dayanım testlerinin sonuçları	129
Şekil 79.	Eğilme testi sonrası 7 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği.....	130
Şekil 80.	Eğilme testi sonrası 9 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği.....	130
Şekil 81.	Eğilme testi sonrası 13 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği... 131	
Şekil 82.	Eğilme testi sonrası 15 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği... 131	
Şekil 83.	Eğilme testi sonrası 6 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği..... 132	
Şekil 84.	Eğilme testi sonrası 10 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği... 132	
Şekil 85.	Nem içeriği ile bambuların alt bölümlerinin eğilme dayanımları arasındaki ilişki	134
Şekil 86.	Nem içeriği ile bambuların orta bölümlerinin eğilme dayanımları arasındaki ilişki	135
Şekil 87.	Nem içeriği ile bambuların üst bölümlerinin eğilme dayanımları arasındaki ilişki	135
Şekil 88.	Basınç testi sonrası 7 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	137
Şekil 89.	Basınç testi sonrası 9 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	138
Şekil 90.	Basınç testi sonrası 13 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	139
Şekil 91.	Basınç testi sonrası 15 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	140

Şekil 92.	Basınç testi sonrası 6 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	141
Şekil 93.	Basınç testi sonrası 10 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	142
Şekil 94.	Nem içeriği ile bambuların alt bölümlerinin basınç dayanımları arasındaki ilişki	143
Şekil 95.	Nem içeriği ile bambuların orta bölümlerinin basınç dayanımları arasındaki ilişki	144
Şekil 96.	Nem içeriği ile bambuların üst bölümlerinin basınç dayanımları arasındaki ilişki	144
Şekil 97.	Nem içeriği ile bambuların alt bölümlerinin kesme dayanımları arasındaki ilişki	146
Şekil 98.	Nem içeriği ile bambuların orta bölümlerinin kesme dayanımları arasındaki ilişki	146
Şekil 99.	Nem içeriği ile bambuların üst bölümlerinin kesme dayanımları arasındaki ilişki	147
Şekil 100.	Çekme testi sonrası 7 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	149
Şekil 101.	Çekme testi sonrası 9 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	149
Şekil 102.	Çekme testi sonrası 13 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	150
Şekil 103.	Çekme testi sonrası 15 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	150
Şekil 104.	Çekme testi sonrası 6 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	151
Şekil 105.	Çekme testi sonrası 10 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri	151

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Bambuyu kimyasal olarak işlem yapılırken kullanılan su bazlı koruyucu malzemeler (NMBA, 2006; URL-9, 2023).....	15
Tablo 2. İnşaatda kullanılan bambu cinslerine göre fiziksel özellikleri (Minke, 2023) ..	24
Tablo 3. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel basınç dayanımı değerleri .	44
Tablo 4. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel basınçta elastisite modülü değerleri	47
Tablo 5. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel çekme dayanımı değerleri .	48
Tablo 6. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel çekmede elastisite modülü değerleri	50
Tablo 7. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel kesme dayanımı değerleri .	51
Tablo 8. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel eğilme dayanımı değerleri .	52
Tablo 9. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel eğilmede elastisite modülü değerleri	53
Tablo 10. INBAR Bahçe Pavyonu analiz tablosu (URL-25, 2021).....	57
Tablo 11. Haduwa Sahnesi analiz tablosu (Abdel, 2024; Lazarova; Holmes, 2024)	60
Tablo 12. Kim Boi Bambu Restoran analiz tablosu (URL-27, 2021).....	63
Tablo 13. Millenium Köprüsü analiz tablosu (URL-28, 2021).....	66
Tablo 14. The Lumi Shala analiz tablosu (URL-29, 2024; URL-30, 2024; URL-31, 2024; URL-32, 2024; Astbury, 2024).....	70
Tablo 15. Sharma Springs analiz tablosu (URL-33, 2023; URL-34, 2023)	73
Tablo 16. Aldo's Kitchen analiz tablosu (URL-35, 2021)	77
Tablo 17. Milguadas Evi analiz tablosu (URL-36, 2023).....	79
Tablo 18. Ekolojik Çocuk Aktivite ve Eğitim Merkezi analiz tablosu (URL-37, 2024; URL-38, 2024).....	83
Tablo 19. N4+ Gluebam Evi analiz tablosu (URL-39, 2021).....	86
Tablo 20. Baoguosi Budizm Tapınağı'nda Zen Merkezi analiz tablosu (URL-40, 2021)	89
Tablo 21. Zhaojun Müzesi analiz tablosu (URL-41, 2023)	92
Tablo 22. Deneme deseninin oluşturulması	97
Tablo 23. İşaretlenen bambuların fiziksel özellikleri.....	100
Tablo 24. Kesilen bambuların arazide yapılan ilk ölçüm sonuçları.....	102
Tablo 25. Bambuların laboratuvar ortamında yapılan ilk fiziksel ölçüm sonuçları	106
Tablo 26. Liflere paralel eğilme testi numunelerine ait bilgiler	107

Tablo 27.	Liflere paralel basınç testleri için test edilen numune sayıları	111
Tablo 28.	Liflere paralel basınçta elastisite modülü için test edilen numune sayıları	112
Tablo 29.	Liflere paralel kesme testleri için test edilen numune sayıları	115
Tablo 30.	Liflere paralel çekme testleri için test edilen numune sayıları	117
Tablo 31.	Liflere paralel çekmede elastisite modülü için test edilen numune sayıları ...	118
Tablo 32.	Bambuların kısımlarına göre liflere paralel eğilme dayanımı sonuçları	133
Tablo 33.	Bambuların kısımlarına göre liflere paralel eğilmede elastisite modülü sonuçları.....	134
Tablo 34.	Bambuların kısımlarına göre liflere paralel basınç dayanımı sonuçları	136
Tablo 35.	Bambuların kısımlarına göre basınçta elastisite modülü sonuçları	143
Tablo 36.	Bambuların kısımlarına göre liflere paralel kesme dayanımı sonuçları	145
Tablo 37.	Bambuların kısımlarına göre liflere paralel çekme dayanımı sonuçları	148
Tablo 38.	Bambuların kısımlarına göre çekmede elastisite modülü sonuçları	152
Tablo 39.	Bambuların taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri	153
Tablo 40.	Test sonuçlarının literatürdeki değerler ile karşılaştırılması	160
Ek Tablo 1.	Liflere paralel eğilme testlerinin sonuçları ve test görüntüleri.....	173
Ek Tablo 2.	Liflere paralel basınç testlerinin sonuçları ve test görüntüleri.....	191
Ek Tablo 3.	Liflere paralel basınçta elastisite modülü sonuçları ve test görüntüleri	201
Ek Tablo 4.	Liflere paralel kesme testlerinin sonuçları ve test görüntüleri.....	207
Ek Tablo 5.	Liflere paralel çekme testlerinin sonuçları ve görselleri.....	221
Ek Tablo 6.	Liflere paralel çekmede elastisite modülü sonuçları ve test görselleri	264

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
ISO	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standardizasyon Örgütü)
SEM	: Scanning electron microscope (taramalı elektron mikroskobu)
g	: Gram
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetre kare
mm ³	: Milimetre küp
kp	: Kilopond
N	: Newton
kN	: Kilonewton
w	: Nem içeriği
$f_{c,0}$	: Test parçasının liflere paralel basınç dayanımı (N/mm ²)
f_v	: Test parçasının liflere paralel kesme dayanımı (N/mm ²)
$f_{t,0}$	: Test parçasının liflere paralel çekme dayanımı (N/mm ²)
$f_{m,0}$	: Test parçasının liflere paralel eğilme dayanımı (N/mm ²)
$E_{m,0}$	: Test parçasının liflere paralel eğilmede belirgin elastisite modülü (N/mm ²)
m_i	: Test parçasının etüv öncesi ölçülen kütle değeri (g)
m_0	: Test parçasının etüv sonrası ölçülen kütle değeri (g)
m_e	: Test parçasının kütlesi (g)
V	: Test parçasının hacmi (mm ³)
q	: Test parçasının birim uzunluk başına kütlesi (g/mm)
L	: Test parçasının uzunluğu (mm)
F_{ult}	: Test parçasının dayanabildiği maksimum yük (N)
A	: Test parçasının enine kesit alanı (mm ²)
D	: Test parçasının enine kesitinin zıt noktalar boyunca yapılan iki dik dış çap ölçümünün ortalaması (mm)

δ	: Test parçasının 90° açısal aralıklarla alınan dört et kalınlığı ölçümün ortalaması (mm)
b	: Çekme testi numunesinin genişliği (mm)
$\sum(\delta \times L)$	: Kesme düzlemlerinde ölçülen dört alanın toplamı (mm ²)
a	: Dört noktalı eğilme testinde destek noktası ile en yakın yük uygulama noktası arasındaki mesafe (mm)
M_{ult}	: Maksimum moment (N.mm)
I_B	: Bambu kesitinin ikinci alan momenti (atalet momenti) (mm ⁴)
F_{60}	: Maksimum yükün %60'ında uygulanan yük (N)
F_{20}	: Maksimum yükün %20'sinde uygulanan yük (N)
Δ_{60}	: Maksimum yükün %60'ında orta açıklıktaki sapma (mm)
Δ_{20}	: Maksimum yükün %20'sinde orta açıklıktaki sapma (mm)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Bir yapının tasarımı yapılırken seçilen malzemelerin seçim kriterleri arasında kullanılacak malzemelerin geri dönüştürülebilmesi ve yeniden kullanılabilmesi, gereksiz kullanımların kaçınılması ile birlikte ham madde kullanımının azaltılması, düşük gömülü enerjiye sahip olması, hızla yenilenebilir olması gibi faktörler önemli yer tutmaktadır. Temel olarak tasarımlarda tasarımcı gerek taşıyıcı gerekse tamamlayıcı elemanlarda yapacak olduğu malzeme seçimi ile birlikte çevreyi olumsuz anlamda minimum ölçüde etkileyen malzemelerin tercih edilmesine dikkat etmesi gerekmektedir (Whole Building Design Guide, 2024). Bu yüzden iklim değişikliği, sürdürülebilirlik, çevre kirliliği, enerji gibi konuların öneminin giderek arttığı günümüzde mimarlık alanında doğa yeniden keşfedilmekte ve doğal olan malzemelerin üzerine araştırmalar yapılmaktadır.

Bu doğal yapı malzemelerinden biri de bambudur. Bambu, antik çağlardan beri yaşam alanları oluşturmak için yapı malzemesi olarak kullanılan ve 1980'lerden günümüze endüstrileşmesi için çalışmaların yapıldığı bir malzemedir (Minke, 2023).

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmada,

- Bambu ile ilgili az sayıda Türkçe kaynak olması nedeniyle bambunun mimarlıktaki kullanımına yönelik Türkçe kaynak oluşturmak ve bu bağlamda literatüre katkı sağlamak,
- Bambunun mimarlıkta strüktürel kullanımını farklı ülkelerde uygulanmış bina örnekleri üzerinden değerlendirmek,
- Doğu Karadeniz Bölümü Artvin ilinde yetişen *Phyllostachys pubescens* (Moso) türü bambunun strüktürel anlamda kullanımını yapılacak liflere paralel mekanik testler (eğilme, basınç, çekme, kesme) ile analiz ederek sorgulamak amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında, literatürde dünyanın farklı ülkelerinde uygulanmış bambu yapı örnekleri strüktürel bağlamda analiz edilmiş ve Doğu Karadeniz Bölümü Artvin ilinde yetişen *Phyllostachys pubescens* (Moso) türü bambular strüktürel özelliklerinin ortaya çıkarılması için liflere paralel mekanik testler (eğilme, basınç, çekme, kesme) ve taramalı elektron mikroskobu ile analiz edilmiştir.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmanın yapılan çalışmalar bölümü, bambuya yönelik genel bilgiler, bambunun strüktürel özellikleri, örnek yapı analizleri ve deneysel çalışmalar olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır.

Yapılan çalışmanın ilk bölümünde, bambu hakkında genel bilgiler, bambunun morfolojik ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Yapılan çalışmanın ikinci bölümü, bambunun strüktürel anlamda nerelerde kullanıldığını ve kullanım esnasında birbirleriyle veya başka malzemelerle nasıl birleştiğini gösteren literatür bölümünden oluşmaktadır. Bu bölümde pek çok Türkçe ve yabancı lisansüstü tezlerden, makalelerden, kitaplardan, internet kaynaklarından yararlanılmıştır.

Yapılan çalışmanın üçüncü bölümü, örnek yapı analizinden oluşmaktadır. Bu bölümde, bilimsel çalışmalar ve internet sayfalarının taranmasıyla birlikte örneklem oluşturması için belirli sayıda bambu malzemeden yapılan binalar elde edilmiştir. Elde edilen örnek yapılar içerisinden bambu türlerinin belli olduğu yapıların, belirlenen kriterler doğrultusunda örnekler seçilerek örneklem oluşturulmuş ve yapı analiz çalışması yapılmıştır.

Yapılan çalışmanın dördüncü bölümü olan deneysel çalışmada Artvin ili Hopa ilçesi Sundura Mahallesi'nde bulunan bambulara dikme ve kiriş olarak uygulanmaları durumunda nasıl bir performans sergileyeceğini görmek adına ISO 22157:2019 standardında yer alan liflere paralel mekanik dayanım testleri yapılmıştır. Ayrıca bambuların mekanik dayanım testlerinin sonuçları ile lif yapısı arasında ilişki kurabilmek adına taramalı elektron mikroskobu analizi (SEM analizi) yapılmıştır.

Çalışmanın bulgular ve tartışma bölümünde, yapılan örnek yapı analizinden ve gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler gösterilmiş ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

Çalışmanın sonuçlar bölümünde, deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak test edilen bambuların strüktürel eleman olarak kullanılabilirliği üzerine değerlendirme yapılmıştır.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmalar bölümü bambu genel özelliklerine yönelik bilgiler, bambunun strüktürel özelliklerine yönelik bilgiler, örnek yapı analizleri ve deneysel çalışmalar bölümlerinden oluşmaktadır.

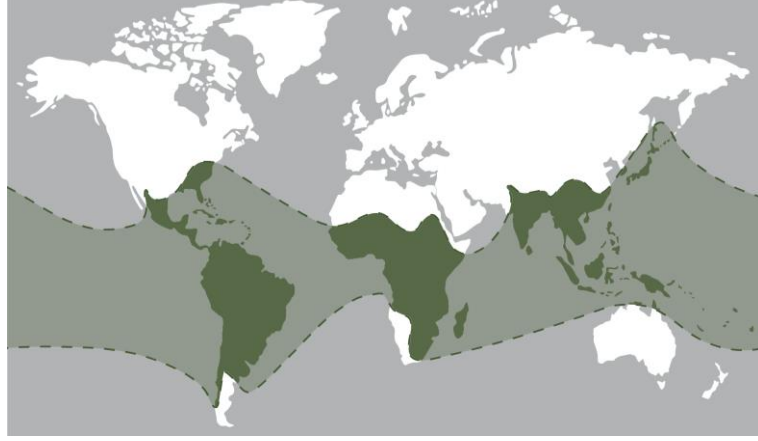
2.1. Bambu

Bambular, genel özellikler, hasat ve kurutma yöntemleri, endüstriyel bambu ürünleri ve mimarlıkta kullanım alanları olarak 4 alt başlıkta ele alınmıştır.

2.1.1. Genel Özellikler

Bambu, kelime itibariyle 1753 yılında Carl von Linné tarafından ortaya atılan, antik çağlardan günümüze kadar yaşam alanları oluşturmak için yapı malzemesi olarak kullanılan ve hızlı bir büyüme oranına sahip devasa otlardır (Minke, 2023).

Bazı türlerinin günde 91 cm büyümesiyle “en hızlı büyüyen bitki” rekoruna sahip bambu bitkisinin, 7-10 alt familyası ve 1575 farklı türü olduğu bilinmektedir (URL-1, 2023; Suhaily ve diğerleri, 2013). Bazı türleri, deniz seviyesinden 4000 m yukarılarda veya kuru iklimlerde görülmesine rağmen genel olarak nem oranı %80’in üzerinde olduğu sıcak bölgelerde, killi ve nemli topraklarda, yıllık ortalama sıcaklığın yaklaşık 8°C ile 36°C arasında değiştiği, suya yakın yerlerde yetişmektedir (Minke, 2023; Ahmad ve diğerleri, 2021). Bambular, günümüzde doğal halde Antarktika ve Avrupa hariç tüm kıtalarda 51° kuzeyden 47° güneye kadar (Şekil 1) yetişmekle birlikte bambuya artan ilgi sayesinde botanikçilerin katkılarıyla Avrupa’nın bazı bölgelerinde de yetiştirme imkânı bulunmaktadır (Ahmad ve diğerleri, 2021; Durand, 2023).



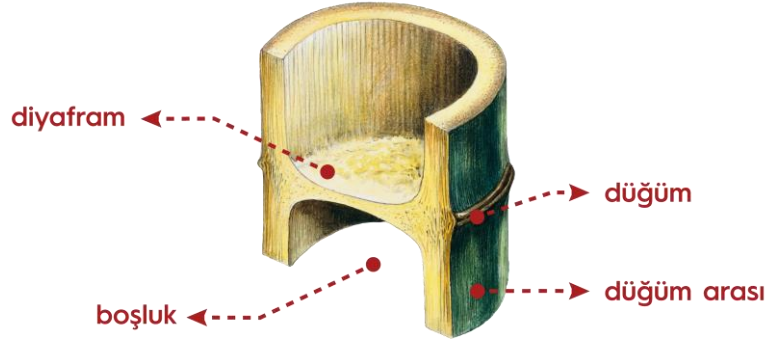
Şekil 1. Dünyada bambunun doğal olarak yetiştiği bölgeler (Durand, 2023)

Çeşitli ülkelerden getirilen birkaç bambu türü Türkiye'nin bazı bölgelerinde yetişebilmektedir (Var, 2005) (Şekil 2).



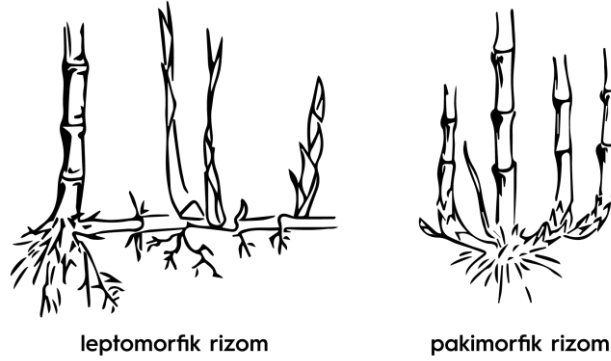
Şekil 2. Türkiye'de bambunun yetiştiği bölgeler (Marangoz, 2021)

Bambu, düğüm (boğum) ve düğüm aralarından oluşur (Şekil 3). İlk olarak düğüm yerleri oluşmaya başlar ve zamanla düğüm araları gerilerek bambunun nihai yüksekliğe ulaşmasını sağlar. Nihai yüksekliğe ulaştığında en tepede yer alan birinci nesil bölümler daha küçük çapa sahip olup aşağıya doğru inildikçe her üç nesilde bir bölümler kalınlaşır ve böylece bambu hafif konik formda olmuş olur (Minke, 2023). Bu konik form, sadece eksenele yönde birbirlerine paralel şekilde dizilmiş lif demetlerinden oluşmaktadır. Bambular içten dışa ve alttan üste doğru daha sık lif dağılımına sahiptir (Ghavami, 2005)



Şekil 3. Bambu kesiti (URL-2, 2024)

Bambu, her yıl yeni filizlerin çıktığı rizom (köksap) adı verilen kısımdan büyümeye başlar. Rizomlar, tropikal bölgelere özgü türlerdeki gibi küme halinde (pakimorfik) olabileceği gibi ılıman bölgelere özgü türlerdeki gibi yatay bir hat boyunca uzanan (leptomorfik) yapıda da olabilir (Şekil 4). Ayrıca bu iki düzenin birlikte (metamorfik) yer aldığı yapılar da olabilmektedir, böylece toprak altında yoğun ve karmaşık bir ağ oluşturarak suyun akışını düzenler ve erozyon önlemeye yardımcı olur (Barbosa ve diğerleri, 2019; Minke, 2023; López, 2003).



Şekil 4. Bambuların farklı rizom yapıları (URL-3, 2024)

Bambular, 2 ile 100 yıl arasında bir yaşam döngüsüne sahip bitkiler olup 4-6 yıl içerisinde odunlaşmaktadır ve ardından kurumaktadır (Minke, 2023). Bazı türleri siyah ve sarı renkte olmakla birlikte genellikle yeşil renktedir. Kurumaya döndüklerinde kahverengiye çalan bir renge dönüşürler (Minke, 2023)

2.1.2. Hasat ve Koruma Yöntemleri

Bambuların kesimi yapılırken kesimin nasıl ve ne zaman yapılacağına, hangi bambuların kesiminin yapılacağına, kesim işleminden sonra nakliye ve depolama işlemlerinin nasıl yapılması gerektiğine dikkat edilmelidir (Janssen, 1995).

Bambular üç yaşından sonra olgunlaşmaya ve dokularındaki lignin odunlaşmaya başladığı için inşaatlarda kullanılması gereken bambuların minimum 3-5 yaşında olması gerekmektedir. Genç bambular sadece olgunlaşmadıkları için değil ayrıca bitkiye besin sağladıkları için kesilmemelidir. Bambuların kesimi, olası mantar ve böcek saldırısına karşın hem nem içeriğinin hem de nişasta içeriğinin düşük olacağı minimum neme sahip olunan kurak mevsimdeki bir zamanda yapılmalıdır. Ayrıca kurak mevsimde gövde kuru olacağı için olası çatlama da düşük olacaktır. Arazilerde yapılan gözlemler ile birlikte bambunun nem içeriğinin ayın küçülme evresinde ve sabahın erken saatlerinde düşük olduğu görülmüştür (Minke, 2023; Sittrop, 2019; Janssen, 1995).

Pakimorfik rizoma sahip bambular, toprağın üstünde yer alan 1. veya 2. boğumun üzerinde (yerden yaklaşık 10-30 cm yukarıdan) bir yerden, suyun dışarı akabileceği, rizoma zarar vermeyeceği şekilde keskin bir alet (pala, testere,...vb.) veya motorlu testere yardımıyla eğimli bir şekilde kesilmelidir. Leptomorfik rizoma sahip bambular ise kökleri toprak altında korunaklı olarak kaldığı için gövde kısımları toprak seviyesinde de kesilebilmektedir. Ayrıca kesim yapılırken yeni filizlerin büyümesini hızlandırmak ve bitkinin köküne zarar vermemek için araziye bambuların minimum %40'ını bırakmak gerekir (Minke, 2023; Sittrop, 2019; Janssen, 1995).

Kesilen bambular nakliye işlemlerinin kolay olması için kullanım amacına göre 3-6 m arasında değişen uzunluklardaki parçalara bölünür. Bölünen bu parçalar yaklaşık olarak 10 parçadan oluşan gruplar halinde yol kenarlarına taşınır ve ardından miktarlarına, gideceği bağlı olarak kamyonlar, demiryolu veya sallar aracılığıyla nakliyeleri yapılmaktadır (Janssen, 1995).

Bambular insanların gerek besin kaynağı gerekse yapı malzemesi olarak günlük hayatındaki birçok uygulamada kullandığı, ekonomik açıdan büyük önem taşıyan bir bitkilerdir. Bambular, ağaçlara nazaran doğal dayanımları düşük olduğundan bakımsız, herhangi bir önlem alınmamış bir ortamda kolayca bozulmaya yatkındır (Schmidt ve diğerleri, 2013). Bambunun yapısındaki bozulmalar, mantar (yüzeysel küfler, leke mantarları, çürükçül mantarlar) ve böcek (termit, bambu delici) saldırısı şeklinde biyolojik

nedenlerden dolayı olabileceği gibi yangın, sıcaklık, nem, hava etkisiyle aşınma şeklinde biyolojik olmayan nedenlerden de olabilmektedir (Sittrop, 2019; Schmidt ve diğerleri, 2013).

Doğal haldeki, herhangi bir şekilde işlem görmemiş bambu, böcek saldırısına uğrama ihtimali vardır. Bambu geniş gözeneklere ve bünyesinde nişasta, selüloz gibi karbonhidratları barındırması nedeniyle özellikle bambu delici (*Dinoderus minutus*) olarak bilinen böceklerin saldırısına uğrayabilmektedir. Böcek saldırısının yoğunluğu nişasta miktarına bağlı olduğundan genellikle nişastanın fazla olduğu genç bambulara veya yağışlı mevsimde kesimi yapılmış bambulara böcekler saldırmaktadır. Bu böcekler bambuyu içten dışa doğru bir şekilde tamamını yiyebilir ve sadece ince bir kabuk bırakabilir. Sonuç olarak bambunun içyapısını bozar ve inşaatlarda kullanılabilecek olan bambunun dayanımını azaltır (Minke, 2023; Farrugia & Goutham, 2023; URL-4, 2023; URL-5, 2023; López, 2003).

Bambuda en sık rastlanan böceklerden biri de termitlerdir. Termitler, sıcak ve nemli koşullarda koloni halinde yaşayan, iyi organize olmuş canlılardır. Kimi türleri suya erişime, bolca neme ihtiyaç duyduğu için yeraltında yaşarken kimi türleri ise yerleştikleri malzemenin gövdesindeki nemin sayesinde toprakla temas etmeden yaşayabilirler. Termitler bambunun içinde yer alan selülozdan beslenebildikleri için gerekli önlemler alınmadığında bambunun içyapısını bozma ihtimalleri vardır (URL-4, 2023).

Bambuya zarar verebilecek diğer canlılar ise mantarlardır. Bambunun içerisindeki nem seviyesi, içerdiği nişasta ve diğer karbonhidratlar, uzun süreli deniz yolu taşımacılığında meydana gelen aşırı sıcaklık değişimleri sonucunda oluşan yoğunlaşma (yük terlemesi/konteyner yağmuru) sebebiyle bambuda mantar ve yüzey küfleri ortaya çıkabilir. Mantarlar, bambuya hava yoluyla sporların taşınmasıyla yerleşerek bambunun içerisindeki nişastayı besin kaynağı olarak kullanır. Kolaylıkla silinebilen yüzey küfleri ile yüzeyde lekeler ve çizgiler halinde renk değişikliğine yol açan leke mantarları, bambunun yüzeyine zarar vererek estetik görünümü azaltır fakat şiddetli olmadığı sürece mukavemet özelliklerine etki etmemektedir. Çürükçül mantar ise ciddi hasarlara sebep vermektedir, zamanla bambunun içyapısını bozarak mukavemet özelliklerinin azalmasına sebep olur (Minke, 2023; URL-6, 2023).

Bambu higroskopik ve gözenekli bir malzeme olduğundan ıslandığında şişer ve sonuç olarak mekanik özellikleri azalır. Bundan dolayı her türlü pislik ve termitlerden arındırılmış bir zeminin yaklaşık olarak 20-30 cm üzerinde, kapalı, geniş saçaklı, kuru ve olası çatlamaya

sebebiyet vermemek için yavaşça kurumaya izin veren, iyi havalandırılan bir yerde saklanmalıdır (Minke, 2023; Janssen, 1995).

İşlenmemiş haldeki çoğu bambu türü çevresel koşullara ortalama olarak 2 yıldan az dayanırken korunaklı bir yerde bırakılmış işlenmemiş bambular ise 4-7 yıl dayanabilmektedir (URL-5, 2023). Eğer bambular, iyi bir şekilde özellikle de kimyasal olarak işlem görmüşse açık alanda 15 yıl, kapalı bir alanda ise 25 yıla kadar dayanabilmektedir (Janssen, 1995). Bundan dolayı bambuların kesim, kurutma, depolama ve kullanım aşamalarında çevresel faktörlerden etkilenmemeleri, yapısını korumaları için önlemler alınmaktadır (Minke, 2023).

Kesimi yapılan bambuların çevresel koşullara karşı dayanıklılığını arttırmak için iki yöntem vardır: fiziksel (geleneksel) yöntem ve kimyasal yöntem.

- Fiziksel (Geleneksel) Koruma Yöntemleri

Aynı zamanda “kürlenme” olarak da bilinen fiziksel yöntemler, bambunun içerisinde yer alan nişastanın olası böcek saldırılarına karşı çıkarılması veya azaltılması amacıyla yapılır. Daha çevreci ve ucuz olmaları ile birlikte kimyasal yöntemlere kıyasla kalıcı yapılar üzerinde çok etkili sonuç vermeyen bu yöntemler, Güney Doğu Asya ve Güney Amerika'daki ülkelerdeki kırsal alanlarda geleneksel olarak kullanılmaktadır (López, 2003; Janssen, 1995; Sittrop, 2019; Farrugia & Goutham, 2023).

Bambulara çeşitli yöntemler ile kürlenme işlemleri yapılmaktadır: grup halinde kürlenme, duman ile kürlenme, suya daldırma / su ile özütlenme (katı-sıvı ekstraksiyonu), toprağa/çamura daldırma, ısı yardımıyla kurutma ve kürlenme, yatay veya dikey olarak hava ile kurutma, fırında kurutma, kireç ile koruma, yüzey soldurma.

- Grup Halinde Kürlenme

En yaygın kurutma yöntemlerinden olan bu yöntemde kesilen bambular, alanda yer alan diğer bambulara yaslanarak alt kısımlarına bir taş yerleştirilir ve minimum 4 hafta boyunca dikey bir şekilde kurutulması sağlanır. Dalları ve yaprakları kesilmeyen bambuların terleme yoluyla yavaş yavaş su kaybetmesi ve alt kısımlarında nişastanın azalması sağlanarak olası böcek saldırısına karşın bambunun dayanıklılığının artması amaçlanır (Janssen, 1995; Minke, 2023; Sittrop, 2019; López, 2003; URL-7, 2023)

– Duman ile Kürleme

Bambuyu kürleme yöntemleri arasında en etkili olan bu yöntemde bambular, kapalı bir fırının veya ateşin üzerine yerleştirilir. Bambulara 8-12 saat arasında, ısı ve duman kalitesinin tutarlılığını korunması şartıyla düşük sıcaklıktaki bir ateşten çıkan fazla miktardaki dumanın yardımıyla nem ve nişasta içeriğini kaybetmesi için sağlanır (Minke, 2023; Sittrop, 2019; Farrugia & Goutham, 2023). Bambulara 10-15 yıllık bir kullanım ömrü sağlayan bu yöntemde dumandan dolayı bambuya zehirli maddeler birikebilir (López, 2003).



Şekil 5. Duman ile kürleme (Farrugia & Goutham, 2023)

– Suya Daldırma / Su ile Özütleme (Katı-Sıvı Ekstraksiyonu)

Asya ve Latin Amerika'nın çeşitli bölgelerindeki yerli topluluklar tarafından kullanılan basit eski tekniklerden biri olan bu yöntem, bambuların daha fazla esnekliğe ihtiyaç duyulduğu veya kırsal alanlarda kesilen bambuların şehir merkezlerine nakliyesinin yapıldığı durumlarda kullanılır. Bu yöntemde, bambuların batmalarını sağlamak amacıyla üzerlerine taş vb. gibi yükler yerleştirilerek en az 3-4 hafta boyunca durgun veya akan suyun içerisine bırakılır. Suya bırakılmadan önce bambuların düğüm yerleri demir bir çubuk yardımıyla delinir, bambuların et kalınlığının fazla olduğu bazı durumlarda da her bir düğüm yerlerinin dış kısmından delikler açılır ve suyun bambunun her yerine nüfuz etmesi, ardından kolayca çıkışının yapılması sağlanır (Sittrop, 2019; López, 2003; Farrugia & Goutham, 2023; Minke, 2023; URL-8, 2023). Bambular durgun suda bekletilirse haftada bir suyun değiştirilmesi gerekmektedir ve ayrıca 45 günden daha fazla bir süre suda bekletilirse fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyebilecek olumsuz sonuçlarla karşılaşabilmektedir (López, 2003; URL-8, 2023). Suda bekletmenin

ardından bir hafta boyunca gölgede bir yerde bambular kurumaya bırakılır (Janssen, 1995).

Bambuların tuzlu suda bekletilmesi etkili bir çözüm olmaktadır ancak inşaatlarda kullanılması durumunda içerisindeki klorun aşındırıcı özelliğinden dolayı birleşim noktalarında kullanılan metal bağlantı elemanlarına zarar verebilmektedir (Farrugia & Goutham, 2023).



Şekil 6. Suya daldırma (Farrugia & Goutham, 2023)

– Toprağa/Çamura Daldırma

Çoğunlukla Bangladeş'in kırsal kesimlerinde yer alan insanların kullanmış olduğu bu yöntemde, bambular yaklaşık 3-4 ay boyunca killi toprak ve ağaç yaprakları ile hazırlanmış olan, bir nevi organik gübre görevi çamur içerisine bırakılır. Çamur içerisinde yer alan mikroorganizmalar, bambunun içerisindeki nişastanın azaltılmasını sağlar (López, 2003; Farrugia & Goutham, 2023; Minke, 2023). López, böylece çamura daldırma işleminin bambuların çevresel koşullara dayanıklılığını karşı arttırdığını belirtmiştir (López, 2003).



Şekil 7. Toprağa/çamura batırma (Farrugia & Goutham, 2023)

– Isı Yardımıyla Kurutma ve Kürleme

Kavisli bambuların düzeltilebilmesini de amaçlayan bu yöntemde, bambular yaklaşık 30 veya 40 cm mesafede yanan kızgın kömürlerin üzerine yatay bir şekilde yerleştirilerek kurutulur. Dengeli bir şekilde bambuların kurutulmasını sağlamak için bambular çoğunlukla uç kısımlarından elle döndürülür ancak yine de çatlama olasılıkları yüksektir (Minke, 2023; López, 2003).

– Yatay veya Dikey Olarak Hava ile Kurutma

Geçici veya kalıcı yapılarda kullanılan bambularda yeni kesilmiş haldeki bambuların yapılarda kullanılmasında zamanla birleşim elemanlarında gevşemeler meydana geleceğinden belirli bir süre kurumaya bırakılmaktadır (López, 2003; URL-7, 2023). Geleneksel olarak bambuları kurutma yöntemlerinden biri de birbirlerine desteklenerek bambuları iyi havalandırılan, üstü örtülü bir yerde güneşe ve doğal havalandırmaya bırakmaktır. Ecobamboo tarafından yapılan uygulamada olduğu gibi kurutmaya bırakılan, orta kısımları delinmiş bambulara bir fan yardımıyla sıcak hava da verilebilmektedir (Minke, 2023). Toprakla doğrudan temas halinde olmayan ve uzun süre doğrudan güneş ışığına maruz kalmayan bambular, her 15 günde bir uzunlamasına yönde döndürülerek düzgün kurutulmaları sağlanır. Kurutma süresi bambunun türüne, kısmına, yaşına, başlangıçtaki nem içeriğine ve çevresel koşullara bağlı olmakla birlikte bambular dikey bir şekilde yaklaşık 4 haftada kururken yatay bir şekilde yerleştirildiğinde kurutma süresi iki katına çıkmaktadır (URL-7, 2023; López, 2003; Janssen, 1995). Liese, kuruma süresine etki eden en önemli faktörün et kalınlığı olduğunu, bunun sonucunda bambunun alt kısmının üst kısmına göre daha yavaş kuruyacağını ve buna ek olarak yaşı genç olanların kuruma hızının yüksek olması ile birlikte yüksek nem içeriklerine sahip oldukları için uygun bambulara nazaran daha uzun sürede kuruyacağını belirtmiştir (López, 2003).

Kurumaya bırakılan bambuların miktarı fazla ise genelde olası çatlama ve kırılma önlemek ve iyi havalandırma sağlamak amacıyla aralarına bölücü elemanlar yerleştirilerek yatay bir şekilde kurumaya bırakılmaktadır (URL-7, 2023).



Şekil 8. Yatay veya dikey olarak havayla kurutma (URL-7, 2023)

– Fırında Kurutma

Büyük ekipman ve fazla miktarda enerji gerektiren bu yöntemde, geleneksel fırınlar veya yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaları kullanan mikrodalga fırınlar yardımıyla bambular kurutulur. Ekonomik olmayan, kontrollü koşullar altında dikkat gerektiren bir işlem olduğu için kesimi yapılan bambuların düşük kurutma koşullarında bile çatlama olasılığı olduğundan fırında kurutulmaları tercih edilmemektedir. Ancak fırınlar, yapısal amaçlı lamine elemanların üretimi için birden fazla parçaya bölünmüş bambuların kurutulmasında kullanılabilir (López, 2003; Minke, 2023; URL-7, 2023).

– Kireç ile Koruma

Bambuyu böceklerle karşı korumak ve yüzeyinde mantar, liken oluşumunu engellemek amacıyla basit bir çözüm olarak kullanılan bu yöntemde, bambular kireç ile boyanır. Kirecin düşük yapışma kapasitesi nedeniyle yağmurlara karşı çok uzun süre dayanamayacağı için alternatif olarak bambular ilk olarak asfalt emülsiyonu ile boyanıp üzerlerine kum atılır, ardından kuruduktan sonra dört kat halinde kireç uygulanabilir (Minke, 2023; López, 2003).

– Yüzey Soldurma

Bu yöntemde bambuların yüzeyleri daha açık ve tek tip renkte olması amacıyla güneşe bırakılır (Minke, 2023).

- Kimyasal Koruma Yöntemleri

Bambunun yetiştiği yerlerde geleneksel yöntemlerle bambulara işlem uygulandığında çok etkili sonuçlar vermemekte ve bundan dolayı kullanım ömürleri çok az olmaktadır. Bambunun çevresel koşullara karşı kullanım ömrünün uzun olması açısından bambuya kimyasal koruyucular kullanılarak işlemler yapılmaktadır. Bu yöntemler, işlemin türüne bağlı olarak kısa vadeli ve uzun vadeli olarak koruma sağlayabilmektedir (URL-5, 2023; URL-9, 2023).

Bambunun içyapısı kerestelerden farklı olduğundan dolayı kimyasal işlemlerle yüksek sıcaklıklarda ve yüksek basınçlarda uygulama yapıldığında iki diyafram arasındaki hava genleşerek gövde boyunca çatlakların oluşması gibi farklı tepkiler verebilmektedir. Gerek kimyasal işleme karşı vermiş olduğu tepkiden gerekse de kullanılan koruyucuların sağlık ve çevre açısından zararlı olmasından dolayı bambuları kimyasal işlemle uygulama yapmak dikkat gerektirmektedir (López, 2003; URL-9, 2023).

Ahşap malzemeler için kullanılan tüm kimyasallar, parçalara ayrılmış bambuların işlenmesinde kullanılabiliyorken bunlardan bazıları yuvarlak kesitli bambuların işlenmesinde kullanılmaktadır (López, 2003). Bambunun çevresel faktörlere karşı dayanıklılığını arttırmak amacıyla kimyasal yöntemlerle işlem yapılırken 5 çeşit koruyucu malzeme kullanılmaktadır: suda çözünen tuzlar veya su bazlı tuzlar, kreozot tipi yağ bazlı koruyucular, bitkisel esaslı koruyucular, hafif organik solvent bazlı koruyucular, böcek ilaçları.

López, su bazlı koruyucuların bambunun toprak ve su ile temasının olmadığı veya bambunun sonradan boyanmasının gerektiği durumlarda kullanıldığını belirtmiştir (López, 2003).

Su bazlı koruyucular içerisindeki bileşenlerin bağlayıcılık özelliğinin bulunup bulunmaması açısından ikiye ayrılmaktadır. Bu koruyucu malzemelerin isimleri ve hangi oranda karışıma dahil edilecekleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Bağlayıcılık özelliği bulunmayan koruyucu malzemeler genelde bor tuzlarından oluşmaktadır ve bu yüzden işlem gören malzemeye yangın geciktirici özellik kazandırmaktadır. Çevreye karşı zararları yoktur ancak suya maruz kaldıklarında suda çözünüp bambunun bünyesinden ayrılabilmesi için dış mekânlarda kullanımı uygun olmamaktadır. Buna nazaran dış mekânlar için kullanılması önerilen, bağlayıcılık özelliği bulunan bakır-krom-arsenik bileşimi bambuya minimum 50 yıl gibi bir

kullanım ömrü sağlamaktadır ancak insan sağlığı açısından zararlıdır (URL-9, 2023).

Tablo 1. Bambuyu kimyasal olarak işlem yapılırken kullanılan su bazlı koruyucu malzemeler (NMBA, 2006; URL-9, 2023)

Koruyucu Malzemenin Özelliği	Koruyucu Malzemenin Adı	Malzemelerin Oranı (100 litre suda)
Su Bazlı Bağlayıcılık Özelliği Bulunmayan	Borik asit - boraks	1 kg - 1,5 kg
	Borik asit - boraks - sodyum dikromat	2 kg - 2 kg - 0,5 kg
	Çinko klorür - sodyum dikromat	1 kg - 1 kg
	Çinko klorür - bakır sülfat	
	Borik asit - bakır sülfat – çinko klorür - sodyum dikromat	3 kg – 1 kg – 5 kg – 6 kg
	Sodyum pentaklorofenol	
Su Bazlı Bağlayıcılık Özelliği Bulunan	Arsenik pentoksit - bakır sülfat – sodyum dikromat	1 kg – 3 kg – 4 kg
	Borik asit - bakır sülfat – sodyum dikromat	1,5 kg – 3 kg – 4 kg
	Bakır sülfat - sodyum dikromat – asetik asit	5,6 kg - 5,6 kg - 0,25 kg
	Amonyaklı bakır arsenik (ACA)	

Kreozot, kömür katranından elde edilen koyu kahverengi, keskin kokulu, viskoz bir sıvıdır. Genelde demiryolu yatakları ile ahşap direklerin işlenmesinde kullanılan ve uygun maliyetli olan kreozot, yağlı yapısından dolayı kullanıldığı yere su yalıtımı sağlar. Su yalıtımı sağlamasının yanında uygulandığı yüzeyin boyanamaz hale gelmesi, kokusunun kötü olması gibi nedenlerle genellikle bambunun zemin ile temas halinde olduğu yerlerde kullanılması terci edilmektedir. Ayrıca yalnızca basınçlı işlem veya sıcak-soğuk işlem ile kullanılması önerilmektedir. (López, 2003; URL-9, 2023).

Bambuyu çevresel faktörlere (ultraviyole ışınları, yağmur gibi) karşı korumak amacıyla dış yüzeyine nem almayı engelleyen keten tohumu yağı uygulanabilmektedir (Minke, 2023). Ayrıca yüzeyinde oluşabilecek olan küfler de limon yağı veya sirke ve sudan oluşan bir karışım ile temizlenebilmektedir (URL-6, 2023).

Hafif organik solvent bazlı koruyucular, su bazlı koruyuculardan farklı olarak suyun yerine organik çözücünün koruyucu malzemeleri taşıma görevi gördüğü ve daha sonra buharlaşarak bu malzemeleri geride bıraktığı, nispeten pahalı bambu koruyuculardır. İşlem gören malzemenin renginde çok az değişiklik olmakla birlikte bir süreliğine koku kalabilmektedir. Hafif organik solvent bazlı koruyucular arasında triklorofenol (TCP), metalik sabunlar (bakır ve çinko naftenatları) yer almaktadır. Metalik sabunlar, triklorofenola göre nispeten biraz daha pahalı olmakla birlikte daha çevre dostudurlar (URL-9, 2023).

López, bambuları böceklerle karşı korumak amacıyla 11 adet böcek ilacının etkinliği üzerine yapılan bir çalışmada böceklerle karşı en fazla zararı heksaklorosikloheksan (HCH), lindan, sipmetrin ve permetrin içeren ilaçların verdiğini, en az zararı da diklorodifeniltrikloroetan (DDT) içeren ilaçların verdiğini belirtmiştir (López, 2003).

Bambunun termitlere karşı dayanıklılığı arttırmak amacıyla koruyucu karışıma %1 Dieldrin eklemek etkili olmaktadır ancak Dieldrin son derece kalıcı bir kimyasal olduğundan ve sağlık üzerinde ciddi problemler oluşturduğundan kullanımı dünyanın birçok ülkesinde yasaklanmıştır (Janssen, 1995).

Bambuyu kimyasal yöntemlerle koruma yöntemleri, bambunun durumuna (yaş veya kuru), şekline (yuvarlak kesitli veya parçalara ayrılmış), nerede uygulanacağına (zeminle temas halinde, saçak altında gibi) bağlı olarak “kısa süreli koruma” ve “uzun süreli koruma” şeklinde iki gruba ayrılmaktadır (López, 2003; URL-5, 2023).

Kısa süreli koruma, çoğunlukla tropikal ülkelerde yeni kesimi yapılan bambuların naklieleri yapılan kadar geçen zamanda birkaç aylık depolama sürecinde olası mantar veya böcek saldırısına karşı bambuları korumak amacıyla bor esaslı koruyucuların bambuya nüfuz ettirilmesinden oluşmaktadır (López, 2003).

Uzun süreli korumada ise 3 farklı yöntem kullanılabilmektedir:

- Alt Kısımdan İşlem Yapma Yöntemi (Kademelendirme Yöntemi)

Geleneksel yöntemlerde yer alan “grup halinde kürlenme” ye benzer bir yöntem olan bu yöntemde, kesilen bambular dikey pozisyonda dalları ve yaprakları ile birlikte içi kimyasal koruyucu olan varil benzeri bir kaba alt kısımları girecek ve birbirlerini destekleyecek şekilde yerleştirilmektedir. Yaprakların terleme yapmasıyla birlikte difüzyon yoluyla koruyucu

maddelerin üst kısımlara çıkması sağlanır. Bu işlemin yapılması 1-2 hafta gerektirdiğinden az sayıda bambunun işlem görmesi halinde kullanımı önerilmektedir (Janssen, 1995; López, 2003).



Şekil 9. Kademelendirme yöntemi ile kurutma (Lalwani, 2024)

– Açık Tank Yöntemi

Bu yöntem, yaklaşık olarak 4 metre uzunluğundaki açılmış bir çukurun içine tankların yerleştirilip içerisine koruyucu kimyasal karışımların dökülmesinden oluşur. Bu karışımın içerisine tamamı girecek şekilde bambular yerleştirilir, ardından bunları aşağıda tutmasını sağlaması amacıyla üzerlerine taş vb. gibi ağırlıklar yerleştirilir. Tam kesitli bambuların her bir diyafram kısmından maksimum 5/8 inç çapında delikler açılarak 1 hafta, parçalanmış bambular da 3 gün boyunca karışımın içerisinde bekletilir. Karışım, difüzyon yardımıyla kılcallık yoluyla bambuya uç kısımlardan, kısmen de yan kısımlardan nüfuz eder. Bekleme işleminden sonra teknenin üzerinde yer alan çubukların üzerine konularak birkaç saat boyunca yüzeyde yer alan koruyucu malzemenin tanka sızması sağlanır. Bu işlemin ardından bambular bir hafta boyunca kurumaya bırakılır (Janssen, 1995; López, 2003; Sittrop, 2019).



Şekil 10. Açık tank yöntemi ile kurutma (URL-10, 2024)

– Boucherie Yöntemi

Basınçla işlem yapma kadar etkili ancak daha pahalı olan bu yöntemde, özel bir ekipman (hava pompası veya kule) yardımıyla koruyucu maddeler bambunun bir ucundan basınçla verilir ve diğer ucundan belirli yoğunlukta koruyucu madde çıkıncaya kadar işlem devam ettirilir. Bambuların kalınlığına göre 1 saat ile birkaç gün arasında değişen işlem süresine sahip bu yöntemin yeni kesilen bambulara kesildiği gün yapılması önerilmektedir (Minke, 2023; Sittrop, 2019; Janssen, 1995; López, 2003).

Son 20 yıl içerisinde bu yöntemin geliştirilmesiyle taşınabilir ekipmanlarla bu işlem, kesimin hemen ardından arazi içerisinde yapılmaya başlanmıştır (Minke, 2023). Hava pompası kullanılan ve “geliştirilmiş boucherie yöntemi” olarak da adlandırılan bu yöntem sayesinde işlem süresi kısalarak pratik hale gelmiştir (López, 2003).



Şekil 11. Boucherie yöntemi ile kurutma (URL-11, 2024)

2.1.3. Endüstriyel Bambu Ürünleri

1980’lerden bu yana birçok akademisyen bambunun endüstrileşmesi ile ilgili çalışmalar yapmaya başlamış ve 1982 yılında plybamboo ürünler Çin’de geliştirilmiştir. Bu yılları takiben 1990’larda bambu yonga levha, bambu yönlendirilmiş yonga levha ve lamine bambu kereste, 2000’lerde bambu scrimber, 2010’larda flattened bambu panel ve 2011’den sonra yeni teknolojik bambu esaslı paneller geliştirilmiştir (Huang, 2019; López, 2003).

Bambunun doğal formu gereği dairesel kesitte ve alt bölümden üst bölüme doğru giderek daralan konik yapıda olması, bambunun uzunluğu boyunca nem içeriğinin farklı değerlere sahip olabilmesi, liflere paralel mekanik özellikler ile liflere dik mekanik özellikler arasında belirgin bir fark olmasından dolayı bambu bazlı endüstriyel ürünlerde, bambunun

enine kesiti boyunca nem içeriği, liflerin yönü gibi özellikler göz önünde bulundurularak düzgün geometriye sahip simetrik yapıda elemanların oluşturulması amaçlanır (Minke, 2023; Liu ve diğerleri, 2016). Bambu, ahşaba nazaran daha küçük çapa ve et kalınlığına sahip olması ile birlikte içi boş konik yapıda olmasından dolayı endüstriyel anlamda bir ürün üretebilmek için temel olarak şerit, dilim/çita, yonga elemanlar kullanılır (Shen-xue ve diğerleri, 2002).

- Bambu Şeritlerinden Üretilen Bambu Esaslı Malzemeler

Şeritler, teğetsel yönde 20-30 mm arasında genişlik, radyal yönde yaklaşık 3-10 mm arasında kalınlık olacak şekilde kesilen, dikdörtgen kesitli bambu parçalarıdır (Shen-xue ve diğerleri, 2002; Liu ve diğerleri, 2016).

Bambu şeritler kullanılarak plybamboo, lamine bambu kereste, tutkallı tabakalı bambu, çapraz lamine bambu oluşturulabilmektedir.

- Plybamboo

Ana elemanı bambu dilimlerinden/çıtalarından oluşan bambu hasır ve bambu perdelerden veya sadece bambu şeritlerinden oluşan plybamboo, 1980'lerde üretilmesiyle birlikte en erken geliştirilen bambu esaslı malzemedir (López, 2003; Huang, 2019).

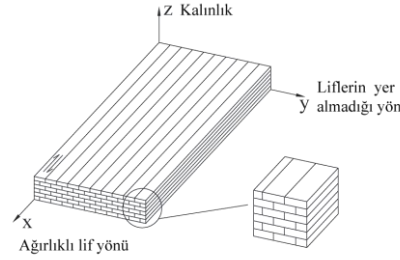
Yüksek mukavemet değerlerine ve düşük maliyete sahip olması, büyük ve sabit boyutlarda üretilmesi nedeniyle plybamboo, kamyon ve otobüs tabanlarında, beton kalıp yapımında, ambalaj endüstrileri vb. birçok alanda kullanılmaktadır. (Shen-xue ve diğerleri, 2002; Huang, 2019)



Şekil 12. Plybamboo (URL-12, 2024)

– Lamine Bambu Kereste (Laminated Bamboo Lumber – LBL)

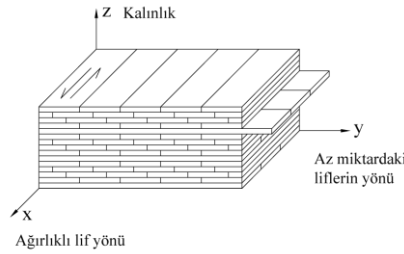
Üretimi için büyük çaplı bambulara ihtiyaç duyulan lamine bambu kereste, daha az yapıştırıcı kullanıldığı için nispeten daha ekonomiktir (Shen-xue ve diğerleri, 2002; Yang & Wang, 2020).



Şekil 13. Lamine bambu kereste (LBL) (Yang & Wang, 2020)

– Tutkallı Lamine Bambu (Glued Laminated Bamboo – Glubam)

Benzer üretim sürecine sahip lamine bambu kereste ile karşılaştırıldığında tutkallı lamine bambunun avantajı nispeten maliyetinin düşük olmasıdır (Xiao ve diğerleri, 2019; Yang & Wang, 2020).



Şekil 14. Tutkallı lamine bambu (glubam) (Yang & Wang, 2020)

– Çapraz Lamine Bambu (Cross Laminated Bamboo – CLB)

Çapraz lamine bambu (CLB), her iki ortogonal yöndeki yapısal rijitliği sayesinde perde duvarlar, zemin diyaframaları ve çatı bileşenleri için tercih edilen bir bambu panel ürünüdür (Ding & Lv, 2019).



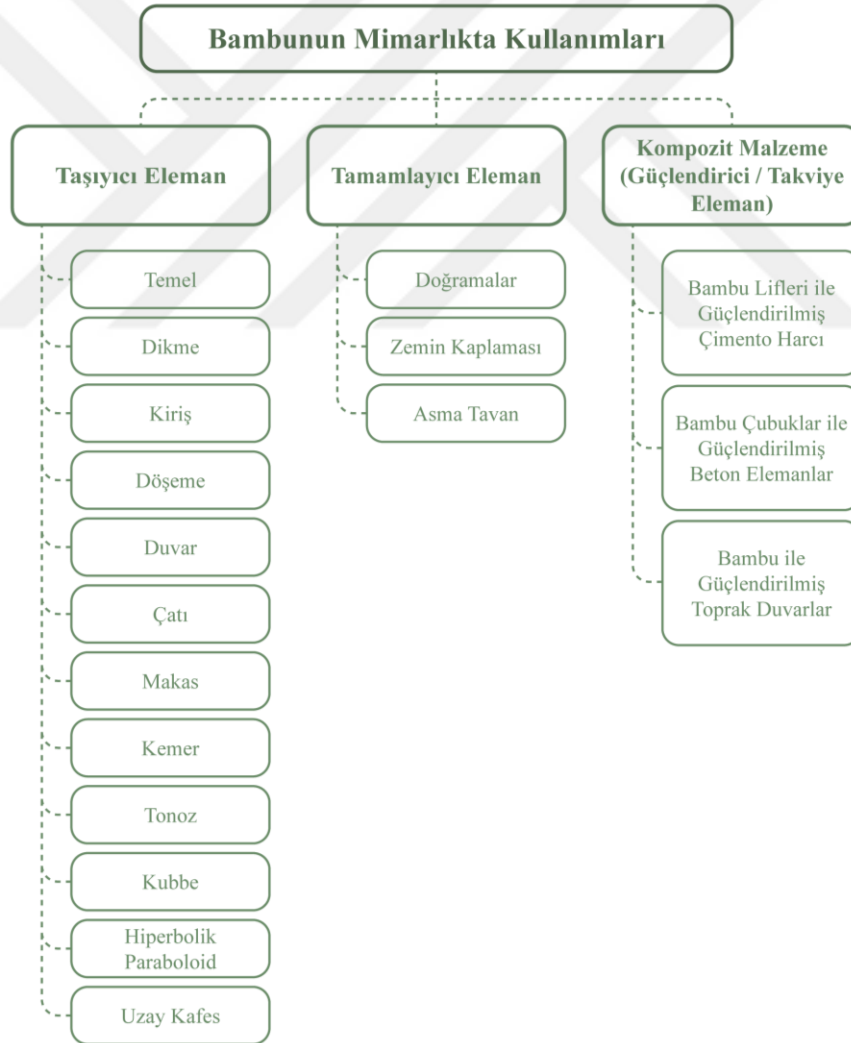
Şekil 15. Çapraz lamine bambu (CLB) (URL-13, 2024)

- **Bambu Dilimlerinden / Çıtalarından Üretilen Bambu Esaslı Malzemeler**
Dilimler/çıtalar, 10-20 mm genişliğe ve 0,8-2 mm kalınlığa sahip, bambu şeridinin radyal yöndeki boyutunun teğetsel yöndekinden daha fazla olabilmesi veya bambunun et kalınlığına göre birden fazla katmana ayrılması sonucu daha ince şeritlerin oluşturulmasıyla meydana gelen bambu parçalarıdır (Shen-xue ve diğerleri, 2002; Liu ve diğerleri, 2016).
Bambu dilimler/çıtalar kullanılarak bambu hasır (mat) levha, bambu perde (curtain) levha oluşturulabilmektedir.
 - **Bambu Dokuma / Hasır Levha (Bamboo Mat Board)**
Bambu hasır levha, genellikle ambalaj malzemesi veya demiryolu vagonunun kaplama malzemesi olarak kullanılırken kalın levhalardan bazıları beton kalıbında ve platform zeminde kullanılır (Shen-xue ve diğerleri, 2002).
 - **Bambu Perde Levha (Bamboo Curtain Board)**
Bambu perde levha, düz bir yapıya sahip olması ve yüksek mukavemeti nedeniyle birçok kamyonun zemin platformunda plybambunun yerine kullanılmıştır (Shen-xue ve diğerleri, 2002).
- **Bambu Yongalarından Üretilen Bambu Esaslı Malzemeler**
Yongalar, yonga levha veya lif levha üretmek amacıyla çekiçli değirmen aleti kullanılarak küçük çaplara sahip, düzgün bir formda olmayan bambu bölümlerinin 1-5 mm genişlik ve kalınlık, 1-20 mm uzunluktaki parçacıklara ayrılmasıyla elde edilen bambu parçalarıdır (Shen-xue ve diğerleri, 2002; Liu ve diğerleri, 2016).
 - **Bambu Yonga Levha (Bamboo Particleboard)**
Geniş hammadde kaynağı nedeniyle bambu yonga levha, bambu kaynaklarını kapsamlı kullanmada uygun bir yol olmakla birlikte mobilya ve ambalaj endüstrilerinde kullanılmaktadır (Shen-xue ve diğerleri, 2002; Huang, 2019).

- Yönlendirilmiş Bambu Yonga Levha (Bamboo Oriented Strand Board)
Yönlendirilmiş bambu yonga levha, beton kalıp malzemesi ve duvar levhası olarak kullanılmaktadır (Huang, 2019).
- Bambu Esaslı Ürünler ile Üretilen Kompozit Malzemeler
 - Farklı Bambu Bileşenleri Arasında Yapılan Birleşim
Bambudan elde edilen şerit, dilim/çita, yonga tek başlarına kullanılabileceği gibi bu elemanların kullanılmasıyla üretilen hasır levhalar, perde levhalar, yonga levhalar gibi ürünlerin birlikte kullanılmasıyla kompozit elemanlar üretilmektedir (Huang, 2019). Bambu hasır ve perde sandviç levha (bamboo mat and curtain sandwich board) ile akıllı çapraz lamine bambu (smart cross laminated bamboo – SCLB) bu şekilde üretilmektedir.
 - Bambu-Ahşap Kompozit
Bambu ile ahşap, yapıştırma tekniği ve şişme özellikleri gibi özellikler sayesinde kompozit malzeme oluşturmaya uygun yapıdadırlar. Bu yüzden gerek bambunun gerekse de ahşabın ara katmanda kullanıldığı birkaç kompozit malzeme bulunmaktadır: çapraz lamine bambu ve ahşap (cross laminated bamboo and timber – CLBT), bambu-ahşap kompozit konteyner döşemesi (Shen-xue ve diğerleri, 2002; Huang, 2019).
 - Bambu-Beton Kompozit
Bambunun betonun içerisinde takviye elemanı olarak kullanılması çelik probleminin olduğu dönemlerde başlamış ve yıllarca kullanıldıktan sonra 1980’lerde yapılan birçok test sonrasında bambu ile beton arasındaki bağlanmanın zayıf olması, bir yıldan sonra beton içerisindeki bambuların kırılğan hale gelmesi gibi nedenlerden dolayı bambu takviyeli betonun taşıyıcı elaman olarak kullanılmasının uygun olmadığı görülmüştür (Yang & Wang, 2020; Archila ve diğerleri, 2018). Bununla beraber endüstriyel bambu ürünlerinin geliştirilmesiyle birlikte ahşap-beton kompozite benzer şekilde tutkallı lamine bambu (glubam) kiriş ve beton plağın kullanıldığı bambu-beton kompozit döşemeler geliştirilmiştir (Shan ve diğerleri, 2017).

2.1.4. Bambunun Mimarlıkta Kullanım Alanları

Bambunun hangi alanda kullanılacağı türüne, yaşına ve bambunun kısmına (alt, orta, üst) bağlıdır. Bambu, endüstriyel kâğıt üretiminde, denizcilikte büyük halat yapımında, el sanatları ve gündelik eşyaların yapımında hammadde olarak kullanılırken hem esnek ve hafif yapı inşasına imkân vermesi hem de yerel, ucuz ve kolayca işlenebilen bir malzeme olması nedeniyle yapıların inşa edilmesinde tercih edilebilmektedir. Bambu mimarlıkta dikme, kiriş, döşeme, duvar, çatı gibi yerlerde taşıyıcı eleman; doğrama, asma tavan, zemin kaplaması gibi yerlerde tamamlayıcı eleman; beton, çelik gibi taşıyıcı malzemeler ile birlikte kompozit malzeme (Şekil 16) olarak kullanılabilir (Minke, 2023).



Şekil 16. Bambunun mimarlıkta kullanım yerleri

2.2. Bambuların Strüktürel Özellikleri

Yapı alanında tropikal bölgelerde *Bambusa*, *Chusquea*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa* ve *Guadua* grubundaki bambular kullanılırken ılıman bölgelerde ise *Phyllostachys* grubundaki bambular kullanılmaktadır (Minke, 2023).

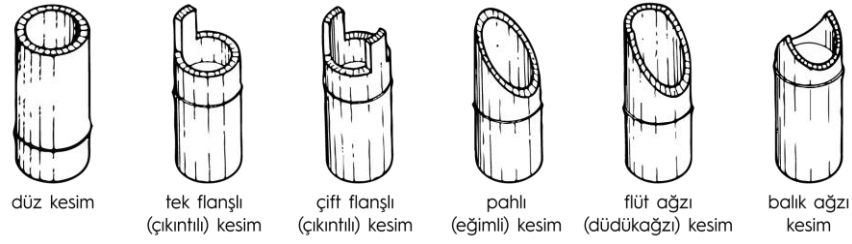
Tablo 2. İnşaatta kullanılan bambu cinslerine göre fiziksel özellikleri (Minke, 2023)

Bambu Cinsi	Yükseklik (m)	Çap (cm)
<i>Bambusa</i>	6-30	6-18
<i>Chusquea</i>	4-6	2-4
<i>Dendrocalamus</i>	20-30	20-30
<i>Gigantochloa</i>	13-16	8-15
<i>Guadua</i>	10-30	3-21
<i>Phyllostachys</i>	5-22	2-17

2.2.1. Bambuların Birleşim Yöntemleri

Bambu ile inşa edilen yapılarda en önemli kısımlardan biri kuvvetlerin aktarımını sağlayan bağlantı yerleridir. Bambularda birleşim, geometrik formları, içlerinin boş olması, liflerinin sadece uzunlamasına yönde olması, çivi gibi elemanlar kullanıldığında mukavemetlerinin azalması, ortamdaki nem değişiminin boyutlarda değişime sebep olması gibi nedenlerden dolayı zor olmaktadır (URL-14, 2024; Laroque, 2007; Jayanetti & Follett, 2008; Minke, 2023). Bu gibi zorluklara rağmen bambuların birbiriyle veya diğer malzemelerle olan birleşimleri, geleneksel ve modern birleşim teknikleriyle birçok farklı şekilde yapılabilmektedir.

Bambular ile yapılar inşa edilirken tercih edilen birleşim yöntemine göre Şekil 17’de gösterildiği gibi farklı şekillerde özel kesimler yapılabilmektedir.



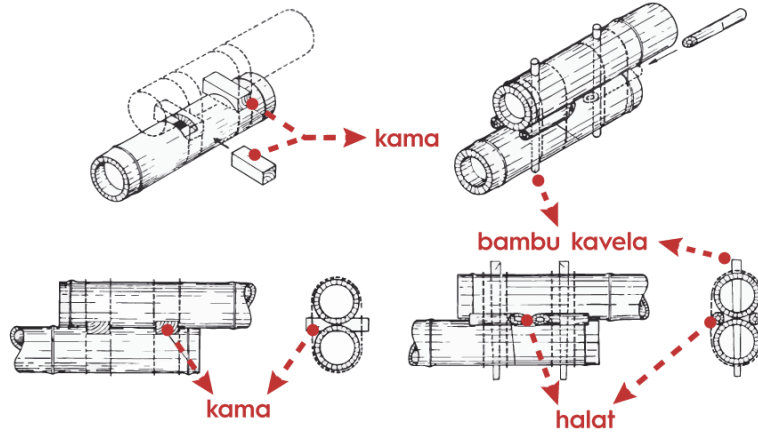
Şekil 17. Bambuların kesim yöntemleri (López, 2003)

Geleneksel birleşimler, uç uca eklemeli, dik açılı, açılı, geçmeli ve bağlamalı birleşimler şeklinde yapılmaktadır.

- Uç Uca Eklemeli Birleşimler

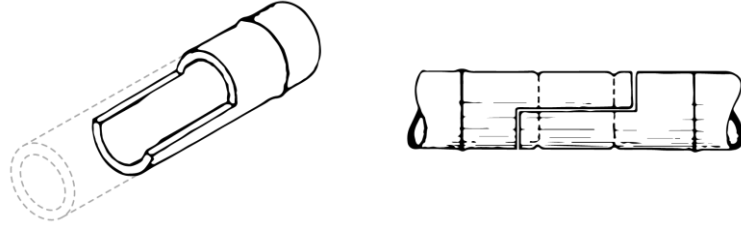
Bambu elemanların uzunluklarının artırılması gerektiği durumlarda kullanılan bu yöntem, “tam bindirme”, “yarım bindirme”, “yanlardan destekli düz birleşim”, “birbirinin içine geçmeli birleşim”, “pahlı birleşim” gibi farklı şekillerde uygulanabilmektedir (Jayanetti & Follett, 2008; Phanratanamala, 2014).

Tam bindirme yönteminde, en az bir boğum araları boyunca tam kesitli bambular üst üste bindirilerek kamalar veya kavelalar aracılığıyla birbirlerine bileştirilir (Phanratanamala, 2014).



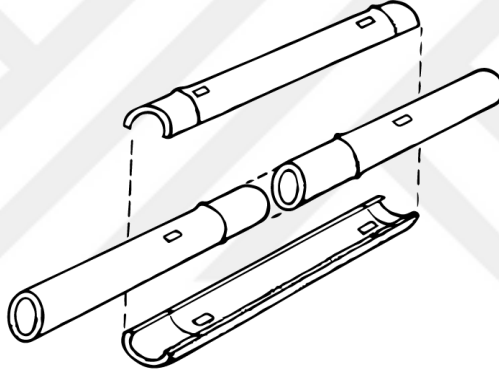
Şekil 18. Tam bindirme yöntemiyle uç uca eklenen bambular (López, 2003)

Yarım bindirme yönteminde, benzer çaplara sahip bambular uçlardan en az bir boğum mesafesi derinlikte kesilerek kamalar veya kavelalar aracılığıyla birbirlerine bileştirilir (Phanratanamala, 2014).



Şekil 19. Yarım bindirme yöntemiyle uç uca eklenen bambular (López, 2003)

Yanlardan destekli düz birleşim yönteminde, benzer çaplara sahip bambular uç uca yerleştirilir ve bunları birleştirmek için daha büyük çaptaki bambuların çeyrek dilimleri dıştan bu bambulara kavelalı ve bağlamalı birleşim ile sabitlenir (Davies, 2009; Phanratanamala, 2014).



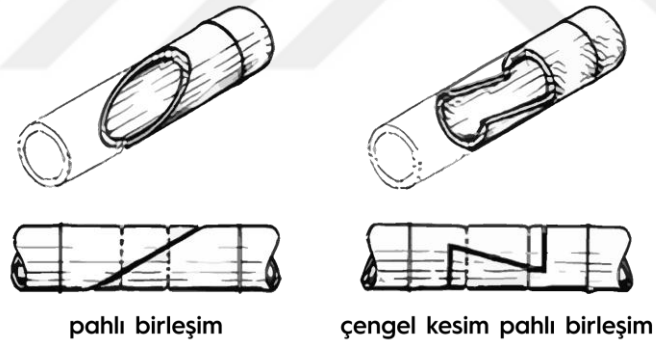
Şekil 20. Yanlardan destekli düz birleşim yöntemiyle uç uca eklenen bambular (Phanratanamala, 2014)

Daha çok küçük yüklerin aktarılmasını sağlayan bağlantılarda kullanılan birbirinin içine geçmeli birleşim yönteminde, küçük bambu parçası benzer çaplara sahip bambuların uçlarından içeri yerleştirilir veya büyük bambu parçasının içine dıştan sarılacak şekilde bu iki bambunun uçları yerleştirilerek bağlantı sağlanır (Davies, 2009; Phanratanamala, 2014; Minke, 2023).



Şekil 21. Birbirinin içine geçmeli birleşim yöntemiyle uç uca eklenen bambular (López, 2003)

Pahlı birleşim yönteminde, benzer çaplara sahip iki bambunun uçlardan eğik bir şekilde kesildikten sonra bu uçlar yarım bindirme yöntemine benzer şekilde birbiri üstlerine bindirilip kavelalı veya bağlamalı birleşim ile sabitlenerek bağlantı gerçekleştirilir. Çengelli bambu uçlarının kullanılması, bağlantıları daha sağlam hale getirmektedir (Phanratanamala, 2014).



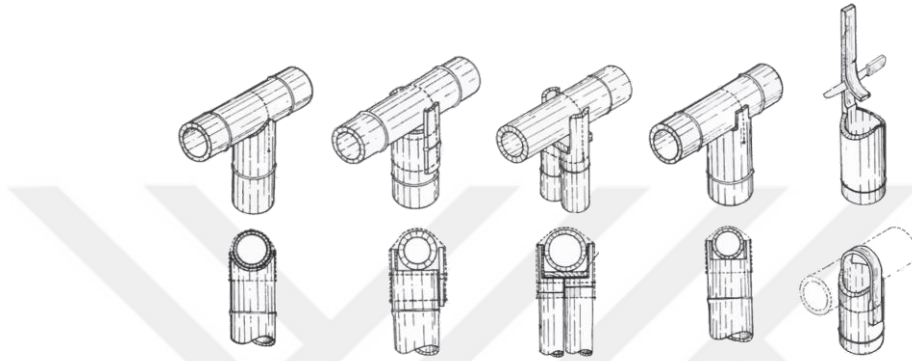
Şekil 22. Pahlı birleşim yöntemiyle uç uca eklenen bambular (López, 2003)

- Dik Açılı Birleşimler

Bambular ile inşa edilen yapılarda sıklıkla kullanılan birleşim, iki veya daha fazla elemanın birbirini 90°'lik açıyla kestiği dik açılı birleşimlerdir. Bu birleşimi yöntemi “düz birleşim” ve “çapraz birleşim” şeklinde uygulanabilmektedir (Davies, 2009; Phanratanamala, 2014).

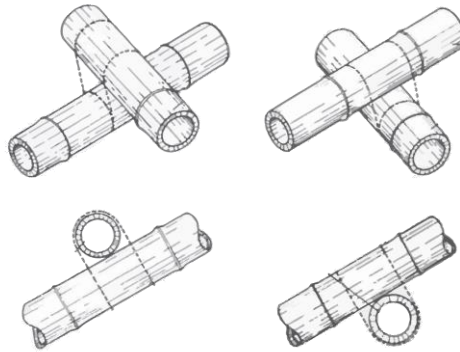
Düz birleşim yöntemi ile yapılan dik açılı bağlantılarda, dikey bir elemanın üzerine doğrudan yatay bir elemandan yerleştirilir. Dikmede çatlama olasılığını azaltmak ve yatay elemanın rahat bir şekilde oturmasını sağlayabilmek için düğüm bölgesine

yakın bir yerden dikey eleman kesilir. Kesim yapılırken dikmenin ucu balık ağzı veya tek/çift flanşlı şekilde kesilebileceği gibi düz kesim yapıp dikmenin ucuna ve yan kısımlarına ahşap veya bambu elemanlar yerleştirilir. Ayrıca dikey şekilde yer alan yaş haldeki bambuya bir kısmından yatay elemanı saracak bir şekilde bir uzantı da verilebilir. Ardından yatay ve dikey elemanlar birbirlerine bağlanarak bağlantı sabitlenir (Davies, 2009; Phanratanamala, 2014).



Şekil 23. Düz birleşim yöntemiyle düzenlenen dik açılı bağlantılar (López, 2003)

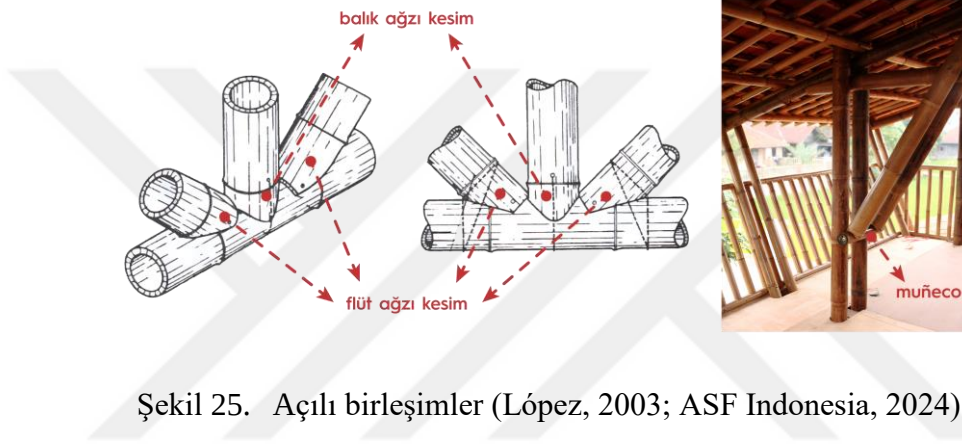
Çapraz birleşim yöntemi ile yapılan dik açılı bağlantılar, yatay veya dikey doğrultudan herhangi birinde ikiden fazla dik açılarla kesişen elemanlar olduğunda kullanılmaktadır. Dikey doğrultuda kullanıldığında bağlantılar yükleri taşıırken yatay doğrultuda kullanıldığında ise bağlantıların amacı elemanların kurulumunu sağlamaktır. Bu birleşim yöntemi çoğunlukla çatılarda aşık ve merteklerin bağlantılarında kullanılmaktadır (Phanratanamala, 2014).



Şekil 24. Çapraz birleşim yöntemiyle düzenlenen dik açılı bağlantılar (López, 2003)

- Açılı Birleşimler

Genellikle makasların yapımında kullanılan açılı birleşimler, iki veya daha fazla elemanın dik olmayan açılarla kesişmesinden kaynaklı durumlarda yapılmaktadır. Bu bağlantıyı oluşturmak için genellikle bambuların uçları balık ağzı şeklinde kesilirken flüt ağzı (düdükağzı) şeklinde de kesilebilmektedir. Ancak Kolombiya’da flüt ağzı (düdükağzı) bağlantısından kaçınmak için "muñeco" adı verilen küçük bambu elemanları kullanılabilmektedir (Phanratanamala, 2014; Minke, 2023).

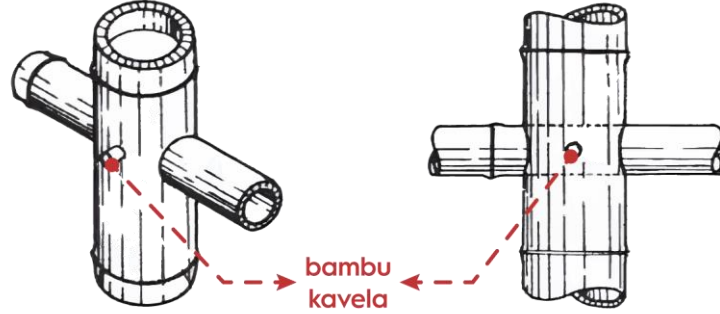


Şekil 25. Açılı birleşimler (López, 2003; ASF Indonesia, 2024)

- Geçmeli Birleşimler

Ahşap elemanlarda olduğu gibi bambularda lamba-zıvanalı birleşim nadir kullanılmakla birlikte bambu elemanlara ikinci bir bambu elemanın eklenebilmesi amacıyla geçmeli bağlantı yöntemi geliştirilmiştir. Genellikle sıkı bağlama yöntemiyle birlikte büyük çaplı bambuların kullanıldığı bu birleşim yönteminde, ikincil elemanın birincil elemana monte edilmesi için büyük çaptaki bambulara delikler açılır (Laroque, 2007; Disén & Clouston, 2013; Phanratanamala, 2014). Özellikle eski ve kuru bambuları çatlatılabileceğinden dolayı bunu önlemek için açılacak olan deliğin bambunun uç kısmına yakın olmamasına dikkat edilerek önceden delme işlemi yapılabilir. Bu işlemi yapmak için *Guadua angustifolia*, *Chusquea* türlerindeki bambular kullanılmaktadır (URL-14, 2024; Laroque, 2007). Bambuları birbirlerine sabitlemek amacıyla çevresel faktörlere karşı dayanıklı “chonta” adı verilen palmye ağacından yapılmış kavelalar veya kamalar, çelik gergiler, metal cıvatalar veya bağlama telleri kullanılmaktadır (URL-14, 2024;

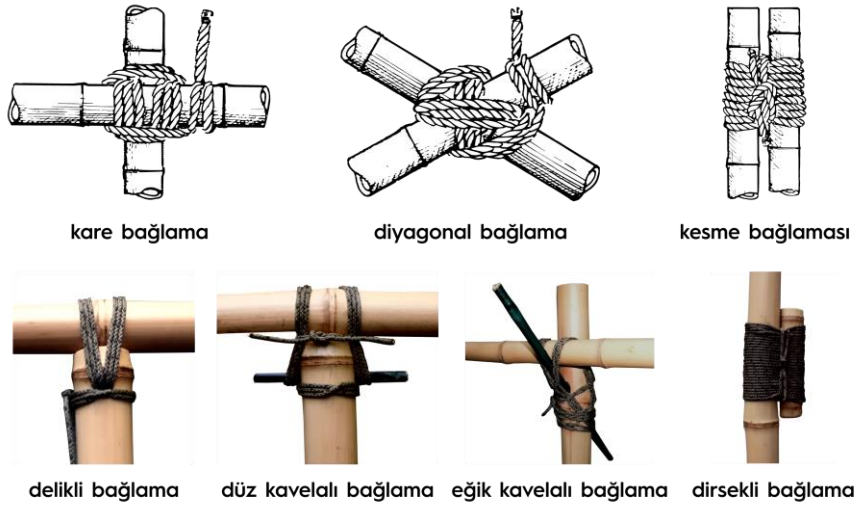
Minke, 2023). Bu bağlantı yöntemi genellikle bölücü elemanlarda ve doğramalarda kullanılmaktadır (Phanratanamala, 2014).



Şekil 26. Geçmeli bağlantılar (López, 2003)

- Sıkı Bağlanmış Malzemelerle Yapılan Bağlantılar

Tam kesitli veya uçlarından çentikli bambuların kullanıldığı ve birleşim yükünü almak için yalnızca bağlantı malzemesinin çekme mukavemetine dayandığı bu birleşim yönteminde, bağlantı malzemesi olarak Hindistan cevizi, sago palmyesi, jüt, keten, kenevir gibi bitkilerden elde edilen bitkisel lifler, bambu çıtaları ve rattan malzemeler kullanılmaktadır. Ayrıca günümüzde bitkisel lifler yerine çinko kaplı demir tel, plastik kayışlar (Velcro kayışlar) veya halatlar da kullanılabilmektedir (URL-14, 2024; Laroque, 2007; Davies, 2009; Disén & Clouston, 2013). Bu yöntemde kullanılan bağlantı malzemesi basit bir şekilde bambuların etrafına sarılarak veya uç kısımlarda bağlantı gerekiyorsa açılan bir delikten bağlantı malzemesi geçirilerek bağlantı sabitlenir (Laroque, 2007; Davies, 2009). Bitkisel liflerin kullanılması durumunda ilerleyen zamanlarda kuruyup büzüşerek daha sıkı hale geleceğinden dolayı yaş haldeki liflerin kullanılması önerilmektedir (Davies, 2009). Çin’de inşa edilen yüksek yapıların iskeleleri gibi geçici yapıların kurulumunda kullanılabilen bu birleşim yönteminde, bağlantı malzemesi zamanla gevşeyebileceğinden ve bu birleşimi yapabilmenin ustalık gerektirmesinden dolayı resmi yapılarda daha etkili çözümler gerekmele birlikte genellikle kırsal alanlardaki yapılarda kullanılmaktadır (Arce, 1993; Davies, 2009).



Şekil 27. Sıkı bağlanmış malzemelerle yapılan bağlantılar (López, 2003; URL-15, 2024)

Geleneksel birleşim yöntemlerinin zayıf yönlerini geliştirmek ve bambunun güçlü yanlarından faydalanabilmek amacıyla çelik, beton gibi farklı malzemelerin de kullanıldığı modern birleşim yöntemleri geliştirilmiştir. Modern birleşim yöntemleri, gelişmiş geleneksel birleşim yöntemleri ve yenilikçi birleşim yöntemleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Laroque, 2007; Jayanetti & Follett, 2008; Davies, 2009; Disén & Clouston, 2013; Phanratanamala, 2014).

Gelişmiş geleneksel birleşim yöntemlerinde, guseli (köşe levhalı) birleşim, ahşap ekli birleşim, dolgulu birleşim, cıvatalı birleşim, metal veya kauçuk başlıklarla birleşim, kombine birleşim yöntemleri yer almaktadır (Laroque, 2007; Phanratanamala, 2014; Minke, 2023)

- Guseli (Köşe Levhalı) Birleşim

Genellikle makaslarda kullanılan guseli birleşimler, bambuları aynı düzlemde birleştirmek için birleşim noktalarında L şeklinde metal elemanların veya kontrplaktan yapılmış levhaların kullanıldığı birleşimlerdir. Bu bağlantı elemanları bambulara cıvata veya kavelalar ile sabitlenir. Guseli birleşimler, “dıştan guseli birleşim” ve “gizli guseli birleşim (ITCR bağlantısı)” olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır (Phanratanamala, 2014; Vahanvati, 2024).

Dıştan guseli birleşimler, plakaların her bir bambuya dış merkezlik olmadan dıştan yerleştirilmesiyle oluşturulur (Widyowijatnoko, 2012; Phanratanamala, 2014).



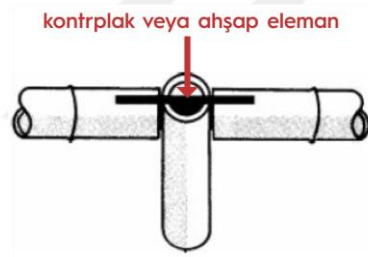
metalden yapılmış L şeklindeki elemanlar



kontrplaktan yapılmış köşe levhalar

Şekil 28. Dıştan guseli bağlantılar (Vahanvati, 2024)

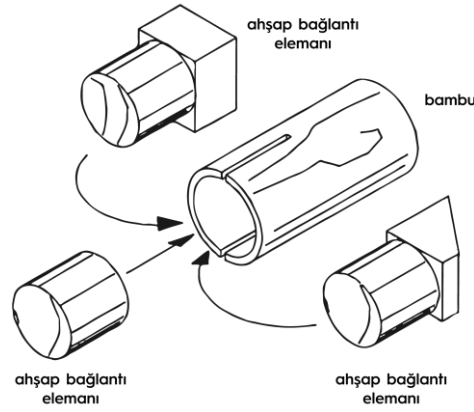
Gizli guseli birleşim (ITCR bağlantısı), Instituto Tecnológico de Costa Rica tarafından geliştirilen ve birleşim noktalarında ahşap plakaların bambuların içine yerleştirilip yapıştırılmasıyla oluşan bağlantılardır (Jayanetti & Follett, 2008; Phanratanamala, 2014).



Şekil 29. İçten guseli bağlantılar (ITCR bağlantısı) (Phanratanamala, 2014)

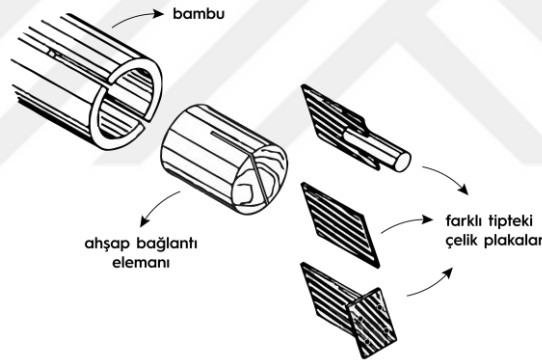
- Ahşap Ekli Birleşim (Arce Bağlantısı)

Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)'dan Oscar Antonio Arce-Villalobos tarafından geliştirilen bu bağlantı, bambunun uç kısmını güçlendirmek ve birleşimi sağlamak için bambuların uçlarına ahşap eklerin kullanılmasına dayanmaktadır. Çatlamayı önlemek amacıyla uç kısımdan karşılıklı iki noktadan kesikler açılan ve nadiren düzgün geometriye sahip olan yaş haldeki bambuların iç kısmı, ahşap eklerin yerleştirilmesi için zımparalanır. Zımpara işleminin ardından yapıştırmanın etkili olabilmesi için iç yüzey temizlenir ve ahşap ek bambuya yapıştırılır. (Phanratanamala, 2014; Arce, 1993; Laroque, 2007).



Şekil 30. Arce bağlantısı (Arce, 1993; Phanratanamala, 2014)

Ahşap ek parçada açılan boşluğun içine Şekil 31'deki gibi farklı tiplerde çelik plakalar, epoksi reçine ve Portland çimentosu karışımı ile yapıştırılarak bağlantı güçlendirilebilmektedir (Arce, 1993; Laroque, 2007)



Şekil 31. Çelik plaka ile güçlendirilmiş Arce bağlantısı (Arce, 1993)

- Dolgulu Birleşimler

Dolgulu birleşimler, birleşim noktalarının mukavemetini artırmak amacıyla bambuların iç kısmına kereste, reçine veya beton harç gibi malzemelerin doldurulmasıyla oluşturulan bağlantılardır. Dolgu malzemesi bambunun içine dökülmeden önce ahşap elemanlar veya metal cıvatalar yerleştirilir. Ardından cıvataların etrafını dolduracak şekilde bambunun diyaframına kadar dolgu malzemesi dökülür (Laroque, 2007; Disén & Clouston, 2013; Phanratanamala, 2014).



Şekil 32. Dolgulu bağlantılar (URL-16, 2024; Meinhold, 2024)

- Cıvatalı Birleşimler

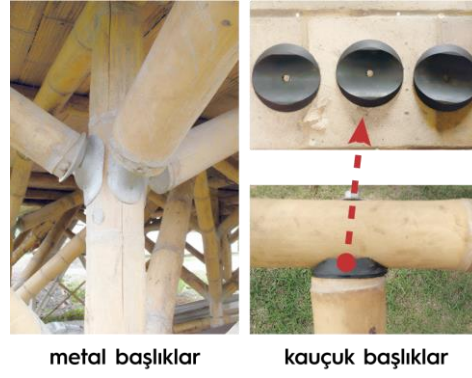
Genellikle beton dolgularla birlikte kullanılan cıvatalı birleşimlerde, bağlantının sağlanması amacıyla bambular delinerek içlerinden dişli cıvatalar geçirilir ve ardından dıştan somunlarla sıkılarak bağlantı sağlanır. Çok fazla yüklerin yer aldığı birleşimlerde bağlantı noktaları beton harç ile doldurulur (Laroque, 2007; Phanratanamala, 2014).



Şekil 33. Cıvatalı bağlantılar (URL-17, 2024; Stevens, 2024)

- Metal veya Kauçuk Başlıklar ile Yapılan Birleşimler

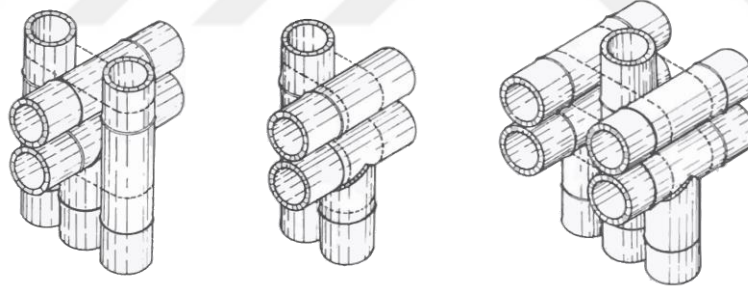
Dik açılı veya açılı bağlantılar yapabilmek amacıyla bambuların uçlarına balık ağzı kesim gibi özel kesimler yapmak durumunda kalmadan Marcelo Villegas tarafından geliştirilen metal başlıklar veya Adán Piza tarafından geliştirilen kauçuk başlıklar kullanılabilmektedir (Minke, 2023).



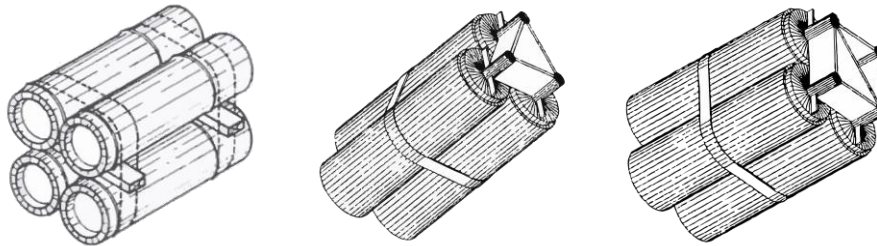
Şekil 34. Metal ve kauçuk başlıklar ile yapılan bağlantılar (Minke, 2023)

- **Kombine Birleşimler**

Daha fazla yükü taşıyabilmek amacıyla bambuların demet haline getirilmesi veya iki farklı yükleri aktarmak amacıyla yan yana getirilmiş ikili bambular için bağlamalı ve ahşap ekli birleşim yöntemi bir arada kullanılabilir. Bambuları bir arada tutabilmek amacıyla farklı aralıklarla çelik veya plastik kayışlar kullanılabilir (Arce, 1993; URL-14, 2024; Laroque, 2007).



Şekil 35. Yan yana getirilmiş ikili bambaşka birleşimleri (López, 2003)



Şekil 36. Demet halinde birleşimler (López, 2003; Arce, 1993)

Yenilikçi birleşim yöntemleri, genellikle jeodezik kubbe, uzay kafes sistemler gibi farklı yönlerden gelen birden fazla elemanların birleştirilmesini sağlamak amacıyla kullanılan bağlantılardır. Yenilikçi birleşim yöntemlerinin bir bölümü günümüzde projelere özel olarak geliştirilen ve bu nedenle de mimarlarının adıyla anılan bağlantılardır.

- Kelepçeli Birleşimler

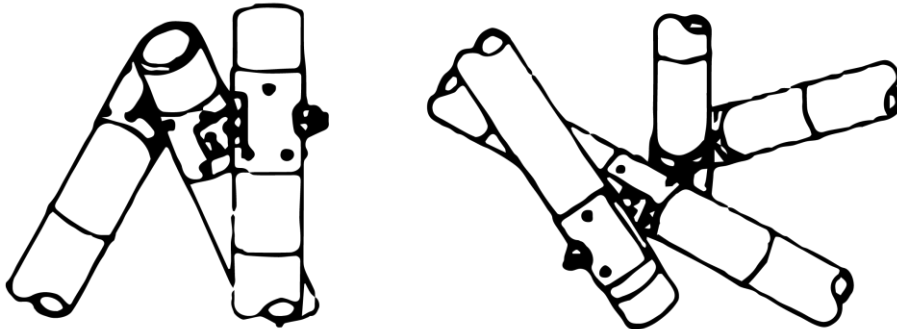
Makaslar gibi tek düzlemdeki bağlantılar için kullanılabilen bu yöntemde, bütünleşik boşluklara sahip metal kelepçeler bambuların çevresine takılır ve gerektiği miktarda kelepçe sıkılarak bağlantı sağlanır (Jayanetti & Follett, 2008; Phanratanamala, 2014).



Şekil 37. Kelepçeli birleşimler (Vahanvati, 2024)

- Herbert Mafsallı Bağlantısı

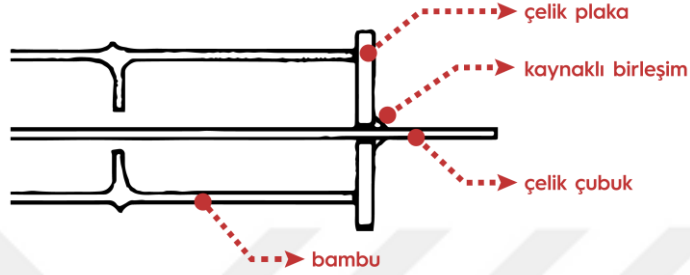
Birleşik Krallık Yapı Araştırma Enstitüsü'nde geliştirilen bu sistemde, bambu elemanlara metal kelepçelerin takıldığı kısımlarda birbirlerine cıvata ile bağlanmaktadır (Jayanetti & Follett, 2008; Phanratanamala, 2014).



Şekil 38. Herbert mafsallı bağlantısı (Phanratanamala, 2014)

- Gutierrez Bağlantısı

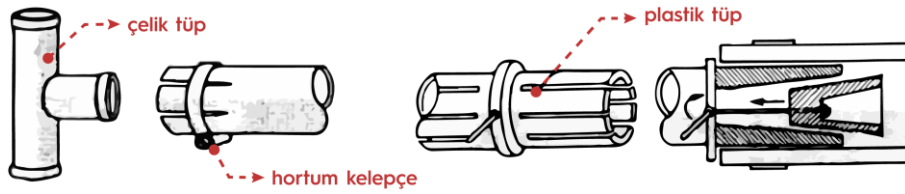
Bu bağlantı, bambunun ortasından bir çelik çubuk geçirilip her iki ucuna çelik bir plaka kaynaklanmasıyla elde edilir. Çelik çubukların uçları başka bir bağlantı oluşturmak amacıyla birbirlerine kaynaklanabilmektedir (Jayanetti & Follett, 2008; Phanratanamala, 2014).



Şekil 39. Gutierrez bağlantısı (Phanratanamala, 2014)

- Nienhuys Bağlantısı (Genişleyebilir Bağlantı)

Nienhuys tarafından geliştirilen ve genişleyebilir bağlantılar olarak da adlandırılan bu bağlantıda, plastik bağlantı elemanı bambunun iç yüzeyine yerleştirilir ve bambunun içerisine önceden yerleştirilen tel ile bağlanmış kesik koni şeklindeki tapa dışarı doğru çekilerek bağlantı sağlanır. Plastik bağlantı elemanının bambunun iç yüzeyine basınç uygulaması sonucunda bambunun çatlamasını önleyebilmek için ek olarak metal tel veya hortum kelepçe ile bambular dışarıdan sıkılabilir (Widyowijatnoko, 2012; Phanratanamala, 2014)



Şekil 40. Nienhuys bağlantısı (Phanratanamala, 2014)

- Duff Bağlantısı

1941 yılında C.H. Duff tarafından geliştirilen bu bağlantı, her bir bambunun uçları konik hale getirildikten sonra çelik kablo yardımıyla uçların sarılmasından

oluşmaktadır. Oluşturulan bu konik uçlar ardından merkez bir bağlantı elemanına yerleştirilmektedir (Arce, 1993; Londono & Cheyne, 2004; Minke, 2023).



Şekil 41. Duff bağlantısı (Koolbamboo, 2024)

- Shoei Yoh Bağlantısı

1989 yılında Fukuoka'da düzenlenen Asya Pasifik Fuarı için Shoei Yoh tarafından geliştirilen bu bağlantı, bambuların içine cıvatalarla bağlanan çelik boruların yerleştirilmesinden oluşmaktadır (Laroque, 2007; Widyowijatnoko, 2012; Minke, 2023).



Şekil 42. Shoei Yoh bağlantısı (URL-18, 2024)

- Vitor Marcel Bağlantısı

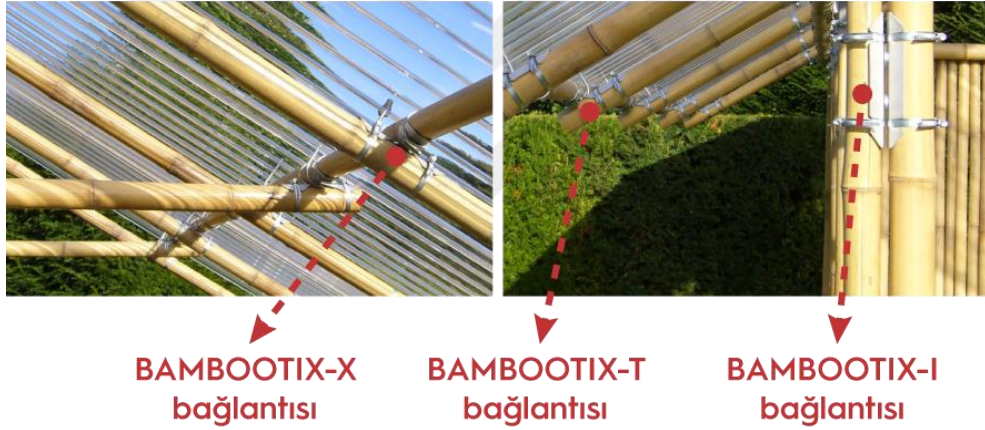
Brezilya'dan Vitor Marcel tarafından uzay kafes birleşimler için geliştirilen bu bağlantıda bambuların uç kısımlarına içten veya dıştan metal bağlantı elemanları cıvatalar ile sabitlenmektedir (Phanratanamala, 2014; Minke, 2023).



Şekil 43. Vitor Marcel bağlantısı (Minke, 2023)

- **BAMBOOTIX Bağlantıları**

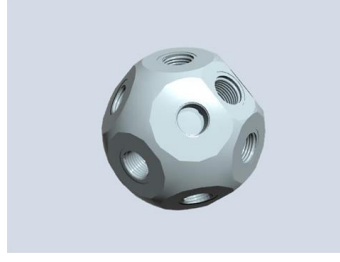
Küçük veya orta büyüklükteki bambular için Waldemar Rothe tarafından geliştirilen bu bağlantı, farklı yönlerden gelen bambuların metal plakalar ile birleştirilmesini sağlamaktadır. Bağlantı elemanları bambulara hortum kelepçeler ile tutturulmaktadır (Widyowijatnoko, 2012; Minke, 2023)



Şekil 44. BAMBOOTIX bağlantısı (URL-19, 2024; URL-20, 2024)

- **Jörg Stamm Bağlantısı (Pan Uzak Kafes Bağlantısı)**

Jörg Stamm tarafından bambulardan yapılmış uzay kafes sistemleri için kullanılan ve Şekil 45’de de gösterilen Mero bağlantı elemanları, konik uçlara dönüştürülmüş bambuların birbirlerine bağlantısını sağlamaktadır (URL-14, 2024; Laroque, 2007; Yazdi ve diğerleri, 2015; Minke, 2023)



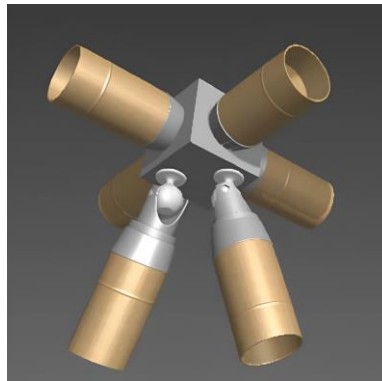
Şekil 45. Mero bağlantı elemanı (URL-21, 2024)



Şekil 46. Jörg Stamm bağlantısı (URL-22, 2024)

- Bambutec Bağlantısı

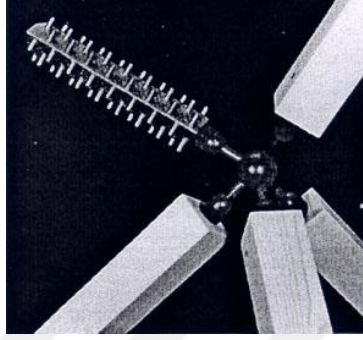
Belirli uzunluktaki prefabrik bambu elemanlardan oluşan ve Bambutec firması tarafından geliştirilen bu bağlantı, bambuların uçlarına daha iyi bir yük aktarımını sağlayabilmek amacıyla metal kapakların cıvatalarla veya sentetik reçine ile yapıştırırmayla sabitlenmesinden oluşmaktadır (URL-14, 2024; Laroque, 2007).



Şekil 47. Bambutec bağlantısı (Disén & Clouston, 2013)

- Induo Ankraj Bağlantısı

Bambuya vidalanmış bir küre elemandan oluşan Induo ankraj bağlantısının bambularla iyi bir bağlantı oluşturması için özel bir dolgusu yapılmaktadır (Laroque, 2007).



Şekil 48. Induo ankraj bağlantısı (URL-14, 2024)

- Renzo Piano Bağlantısı

Delft Teknoloji Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Teknolojisi Grubu tarafından yuvarlak kesitlere sahip ahşap elemanların güçlendirilmesi ile diğer elemanlarla bağlantıların kurulması amacıyla geliştirilen ve 1997 yılında da Renzo Piano Building Workshop tarafından bambular için önerilen bu bağlantı, bambunun uç kısımlarından metal plakaların geçirilip metal tellerle bağlanmasından oluşmaktadır. Teller kırılğan yapıya sahip oldukları için ağır yüklere sahip tasarımlarda bu bağlantı yöntemi kullanılmaktadır (Laroque, 2007; Widyowijatnoko, 2012).



Şekil 49. Renzo Piano bağlantısı (Widyowijatnoko, 2012)

- Tim Obermann Bağlantısı

Tim Obermann tarafından geliştirilen bu bağlantı, bir ucu iki adet eliptik açıklığa sahip konik bir formdaki metal tüp ile bu tüplerin bir noktada toplanmasını sağlayan delikli bir metal küreden oluşmaktadır (Widyowijatnoko, 2012; Minke, 2023).



Şekil 50. Tim Obermann bağlantısı (Minke, 2023)

- Markus Heinsdorff Bağlantısı

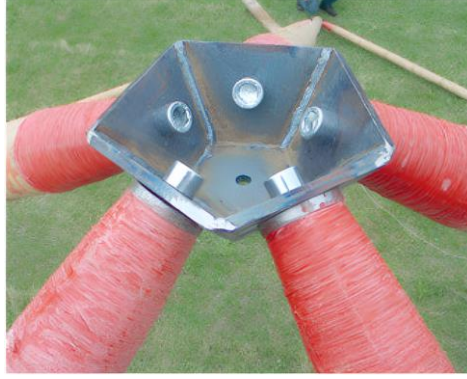
Markus Heinsdorff'un Şanghay Expo 2010'daki Alman-Çin Pavyonu için geliştirdiği bu bağlantıda, farklı açılara uyarlanabilen paslanmaz çelikten oluşan elemanlar kullanılmaktadır (Widyowijatnoko, 2012; Minke, 2023)



Şekil 51. Markus Heinsdorff bağlantısı (URL-23, 2024)

- Christoph Tönges Bağlantısı

Christoph Tönges tarafından geliştirilen bu bağlantıda, farklı açılarda birleşime imkân verebilecek şekilde kaynakla birleştirilmiş çelik plaka kullanılmıştır (Minke, 2023).



Şekil 52. Christoph Tönges bağlantısı (Minke, 2023)

- Munir Vahanvati Bağlantısı

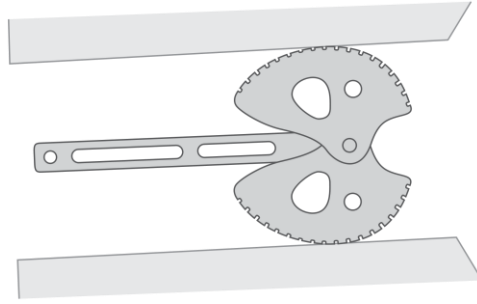
Küçük ve orta ölçekli yapıların inşa edilmesi için Munir Vahanvati tarafından geliştirilen bu bağlantı, farklı çaplara sahip bambuların kullanılmasına imkân veren kelepçe benzeri metal elemanlardan ve bu elemanların bir noktada toplanmasını sağlayan küre şeklindeki yuvadan oluşmaktadır (Vahanvati, 2024).



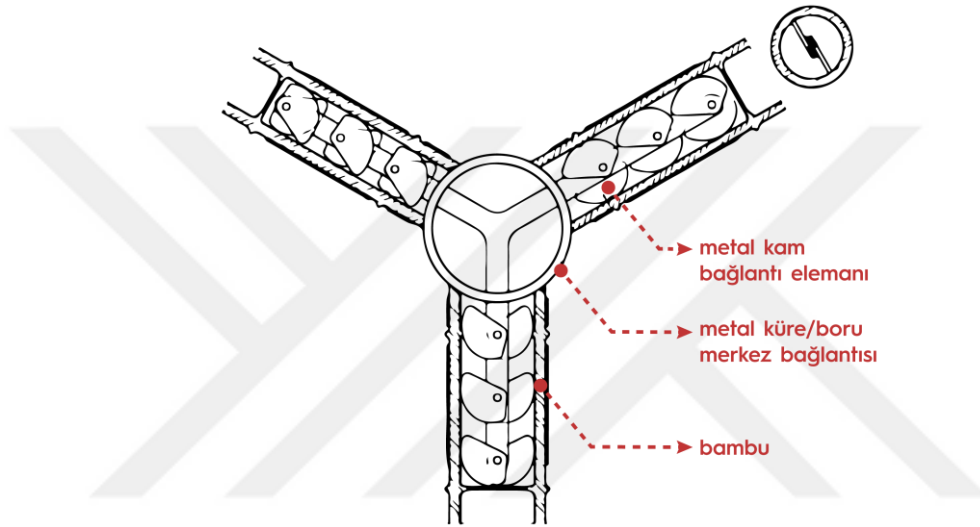
Şekil 53. Munir Vahanvati bağlantısı (Vahanvati, 2024)

- Kam Bağlantısı

Dağcılık ve kaya tırmanışı ekipmanlarından biri olan, bir aks üzerine monte edilmiş kamlardan (Şekil 54) oluşan bu bağlantı, eksenel yönde kuvvet uygulandıkça bambunun iç kısmına basınç uygulayarak sürtünme oluşturma prensibine dayanmaktadır. Bambuların liflere dik basınç ve çekme dayanımı düşük olduğundan dolayı kamların bambunun iç yüzeyine uygulayacağı basınçtan dolayı bambularda çatlama olmaması için ek olarak çelik halat veya hortum kelepçe kullanılmaktadır (Widyowijatnoko, 2012).



Şekil 54. Kam bağlantısı için kullanılan bağlantı elemanı (URL-24, 2024)



Şekil 55. Kam bağlantısı (Widyowijatnoko, 2012)

Literatürdeki çalışmalardan elde edilen bambuların mekanik dayanım (eğilme, basınç, çekme, kesme) değerleri Tablo 3 ile Tablo 9 arasında verilmiştir.

Tablo 3. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel basınç dayanımı değerleri

Kaynağın Adı	Bambunun Türü	Bambu Arazisinin Konumu	Ort. Basınç Day. Değerleri (MPa)
(Suarez ve diğerleri, 2023)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Kahve Üçgeni, Kolombiya	47,00 – 54,00
(Deng ve diğerleri, 2016)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Zixi, Jiangxi, Çin	48,00 – 62,20
(Oka ve diğerleri, 2014)	<i>Gigantochloa atroviolacea</i>	Yogyakarta, Endonezya	48,77 – 55,60
(Iswanto ve diğerleri, 2022)	<i>Gigantochloa pruriens</i>	Binjai, Kuzey Sumatra, Endonezya	38,96 – 45,44

Tablo 3'ün devamı

(Chaowana ve diğerleri, 2021)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Nakhon Ratchasima, Tayland	56,00
	<i>Dendrocalamus membranaceus</i>		80,20
	<i>Dendrocalamus sericeus</i>	Chiang Mai, Tayland	58,10
	<i>Thyrsostachys oliveri</i>		64,80
	<i>Phyllostachys makinoi</i>		102,90
(Guan ve diğerleri, 2020)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Sanming, Fujian, Çin	47,51 – 48,34
(Rifqi ve diğerleri, 2020)	<i>Bambusa maculata</i>	Banyuwangi, Endonezya	39,73
	<i>Dendrocalamus asper</i>		38,42
	<i>Bambusa arundinacea</i>		42,18
	<i>Gigantochloa atrovioleacea</i>		45,85
	<i>Gigantochloa atter</i>		47,60
	<i>Bambusa vulgaris</i>		41,49
	<i>Gigantochloa apus</i>		37,28
	<i>Gigantochloa hasskarliana</i>		45,60
	<i>Gigantochloa verticillata</i>		46,67
	<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>striata</i>		28,42
	<i>Bambusa spinosa</i>		34,31
	Benel bamboo		45,44
	<i>Schizostachyum iraten</i>		36,98
	<i>Dendrocalamus strictus</i>		53,16
	<i>Gigantochloa robusta</i>		33,97
	<i>Schizostachyum zollingeri</i>		44,72
	<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>		31,12
	Pecut bamboo		52,44
	Olet bamboo		42,17
	<i>Bambusa jacobsonii</i>		35,05
	<i>Schizostachyum brachycladum</i>		35,99

Tablo 3'ün devamı

(Adam & Jusoh, 2019)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Sabal, Saravak, Malezya	42,00 – 65,00
	<i>Bambusa vulgaris</i>	Kota Samarahan, Saravak, Malezya	43,00 – 72,00
(Gauss ve diğerleri, 2019)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Sao Paulo, Brezilya	57,50 – 59,50
(Daud ve diğerleri, 2018)	<i>Gigantochloa scortechinii</i>	Hulu Langat, Selangor, Malezya	19,96 – 36,60
(Ramirez ve diğerleri, 2018)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Moniquirá, Boyacá, Kolombiya	24,47 – 36,56
(De Oliveira Da Mota ve diğerleri, 2017)	<i>Bambusa vulgaris vittata</i>	Bananal, Sao Paulo, Brezilya	49,36
(Awalluddin ve diğerleri, 2017)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Perak, Malezya	56,66 – 70,85
	<i>Bambusa vulgaris</i>		63,35 – 77,63
	<i>Schizostachyum grande</i>		53,83 – 68,82
	<i>Gigantochloa scortechinii</i>		26,41 – 35,23
(Amatosa Jr. & Loretero, 2016)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Mandaue, Cebu, Filipinler	26,49 – 70,92
(Fabiani, 2015)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Cenova, İtalya	55,70
	<i>Phyllostachys viridiglaucescens</i>	Lucca, İtalya	56,80
	<i>Phyllostachys viridiglaucescens</i>	Roma, İtalya	69,30
	<i>Phyllostachys viridiglaucescens</i>		
(Zaragoza-Hernández ve diğerleri, 2015)	<i>Guadua aculeata</i> Rupr. ex Fournier	Hueytamalco, Puebla, Meksika	28,30 – 56,60
(Sharma ve diğerleri, 2014)	<i>Bambusa bambos</i> (L.)		27,56
	<i>Dendrocalamus strictus</i> (Roxb.)		33,44
(Xu ve diğerleri, 2014)	<i>Phyllostachys pubescens</i>		23,70 – 47,30
(Berndsen ve diğerleri, 2013)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Paraná, Brezilya	40,10
(Wakchaure & Kute, 2012)	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Chandrapur, Maharashtra, Hindistan	47,12 – 69,89
(Tomak ve diğerleri, 2012)	<i>Phyllostachys bambusoides</i> Sieb. et. Zucc.	Trabzon, Türkiye	47,30 – 62,50
(Mukhopadhyay & Dutta, 2010)	<i>Bambusa balcooa</i>	Hindistan	36,54

Tablo 3'ün devamı

(Correal D & Arbeláez C, 2010)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Caicedonia, Kolombiya	20,40 – 42,60
(Poblete ve diğerleri, 2009)	<i>Chusquea culeou</i> Desv.	Şili	26,20
(Wahab ve diğerleri, 2007)	<i>Bambusa vulgaris</i>	Papar, Sabah, Malezya	38,70 – 61,90
(Wahab ve diğerleri, 2006)	<i>Gigantochloa scortechinii</i>	Kedah, Malezya	48,35 – 67,86
(Ghavami & Marinho, Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie <i>Guadua angustifolia</i> , 2005)	<i>Guadua angustifolia</i>	Guarulhos, Sao Paulo, Brezilya	25,27 – 31,77
(Lo ve diğerleri, 2004)	<i>Phyllostachys heterocycla</i>		37,72 – 61,97
	<i>Bambusa pervariabilis</i>		47,03 – 62,77
	<i>Bambusa pervariabilis</i>		48,00 – 103,00
(Chung & Yu, 2002)	<i>Phyllostachys pubescens</i>		57,00 – 134,00
	<i>Bambusa blumeana</i>		19,46 – 28,48
(Mohmod ve diğerleri, 1990)	<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>striata</i>	Malezya	20,50 – 30,01
	<i>Gigantochloa scortechinii</i>		21,63 – 32,29

Tablo 4. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel basınçta elastisite modülü değerleri

Kaynağın Adı	Bambunun Türü	Bambu Arazisinin Konumu	Basınçta Elastisite Modülü Ortalama Değerleri (MPa)
(Gauss ve diğerleri, 2019)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Sao Paulo, Brezilya	20,30 – 20,64
(Zaragoza-Hernández ve diğerleri, 2015)	<i>Guadua aculeata</i> Rupr. ex Fournier	Hueytamalco, Puebla, Meksika	13,70 – 20,70
(Xu ve diğerleri, 2014)	<i>Phyllostachys pubescens</i>		3500 – 7100
(Luna ve diğerleri, 2014)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Kolombiya'nın üç farklı bölgesi alınmıştır. (Quindío, Cundinamarca, Valle del Cauca)	8100 – 10560
(Berndsen ve diğerleri, 2013)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Paraná, Brezilya	4013

Tablo 4'ün devamı

(Wakchaure & Kute, 2012)	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Chandrapur, Maharashtra, Hindistan	4266 – 4638
(Correal D & Arbeláez C, 2010)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Caicedonia, Kolombiya	14900 – 20000
(Ghavami & Marinho, Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia, 2005)	<i>Guadua angustifolia</i>	Guarulhos, Sao Paulo, Brezilya	9000 – 15800
(Chung & Yu, 2002)	<i>Bambusa pervariabilis</i>		6800 – 10300
	<i>Phyllostachys pubescens</i>		6400 – 9400

Tablo 5. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel çekme dayanımı değerleri

Kaynağın Adı	Bambunun Türü	Bambu Arazisinin Konumu	Ort. Çekme Dayanımı Değerleri (MPa)
(Taylor ve diğerleri, 2015)	<i>Phyllostachys pubescens</i>		101,00 – 158,00
(Suarez ve diğerleri, 2023)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Kahve Üçgeni, Kolombiya	98,00 – 193,00
(Oka ve diğerleri, 2014)	<i>Gigantochloa</i> <i>atroviolacea</i>	Yogyakarta, Endonezya	109,88 – 254,30
(Iswanto ve diğerleri, 2022)	<i>Gigantochloa pruriens</i>	Binjai, Kuzey Sumatra, Endonezya	95,88 – 278,74
(Chaowana ve diğerleri, 2021)	<i>Dendrocalamus asper</i>		72,00 – 168,00
	<i>Dendrocalamus</i> <i>membranaceus</i>	Nakhon Ratchasima, Tayland	82,00 – 195,00
	<i>Dendrocalamus sericeus</i>		71,00 – 120,00
	<i>Thyrsostachys oliveri</i>	Chiang Mai, Tayland	95,00 – 144,00
	<i>Phyllostachys makinoi</i>		146,00 – 216,00
(Amaral ve diğerleri, 2023)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Ravena, Minas Gerais, Brezilya	207,50 – 258,60
(Guan ve diğerleri, 2020)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Sanming, Fujian, Çin	95,52 – 136,93

Tablo 5'in devamı

	<i>Bambusa maculata</i>		340,26
	<i>Dendrocalamus asper</i>		284,69
	<i>Bambusa arundinacea</i>		342,87
	<i>Gigantochloa atrovioleacea</i>		306,00
	<i>Gigantochloa atter</i>		370,34
	<i>Bambusa vulgaris</i>		278,05
	<i>Gigantochloa apus</i>		291,27
	<i>Gigantochloa hasskarliana</i>		284,19
	<i>Gigantochloa verticillata</i>		287,75
	<i>Bambusa vulgaris</i> var.		284,24
(Rifqi ve diğerleri, 2020)	<i>striata</i>	Banyuwangi, Endonezya	
	<i>Bambusa spinosa</i>		251,30
	Benel bamboo		315,87
	<i>Schizostachyum iraten</i>		268,20
	<i>Dendrocalamus strictus</i>		261,27
	<i>Gigantochloa robusta</i>		269,60
	<i>Schizostachyum zollingeri</i>		266,21
	<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>		319,36
	Pecut bamboo		257,95
	Olet bamboo		302,74
	<i>Bambusa jacobsonii</i>		321,66
(Gauss ve diğerleri, 2019)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Sao Paulo, Brezilya	100 – 275
(De Oliveira Da Mota ve diğerleri, 2017)	<i>Bambusa vulgaris vittata</i>	Bananal, Sao Paulo, Brezilya	111 – 141
	<i>Dendrocalamus asper</i>		200,75 – 232,80
	<i>Bambusa vulgaris</i>		230,63 – 233,98
(Awalluddin ve diğerleri, 2017)	<i>Gigantochloa scortechinii</i>	Perak, Malezya	144,92 – 187,67
	<i>Schizostachyum grande</i>		113,01 – 149,20

Tablo 5'in devamı

(Abdullah ve diğerleri, 2017)	<i>Gigantochloa atter</i>		195,25
	<i>Gigantochloa apus</i> Kurz		178,80
	<i>Bambusa vulgaris</i> Schr. var. <i>vittata</i>	Bandung, Batı Cava, Endonezya	82,30
	<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>		113,75
	<i>Gigantochloa verticillata</i>		118,40
(Fabiani, 2015)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Cenova, İtalya	126,70
	<i>Phyllostachys viridiglauescens</i>	Lucca, İtalya	159,00
(Zaragoza-Hernández ve diğerleri, 2015)	<i>Guadua aculeata</i> Rupr. ex Fournier	Hueytamalco, Puebla, Meksika	58,50 – 92,20
(Luna ve diğerleri, 2014)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Kolombiya'nın üç farklı bölgesi alınmıştır. (Quindío, Cundinamarca, Valle del Cauca)	37,10 – 41,40
(Tam ve diğerleri, 2014)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Pitalito, Huila, Kolombiya	59,46 – 62,89
(Wakchaure & Kute, 2012)	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Chandrapur, Maharashtra, Hindistan	61,98 – 293,12
(Shao ve diğerleri, 2010)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Anhui, Çin	102,70 – 154,24
(Omobowale & Ogedengbe, 2008)	<i>Bambusa vulgaris</i> (Schr.)	Ibadan, Nijerya	11,10 – 26,40
(Yu ve diğerleri, 2008)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Ciciang, Çin	111,50 – 309,30

Tablo 6. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel çekmede elastisite modülü değerleri

Kaynağın Adı	Bambunun Türü	Bambu Arazisinin Konumu	Çekmede Elastisite Modülü Ortalama Değerleri (GPa)
(Suarez ve diğerleri, 2023)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Kahve Üçgeni, Kolombiya	1,111 – 1,571
(Amaral ve diğerleri, 2023)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Ravena, Minas Gerais, Brezilya	23,00 – 25,20
(Gauss ve diğerleri, 2019)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Sao Paulo, Brezilya	11,19 – 17,47

Tablo 6'nın devamı

(Abdullah ve diğerleri, 2017)	<i>Gigantochloa atter</i>	Bandung, Batı Cava, Endonezya	16,68
	<i>Gigantochloa apus</i> Kurz		7,52
	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. var. <i>vittata</i>		14,35
	<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>		16,03
	<i>Gigantochloa verticillata</i>		10,10
(Zaragoza-Hernández ve diğerleri, 2015)	<i>Guadua aculeata</i> Rupr. ex Fournier	Hueytamalco, Puebla, Meksika	8,20 – 9,80
(Wakchaure & Kute, 2012)	<i>Dendrocalamus strictus</i>	Chandrapur, Maharashtra, Hindistan	18,00 – 22,00
(Yu ve diğerleri, 2008)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Ciciang, Çin	9,00 – 27,40

Tablo 7. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel kesme dayanımı değerleri

Kaynağın Adı	Bambunun Türü	Bambu Arazisinin Konumu	Ort. Kesme Dayanımı Değerleri (MPa)
(Bautista ve diğerleri, 2021)	<i>Bambusa blumeana</i>	Filipinler	11,44
	<i>Gigantochloa apus</i>		10,77
	<i>Dendrocalamus asper</i>		10,31
	<i>Bambusa philippinensis</i>		9,68
	<i>Bambusa vulgaris</i>		9,26
(Cantos ve diğerleri, 2019)	<i>Bambusa blumeana</i>	Tarlac, Filipinler	8,80 – 9,81
(Deng ve diğerleri, 2016)	<i>Phyllostachys pubescens</i>	Zixi, Jiangxi, Çin	11,80 – 15,90
(Oka ve diğerleri, 2014)	<i>Gigantochloa atrovioleacea</i>	Yogyakarta, Endonezya	7,12 – 8,58
(Iswanto ve diğerleri, 2022)	<i>Gigantochloa pruriens</i>	Binjai, Kuzey Sumatra, Endonezya	7,39 – 7,79
(Chaowana ve diğerleri, 2021)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Nakhon Ratchasima, Tayland	13,90 – 15,20
	<i>Dendrocalamus membranaceus</i>		13,00 – 16,80
	<i>Dendrocalamus sericeus</i>	Chiang Mai, Tayland	26,80 – 34,60
	<i>Thyrsostachys oliveri</i>		27,60 – 31,00
	<i>Phyllostachys makinoi</i>		32,40 – 50,20

Tablo 7'nin devamı

(Gauss ve diğerleri, 2019)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Sao Paulo, Brezilya	18,00 – 18,1
(Daud ve diğerleri, 2018)	<i>Gigantochloa scortechinii</i>	Hulu Langat, Selangor, Malezya	3,54 – 5,69
(Xu ve diğerleri, 2014)	<i>Phyllostachys pubescens</i>		6,30 – 11,80
(Correal D & Arbeláez C, 2010)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Caicedonia, Kolombiya	6,60 – 8,20
(Poblete ve diğerleri, 2009)	<i>Chusquea culeou</i> Desv.	Şili	9,05 – 9,09
(Wahab ve diğerleri, 2007)	<i>Bambusa vulgaris</i>	Papar, Sabah, Malezya	6,30 – 8,90
	<i>Bambusa blumeana</i>		3,99 – 4,95
	<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>striata</i>		3,37 – 4,84
(Mohmod ve diğerleri, 1990)	<i>Gigantochloa scortechinii</i>	Malezya	3,65 – 4,86

Tablo 8. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel eğilme dayanımı değerleri

Kaynağın Adı	Bambunun Türü	Bambu Arazisinin Konumu	Ort. Eğilme Day. Değerleri (MPa)
	<i>Dendrocalamus asper</i>		58,40
	<i>Dendrocalamus membranaceus</i>	Nakhon Ratchasima, Tayland	29,30
(Chaowana ve diğerleri, 2021)	<i>Dendrocalamus sericeus</i>		81,10
	<i>Thyrsostachys oliveri</i>	Chiang Mai, Tayland	68,60
	<i>Phyllostachys makinoi</i>		81,40
(Daud ve diğerleri, 2018)	<i>Gigantochloa scortechinii</i>	Hulu Langat, Selangor, Malezya	49,68 – 73,66
		La Dalia, Pitalito, Huila, Kolombiya	58,34
		Villa María, Pitalito, Huila, Kolombiya	56,28
(Sapuyes ve diğerleri, 2018)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	La Vega, Timaná, Huila, Kolombiya	54,04
		Sena Yamboró, Pitalito, Huila, Kolombiya	66,78
(Nurmadina ve diğerleri, 2017)	<i>Gigantochloa apus</i>	Sukabumi, Batı Cava, Endonezya	36,92 – 94,69

Tablo 8'in devamı

(Trujillo ve diğerleri, 2017)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Caicedonia, Kolombiya	77,90
(Taylor ve diğerleri, 2015)	<i>Phyllostachys pubescens</i>		100,70 – 124,40
(Fabiani, 2015)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Cenova, İtalya	72,10 – 118,40
(Luna ve diğerleri, 2014)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Kolombiya'nın üç farklı bölgesi alınmıştır. (Quindío, Cundinamarca, Valle del Cauca)	35,30 – 40,80
(Nordahlia ve diğerleri, 2011)	<i>Schizostachyum brachycladum</i>	Forest Research Institute Malaysia (FRIM), Malezya	140,30 – 361,59
(Correal D & Arbeláez C, 2010)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Caicedonia, Kolombiya	15,50 – 19,40
(Gnanaharan ve diğerleri, 1995)	<i>Guadua angustifolia</i>	Kosta Rika	72,60

Tablo 9. Literatürden elde edilen bambunun liflere paralel eğilmede elastisite modülü değerleri

Kaynağın Adı	Bambunun Türü	Bambu Arazisinin Konumu	Eğilmede Elastisite Modülü Ortalama Değerleri (GPa)
(Chaowana ve diğerleri, 2021)	<i>Dendrocalamus asper</i>	Nakhon Ratchasima, Tayland	1,190
	<i>Dendrocalamus membranaceus</i>		1,306
	<i>Dendrocalamus sericeus</i>	Chiang Mai, Tayland	3,985
	<i>Thyrsostachys oliveri</i>		3,749
	<i>Phyllostachys makinoi</i>		4,134
(Daud ve diğerleri, 2018)	<i>Gigantochloa scortechinii</i>	Hulu Langat, Selangor, Malezya	19,43 – 36,31

Tablo 9'un devamı

		La Dalia, Pitalito, Huila, Kolombiya	
(Sapuyes ve diğerleri, 2018)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Villa María, Pitalito, Huila, Kolombiya La Vega, Timaná, Huila, Kolombiya Sena Yamboró, Pitalito, Huila, Kolombiya	10,53 – 18,71
(Nurmadina ve diğerleri, 2017)	<i>Gigantochloa apus</i>	Sukabumi, Batı Cava, Endonezya	3,639 – 24,921
(Trujillo ve diğerleri, 2017)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Caicedonia, Kolombiya	17,204 – 18,132
(Fabiani, 2015)	<i>Phyllostachys edulis</i>	Cenova, İtalya	11,625 – 15,452
(Luna ve diğerleri, 2014)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Kolombiya'nın üç farklı bölgesi alınmıştır. (Quindío, Cundinamarca, Valle del Cauca)	13,67 – 14,16
(Nordahlia ve diğerleri, 2011)	<i>Schizostachyum</i> <i>brachycladum</i>	Forest Research Institute Malaysia (FRIM), Malezya	12,119 – 26,051
(Correal D & Arbeláez C, 2010)	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Caicedonia, Kolombiya	84,70 – 107,30
(Gnanaharan ve diğerleri, 1995)	<i>Guadua angustifolia</i>	Kosta Rika	17,608

2.3. Literatürden Örnek Yapıların Analizi

Literatürden ve mimari internet sayfalarından yapılan tarama sonucunda bambu ile yapılmış 437 adet yapıya ulaşılmış olup bu yapıların arasında 225 tanesinde yapısal eleman olarak bambu kullanılmıştır. Örneklemi belirlemek amacıyla bu kaynaklardan elde edilen bilgiler arasından yapının hangi malzeme ile yapıldığı (bambunun türü veya endüstriyel bambu ürününün çeşidi) temel kriter olarak seçilmiştir. Bu seçim doğrultusunda ulaşılan örnek yapılar kümesi 67 yapıya indirgenmiştir. Seçilen bu yapılar arasından sırasıyla

maksimum geçilen açıklık ve kat sayısı kriterlerine göre yapılar yeniden gruplandırılarak bunlar arasından 12 yapının analizi yapılmıştır.

Yapı analiz tabloları, literatür çalışmasından elde edilen bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur. Bambunun strüktürel anlamda yapı malzemesi olarak kullanımına yönelik oluşturulan analiz tablolarında, yapıya ait çeşitli bilgiler ve görseller, yapıya ait açıklamalar, strüktürü hakkında bilgiler, yapıya ait teknik çizimler, yapım aşamasına ait bilgiler ve görseller yer almaktadır.

Analiz tabloları sırasıyla;

- Yapıya ait bilgiler
- Yapı hakkında açıklama
- Strüktür hakkında bilgiler
- Yapıya ait teknik çizimler
- Birleşim elemanları ve detay çizimleri
- Yapım aşamasına ait bilgiler

olmak üzere 6 bölümden oluşmaktadır.

- Yapıya ait bilgiler:
 - Yapının adı; yapının literatürde geçen adıdır.
 - Yapının mimarı; yapıyı tasarlayan kişinin veya ofisin adıdır.
 - Yapının strüktür mühendisi; yapının statiğini hesaplayan kişinin veya ofisin adıdır.
 - Yapım yılı; yapı inşa edildiği yıldır.
 - Yapım yeri; yapının inşa edildiği şehir ve ülkedir.
 - Yapının türü (yapının işlevi); yapının kullanım amacına göre yer aldığı kategori (yapının günümüzdeki işlevi) dir.
 - Yapının sürekliliği; yapının kalıcı veya geçici olma durumunu belirtir.
 - Kat sayısı; yapının ± 0.00 kotundan itibaren çatı katına kadar olan kat sayısını belirtir.
 - Yapının toplam alanı; yapının tabanda kapladığı alanı belirtir.
 - Yapının boyutları; yapıya plan ve kesit düzlemlerinde bakıldığında yapının genişliği, uzunluğu, yüksekliği ve iki taşıyıcı eleman arasında maksimum geçilen açıklığı belirten ölçülerdir.

- Yapı hakkında açıklama; yapının tasarımı ile ilgili genel bilgilerin yer aldığı kısımdır.
- Strüktür hakkında bilgiler:
 - Kullanılan bambuların türü veya endüstriyel bambu ürünü; yapıda kullanılan bambuların türünü belirtir.
 - Bambunun kullanım yeri; bambuların taşıyıcı olarak kullanıldığı yapı elemanlarını belirtir.
 - Bambuların veya endüstriyel bambu ürününün boyutları; bambuların dış çapının, et kalınlığının ve boyunun ölçüsü veya endüstriyel bambu ürününün genişliğini, uzunluğunu ve yüksekliğinin ölçüsüdür.
 - Kurutma / kütleme yöntemi; bambuların çevresel faktörlere karşı dayanıklılığını artırarak kullanım ömrünün uzatılması için yapılan işlemi belirtir.
- Yapıya ait teknik çizimler; yapının plan, kesit ve görünüş gibi iki boyutlu, ölçekli çizimlerini ifade eder.
- Birleşim elemanları ve detay çizimleri; yapı elemanlarının birleşim bölgelerine ait iki boyutlu teknik çizimleri, perspektif çizimleri veya yakın çekim görüntüleri ifade eder.
- Yapım aşamasına ait bilgiler; yapının inşa sürecine ait bilgileri ifade eder.

Tablo 10. INBAR Bahçe Pavyonu analiz tablosu (URL-25, 2021)

Yapıya Ait Bilgiler

Yapının Adı		INBAR Bahçe Pavyonu
Yapının Mimarı		Studio Cardenas Conscious Design
Yapının Strüktür Mühendisi		—
Yapım Yılı		2019
Yapım Yeri		Yanqing, Çin
Yapının Türü (Yapının İşlevi)		Sosyal ve kültürel yapı (pavyon)
Yapının Sürekliliği		Kalıcı
Kat Sayısı		Tek katlı
Yapının Toplam Alanı		4805 m ²
Yapının Boyutları	Genişlik	54 m
	Uzunluk	40 m
	Yükseklik	6,7 - 9 m
	Maks. Geçilen Açıklık	32 m

Açıklama:

2019 Pekin Uluslararası Bahçecilik Fuarı'ndaki INBAR Bahçe Pavyonu, Expo 2019 Uluslararası Pavyonu'nun doğu tarafında yer almaktadır.

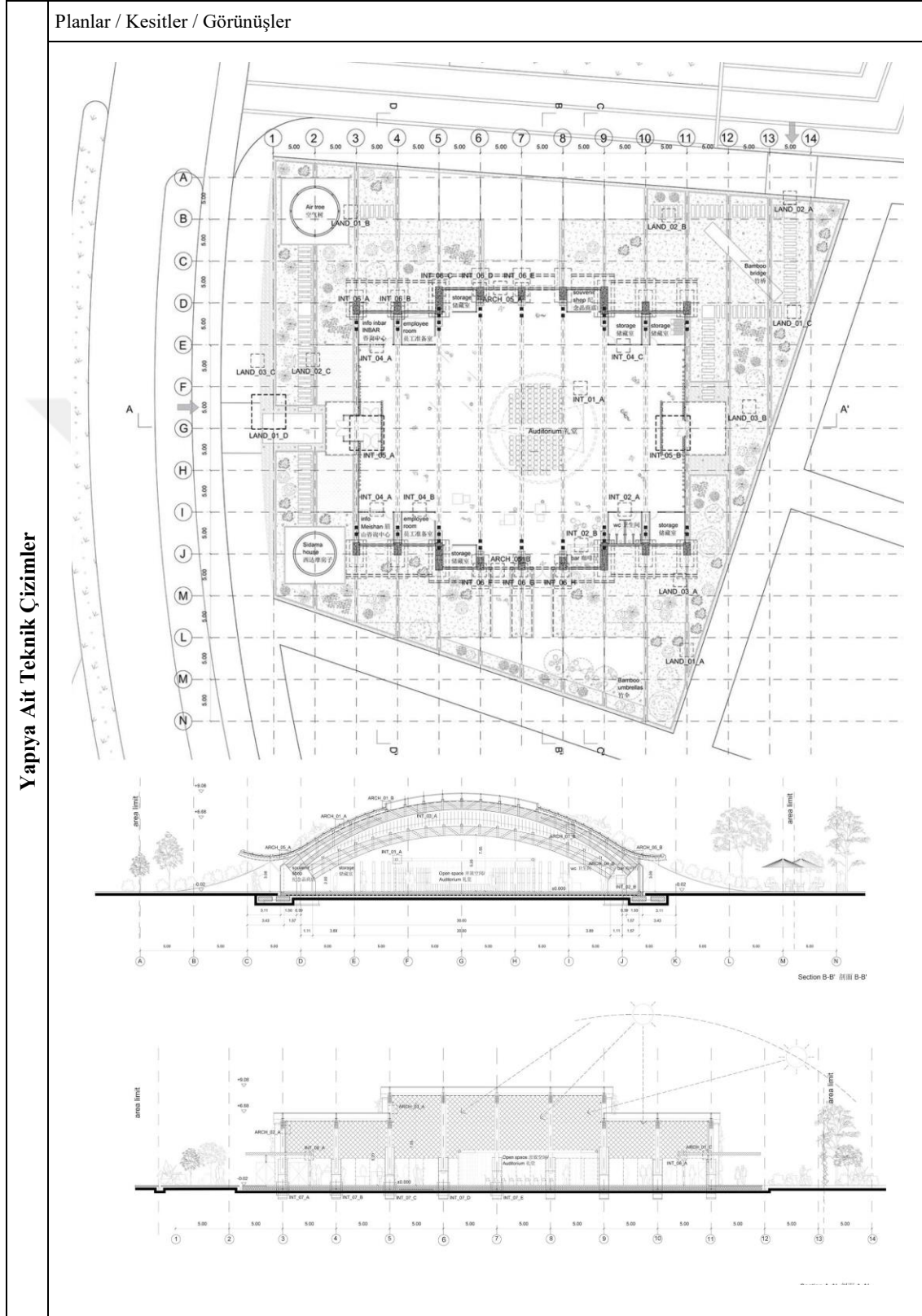
Pavyonun taşıyıcı elemanları kemerlerden oluşmaktadır. 5m'lik akslarla yerleştirilen kemerlerin yapımında 4 ile 6 yaş arasında değişen 5000'den fazla bambu kullanılmıştır. Kemerler, ısı yardımıyla kurutulup bükülmüştür ve bu işlemle birlikte bambuların ömrü 30 yıla kadar çıkmıştır.

Yapıya Doğal ışık, geleneksel Çin el sanatının uygulandığı bambu dokuma çatıdan içeriye doğru gelmektedir.

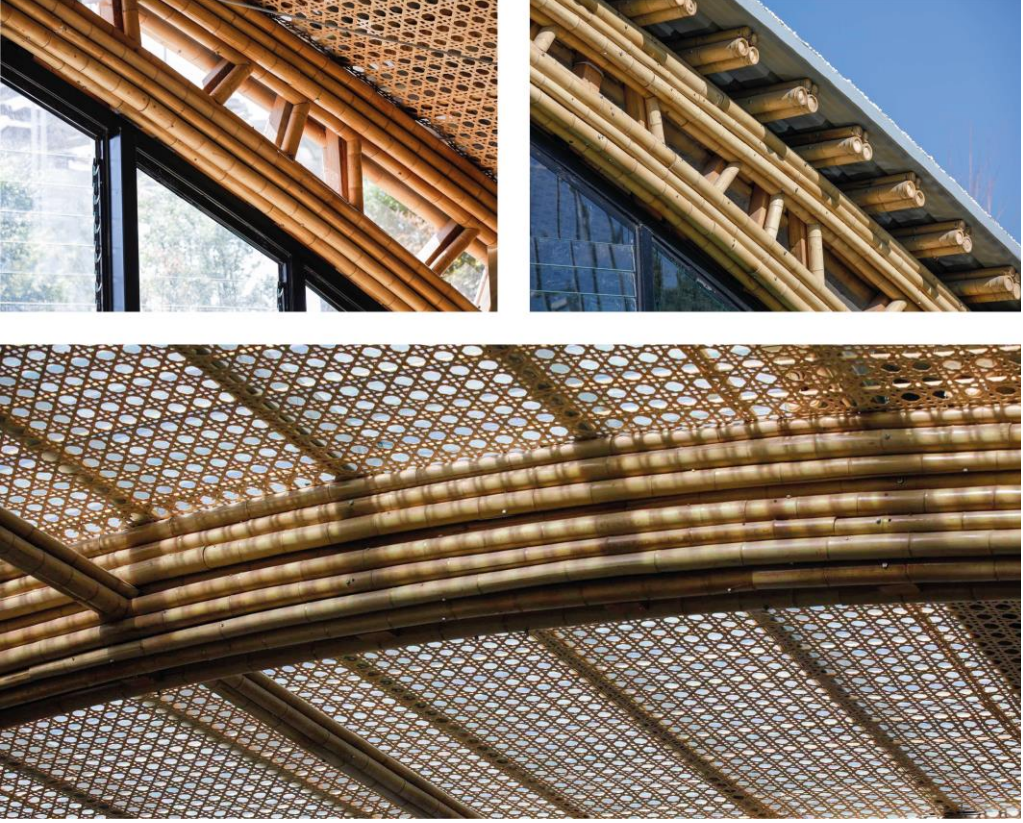
Strüktür Hakkında Bilgiler

Kullanılan Bambuların Türü		<i>Phyllostachys pubescens</i>
Bambunun Kullanım Yeri		Kemer, kiriş, makas, çatı
Bambuların Boyutları	Dış Çap	8-10 cm
	Et Kalınlığı	—
	Boy	—
Kurutma / Kırılma Yöntemi		Isı yardımıyla bükme ve kırılma

Tablo 10'un devamı



Tablo 10'un devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri	Metal bağlantı elemanları kullanılmıştır. Açılı kısımlarda “balık ağzı” kesimler kullanılmıştır.  The images show a bamboo structure with metal connection elements and fish-mouth cuts. The top-left photo shows a close-up of a bamboo joint with a metal bracket. The top-right photo shows a bamboo joint with a metal bracket and a fish-mouth cut. The bottom photo shows a large section of the bamboo structure with a fish-mouth cut and a metal bracket.
--	---

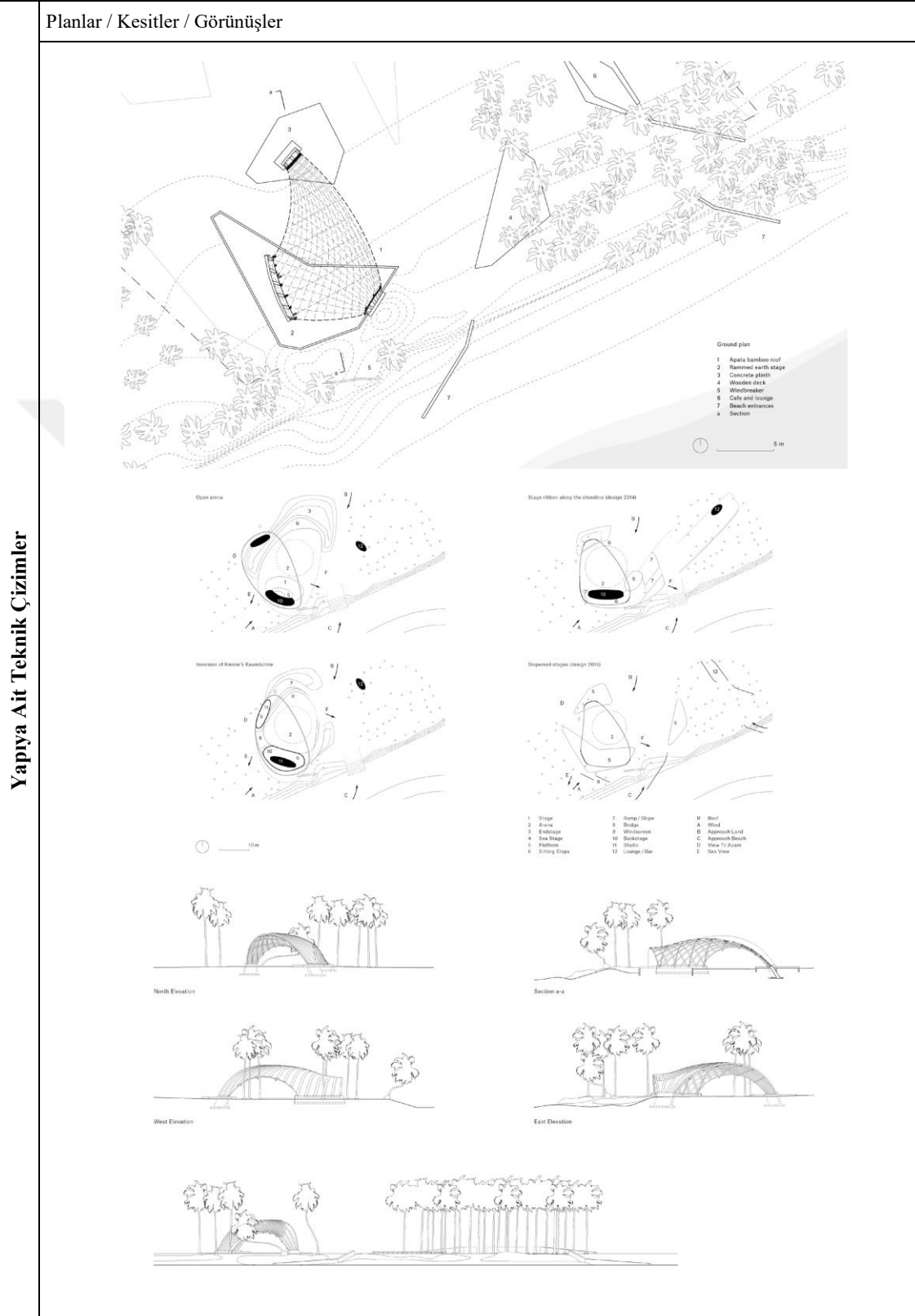
Tablo 11. Haduwa Sahnesi analiz tablosu (Abdel, 2024; Lazarova; Holmes, 2024)

Yapıya Ait Bilgiler

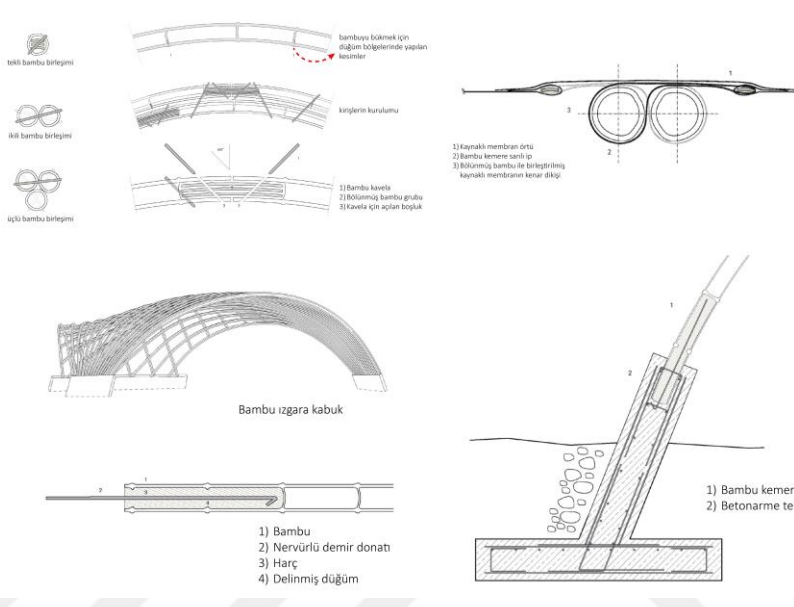
Yapının Adı		Haduwa Sahnesi	
Yapının Mimarı		[applied] Foreign Affairs, Institute of Architecture, University of Applied Arts Vienna	
Yapının Strüktür Mühendisi		Klaus Bollinger, Franz Sam, Jörg Stamm	
Yapım Yılı		2016	
Yapım Yeri		Apam, Gana	
Yapının Türü (Yapının İşlevi)		Sosyal ve kültürel yapı (çok amaçlı salon)	
Yapının Sürekliliği		Kalıcı	
Kat Sayısı		Tek katlı	
Yapının Toplam Alanı		1200 m²	
Yapının Boyutları	Genişlik	—	
	Uzunluk	—	
	Yükseklik	—	
	Maks. Geçilen Açıklık	~30 m*	
Açıklama: Yapı, 41 kemerin kullanıldığı ızgara kabuktan oluşmaktadır. Konum itibariyle Atlantik kıyısında yer aldığı için tuzlu suyun neden olacağı korozyondan etkilenmemek için birleşim yerlerinde metal bağlantı elemanları kullanılmamıştır, bunun yerine binlerce sayıda üretilmiş “bambu kavela” kullanılmıştır. Betonarme ayaklar üzerine oturtulmuş ana taşıyıcı kemerler, ikili veya üçlü bambu demetlerinden oluşmaktadır. Bu kemerler, yaklaşık olarak 3,5 m’lik akslarla yerleştirilmiş kirişler ile desteklenmiştir. Yapının çatısı, membran malzeme ile örtülmüştür. Yapı, 2015’te “Helmut Richter Award” ödülü ile 2016’da “Energy Globe Award for Ghana” ödülünü almıştır.			
Strüktür Hakkında	Kullanılan Bambuların Türü		<i>Bambusa vulgaris</i>
	Bambunun Kullanım Yeri		Kemer, hiperbolik paraboloid, ızgara kabuk
	Bambuların Boyutları	Dış Çap	—
		Et Kalınlığı	—
		Boy	—
Kurutma / Kırleme Yöntemi		Boraks ile kırleme	
(*) Yapıya ait teknik çizimlerden elde edilen referans ölçülerden (URL-26, 2024) internet sitesi aracılığıyla mesafe tahmini yapılmıştır.			



Tablo 11'in devamı



Tablo 11'in devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri	Betonarme ayaklar üzerine oturtulmuş ana taşıyıcı kemerler, ikili veya üçlü bambu demetlerinden oluşmaktadır. Betonarme ayaklar ile bambu elemanlar arasındaki bağlantıyı sağlamak için bambuların alt kısımlarından içeri betonarme ayaklardan çıkartılan demir filizleri sokulup bambunun alt kısmı belli seviyeye kadar beton ile doldurulmuştur.  1) Bambu 2) Nervürlü demir donatı 3) Harç 4) Delinmiş düğüm 1) Bambu kemer 2) Betonarme temel
Yapım Aşamasına Ait Bilgiler ve Görseller	

Tablo 12. Kim Boi Bambu Restoran analiz tablosu (URL-27, 2021)

Yapıya Ait Bilgiler

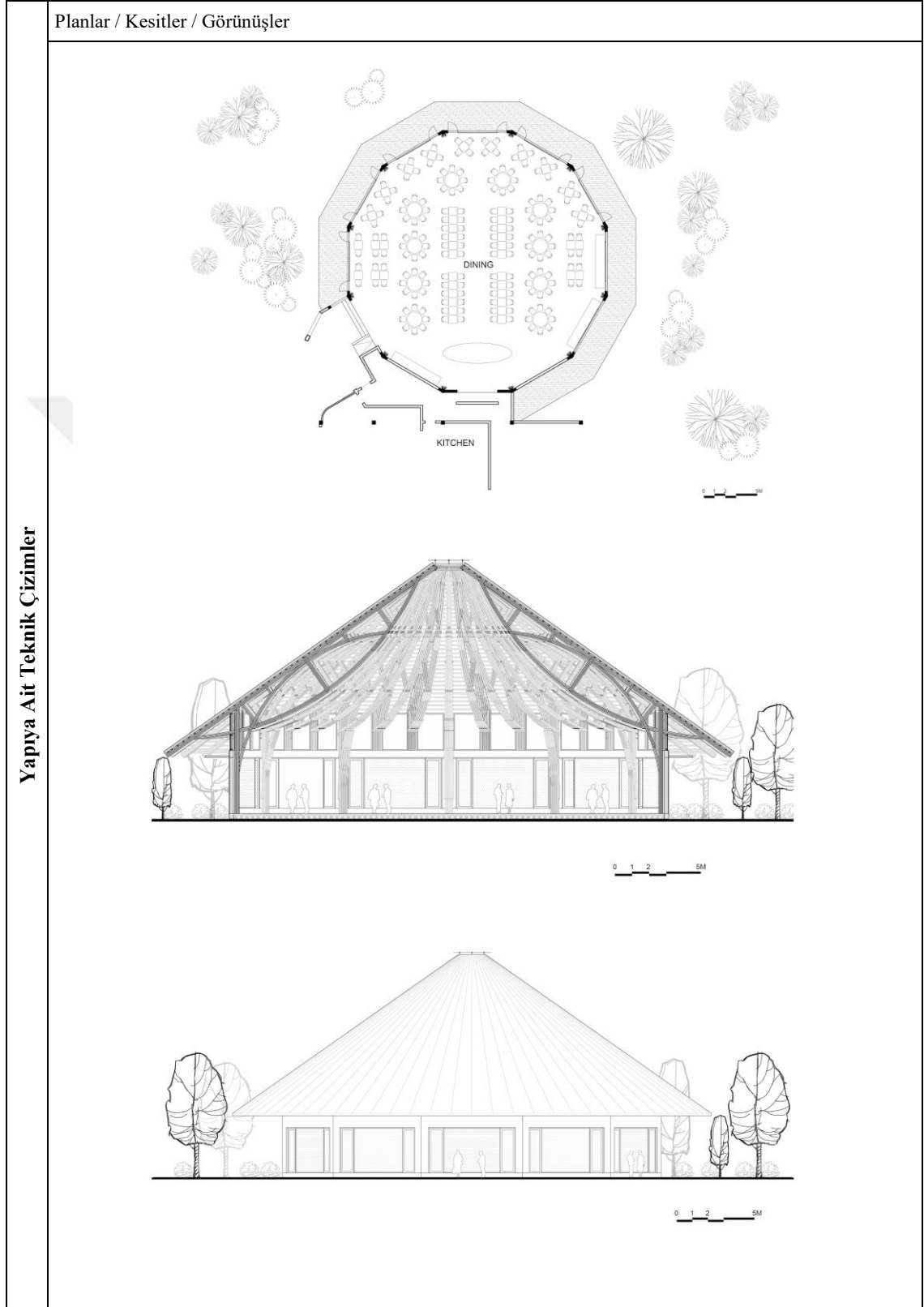
Yapının Adı		Kim Boi Bambu Restoran
Yapının Mimarı		Tran Ba Tiep
Yapının Strüktür Mühendisi		—
Yapım Yılı		2016
Yapım Yeri		Kim Bôi, Vietnam
Yapının Türü (Yapının İşlevi)		Ticari yapı (restoran)
Yapının Sürekliliği		Kalıcı
Kat Sayısı		Tek katlı
Yapının Toplam Alanı		700 m²
Yapının Boyutları	Genişlik	32 m çapında
	Uzunluk	
	Yükseklik	15 m
	Maks. Geçilen Açıklık	24,6 m
Açıklama: Yapının konkav konik çatısının formu, Vietnamlı insanların kullanmış olduğu geleneksel konik şapkadan esinlenilerek oluşturulmuştur. Onikigen bir plana sahip yapının çatısını taşıyan elemanlar, 12 adet bambu çerçeve ve betonarme kirişlere yaslanan 24 adet bambu çerçeveden oluşmakta olup yapıda toplamda 36 adet bambu çerçeve bulunmaktadır. Çerçeve elemanlar ilk olarak zeminde hazırlanıp ardından vinç yardımıyla yerlerine sabitlenmiştir. Çatının tepe kısmında doğal ışığı almak amacıyla 1,56 m çapında açıklık yer almaktadır. Çatı kaplaması, doğal yapraklardan yapılmıştır.		

Strüktür Hakkında Bilgiler

Kullanılan Bambuların Türü		<i>Thyrsostachys siamensis</i> (Tâm Vông)
Bambunun Kullanım Yeri		Kiriş, Makas, Kubbe, Çatı
Bambuların Boyutları	Dış Çap	—
	Et Kalınlığı	—
	Boy	—
Kurutma / Kürleme Yöntemi		—



Tablo 12'nin devamı



Tablo 12'nin devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görşelleri	Birleşimler, halat ve cıvatalar ile yapılmıştır. Bambu çerçeveler, temele ve betonarme kirişlere metal elemanlar, çelik gergiler ile sabitlenmiştir. 
Yapım Aşamasına Ait Bilgiler ve Görşeller	Çerçeve elemanlar ilk olarak zeminde hazırlanıp ardından vinç yardımıyla yerlerine sabitlenmiştir. 

Tablo 13. Millenium Köprüsü analiz tablosu (URL-28, 2021)

Yapının Adı

Yapının Mimarı

Yapının Strüktür Mühendisi

Yapım Yılı

Yapım Yeri

Yapının Türü (Yapının İşlevi)

Yapının Sürekliliği

Kat Sayısı

Yapının Toplam Alanı

Yapının Boyutları

Genişlik

Uzunluk

Yükseklik

Maks. Geçilen Açıklık

Açıklama:

Buffalo boynuzuna benzeyen bir çatıya sahip olan ve Millenium Köprüsü'nün tasarımında Minangkabau mimarisinden esinlenilmiştir. Yapı, 23 metre uzunluğa sahip olmasıyla Asya'nın en uzun bambu köprüleri arasında yer almaktadır.

Dünya çapında bambu malzemeyi yapı malzemesi olarak kullanılmasının teşvik edilmesi ve Green School'un doğu-batı kısımlarını birbirine bağlaması amacıyla yapılan bu yaya köprüsünün yapımında sarı ve siyah bambu türleri kullanılmıştır.

Kullanılan Bambuların Türü

Bambunun Kullanım Yeri

Bambuların Boyutları

Dış Çap

Et Kalınlığı

Boy

Kurutma / Kırleme Yöntemi

Millenium Köprüsü

IBUKU

—

2011

Abiansema, Endonezya

Ulaşım yapısı (yaya köprüsü)

Kalıcı

Tek katlı

70 m²

5 m

23 m

15,5 m

22 m

Dendrocalamus asper

(sarı ve siyah Petung bambu)

Dikme, kiriş, kemer, çatı

14 cm (dikme ve kemer),
16 cm (kiriş), 12 cm (mahya aşığı), 7-8 cm (mertek)

—

—

—

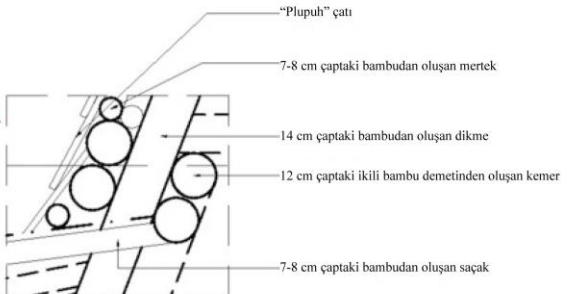
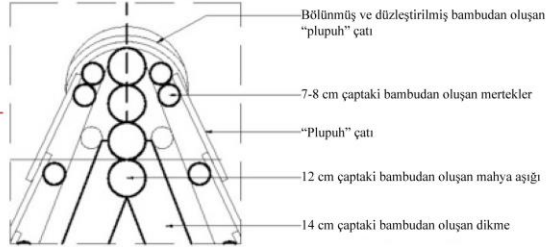
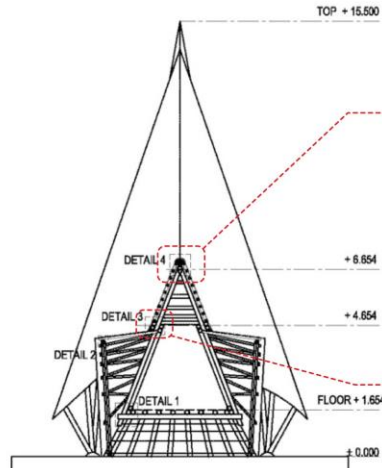
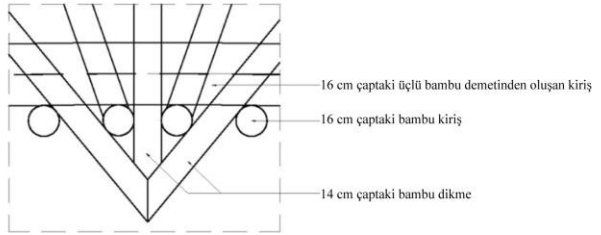
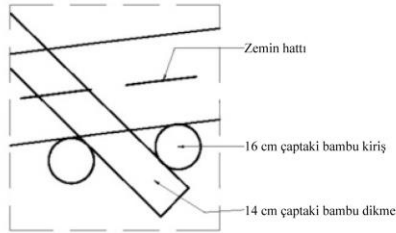
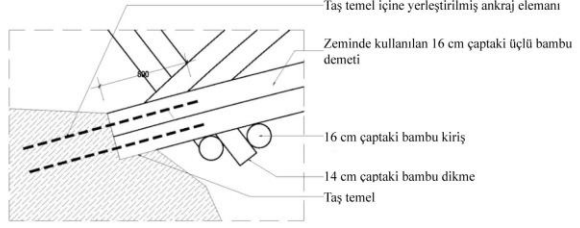


Tablo 13'ün devamı

Yapıya Ait Teknik Çizimler	Planlar / Kesitler / Görünümler
	The image contains three technical drawings of a roof structure: Plan View (Top): Shows the roof layout with dimensions. Key labels include: - Rock Cladding - Roof Line (Dotted Line) 3 X Ø 16 Cm Slab Beam 1 Band - Ø 16 Cm Slab - Ø 16 Cm Slab Structure Joint - Dimensions: 22000 (width), 750 (height), 5000 (length), 750 (height). Cross-Section (Middle): Shows the structural profile with dimensions and labels: 2 X Ø 7 - 8 Cm Slab Tilt Support Beams 2 X Ø 12 Cm Ridge Beams 2 X Ø 12 Cm Ridge Beams 2 X Ø 14 Cm Arch Beams Joint - Ø 14 Cm Column Beams - Ø 14 Cm Support Beams - Labels: DETAIL 1, DETAIL 2, DETAIL 3 - Dimensions: 22000 (width), 15.800 (height), 6.854 (height), 4.854 (height), FLOOR + 1.854, ± 0.000 (height). - Labels: Floor (Dotted Line), 3 X Ø 16 Cm Edging Slab, Ø 16 Cm Slab Structure Joint Perspective View (Bottom): A 3D representation of the roof structure showing the truss-like framework.

Tablo 13'ün devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri



Tablo 13'ün devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri	Balık ağzı birleşim yöntemi kullanılmış. Birleşim yerlerinde metal bağlantı elemanları, halatlar ve bambu kavelalar kullanılmış. 
Yapım Aşamasına Ait Bilgiler ve Görseller	Yapının inşası 8 ayda tamamlanmıştır. 

Tablo 14. The Lumi Shala analiz tablosu (URL-29, 2024; URL-30, 2024; URL-31, 2024; URL-32, 2024; Astbury, 2024)

Yapıya Ait Bilgiler

Yapının Adı	The Lumi Shala	
Yapının Mimarı	IBUKU	
Yapının Strüktür Mühendisi	Atelier One	
Yapım Yılı	2023	
Yapım Yeri	Kecamatan Ubud, Endonezya	
Yapının Türü (Yapının İşlevi)	Sosyal ve kültürel yapı (yoga merkezi)	
Yapının Sürekliliği	Kalıcı	
Kat Sayısı	Tek katlı	
Yapının Toplam Alanı	227 m ²	
Yapının Boyutları	Genişlik	21 m
	Uzunluk	23 m
	Yükseklik	9 m
	Maks. Geçilen Açıklık	21 m

Açıklama:

Bali'deki Alchemy Yoga Merkezi'nde bulunan yapı, insanların yoga ve meditasyon yapmak için bir araya gelmesini sağlaması amacıyla yapılmıştır.

50 işçi ile 8 ayda tamamlanan yapı, altılı bambu demetlerinden yapılmış kemerlerle desteklenen beş farklı ızgara kabuktan meydana gelmektedir. Yapıda kullanılan bambular 3 yaşında olup 968 m²'lik çatıda 4423 tane elle kesilmiş ve katlanmış bambu kiremit (plupuh) kullanılmıştır. Yapıda doğal havalandırmayı sağlamak amacıyla ızgara kabuklar arasında boşluklar bırakılmıştır.

Yapı "Health and Wellbeing Project Category of Dezeen Awards 2023" ödülünü kazanmış ve "Building of the Year Award, 2023" için kısa aday listesinde gösterilmiştir.

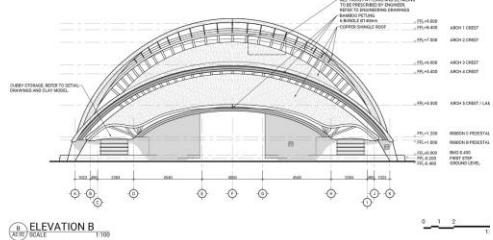
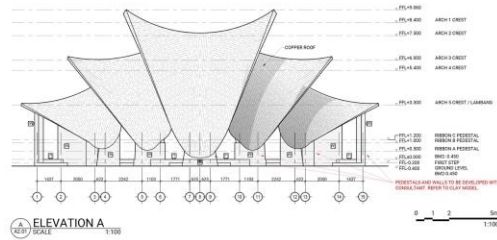
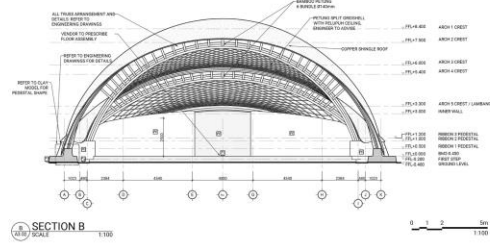
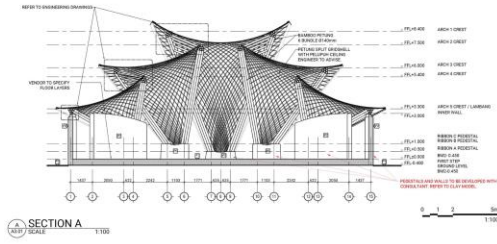
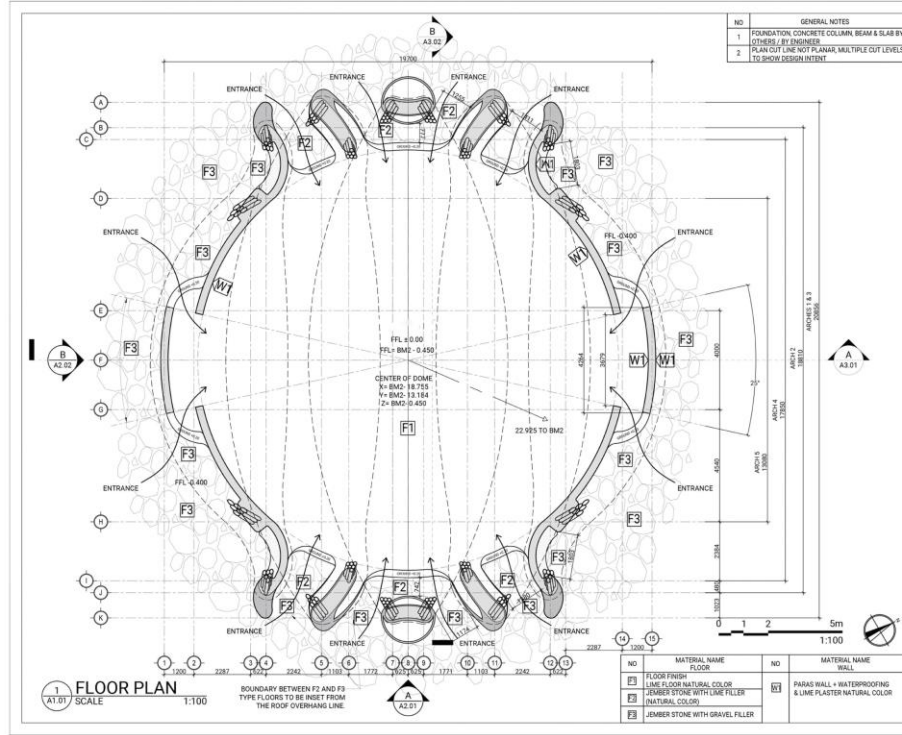
Strüktür Hakkında

Kullanılan Bambuların Türü	<i>Dendrocalamus asper</i>	
Bambunun Kullanım Yeri	Kemer, ızgara kabuk, hiperbolik paraboloid	
Bambuların Boyutları	Dış Çap	14 cm
	Et Kalınlığı	—
	Boy	—
Kurutma / Kürleme Yöntemi	—	

Tablo 14'ün devamı

Planlar / Kesitler / Görünüşler

Yapıya Ait Teknik Çizimler



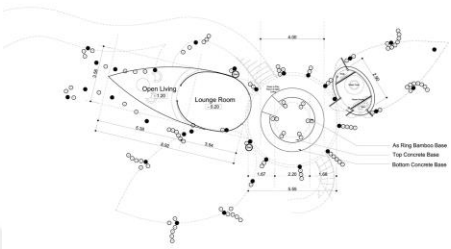
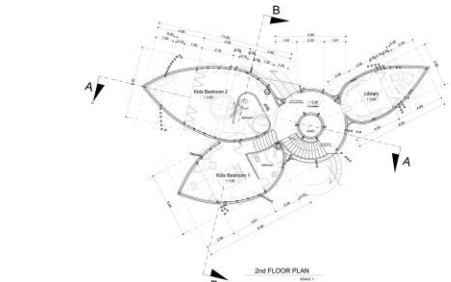
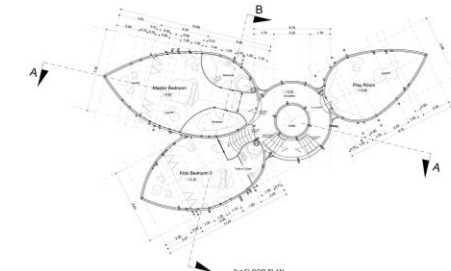
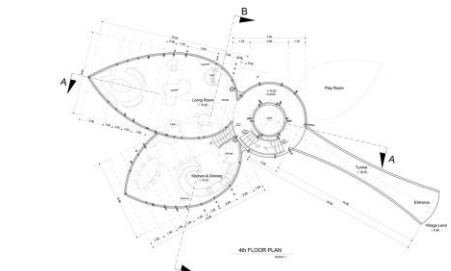
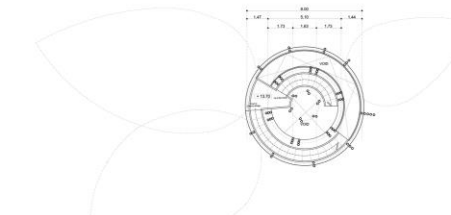
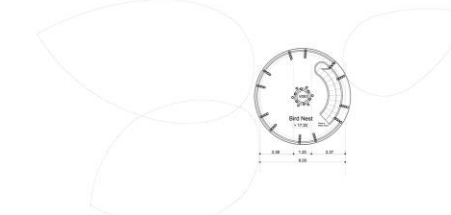
Tablo 14'ün devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri	Kemerler, altılı bambu demetlerinden oluşmaktadır. Çatı, 4423 adet elle kesilmiş ve katlanmış bakır kaplamadan oluşmaktadır. Yapı, 50 işçi ile 8 ayda yapılmıştır. 
--	--

Tablo 15. Sharma Springs analiz tablosu (URL-33, 2023; URL-34, 2023)

Yapıya Ait Bilgiler	Yapının Adı		Sharma Springs	    
	Yapının Mimarı		IBUKU	
	Yapının Strüktür Mühendisi		Ashar Saputra	
	Yapım Yılı		2012	
	Yapım Yeri		Abiansema, Endonezya	
	Yapının Türü (Yapının İşlevi)		Konut	
	Yapının Sürekliliği		Kalıcı	
	Kat Sayısı		6 katlı	
	Yapının Toplam Alanı		750 m²	
	Yapının Boyutları	Genişlik	—	
Uzunluk		—		
Yükseklik		24,70 m		
Maks. Geçilen Açıklık		8,63 m		
Açıklama: Bali'deki en yüksek bambu yapı olan bu yapının formu, lotus çiçeğinin yapraklarından ilham alınarak tasarlanmıştır ve her bir taç yaprakta farklı temalara sahip odalar yer almaktadır. Konuta giriş 4. katta yer alan 15 m uzunluğunda tünel şeklindeki köprü ile sağlanmaktadır. Yapı, değişken kat yüksekliklerine sahip olup içerisinde daha küçük bir kule yer alan merkezi bir kule ile desteklenmektedir. Bambular, taş temeller üzerine oturtulmuştur. Çatı, bambuların uzunlamasına bölünüp shingle gibi kullanılarak “pelupuh çatı” sistemi ile kaplanmıştır.				
Strüktür Hakkında Bilgiler	Kullanılan Bambuların Türü		<i>Dendrocalamus asper</i> (Petung), Black bambu	
	Bambunun Kullanım Yeri		Dikme, kiriş, kemer, çatı, döşeme	
	Bambuların Boyutları	Dış Çap	16 cm (dikme), 14 cm (kiriş), 12-14 cm (çatı), 7 cm (mertek), 13-14 cm (döşeme)	
		Et Kalınlığı	—	
		Boy	—	
	Kurutma / Kırılma Yöntemi		—	

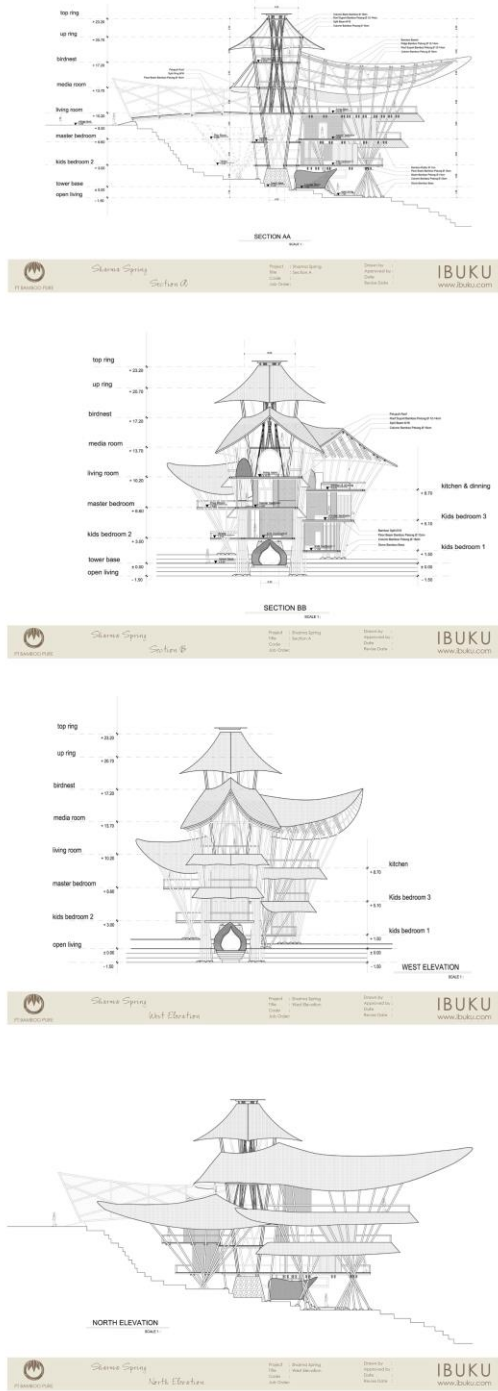
Tablo 15'in devamı

Yapıya Ait Teknik Çizimler	Planlar
	Yapı, değişken kat yüksekliklerine sahiptir (3/3,6/3,5/2,5)
	 Site Plan Silvana Spring Project: Silvana Spring Scale: 1:500 Date: 2018 IBUKU www.ibuku.com
	 2nd FLOOR PLAN Silvana Spring Project: Silvana Spring Scale: 1:500 Date: 2018 IBUKU www.ibuku.com
	 3rd FLOOR PLAN Silvana Spring Project: Silvana Spring Scale: 1:500 Date: 2018 IBUKU www.ibuku.com
	 4th FLOOR PLAN Silvana Spring Project: Silvana Spring Scale: 1:500 Date: 2018 IBUKU www.ibuku.com
	 5th FLOOR BIRD NEST Silvana Spring Project: Silvana Spring Scale: 1:500 Date: 2018 IBUKU www.ibuku.com
	 6th FLOOR BIRD NEST Silvana Spring Project: Silvana Spring Scale: 1:500 Date: 2018 IBUKU www.ibuku.com

Tablo 15'in devamı

Kesitler / Görünüşler

Yapıya Ait Teknik Çizimler



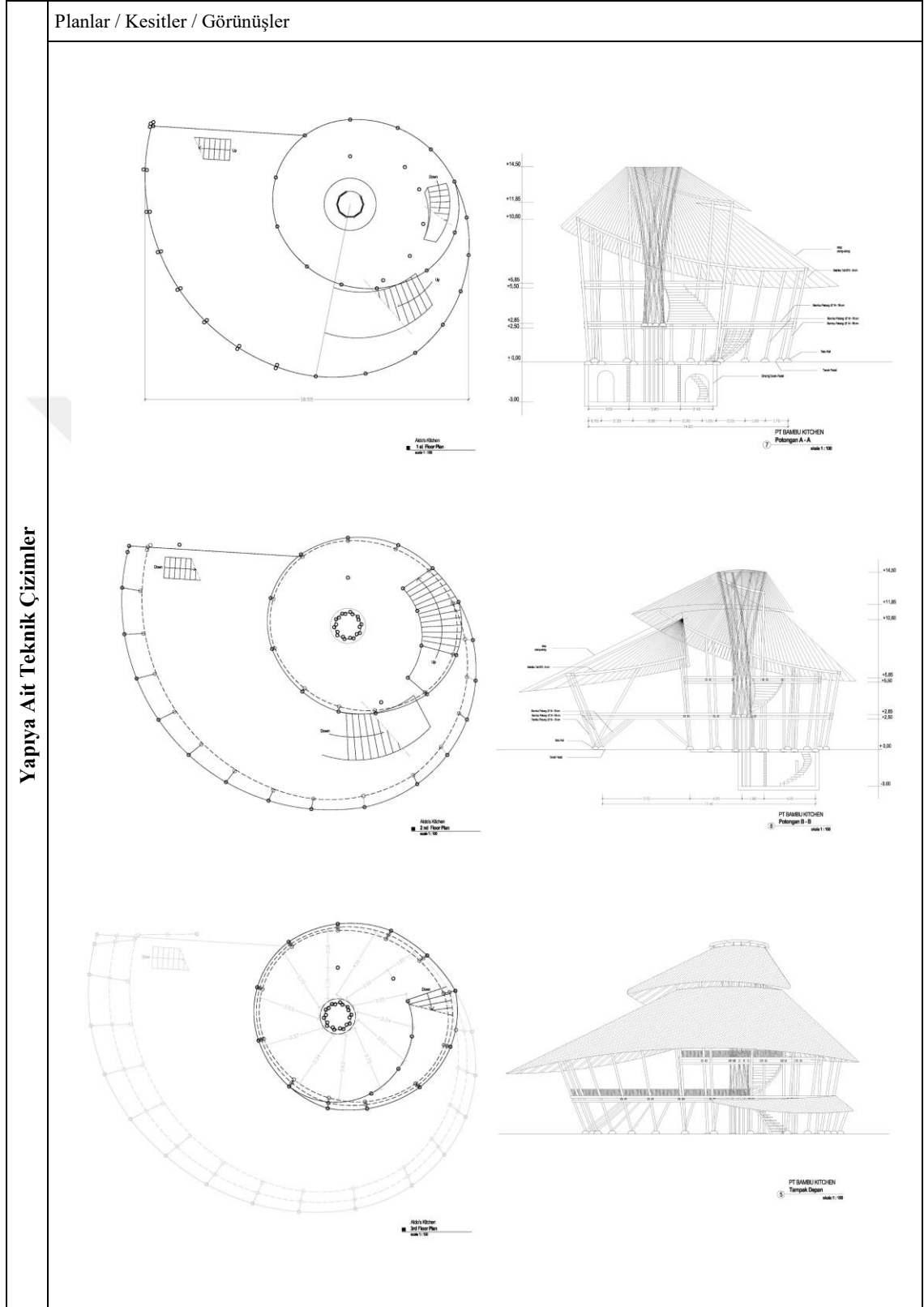
Tablo 15'in devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri	Bambular, taş temeller üzerine oturtulmuştur. Çatı, bambuların uzunlamasına bölünüp shingle gibi kullanılarak “pelupuh” çatı sistemi ile kaplanmıştır.  “pelupuh” çatı taş temeller
Yapım Aşamasına Ait Bilgiler ve Görseller	 

Tablo 16. Aldo's Kitchen analiz tablosu (URL-35, 2021)

Yapıya Ait Bilgiler	Yapının Adı		Aldo's Kitchen		
	Yapının Mimarı		IBUKU		
	Yapının Strüktür Mühendisi		—		
	Yapım Yılı		2007		
	Yapım Yeri		Abiansema, Endonezya		
	Yapının Türü (Yapının İşlevi)		Ticari yapı (restoran, ofis)		
	Yapının Sürekliliği		Kalıcı		
	Kat Sayısı		3 katlı		
	Yapının Toplam Alanı		500 m²		
	Yapının Boyutları	Genişlik	~15 m*		
Uzunluk		18,55 m			
Yükseklik		14,50 m			
Maks. Geçilen Açıklık		7,15 m			
Yapı Hakkında Açıklama	Açıklama:				
	Başlangıçta restoran olarak tasarlanan bina, günümüzde IBUKU ofisinin genel merkezi olarak kullanılmaktadır.				
	Bölgenin iklimi nedeniyle yapıda bodrum katta yer alan toprak duvarlar haricinde duvar kullanılmamıştır.				
	Yapının yağmurdan korunması amacıyla çatıda geniş saçaklar bırakılmıştır. Sazlarla kaplanmış çatının tepe kısmında ışığın gelmesini ve zemin katta bulunan mutfakın havalandırmasını sağlayan açıklık bulunmaktadır.				
	Faydalı uzunluğu yaklaşık 18 metreye ulaşan <i>Dendrocalamus asper</i> (Petung) türünden yapılmış bambu dikmeler, taş temel üzerine radyal düzende eşit aralıklarla yerleştirilmiştir.				
Strüktür Hakkında Bilgiler	Kullanılan Bambuların Türü		<i>Dendrocalamus asper</i> (Petung)		
	Bambunun Kullanım Yeri		Dikme, giriş, makas, çatı (mertek)		
	Bambuların Boyutları	Dış Çap	14-16 cm (dikme), 6-8 cm (mertek)		
		Et Kalınlığı	—		
		Boy	18 m		
Kurutma / Külleme Yöntemi		—			
(*) Yapıya ait teknik çizimlerden elde edilen referans ölçülerden (URL-26, 2024) internet sitesi aracılığıyla mesafe tahmini yapılmıştır.					

Tablo 16'nın devamı



Tablo 17. Milguaduas Evi analiz tablosu (URL-36, 2023)

Yapıya Ait Bilgiler

Yapının Adı	Milguaduas Evi	
Yapının Mimarı	ritmo arquitectos	
Yapının Strüktür Mühendisi	—	
Yapım Yılı	2021	
Yapım Yeri	Pereira, Kolombiya	
Yapının Türü (Yapının İşlevi)	Konut	
Yapının Sürekliliği	Kalıcı	
Kat Sayısı	2 katlı	
Yapının Toplam Alanı	520 m ²	
Yapının Boyutları	Genişlik	~ 21 m*
	Uzunluk	~ 18 m*
	Yükseklik	~ 10 m*
	Maks. Geçilen Açıklık	~ 5,5 m*

Açıklama:

Yerli bir guadua ormanı ile çevrili olan Milguaduas Evi, Kolombiya'daki kahve yetiştiriciliği Bölgesi (Kahve Üçgeni) geleneksel kırsal evlerinin modern anlamda yorumlamak amacıyla yapılmıştır.

Yapı, bir tarafta yatak odalarının yer aldığı diğer tarafta da oturma alanı ve mutfakın yer aldığı şekilde ikiye ayrılmaktadır. Yapının her bölümü farklı kotlara oturmaktadır.

Yapının tasarımında sürdürülebilir bir ortamı teşvik etmek amacıyla bambu, pişmiş toprak, dökme beton, siyah metal gibi malzemeler ve saf beyaz duvarlar kullanılmıştır.

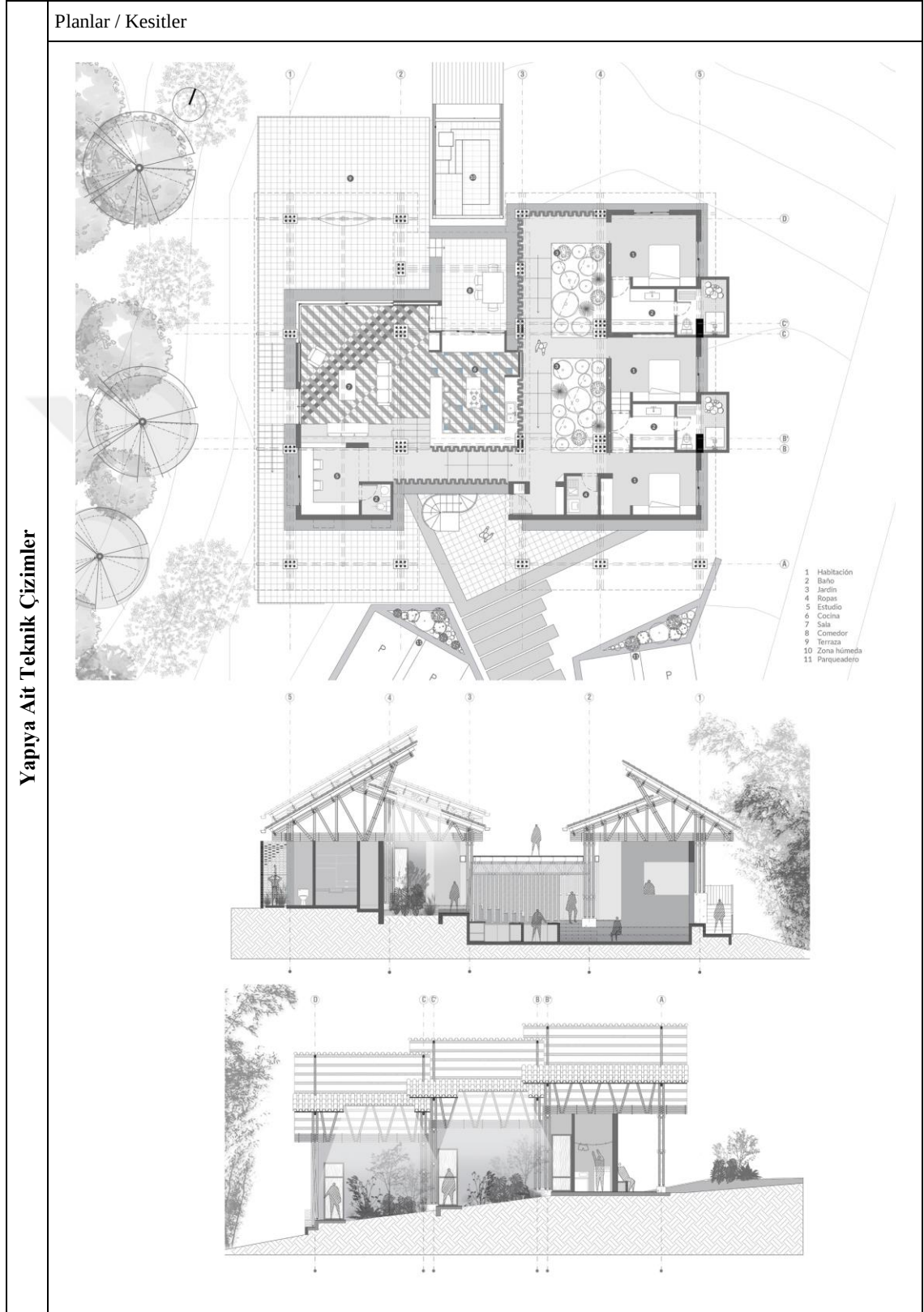
Yapının çevresel faktörlerden korunması amacıyla geniş saçaklar yapılmıştır.

Strüktür Hakkında

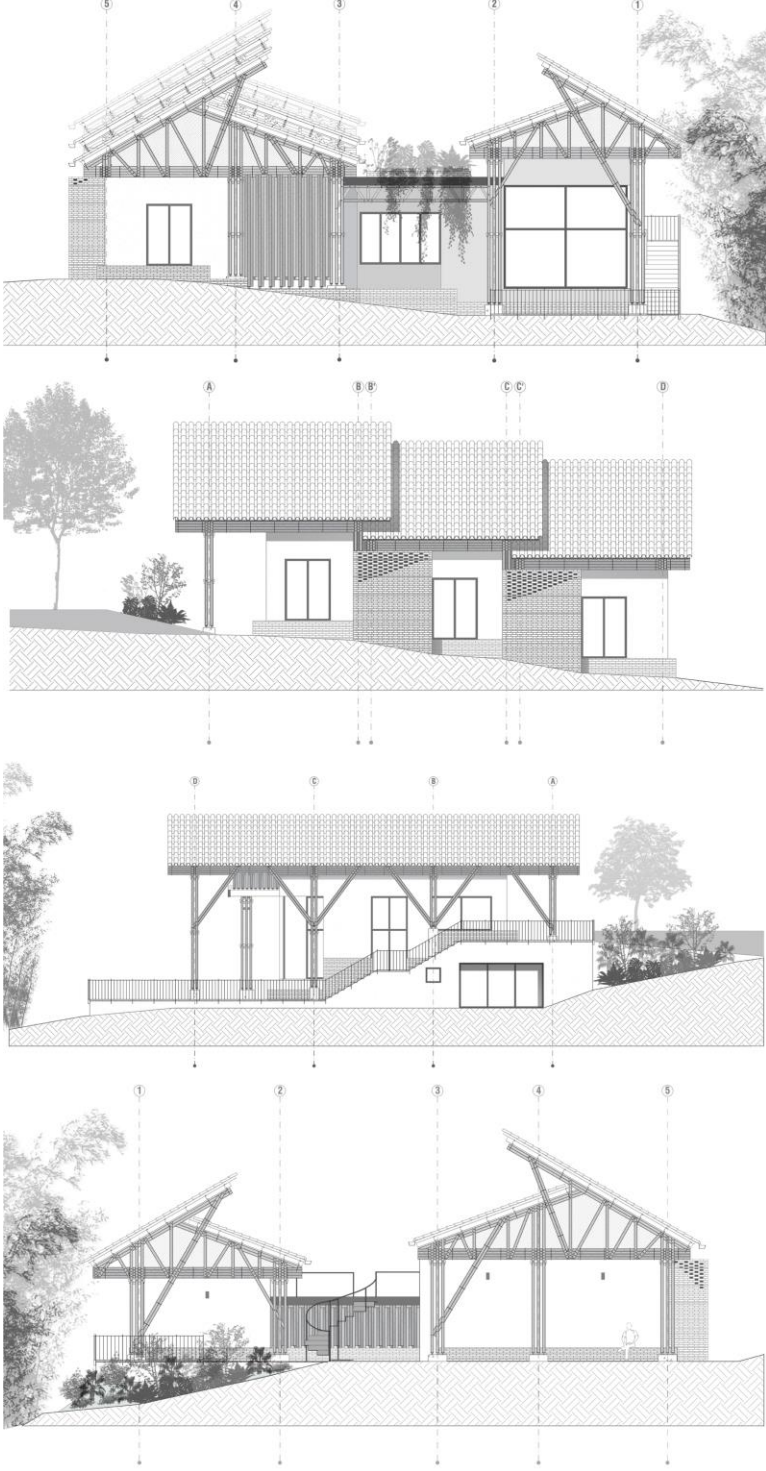
Kullanılan Bambuların Türü	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth (Guadua Macana)	
Bambunun Kullanım Yeri	Dikme, kiriş, makas, çatı	
Bambuların Boyutları	Dış Çap	~ 10 cm*
	Et Kalınlığı	—
	Boy	—
Kurutma / Kırılma Yöntemi	Boraks tuzu ile kırılma	

(*) Yapıya ait teknik çizimlerden elde edilen referans ölçülerden (URL-26, 2024) internet sitesi aracılığıyla mesafe tahmini yapılmıştır.

Tablo 17'nin devamı



Tablo 17'nin devamı

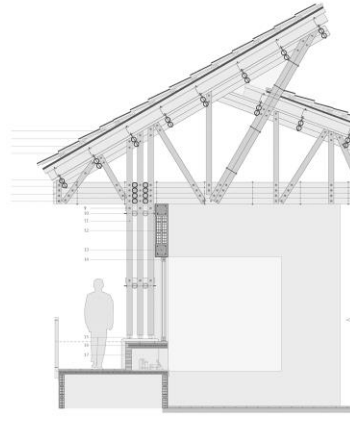
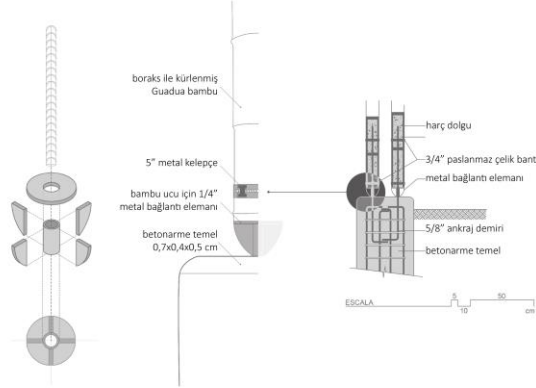
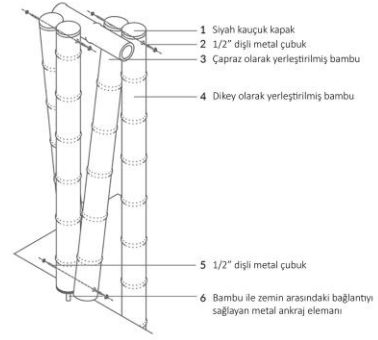
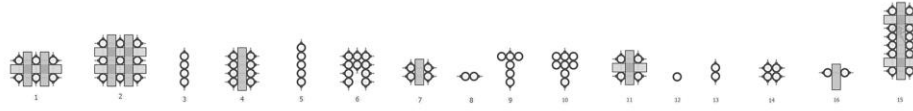
Yapıya Ait Teknik Çizimler	Görünüşler
	 The image contains four architectural drawings of a building, arranged vertically. The top drawing is a cross-section showing the internal structure, including a large central hall and a smaller room on the right. It features a steep, gabled roof with exposed wooden trusses. Section markers 1, 2, 3, 4, and 5 are indicated along the top. The second drawing is a longitudinal section showing the building's profile, including a large central hall and a smaller room on the right. It features a flat roof with a central section. Section markers A, B, C, and D are indicated along the top. The third drawing is a longitudinal section showing the building's profile, including a large central hall and a smaller room on the right. It features a flat roof with a central section. Section markers A, B, C, and D are indicated along the top. The bottom drawing is an elevation view showing the building's facade, including a large central hall and a smaller room on the right. It features a steep, gabled roof with exposed wooden trusses. Section markers 1, 2, 3, 4, and 5 are indicated along the top.

Tablo 17'nin devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri

Bambu demetlerinin çeşitli kombinasyonları kullanılmış ve bambuların boşta kalan uçları, çevresel faktörlerden korunması amacıyla siyah kauçuk malzemeler ile kapatılmıştır.

Bambular, betonarme kaideler üzerine yerleştirilmiştir. (temel ile bağlantısının güçlü olması amacıyla bambunun alt tarafının bir kısmının içine dişli metal çubuk ile desteklenmiş beton malzeme dökülmüştür.)



1. Pişmiş topraktan yapılmış kiremit
2. Gri profil 7 kiremit
3. Fiberbeton levha 6mm 244x122
4. C profilli galvanizli demir 220x80
5. 1/2" dişli metal çubuk
6. Her 1 metrede bir cıvata ile birbirine bağlanmış ikili bambu demetinden oluşan mertek
7. 1/2" dişli çubuk ile birbirine bağlanmış dörtlü bambu demetinden oluşan kiriş
8. Cıvata
9. Cıvatalı bambu dikmeler için yapılan bambu destek elemanı
10. 1/2" dişli metal çubuk
11. Altılı bambu demetinden oluşan bambu dikme
12. Lento 30x10x20cm
13. Betonarme kiriş 30x30cm
14. Alüminyum doğrama profili
15. Bambunun zemine ankrajı için kullanılan metal eleman
16. Taş kaplamalı zemin plakası
17. Tuğla

Tablo 18. Ekolojik Çocuk Aktivite ve Eğitim Merkezi analiz tablosu (URL-37, 2024; URL-38, 2024)

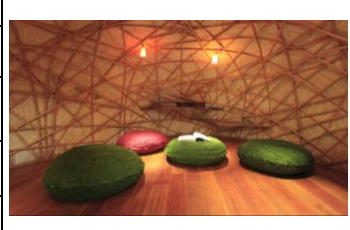
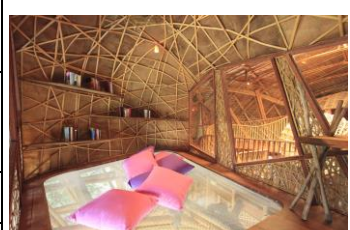
Yapıya Ait Bilgiler

Yapının Adı		Ekolojik Çocuk Aktivite ve Eğitim Merkezi
Yapının Mimarı		24H > architecture
Yapının Strüktür Mühendisi		—
Yapım Yılı		2007
Yapım Yeri		Koh Kood, Tayland
Yapının Türü (Yapının İşlevi)		Sosyal ve kültürel yapı (çok amaçlı salon)
Yapının Sürekliliği		Kalıcı
Kat Sayısı		2 katlı
Yapının Toplam Alanı		165 m²
Yapının Boyutları	Genişlik	28 m
	Uzunluk	~25 m*
	Yükseklik	12 m
	Maks. Geçilen Açıklık	~10 m*
Açıklama: Ana yapı “<i>Dendrocalamus asper</i>” türündeki bambular; çatı ve kavisli kısımlar “<i>Bambusa multiplex</i>” türündeki bambular kullanılarak yapılmıştır. Tüm kirişler, 3 boyutlu bilgisayar modeli üzerinden üretilmiştir. 70'ten fazla kavisli elemanların yapımı için bambular, özel olarak geliştirilmiş bir buhar fırınında 1 saat ısıtıldıktan sonra koordinat sistemli ayarlanabilir bir kalıpta bir araya getirilmiştir. Çatı, bambu kiremitlerle kaplı, üstünde su geçirmez bir membran bulunan yarma bambudan bir tavandan oluşmaktadır.		

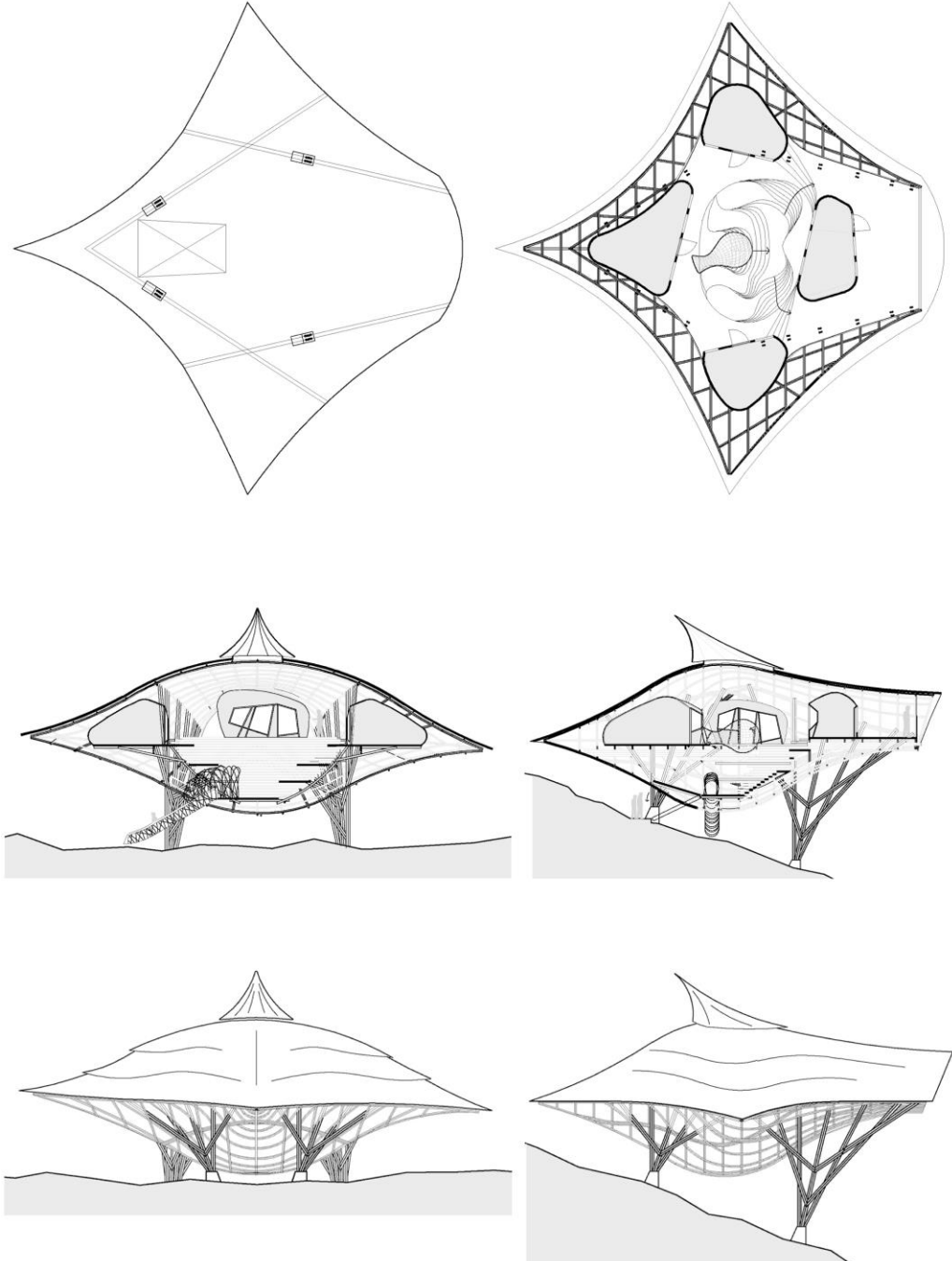
Strüktür Hakkında Bilgiler

Kullanılan Bambuların Türü		<i>Dendrocalamus asper</i> (Pai Tong), <i>Bambusa multiplex</i> (Pai Liang)
Bambunun Kullanım Yeri		Dikme, kiriş, kemer, çatı
Bambuların Boyutları	Dış Çap	10-13 cm (Pai Tong), 5 cm (Pai Liang)
	Et Kalınlığı	—
	Boy	9 m (Pai Tong), 4 m (Pai Liang)
Kurutma / Kürleme Yöntemi		—

(*) Yapıya ait teknik çizimlerden elde edilen referans ölçülerden (URL-26, 2024) internet sitesi aracılığıyla mesafe tahmini yapılmıştır.



Tablo 18'in devamı

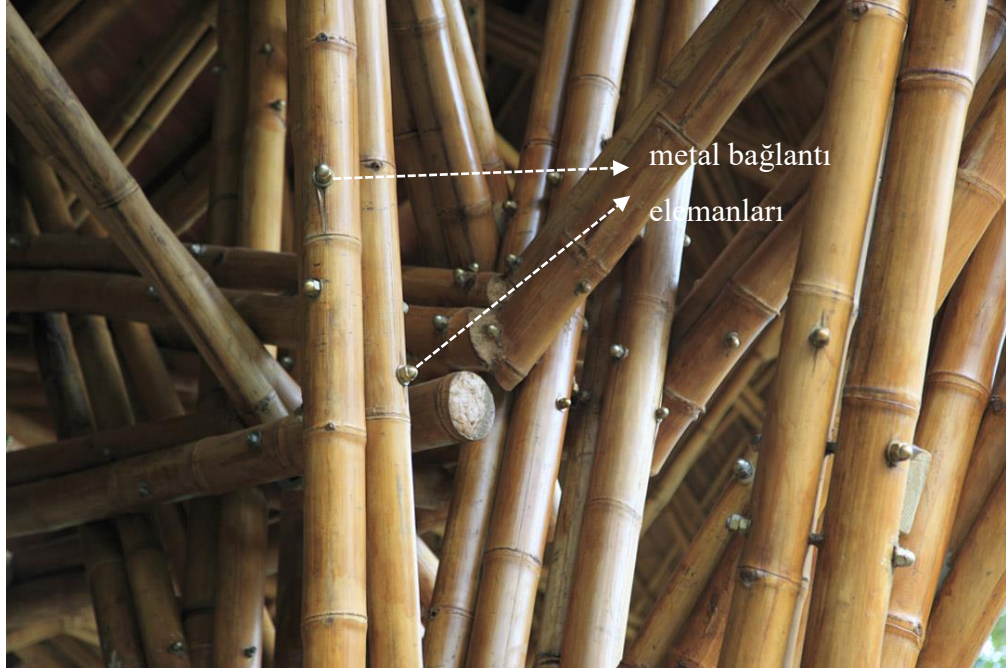
Yapıya Ait Teknik Çizimler	Planlar / Kesitler / Görünüşler
	

Tablo 18'in devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri

Yapıda modern ve geleneksel birleştirme tekniklerinin bir karışımı kullanılmıştır. Ağır yükler nedeniyle, ana yapı için cıvatalı bağlantılar kullanılmıştır. Bu derzlerde, bambunun yarılmasını önlemek için bambu çimento harcı ile doldurulmuştur.

İkincil çatı ve karın yapısı için, bambu demetlerinin etrafına sarılan rattan ile birlikte çoğunlukla bambu dübeller kullanılmıştır. Çatı, bambu kiremitlerle kaplı, üstünde su geçirmez bir membran bulunan bölünmüş bambudan bir tavandan oluşmaktadır.



Tablo 19. N4+ Gluebam Evi analiz tablosu (URL-39, 2021)

Yapıya Ait Bilgiler

Yapının Adı	N4+ Gluebam Evi
Yapının Mimarı	Advanced Architecture Lab [AaL]
Yapının Strüktür Mühendisi	—
Yapım Yılı	2012
Yapım Yeri	Wuhan, Çin
Yapının Türü (Yapının İşlevi)	Eğitim yapısı (konut prototipi)
Yapının Sürekliliği	—
Kat Sayısı	Tek katlı
Yapının Toplam Alanı	60 m ²
Yapının Boyutları	Genişlik 6,05 m
	Uzunluk 10,58 m
	Yükseklik 5,39 m
	Maks. Geçilen Açıklık 5,07 m
Açıklama: Yapımı 25 günde tamamlanan N4+ Gluebam Evi, temelinde seri üretim ve fabrikasyon, hızlı inşaat gibi konulara dayanmakta olup bu bağlamda üretilen bir konut prototipidir. Ana yapıyı oluşturan 19 adet çerçeve strüktürler, 3x60 cm'lik glubam elemanlardan üretilmiş ve 60 cm'lik akslarla yerleştirilmiştir. Yapının cephe malzemesini 1 cm kalınlığında glubam elemanlardan oluşan panellerin üzerine yerleştirilen galvanizli sac metaller oluşturmaktadır. Birleşim yerlerinde metal elemanlar kullanılmıştır.	

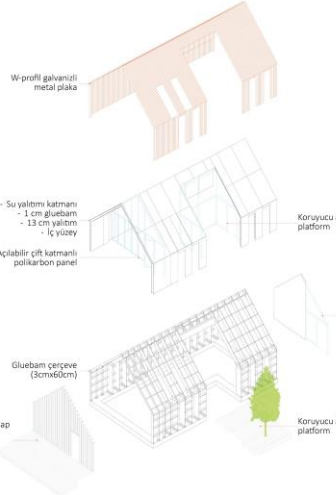
Strüktür Hakkında Bilgiler

Kullanılan Bambuların / Malzemenin Türü	Glubam
Bambunun Kullanım Yeri	Dikme, kiriş
Malzeme Boyutları	3 cm kalınlık

Tablo 19'un devamı

Yapıya Ait Teknik Çizimler	Planlar / Kesitler / Görünüşler
	 The architectural drawings include a detailed floor plan at the top, showing room layouts and dimensions. Below it are two cross-sections of the building, illustrating the internal structure and roof profile. At the bottom are four elevations: West Facade, South Facade, East Facade, and North Facade, showing the exterior design and window placements. A scale bar is located at the top left of the floor plan.

Tablo 19'un devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri	3x60 cm'lik glubam elemanlardan üretilmiş olan 19 adet çerçeve strüktürler 60 cm'lik akslarla yerleştirilmiştir. Yapının cephe malzemesini 1 cm kalınlığında glubam elemanlardan oluşan panellerin üzerine yerleştirilen galvanizli sac metalleri oluşturmaktadır. Birleşim yerlerinde metal elemanlar kullanılmıştır.   
Yapım Aşamasına Ait Bilgiler ve Görseller	Yapının inşası 25 günde tamamlanmıştır.     

Tablo 20. Baoguosi Budizm Tapınağı'nda Zen Merkezi analiz tablosu (URL-40, 2021)

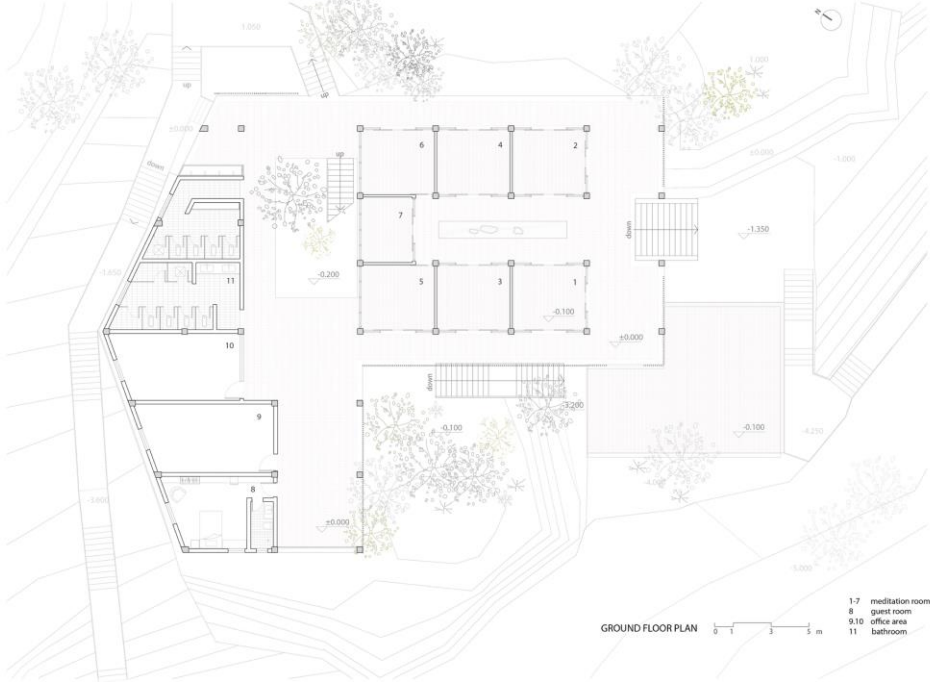
Yapıya Ait Bilgiler

Yapının Adı		Baoguosi Budizm Tapınağı'ndaki Zen Merkezi
Yapının Mimarı		Approach Architecture Studio
Yapının Strüktür Mühendisi		—
Yapım Yılı		2017
Yapım Yeri		Lezhi, Çin
Yapının Türü (Yapının İşlevi)		Sosyal ve kültürel yapı (tapınak)
Yapının Sürekliliği		Kalıcı
Kat Sayısı		2 katlı
Yapının Toplam Alanı		552 m²
Yapının Boyutları	Genişlik	~16 m*
	Uzunluk	~16 m*
	Yükseklik	—
	Maks. Geçilen Açıklık	~12 m*
Açıklama: Zen Merkezi'nin olduğu alanın daha önce çay bahçesi olarak kullanıldığı yapı, Sichuan eyaletinin uzak bir dağlık bölgesinde yer almaktadır. Yapının mevcutta yer alan çay bahçesinin kapasitesini arttırmak amacıyla yapı genişletilmiş ve üst katta yer alan meditasyon merkezine 12 m'den fazla geniş açıklığa sahip bir çatı yapılmıştır. Yapının konumu ve arazi şartlarından dolayı çatının malzemesi, her birinin kesiti 20 x 40 mm ebatına sahip kolayca monte edilebilen lamine bambu elemanlardır.		
Strüktür Hakkında Bilgiler	Kullanılan Bambuların / Malzemenin Türü	Lamine bambu
	Bambunun Kullanım Yeri	Kafes kiriş
	Malzemenin Boyutları	40 mm x 20 mm
	Kurutma / Kırleme Yöntemi	—

(*) Yapıya ait teknik çizimlerden elde edilen referans ölçülerden (URL-26, 2024) internet sitesi aracılığıyla mesafe tahmini yapılmıştır.



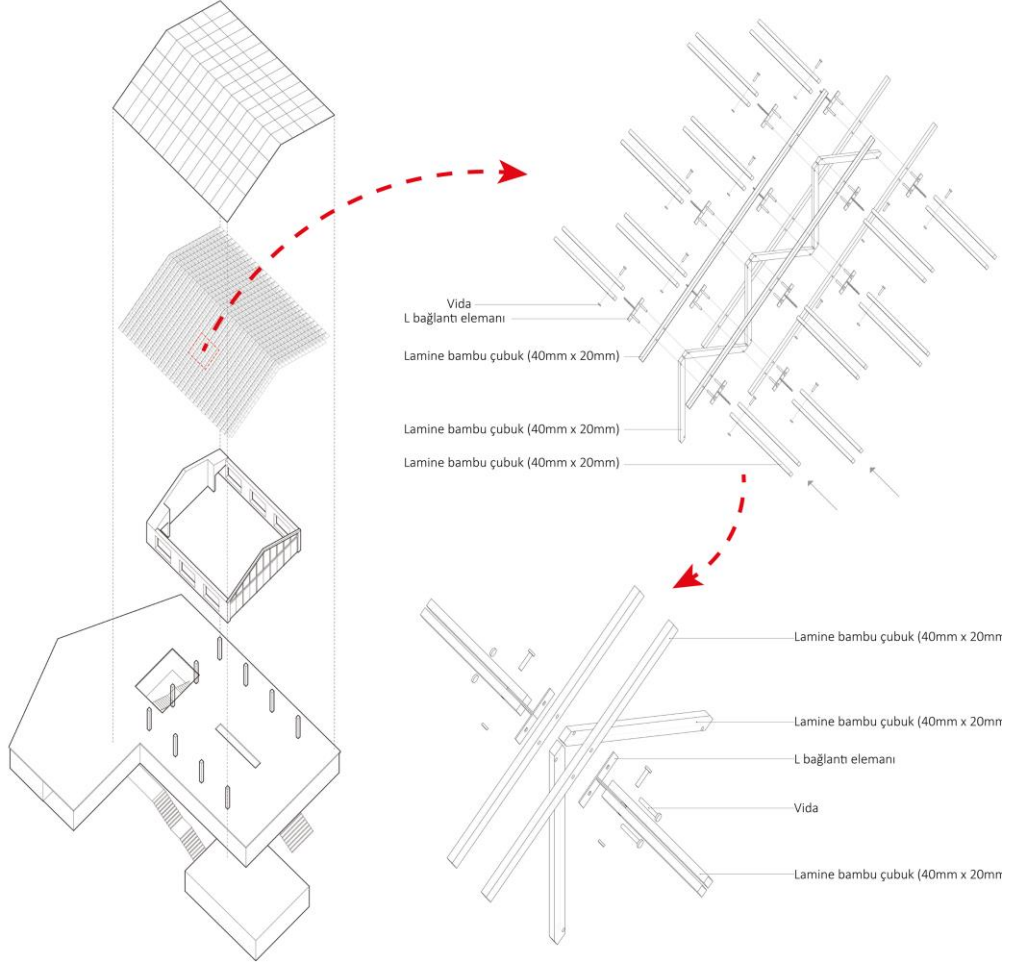
Tablo 20'nin devamı

Yapıya Ait Teknik Çizimler	Planlar Çatının ölçüleri yaklaşık olarak 16 x 16 m'dir.  GROUND FLOOR PLAN 0 1 3 5 m 1-7 meditation room 8 guest room 9-10 office area 11 bathroom
----------------------------	---

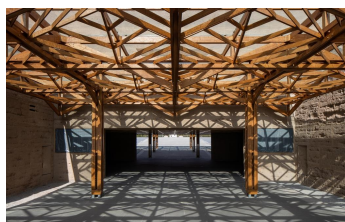
Tablo 20'nin devamı

Birleşim Elemanları ve Detay Görselleri

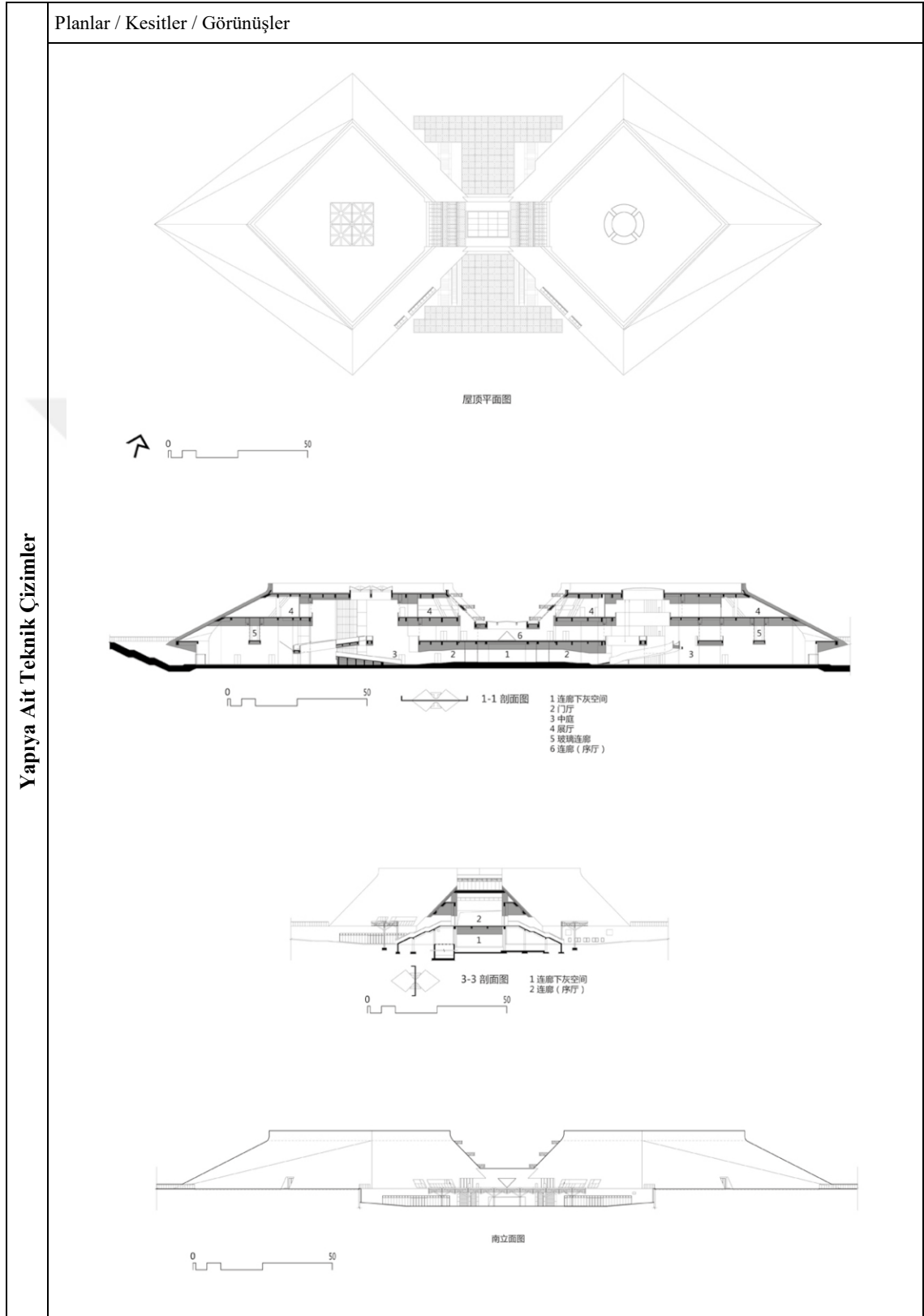
Bağlantılar, L şeklinde metal elemanlar ve vidalar ile yapılmış.



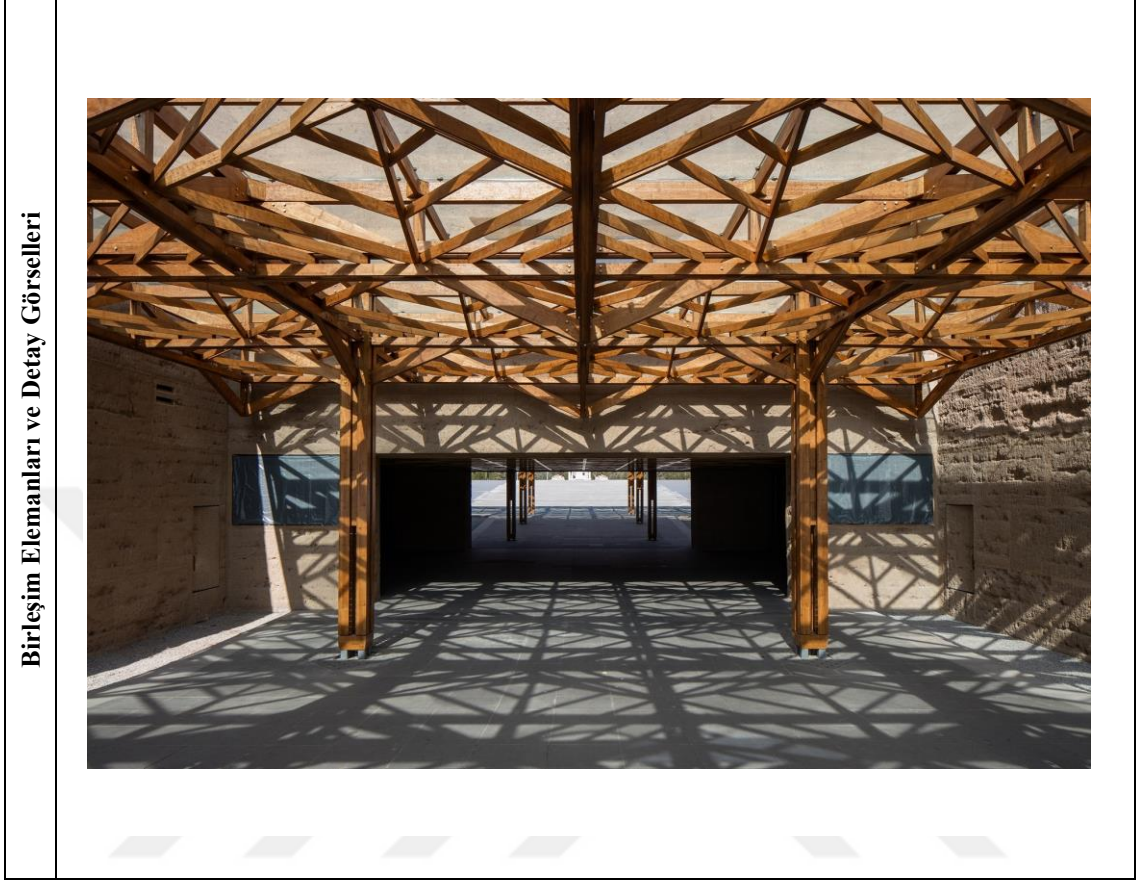
Tablo 21. Zhaojun Müzesi analiz tablosu (URL-41, 2023)

Yapıya Ait Bilgiler	Yapının Adı		Zhaojun Müzesi		     
	Yapının Mimarı		DAQI ARCHITECTS, China Architecture Design & Research Group		
	Yapının Strüktür Mühendisi		—		
	Yapım Yılı		2017		
	Yapım Yeri		Huhhot, Çin		
	Yapının Türü (Yapının İşlevi)		Sosyal ve kültürel yapı (müze)		
	Yapının Sürekliliği		Kalıcı		
	Kat Sayısı		3 katlı		
	Yapının Toplam Alanı		15092 m ²		
	Yapının Boyutları	Genişlik	—		
Uzunluk		—			
Yükseklik		~ 7 m* (saçak örtü)			
Maks. Geçilen Açıklık		~ 9,5 m* (saçak örtü)			
Açıklama: Zhaojun Müzesi, Hohhot'un güneyinde bulunmaktadır ve yapı 2017 yılının ağustos ayında tamamlanmıştır. Devasa yapının giriş kısmında yer alan geniş saçaklı strüktürün taşıyıcı malzemesi olarak mekanik özelliklerinin üstün olmasından dolayı lamine bambu tercih edilmiştir. Dikmeler yaklaşık olarak 9,5 x 9,5 m'lik ızgara aks sistemi ile yerleştirilmiştir.					
Strüktür Hakkında Bilgiler	Kullanılan Bambuların Türü		Lamine bambu		
	Bambunun Kullanım Yeri		Dikme, kiriş		
	Bambuların Boyutları	Dış Çap	—		
		Et Kalınlığı	—		
		Boy	—		
	Kurutma / Kürleme Yöntemi		—		
(*) Yapıya ait teknik çizimlerden elde edilen referans ölçülerden (URL-26, 2024) internet sitesi aracılığıyla mesafe tahmini yapılmıştır.					

Tablo 21'in devamı

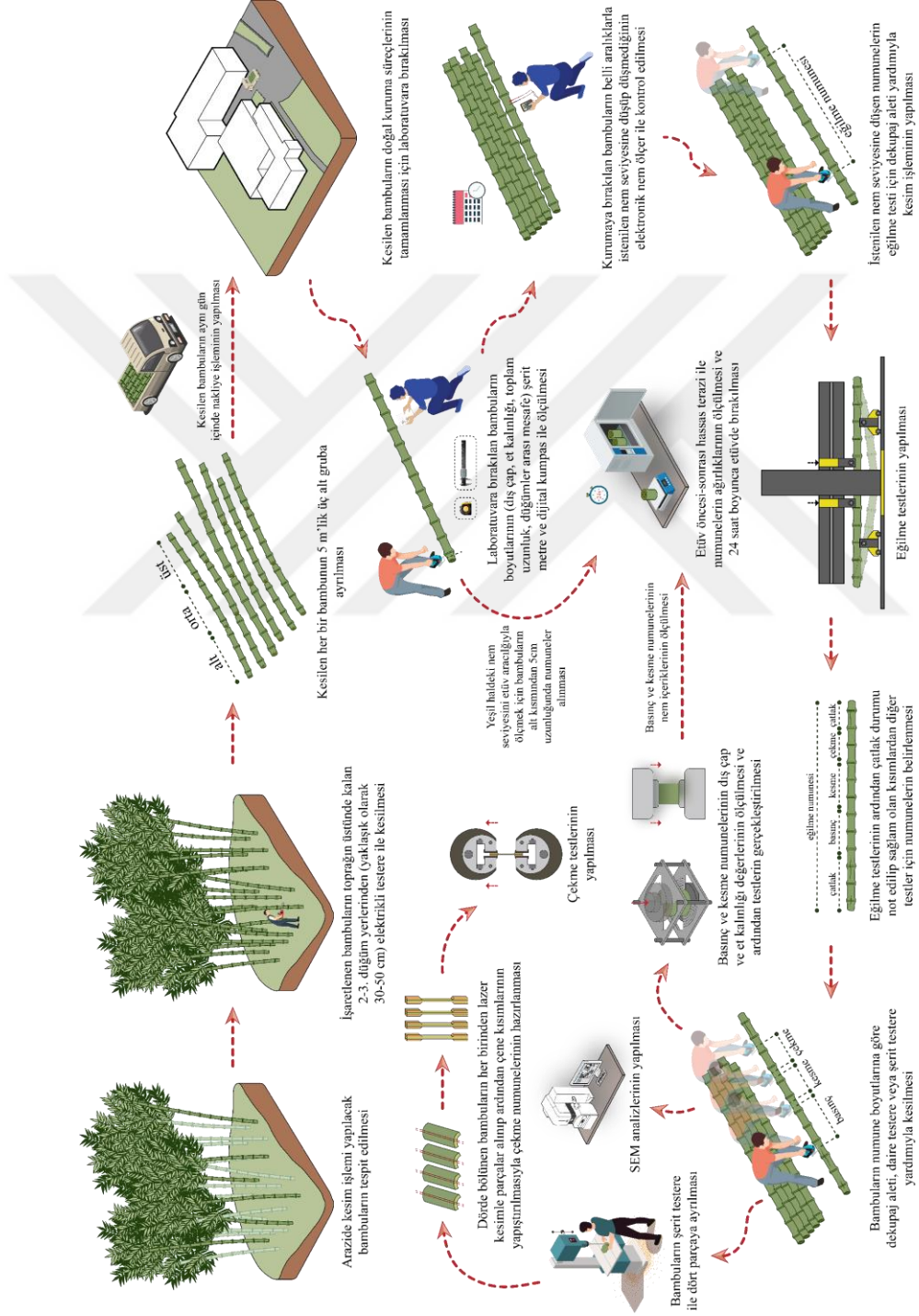


Tablo 21'in devamı



2.4. Çalışma Alanındaki Bambuların Deneysel Analizleri

Laboratuvar ortamında bambuların deneysel analizlerinin yapıldığı çalışmanın akış şeması Şekil 56’da verilmiştir.



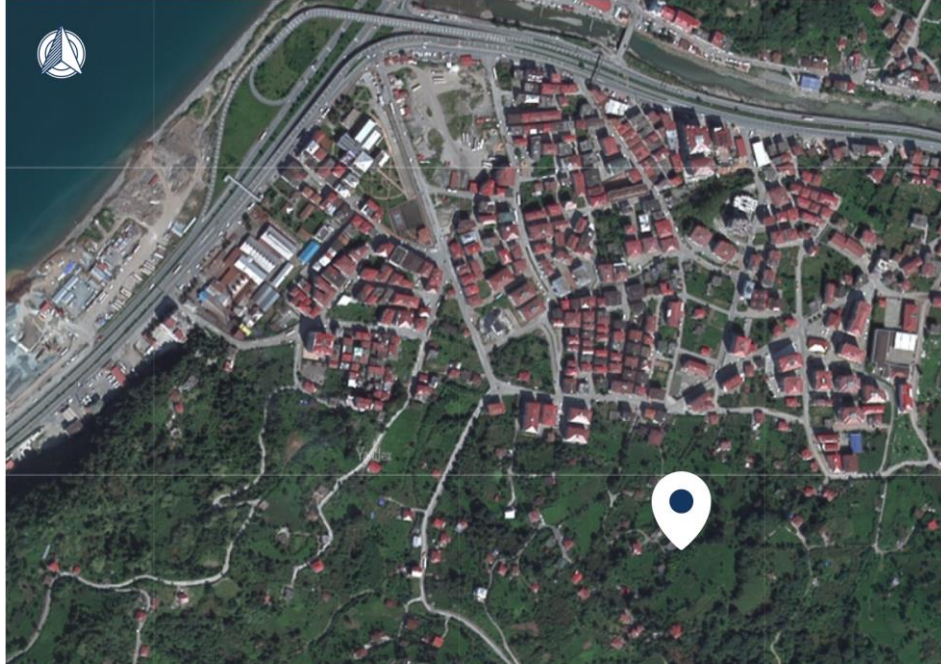
Şekil 56. Deneysel çalışmanın akış şeması

2.4.1. Ön Hazırlıklar

Deneysel çalışmanın ön hazırlıklar bölümü, “arazi çalışması”, “resmi yazışmalar”, “deneme deseni oluşturma”, “yapılacak deneylerin tespiti”, “bambu numunelerin tespit edilmesi, kesilmesi ve nakliyesi”, “bambu numunelerin kesilmesi ve nakliyesi” olmak üzere 6 alt başlıktan oluşmaktadır.

- Arazi Çalışması

Doğu Karadeniz’de yetişmekte olan bambuların yapısal (strüktürel) anlamda kullanılabilirliğini test etmek amacıyla yapılan bu çalışmada, Rize-Pazar ve Artvin-Hopa olmak üzere iki çalışma alanı seçilmiştir. Ancak Rize-Pazar’da yer alan arazide daha önce yangın çıkması sebebiyle bu araziden numune alınamamıştır. Bu çalışmada kullanılan *Phyllostachys pubescens* (Moso) türündeki bambular, Artvin ili Hopa ilçesi Sundura Mahallesi’ndeki araziden temin edilmiştir (Şekil 57). Arazi, TKGM’nin verilerine göre yaklaşık olarak 1187 m² olup, deniz seviyesinden yaklaşık 80 m yukarıda bulunmaktadır (URL-42, 2023).



Şekil 57. İncelenen bambuların yetiştiği arazinin konumu (URL-43, 2023)

- Resmi Yazışmalar

Bambuların kesimi yapılmadan önce arazi sahibi, Trabzon Ticaret ve Sanayi Odası, Artvin Ticaret ve Sanayi Odası, Hopa Ticaret ve Sanayi Odası ile iletişime geçilmiştir. Arazi sahibi ve Hopa Ticaret ve Sanayi Odası ile ürün temini ve fiyat tespiti için gerekli resmi yazışmalar yapılmıştır.

- Deneme Deseni Oluşturma

Deneyleri yapılacak bambular için deneme deseni, “kurutma yöntemi”, “hedeflenen nem içeriği”, “numunenin alındığı bambu bölümü” başlıklarıyla Tablo 22’de verildiği gibi oluşturulmuştur. Kurutma yöntemi olarak laboratuvar koşulları dolayısıyla doğal kurutma öngörülmüştür. Hedeflenen nem içeriği literatürden edinilen bilgiler sonucunda %13-14 değer aralığı orta değer olacak şekilde “%13 altı”, “%13-14” ve “%14 üstü” olarak üç değer belirlenmiştir. Nem içerikleri düştükçe deneyler yapılmıştır ve bambuların istenen nem seviyesine düşmesi süre olarak 4 ile 10 ayı bulmuştur.

Tablo 22. Deneme deseninin oluşturulması

Grup No	Kurutma Yöntemi	Hedeflenen Nem İçeriği	Bambu Numarası	Numunenin Alındığı Bambu Bölümü
1	Doğal Kurutma	%13 altı (%11-12)	7	Alt
2				Orta
3				Üst
4			9	Alt
5				Orta
6				Üst
7		%13-14	13	Alt
8				Orta
9				Üst
10			15	Alt
11				Orta
12				Üst
13		%14 üstü (%15-16)	6	Alt
14				Orta
15				Üst
16			10	Alt
17				Orta
18				Üst

- Yapılacak Deneylerin Tespiti

Hangi deneylerin yapılacağı satın alınan ISO 22157: 2019 standardına göre belirlenmiş olup, Karadeniz Teknik Üniversitesi'nin imkânları dâhilinde bu standartta yer alan liflere paralel yapılan mekanik dayanım testleri çeşitli birimlerde (KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, KTÜ Medikal Cihaz Tasarım ve Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi (METAM), KTÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarı (MERLAB) yapılmıştır.

- Bambu Numunelerin Tespit Edilmesi

Bambuların fiziksel boyutları hakkında bilgi sahibi olmak ve kesim işlemini planlamak için arazinin belirli bölgelerinden bambuların boy, et kalınlığı ve dış çap ölçümü yapılmıştır (Şekil 58). Bambu numunelerin kesimleri yapılmadan önce;

- dalların ve yaprakların izin verdiği yere kadar lazermetrenin Pisagor özelliği ile bambuların boy,
- daha önceden kesimi yapılmış bambuların toprak üstünde kalan kısımlarından et kalınlıkları,
- bambuların toprak üstünde yer alan 3-4. düğüm yerlerinden bambunun çevresine ip sarılarak dış çap tahmini yapıldı.



Şekil 58. Kesim öncesi boy, et kalınlığı ve dış çap tahmini için verilerin toplanması

Toplanan bu veriler neticesinde arazinin farklı bölgelerinden,

- benzer fiziksel özelliklere sahip,
- iki düğüm arası çatlakları olmayan,
- düğüm bölgelerinde belirgin beyaz çizgileri (1-2 yaşlarında olduğuna işaret) olmayan,
- düz ve sağlam bambular belirlenmiştir.

Kesim işlemi için 15 tane bambu üzerinde işaretlemeler yapılmıştır. İşaretlemeler yapıldıktan sonra önceden hazırlanan kroki üzerine bambuların nerelerden kesildiğine dair bilgiler aktarılmıştır (Şekil 59).



Şekil 59. İşaretlenen bambuların arazideki konumları

- **Bambu Numunelerin Kesilmesi ve Nakliyesi**

Literatürde, bambuların minimum neme sahip olduğu kuru mevsimde kesim yapılması tavsiye edilmektedir (Minke, 2023). Rize ve yakın çevresinde sıcaklık ve buharlaşmaya bağlı nispi nem değerlerinde, yıl boyunca yüksek ve kararlı bir gidiş olduğu görülmektedir. Artvin ili Hopa ilçesinde ortalama nispi nem, kıyı kesimlerde %70’lik değer sergilemekte ve en düşük değerler kış mevsiminde

görülmektedir (Polat & Sunkar, 2017). Bu nedenle Tablo 23'te fiziksel özellikleri verilen, kesim işlemleri için işaretlenmiş olan 15 tane bambudan 6 tanesi testlerde kullanılmak, 4 tanesi ise herhangi bir problem olmasına karşın yedekte bekletilmek üzere benzer fiziksel özelliklerde olan 10 tane bambunun kesimi 28.01.2023 tarihinde, 11.00-12.00 saatleri arasında yapılmıştır.

Tablo 23. İşaretlenen bambuların fiziksel özellikleri

Bambu No	Boy (m)*	Çevre (cm)**	Beyaz Çizgi Var/Yok
1	4,00+	42,00	Var
2	6,50+	43,50	Var
3	5,00+	41,50	Var
4	7,04+	43,00	Var
5	7,85+	44,50	Yok
6	7,15+	45,00	Yok
7	6,85+	43,00	Yok
8	4,50+	52,00	Var
9	8,30+	47,50	Yok
10	5,50+	48,50	Yok
11	7,18+	49,50	Var
12	5,50+	44,00	Var
13	7,50+	45,00	Yok
14	7,85+	38,00	Yok
15	8,50+	47,50	Yok

* Dalların ve yaprakların izin verdiği yere kadar lazermetre ile ölçülen uzunluk

** Dış çap tahmini için bambunun 3-4. düğüm yerlerinden ip sarılarak ölçülen çevresi

Bambuların kesimleri yapılırken yağmurun köksap içine girmesini önlemek için kesimin eğimli olması gerektiği akılda tutularak, üçüncü veya dördüncü düğümlerin üzerinde bir noktadan motorlu testere yardımıyla kesim işlemi yapılmıştır (Şekil 60).



Şekil 60. Kesimi yapılan bambuların toprak üstünde kalan kısımları

Kesilen 10 tane bambunun toplam uzunlukları, kesim sırasında 0-50 m ölçüm aralığına sahip arazi tipi şerit metre ile ölçülmüştür ve uzunluklarının yaklaşık olarak 15 m olduğu görülmüştür. ISO 22157: 2019 standardında belirtilmiş olması ve bambuların nakliyesinin kolay olması açısından her bir bambu yaklaşık olarak 5m'lik üç alt gruba (alt-orta-üst) ayrılmıştır (Şekil 61).



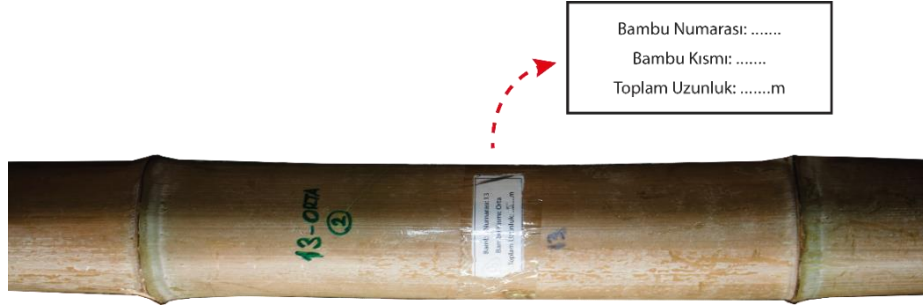
Şekil 61. Bambuların kesildikten sonra 5 m'lik üç alt gruba ayrılması

Kesimi yapılan bambuların nereden kesildiği ve kesilen bölümün yerden yüksekliği, bambunun kesilen bölümünün toplam uzunluğu ve alt grubun uzunluğu Tablo 24'te verilmiştir.

Tablo 24. Kesilen bambuların arazide yapılan ilk ölçüm sonuçları

Bambu No	Bambu Bölümü	Uzunluk (mm)	Kesilen Bölümün Toplam Uzunluğu (mm)	Kesim Bölgesi	
				Konum	Yükseklik (mm)
5	Alt	5040	14930	5. düğüm arası	270
	Orta	4910			
	Üst	4980			
6	Alt	5040	15710	3. düğüm arası	200
	Orta	5150			
	Üst	5520			
7	Alt	5050	14140	5. düğüm arası	200
	Orta	5250			
	Üst	3840			
8	Alt	5090	15540	4-5. düğüm arası	150
	Orta	5110			
	Üst	5340			
9	Alt	5110	14440	5. düğüm arası	360
	Orta	5180			
	Üst	4150			
10	Alt	5270	15150	3-4. düğüm arası	170
	Orta	5080			
	Üst	4800			
11	Alt	5250	15170	3. düğüm arası	150
	Orta	5210			
	Üst	4710			
13	Alt	5070	14540	4. düğüm arası	180
	Orta	6250			
	Üst	3220			
14	Alt	5620	13470	2-3. düğüm arası	60
	Orta	5230			
	Üst	2620			
15	Alt	5160	13980	6. düğüm arası	550
	Orta	5120			
	Üst	3700			

Arazide her bir numunenin ortasına hangi numuneye ve bölüme ait olduğunu belirten etiketli kâğıt yapıştırılmış ve ardından üzerine çevresel etkilerden koruması amacıyla koli bandı yapıştırılmıştır (Şekil 62).



Şekil 62. Kesim işleminden sonra arazide bambulara etiket yapıştırılması

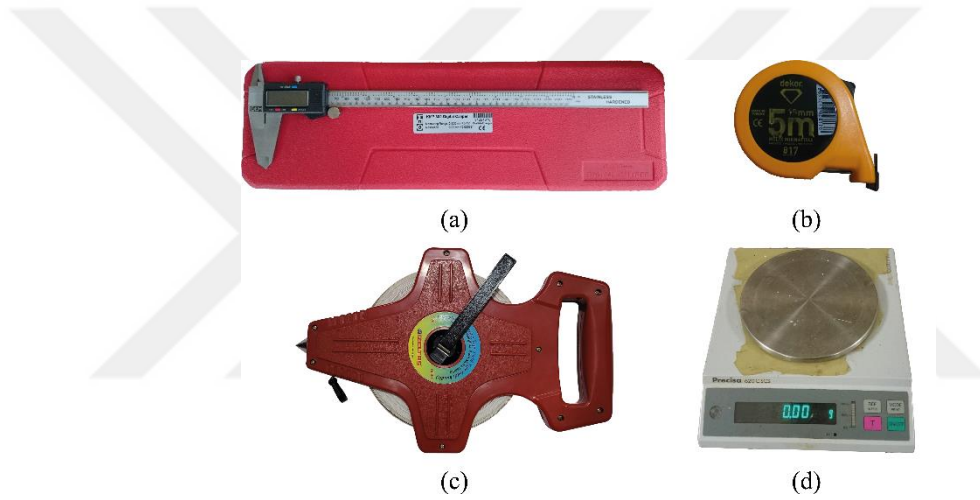
Kesimi yapılan bambuların aynı gün (28.01.2023) içerisinde, 17:00-20:00 saatleri arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında doğal kurumaya bırakılmak üzere nakliyesi yapılmıştır. Nakliyesi yapılan bambular, doğal koruma esnasında üst üste istifleneceğinden dolayı olası önceden yapıştırılan etiketlerin zarar görmesine karşın laboratuvarında her bir numunenin alt ve üst kısmına bir tur atacak şekilde şerit halinde hangi numuneye ve bölüme ait olduğunu belirten etiketli kâğıtlar yapıştırılmıştır (Şekil 63).



Şekil 63. Laboratuvar ortamında bambulara yeniden etiket yapıştırılması

2.4.1. Kesilen Bambuların Yaş Haldeki Fiziksel Boyutlarının ve Nem İçeriğinin Ölçülmesi

Kesim işlemi yapıldıktan sonra 5 m'lik alt gruplara bölünen ve nakliyesi yapılan bambuların kurumadan önceki ilk fiziksel ölçümleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Bambuların dış çap ve et kalınlığı ölçümleri 0,01 mm hassasiyete, 0-300 mm ölçüm aralığına sahip dijital iç ve dış çap kanal kumpası; düğümler arası mesafe ölçümleri 0-5 m ölçüm aralığına sahip şerit metre; alt grupların toplam uzunluk ölçümleri 0-50 m ölçüm aralığına sahip arazi tipi fiber glas şerit metre; numunelerin ağırlık ölçümleri 0,01 g hassasiyete sahip hassas terazi kullanılarak yapılmıştır.

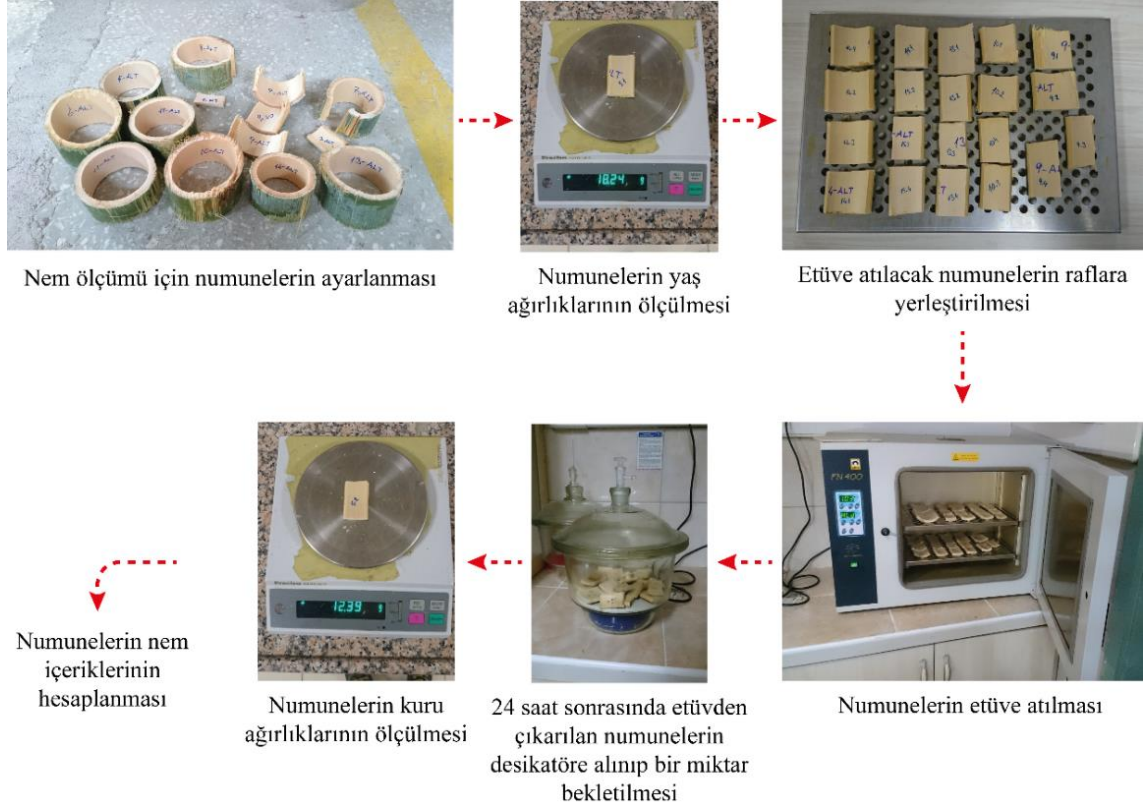


Şekil 64. (a) Dijital iç-dış çap kanal kumpası, (b) şerit metre, (c) arazi tipi şerit metre, (d) hassas terazi

Her bir numunenin alt ve üst uçlarından dış çap ve et kalınlığı ölçümü yapılmıştır. Dış çap ölçümü yapılırken birbirine dik olacak şekilde iki ölçüm yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Benzer şekilde et kalınlığı ölçümü yapılırken de bambu enine kesitinin her bir çeyreğinden birer tane ölçüm yapıp ardından bu dört değerlerin ortalaması alınmıştır.

Bambuların kurumadan önceki nem içeriğinin ölçülmesi için her bir numunenin alt grubunun dip kısmından 5cm yüksekliğinde küçük parçalar kesilmiştir. Kesilen küçük parçaların yaş ağırlıkları hassas terazi ile ölçülmüş ve not edilmiştir. Ardından her bir numune parçaları raflara dizilerek 24 saat boyunca 103°C sıcaklıkta bekletilmek üzere etüve atılmıştır. 24 saat sonrasında numuneler etüvden çıkartılarak kuru kalmalarını sağlamak amacıyla desikatörlere yerleştirilmiş ve belli bir süre soğutulmaya bırakılmıştır. Soğutulma

işleminin ardından bambu numunelerin kuru ağırlıkları hassas terazi ile ölçülmüş ve not edilmiştir (Şekil 65).



Şekil 65. Bambuların nem içeriklerinin ölçülmesi

Bambuların nem içerikleri,

$$w = \left[\frac{m_i - m_0}{m_0} \right] \times 100 \quad (1)$$

denklemini kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

Yaş haldeki bambuların fiziksel boyut ve nem içerikleri ölçümlerinin sonuçları Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25. Bambuların laboratuvar ortamında yapılan ilk fiziksel ölçüm sonuçları

Bambu No	Kısım	Dış Çap (mm)		Et Kalınlığı (mm)		Düğüm Arası Mesafe (mm)		Uzunluk (mm)	Nem İçeriği (%)
		Alt	Üst	Alt	Üst	Minimum	Maksimum		
6	Alt	152,99	106,50	18,88	9,36	100,00	320,00	5040,00	55,26
	Orta	105,82	68,51	9,56	6,36	200,00	355,00	5150,00	
	Üst	69,25	13,29	6,83	2,56	195,00	290,00	5520,00	
7	Alt	142,68	92,14	18,25	8,90	11,00	33,50	5055,00	45,16
	Orta	93,98	51,27	8,86	6,47	35,00	39,00	5250,00	
	Üst	51,66	14,62	6,28	3,05	20,50	33,00	3840,00	
9	Alt	146,47	96,14	16,12	9,72	12,50	33,50	5110,00	51,15
	Orta	95,49	61,30	8,73	6,31	34,00	38,00	5180,00	
	Üst	60,80	28,01	6,21	4,91	24,00	37,50	4150,00	
10	Alt	155,79	108,53	18,93	10,11	14,50	39,50	5270,00	40,21
	Orta	109,13	77,82	10,52	7,41	40,00	44,00	5080,00	
	Üst	77,01	31,04	7,46	4,52	27,00	37,00	4800,00	
13	Alt	150,98	98,63	17,48	9,34	11,50	34,00	5070,00	57,34
	Orta	97,11	48,24	8,76	5,95	32,00	38,00	6250,00	
	Üst	45,79	22,51	6,82	5,90	28,50	33,50	3220,00	
15	Alt	144,75	99,47	14,40	8,84	16,50	33,50	5160,00	73,17
	Orta	98,94	58,86	8,69	6,08	31,50	35,50	5120,00	
	Üst	59,28	26,17	6,41	4,71	27,00	33,00	3700,00	

2.4.2. Bambuların Türünün Belirlenmesi

Araziden laboratuvar ortamına getirilen bambuların tür teşhisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Mustafa VAR'ın katkılarıyla birlikte bambuların morfolojik özelliklerine bakılarak *Phyllostachys pubescens* (Moso) olarak belirlenmiştir.

2.4.3. Liflere Paralel Eğilme Testlerinin Yapılması

Liflere paralel eğilme testleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Testlerin yapımından önce bambuların alt ve üst uçlarından 0,01 mm hassasiyete sahip dijital iç ve dış çap kanal kumpası ile yapılan birbirine dik olacak şekilde iki farklı ölçümün (toplamda dört ölçüm) ortalaması alınmıştır. Bulunan bu değerlerle birlikte ISO 22157: 2019 standardına göre dış çap ortalama değerlerinin minimum 30 katı olacak şekilde dört noktalı eğilme testi için numunelerin uzunlukları belirlenmiştir. Dört noktalı eğilme testi için hazırlanan numunelere ait bilgiler Tablo 26’da verilmiştir.

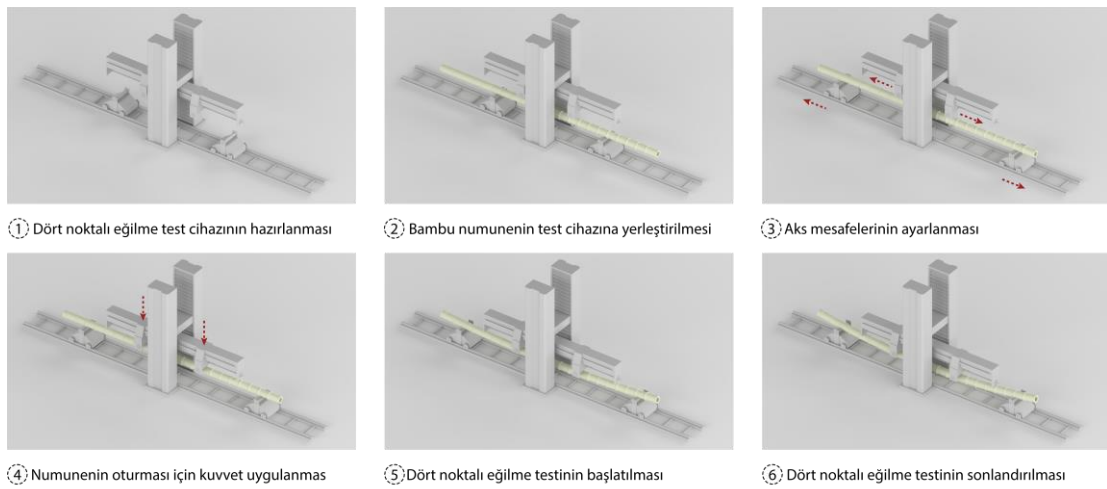
Tablo 26. Liflere paralel eğilme testi numunelerine ait bilgiler

Bambu No	Kısım	Dış Çap Ortalaması (mm)			Aks Mesafeleri (a) (mm)	Numune Uzunluğu (L) (mm)
		Alt	Üst	Ortalama		
7	Alt	142,70	92,10	117,40	1250,00	3750,00
	Orta	94,00	51,30	72,65	1100,00	3300,00
	Üst-1	51,70	33,15	42,43	550,00	1650,00
	Üst-3	33,15	14,60	23,88	550,00	1650,00
9	Alt	146,50	96,10	121,30	1250,00	3750,00
	Orta	95,50	61,30	78,40	1100,00	3300,00
	Üst-1	60,80	44,40	52,60	600,00	1800,00
	Üst-2	44,40	28,00	36,20	600,00	1800,00
13	Alt	151,00	98,60	124,80	1250,00	3750,00
	Orta	97,10	48,20	72,65	1100,00	3300,00
	Üst-2	45,80	33,65	39,73	360,00	1080,00
	Üst-3	33,65	22,50	28,08	360,00	1080,00
15	Alt	144,80	99,50	122,15	1250,00	3750,00
	Orta	70,86	73,21	72,04	1250,00	3750,00
	Üst-2	57,68	45,45	51,57	440,00	1320,00
	Üst-3	45,45	26,20	35,83	440,00	1320,00

Tablo 26'nın devamı

6	Alt	153,00	106,50	129,75	1250,00	3750,00
	Orta	82,62	80,56	81,59	1250,00	3750,00
	Üst-2	50,58	61,63	56,10	630,00	1890,00
	Üst-4	32,45	39,21	35,83	400,00	1200,00
	Üst-6	17,05	23,11	20,08	400,00	1200,00
10	Alt	155,80	108,50	132,15	1250,00	3750,00
	Orta	49,50	51,92	50,71	1250,00	3750,00
	Üst-2	77,58	55,88	66,73	550,00	1650,00
	Üst-4	55,88	31,00	43,44	550,00	1650,00

Numunelerin uzunlukları ayarlanırken bambunun test cihazına yerleştirildiğinde dayanak noktalarına bambunun düğüm yerlerinin gelmemesine dikkat edilmiştir. Bambunun üzerine dayanak yerleri işaretlenip dört noktalı eğilme testi için deкупaj testere kullanılarak numunenin uzunluğu ayarlanmıştır. Numunenin hazırlanmasının ardından numunenin elektromekanik dört noktalı eğilme testi cihazına yerleştirme işlemi yapılmıştır. Numuneyi cihaza oturtmak için başlangıçta numuneye zarar vermeyecek şekilde kuvvet uygulanmıştır. Gerekli hazırlıkların yapıldıktan sonra dört noktalı eğilme testine başlanılmıştır (Şekil 66). Her test sonrası önceden hazırlanan çizim üzerine numunede meydana gelen deformasyonlar not edilmiştir.



Şekil 66. Liflere paralel dört noktalı eğilme testi düzeneğinin kurulması

Bambu numunelerin kesitinin atalet momenti,

$$I_B = \frac{\pi}{64} [D^4 - (D - 2\delta)^4] \quad (2)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

Sabit moment bölgesinde meydana gelen eğilme arızalarında nihai eğilme momenti,

$$M_{ult} = \frac{F_{ult} \cdot a}{2} \quad (3)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

Bambuların liflere paralel eğilme dayanımı,

$$f_{m,0} = \frac{M_{ult} \cdot D}{2 \cdot I_B} \quad (4)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

Bambuların liflere paralel eğilme rijitliği,

$$E_{m,0} \cdot I_B = \frac{(F_{60} - F_{20}) \cdot a(3L^2 - 4a^2)}{48(\Delta_{60} - \Delta_{20})} \quad (5)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

Bambuların liflere paralel eğilmede görünür elastisite modülü,

$$E_{m,0} = \frac{(E_{m,0} \cdot I_B)}{I_B} \quad (6)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

2.4.4. Liflere Paralel Basınç Testlerinin Yapılması

Liflere paralel basınç testleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Bu işlem için 10.000 kp (≈ 100 kN) maksimum yük kapasitesine sahip Mohr + Federhaff + Losenhausen marka universal test

cihazı kullanılmıştır. Testler 1,2 kN/s hızda yapılmıştır. Testlerin yapımında dört noktalı eğilme testi sonrasında bambunun çatlama veya kırılma meydana gelmeyen kısımlarından sayı olarak yarısı düğüm içeren yarısı iki düğüm arasında kalan bölgeden olacak şekilde numuneler kullanılmıştır.

Numunelerin boyutları, ISO 22157: 2019 standardına göre ayarlanmıştır. Bu standarda göre et kalınlığı ortalamasının 10 katı ile dış çap ortalaması değerlerinden hangi değer daha küçük ise bu değer numunenin yüksekliği olarak belirlenmesi gerektiği söylenmektedir. Bu yüzden daha önceden hazırlanmış olan çizim dosyası üzerinden dış çap ve et kalınlığı ölçümleri yapılmış ve numunelerin yükseklikleri kabaca belirlenmiştir. Ardından numunelerin yükseklikleri belirlendikten sonra bambular üzerinde işaretlemeler yapılmış ve dış çap uzunlukları küçükse daire testerede, dış çap uzunlukları büyükse şerit testerede işaretlenen yerlerden alt ve üst uçları birbirine paralel olacak şekilde kesim işlemi gerçekleştirilmiştir. Kesim işleminin ardından kabaca belirlenen numune yüksekliklerini kontrol etmek amacıyla bambuların alt ve üst uç kısımlarından 0,01 mm hassasiyete sahip dijital iç ve dış çap kanal kumpası kullanılarak hem birbirine dik olacak şekilde iki farklı dış çap ölçümü (toplamda dört ölçüm) yapıp ortalaması alınmış hem de her bir çeyrek kısımdan birer et kalınlığı ölçümü (toplamda 8 ölçüm) yapıp bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Ölçülen bu değerlerden et kalınlığı ortalamasının 10 katı ile dış çap ortalamasının hangisi daha küçükse bu değer, numunenin nihai yüksekliği olarak belirlenmiştir. Çizimden elde edilen değer ile nihai yükseklik olarak belirlenen değer arasında çok fazla bir fark oluşmuşsa nihai yükseklik olarak belirlenen değere ulaşıncaya kadar numunenin uçlarından kırılma işlemi yapılmıştır.

Numuneler hazırlandıktan sonra basınç testlerinin yapımı için hazırlıklara başlanılmıştır. Testlere başlarken numune, cihazın yükleme merkezine hizalanacak şekilde yerleştirilmiş ve oturması için numuneye zarar vermeyecek şekilde kuvvet uygulanmıştır. Bu işlemin ardından testlerin yapımına başlanılmıştır. Her test sonrası ulaşılan maksimum yük önceden hazırlanan tabloya not edilmiş ve nem içeriğinin belirlenmesi için numuneler etüve atılmıştır.

Liflere paralel basınçta elastisite modülünü hesaplayabilmek için önceden hazırlanmış bazı numuneler kenarda bekletilerek bu numunelere Karadeniz Teknik Üniversitesi Medikal Cihaz Tasarım ve Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde basınç testleri yapılmıştır. Bu işlem için 500 kN maksimum yük kapasitesine sahip Form+Test Prüfsysteme marka, Alpha 2-500 model universal test cihazı kullanılmıştır. Testler 2,4 kN/s

hızda yapılmıştır. Testlere başlamadan önce değerlerin rahatlıkla okunabileceği bir açıya numunede meydana gelen şekil değiştirme değerini hesaplamak için yükleme eksenine paralel olacak şekilde test cihazına 0,001 mm hassasiyete sahip Mitutoyo marka dijital komparatör saati yerleştirilmiştir. Ardından hem uygulanan yükü hem de şekil değiştirme değerini aynı anda görebilecek bir açıya belirli aralıklarla görüntüler almak amacıyla fotoğraf makinesi yerleştirilmiştir. Numunenin uçlarında sürtünmeyi azaltması amacıyla numunenin hem altına hem de üstüne 210 x 210 x 5 mm boyutunda birer adet teflon (PTFE) levhalar konulmuş ancak yapılan birkaç test sonrasında levhalar zarar gördüğü için ilerleyen aşamalarda levhalar kullanılmamıştır.

Yapılan tüm hazırlıklardan sonra basınç testlerinin yapımına başlanılmış ve gerilme-deformasyon grafiğinin çizilmesi için art arda fotoğraflar çekilmiştir. Her test sonrası nem içeriğinin belirlenmesi için numuneler etüve atılmıştır. Çekilen görüntülerdeki değerler daha sonra Microsoft Excel programına atılarak gerilme-deformasyon grafiği çizilmiştir.

Liflere paralel basınç testlerinde test edilen numune sayıları Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Liflere paralel basınç testleri için test edilen numune sayıları

Bambu No	Bambunun Bölümü						Toplam
	Alt		Orta		Üst		
	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	
7	1	2	2	2	3	2	12
9	1	1	4	4	4	4	18
13	2	1	3	3	2	2	13
15	2	1	4	5	3	3	18
6	2	1	3	4	6	6	22
10	3	1	3	3	2	2	14
	11	7	19	21	20	19	97

Tablo 27’da verilen numunelerin bazıları basınçta elastisite modülünü belirlemek için kullanılmıştır. Liflere paralel basınçta elastisite modülünü belirlemek için kullanılan numune sayıları Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. Liflere paralel basınçta elastisite modülü için test edilen numune sayıları

Bambu No	Bambunun Bölümü						Toplam
	Alt		Orta		Üst		
	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	
7	1	2	1	1	1	1	7
9	1	1	1	1	1	1	6
13	2	1	1	1	-	-	5
15	2	1	-	1	1	1	6
6	2	1	-	1	-	-	4
10	1	-	-	-	-	-	1
	9	6	3	5	3	3	29

Basınç numunenin uzunlamasına eksenine dik kesit alanı,

$$A = \frac{\pi}{4} x [D^2 - (D - 2\delta)^2] \quad (7)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

Bambuların liflere paralel basınç dayanımı,

$$f_{c,0} = \frac{F_{ult}}{A} \quad (8)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

Bambuların liflere paralel basınçta elastisite modülü,

$$E_{c,0} = \frac{F_{60} - F_{20}}{A (\varepsilon_{60} - \varepsilon_{20})} \quad (9)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

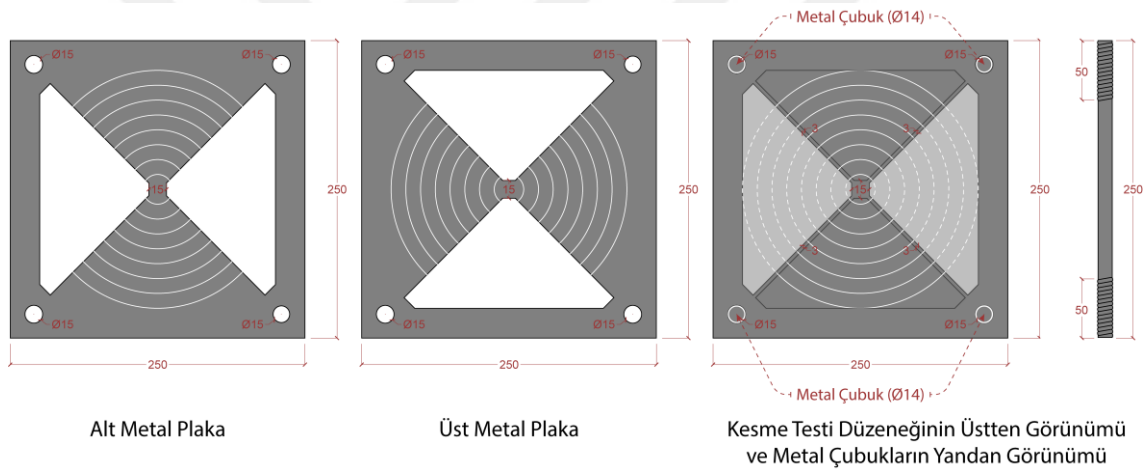
2.4.1. Liflere Paralel Kesme Testlerinin Yapılması

Liflere paralel kesme testleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Bu işlem için 10.000 kp (≈ 100 kN) maksimum yük kapasitesine sahip Mohr + Federhaff + Losenhausen marka universal test cihazı kullanılmıştır. Testler 1,2 kN/s hızda yapılmıştır. Testlerin yapımında dört noktalı eğilme testi sonrasında bambunun çatlama veya kırılma meydana gelmeyen bölümlerinden sayı olarak yarısı düğüm içeren yarısı iki düğüm arasında kalan bölgeden olacak şekilde numuneler kullanılmıştır.

Numunelerin boyutları, ISO 22157: 2019 standardına göre ayarlanmıştır. Bu standarda göre et kalınlığı ortalamasının 10 katı ile dış çap ortalaması değerlerinden hangi değer daha küçük ise bu değer numunenin yüksekliği olarak belirlenmesi gerektiği söylenmektedir. Bu yüzden daha önceden hazırlanmış olan çizim dosyası üzerinden dış çap ve et kalınlığı ölçümleri yapılmış ve numunelerin yükseklikleri kabaca belirlenmiştir. Ardından numunelerin yükseklikleri belirlendikten sonra bambular üzerinde işaretlemeler yapılmış ve ardından dış çap uzunlukları küçükse daire testerede, dış çap uzunlukları büyükse şerit testerede işaretlenen yerlerden alt ve üst uçları birbirine paralel olacak şekilde kesim işlemi yapılmıştır. Kesim işleminin ardından kabaca belirlenen numune yüksekliklerini kontrol etmek amacıyla bambuların alt ve üst uç kısımlarından 0,01 mm hassasiyete sahip dijital iç ve dış çap kanal kumpası kullanılarak hem birbirine dik olacak şekilde iki farklı dış çap ölçümü (toplamda dört ölçüm) yapıp ortalaması alınmış hem de her bir çeyrek kısımdan birer et kalınlığı ölçümü (toplamda 8 ölçüm) yapıp bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Ölçülen bu değerlerden et kalınlığı ortalamasının 10 katı ile dış çap ortalamasının hangisi daha küçükse bu değer, numunenin nihai yüksekliği olarak belirlenmiştir. Çizimden elde edilen değer ile nihai yükseklik olarak belirlenen değer arasında çok fazla bir fark oluşmuşsa

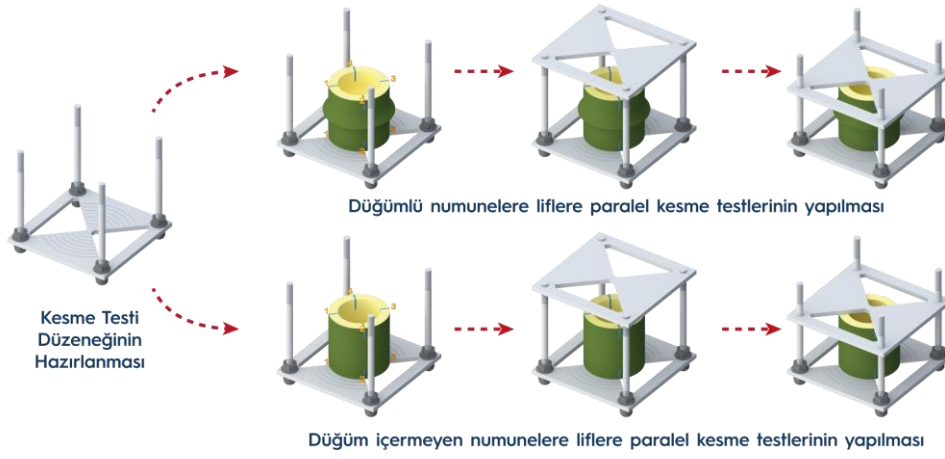
nihai yükseklik olarak belirlenen değere ulaşıncaya kadar numunenin uçlarından kırpmaya işlemi yapılmıştır.

Numuneler hazırlandıktan sonra kesme testlerinin yapımı için hazırlıklara başlanılmıştır. Kesme testleri için Şekil 67’de gösterilen 250 x 250 x 10 mm boyutunda iki adet metal plaka kullanılmıştır. İki metal plakalar, Janssen’in (1981) çalışmasına göre üst üste geldiklerinde aralarında 3 mm mesafe olacak şekilde lazer kesim işlemi kullanılarak hazırlanmıştır (Janssen, J.J.A., 1981). Alt ve üst metal plakaların yükleme esnasında aynı hızda kalmasını sağlamak amacıyla plakaların dört bir köşesine 15 mm çapında boşluklar açılmıştır. Açılan bu boşluklardan içeri 250 mm uzunluğunda, 14 mm çapında dört adet iki ucu 50 mm dişli metal çubuklar geçirilip 14 mm çapında kör somun ve flanşlı somun kullanılarak alt metal plakaya sabitlenmiştir.



Şekil 67. Kesme testi için kullanılan plakalar

Testlere başlarken kesme plakaları, cihazın yükleme merkezine hizalanacak şekilde yerleştirilmiş ve ardından iki metal plaka arasına test edilecek numune yerleştirilmiştir. Numunenin oturması için numuneye zarar vermeyecek şekilde kuvvet uygulanmıştır. Bu işlemin ardından testlerin yapımına başlanılmıştır (Şekil 68). Her test sonrası ulaşılan maksimum yük önceden hazırlanan tabloya not edilmiş ve nem içeriğinin belirlenmesi için numuneler etüve yerleştirilmiştir.



Şekil 68. Bambulara liflere paralel kesme testinin uygulanması

Liflere paralel kesme testleri için kullanılan numune sayıları Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 29. Liflere paralel kesme testleri için test edilen numune sayıları

Bambu No	Bambunun Kısmı						Toplam
	Alt		Orta		Üst		
	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	
7	1	1	2	2	1	1	8
9	-	-	3	3	3	3	12
13	3	2	2	2	2	2	13
15	3	2	3	4	2	2	16
6	4	2	3	3	4	4	20
10	2	2	3	3	2	2	14
	13	9	16	17	14	14	83

Bambuların liflere paralel kesme dayanımı,

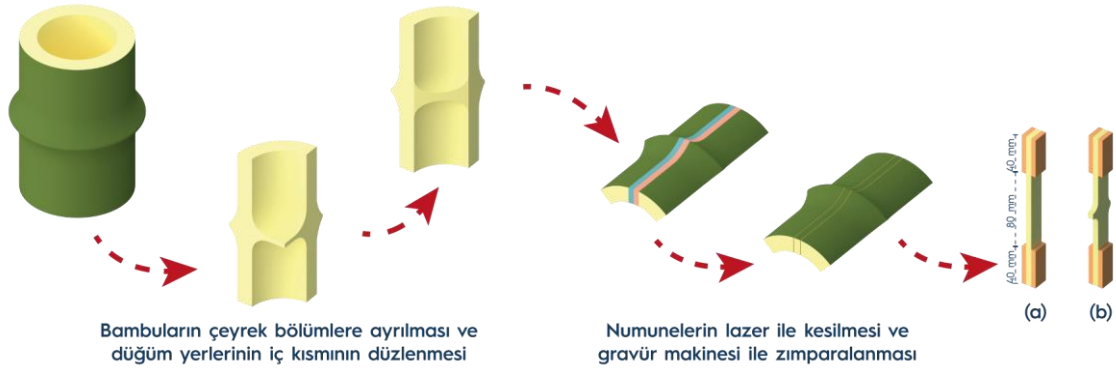
$$f_v = \frac{F_{ult}}{\sum(\delta \times L)} \quad (10)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

2.4.2. Liflere Paralel Çekme Testlerinin Yapılması

Liflere paralel çekme testleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Bu işlem için 10.000 kp (≈ 100 kN) maksimum yük kapasitesine sahip Mohr + Federhaff + Losenhausen marka universal test cihazı kullanılmıştır. Testler 1,2 kN/s hızda yapılmıştır. Testlerin yapımında dört noktalı eğilme testi sonrası basınç ve kesme testleri için numuneler ayarlandıktan sonra bambunun çatlama veya kırılma meydana gelen kısımlarına bakılmaksızın belli aralıklarla çekme testleri için numuneler kullanılmıştır.

Numuneler, ISO 22157: 2019 standardına göre ayarlanmış ve yaklaşık olarak orta bölgelerine düğüm yeri denk gelecek şekilde sadece düğüm içeren numunelerden hazırlanmıştır. Numuneler hazırlanırken ilk olarak eğilme testi numunesi üzerinden işaretlenen yerden 16-20 cm uzunluğunda dekapaj testere ile bambu parçalar kesilmiştir. Ardından kesilen bu parçalar dörde bölünmüş ve her bir çeyrek parçadan biri ISO 22157: 2019 standardına göre hazırlanmış dikdörtgen prizma şeklinde numune (a), bir diğeri de düğüm yeri düzlenmeden kendi doğal halinde bırakılmış numune (b) hazırlanarak her kesilen bambu parçasından toplamda 8 numune ayarlanmıştır. Numune boyutlarının belirlenmesi için ilk olarak numunenin her bir çeyreğinden et kalınlığı ölçülmüştür. Et kalınlıkları ölçülürken kesilen çeyrek kısmın hem altından hem de üstünden 0,01 mm hassasiyete sahip dijital iç ve dış çap kanal kumpası kullanılarak et kalınlığı ölçümü yapılmış ve ardından bu iki ölçümün ortalaması alınmıştır. ISO 22157: 2019 standarda göre numune boyutları belirlenirken numunenin genişliğinin ölçülen et kalınlığının yarısına eşit veya küçük olması; numunenin boyunun ölçülen et kalınlığı kadar olması; numunenin ölçü boyunun ise 5-10 cm arasında olması gerektiği söylenmektedir. Numunelerin genişliğini belirlemek için her çeyrekten ortalaması alınan değerlerden en küçük olan değer, 8 numunenin tümünün genişliği olarak kullanılmıştır. Numunelerin genişlikleri belirlendikten sonra (a) ve (b) tipi numuneler, her bir bambu çeyreğinden lazer kesim işlemi ile elde edilmiştir (Şekil 69). Lazer kesim işlemi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde yer alan Erdem Aksoy Deneysel Tasarım Laboratuvarı'na bağlı KTÜ Sayısal Tasarım ve Fabrikasyon Birimi'nde AEON marka, NOVA 10 model CNC lazer kesim cihazı kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 69. Liflere paralel çekme numunelerinin hazırlanması

Liflere paralel çekme testleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Liflere paralel çekme testlerinde test edilen numune sayıları Tablo 30’da verilmiştir.

Tablo 30. Liflere paralel çekme testleri için test edilen numune sayıları

Bambu No	Bambunun Kısım						Toplam
	Alt		Orta		Üst		
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	
7	16	14	18	18	10	11	87
9	14	14	13	11	14	14	80
13	14	13	21	20	17	-	85
15	14	14	13	12	17	-	70
6	12	11	17	16	21	15	92
10	28	27	17	13	18	-	103
	98	93	99	90	97	40	517

Tablo 30’da verilen numunelerin bazılarında liflere paralel çekmede elastisite modülünü hesaplayabilmek için Karadeniz Teknik Üniversitesi Medikal Cihaz Tasarım ve Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde çekme testleri yapılmıştır. Liflere paralel çekme testlerinde test edilen numune sayıları Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31. Liflere paralel çekmede elastisite modülü için test edilen numune sayıları

Bambu No	Bambunun Kısım						Toplam
	Alt		Orta		Üst		
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	
7	1	-	1	-	1	-	3
9	1	-	1	-	1	-	3
13	1	-	1	-	1	-	3
15	1	-	1	-	1	-	3
6	1	-	1	-	1	-	3
10	1	-	1	-	1	-	3
	6	-	6	-	6	-	18

Bambuların liflere paralel çekme dayanımı,

$$f_{t,0} = \frac{F_{ult}}{\delta x b} \quad (11)$$

denklemini kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

Bambuların liflere paralel çekmede elastisite modülü,

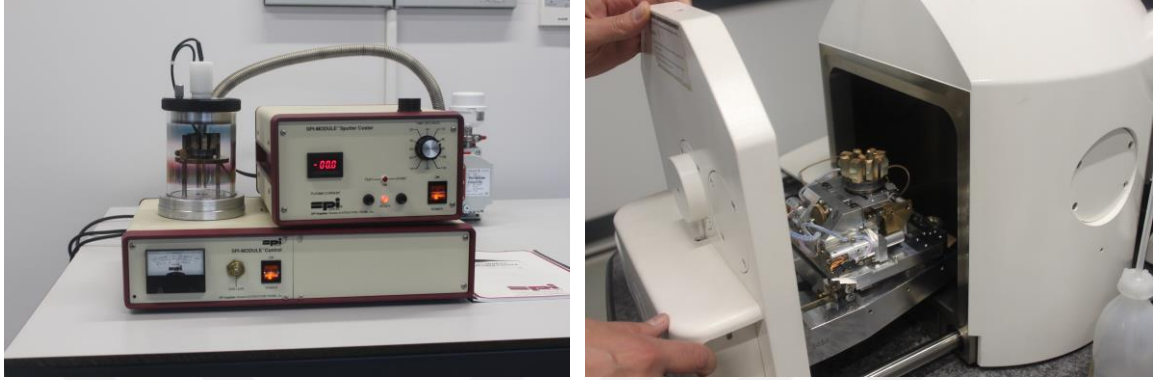
$$E_{t,0} = \frac{F_{60} - F_{20}}{(\delta x b) (\varepsilon_{60} - \varepsilon_{20})} \quad (12)$$

denklemini kullanılarak hesaplanmıştır (ISO, 2019).

2.4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizlerinin Yapılması

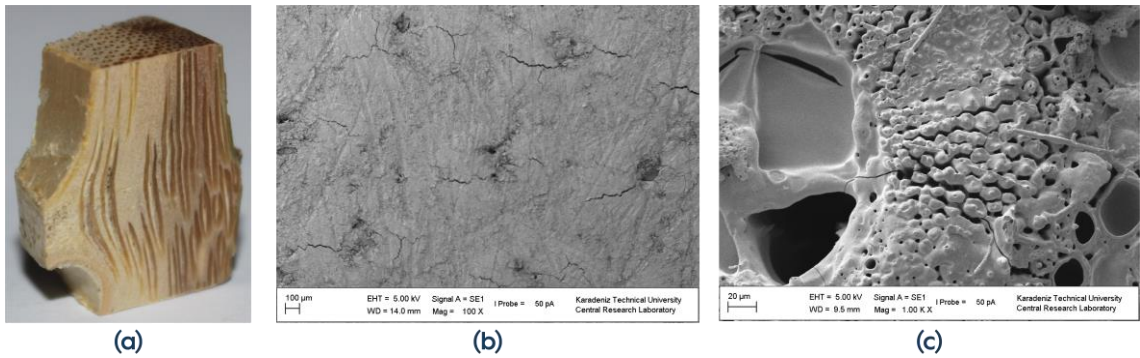
Bambu numunelerin her birinin içyapısını üç boyutlu olarak incelemek ve çıkan sonuçlar ile mekanik test sonuçları arasında ilişki kurabilmek amacıyla bambuların alt, orta ve üst kısımlarının yaklaşık olarak orta bölgesinden düğüm içermeyen bölümlerinden parçalar alınarak Karadeniz Teknik Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda taramalı elektron mikroskobu ile analizi yapılmıştır.

Bambu numuneler taramalı elektron mikroskobuna yerleştirilmeden önce boşluklu yapılarından dolayı içerisindeki hava vakumlanarak belirli seviyeye indirilmiş ve ardından altın kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 70).



Şekil 70. Bambuların taramalı elektron mikroskobuna yerleştirilmesi

Taramalı elektron mikroskobu için numuneler ilk olarak Şekil 71.a'daki hazırlanmıştır ancak numune boyutları büyük olduğu için vakum süresi uzun olmuş, bu yüzden analizler yapılamamıştır. Ardından daire testere ile boyutları küçültülen numunelerden istenilen görüntüler elde edilemeyince numunelerin yüzeyleri zımparalanmış ancak yine de istenilen görüntüler elde edilememiştir (Şekil 71.b). İstenilen görüntüler, son olarak lazer kesim işlemi ile hazırlanan numunelerden sonra elde edilmiştir (Şekil 71.c).



Şekil 71. Taramalı elektron mikroskobu analizi için numunelerin hazırlanması

Elde edilen görüntüler sonucunda bambuların lif demetlerinin olduğu bölgelere yaklaşılarak minimum ve maksimum çapa sahip liflerden ölçümler alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

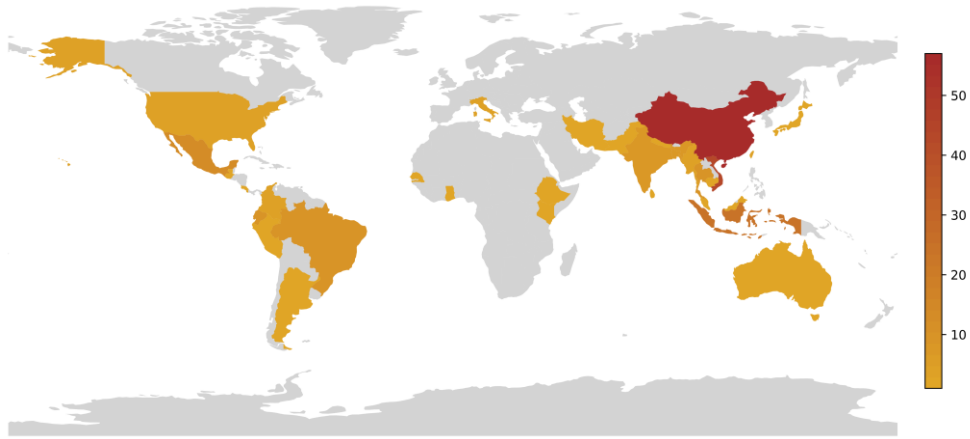
Bulgular ve tartışma bölümü, örnek analizlerinin değerlendirilmesi ve deneysel çalışmaların değerlendirilmesi bölümlerinden oluşmaktadır.

3.1. Örnek Analizlerinin Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalar bölümünde incelenen bambu ile yapılmış 12 adet yapıya ait bilgiler, “yapıya ait genel bilgiler ile ilgili bulgular ve tartışma”, “strüktüre ait bilgiler ile ilgili bulgular ve tartışma”, “birleşim elemanları ve yöntemi ile ilgili bulgular ve tartışma”, “yapım aşaması ile ilgili bulgular ve tartışma” başlıklarından oluşmaktadır.

3.1.1. Yapıya Ait Genel Bilgiler ile İlgili Bulgular ve Tartışma

Bambuların dünyanın birçok yerinde yapılarda strüktürel eleman olarak kullanıldığı görülmüştür (Şekil 72).



Şekil 72. Bambuların yapılarda strüktürel eleman olarak kullanıldığı ülkeler

2007-2023 yılları arasında bambu ile yapılmış 12 yapı incelendiğinde bu yapılar Çin’de, Endonezya’da, Kolombiya’da, Gana’da, Vietnam’da inşa edilmiştir. Bu yapıların tümünün kalıcı yapılar olduğu görülmekle birlikte 6’sı sosyal ve kültürel yapı, 2’si ticari

yapı, 1'i ulaşım yapısı, 2'si konut ve 1 tanesi eğitim amaçlı üretilen yapı olarak inşa edilmiştir.

İncelenen bu yapılarda tek katlı 6 adet, 2 katlı 3 adet, 3 katlı 2 adet, 6 katlı 1 adet yapı bulunmaktadır. Bu yapıların yükseklikleri 5,39 m ile 24,7 m arasında, maksimum geçilen açıklık mesafeleri 5,07 m ile 32 m arasında değişkenlik göstermektedir. Yapıların alanları ise 60 m² ile 15092 m² arasında değişmektedir.

Elde edilen bulgular, bambuların çoğunlukla doğal olarak yetiştiği bölgelerde farklı işlevlere sahip küçük ve büyük ölçekli yapılarda kullanılabileceğini göstermektedir. Bunun nedeninin bambunun esnek ve dayanıklı bir malzeme olmasından dolayı istenilen tasarımın yapılabilmesine imkân vermesi olduğu düşünülmektedir.

3.1.2. Strüktüre Ait Bilgiler ile İlgili Bulgular ve Tartışma

Bambunun yapı malzemesi olarak kullanıldığı 12 yapı incelendiğinde yapıların 9 tanesinde bambular doğal formlarıyla kullanılmıştır, diğer 3 yapıda ise endüstriyel bambu ürünleri kullanılmıştır. Bambuların doğal formlarıyla kullanıldığı 9 yapının 5 tanesinde *Dendrocalamus*, 1 tanesinde *Phyllostachys*, 1 tanesinde *Guadua*, 1 tanesinde *Bambusa*, 1 tanesinde *Thyrsostachys* cinsindeki bambular yapı malzemesi olarak kullanılırken endüstriyel bambu ürünleri ile üretilen yapıların 2 tanesinde lamine bambu, 1 tanesinde glubam yapı malzemesi olarak kullanılmıştır.

Bambuların doğal haldeki formlarıyla inşa edilen yapılarda 5-16 cm arasında dış çap değerlerine sahip bambular kullanılmıştır. Endüstriyel bambu ürünleri ile inşa edilmiş yapılarda ise 2-3 cm kalınlıkta, 4-60 cm genişlikte lamine elemanlar kullanılmıştır.

Bambulara uygulanan kurutma / koruma yöntemleri ile ilgili sadece 3 örnekte bilgilere ulaşılabilmiş olup bu yapıların 2 tanesinde bambulara boraks tuzu ile kürleme ve 1 tanesinde ise ısı yardımıyla bükme ve kürleme yöntemi uygulanmıştır.

İncelenen örneklerde dikme, kiriş, kemer, makas, kubbe gibi birden fazla yapı elemanları birlikte kullanılmış olup bambuların doğal formlarıyla kullanıldığı yapıların 7 tanesinde kiriş, 7 tanesinde çatı, 5 tanesinde dikme, 5 tanesinde kemer, 5 tanesinde makas, 2 tanesinde hiperboloik paraboloid yapımı için bambular kullanılmıştır. Endüstriyel bambu ürünleri ile üretilmiş 3 örneğin 2 tanesinde dikme ve kiriş, 1 tanesinde ise uzay kafes yapımında kullanılmıştır.

Elde edilen bulgularla birlikte bambuların esnek ve dayanıklı bir malzeme olmasından dolayı genellikle geniş açıklıklı yapılarda kullanıldığı düşünülmektedir. Ayrıca boraks tuzu ile kürleme yöntemi kullanılmasıyla yapının kullanım ömürlerinin uzatıldığı ve ısı yardımıyla bükme ve kürleme yönteminin kullanılmasıyla da kavisli yapı elemanlarının üretilmesinin sağlandığı düşünülmektedir.

3.1.3. Birleşim Elemanları ve Yöntemi ile İlgili Bulgular ve Tartışma

İncelenen örneklerde birçok farklı bağlantı elemanı ve yöntemi birlikte kullanılmakta olup bağlantı elemanı olarak bu örneklerin 8 tanesinde metal cıvatalar, 5 tanesinde bambu kavela, 4 tanesinde bitkisel lifler, 1 tanesinde metal kayış ve 1 tanesinde ise kauçuk başlık kullanılmıştır.

Geniş açıklıkların geçildiği 7 yapıda demet halinde birleşim, 3 yapıda bağlamalı birleşim, 2 yapıda beton dolgulu birleşim, 1 yapıda bölünmüş bambularla dolgulu birleşim, 1 yapıda ise cıvatalı birleşim yöntemi kullanılmıştır.

Bambuların doğal formlarıyla kullanıldığı yapılarda bambuların zeminle bağlantısının nasıl yapıldığı ile ilgili bazı örneklerde bilgilere ulaşılammış olup bambular 3 yapıda betonarme pabuç temel, 3 yapıda ise taş pabuç temel üzerine yerleştirilmiştir ve metal elemanlar ile bağlantıları sağlanmıştır. Endüstriyel bambu ürünleri ile inşa edilen 3 yapıda ise bambu elemanlar beton zemin üzerine yerleştirilmiştir.

Elde edilen bulgularla birlikte bambuların yan yana birleştirilerek oluşturulacak yapı elemanlarının mekanik dayanımlarının artması sebebiyle yapılarda çoğunlukla demet halinde birleşim yönteminin kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca betonarme veya taş temel üzerine yerleştirilerek bambunun toprak ile temasının kesilmesiyle böcek ve nem gibi çevresel faktörlere karşı önlem alındığı görülmüştür.

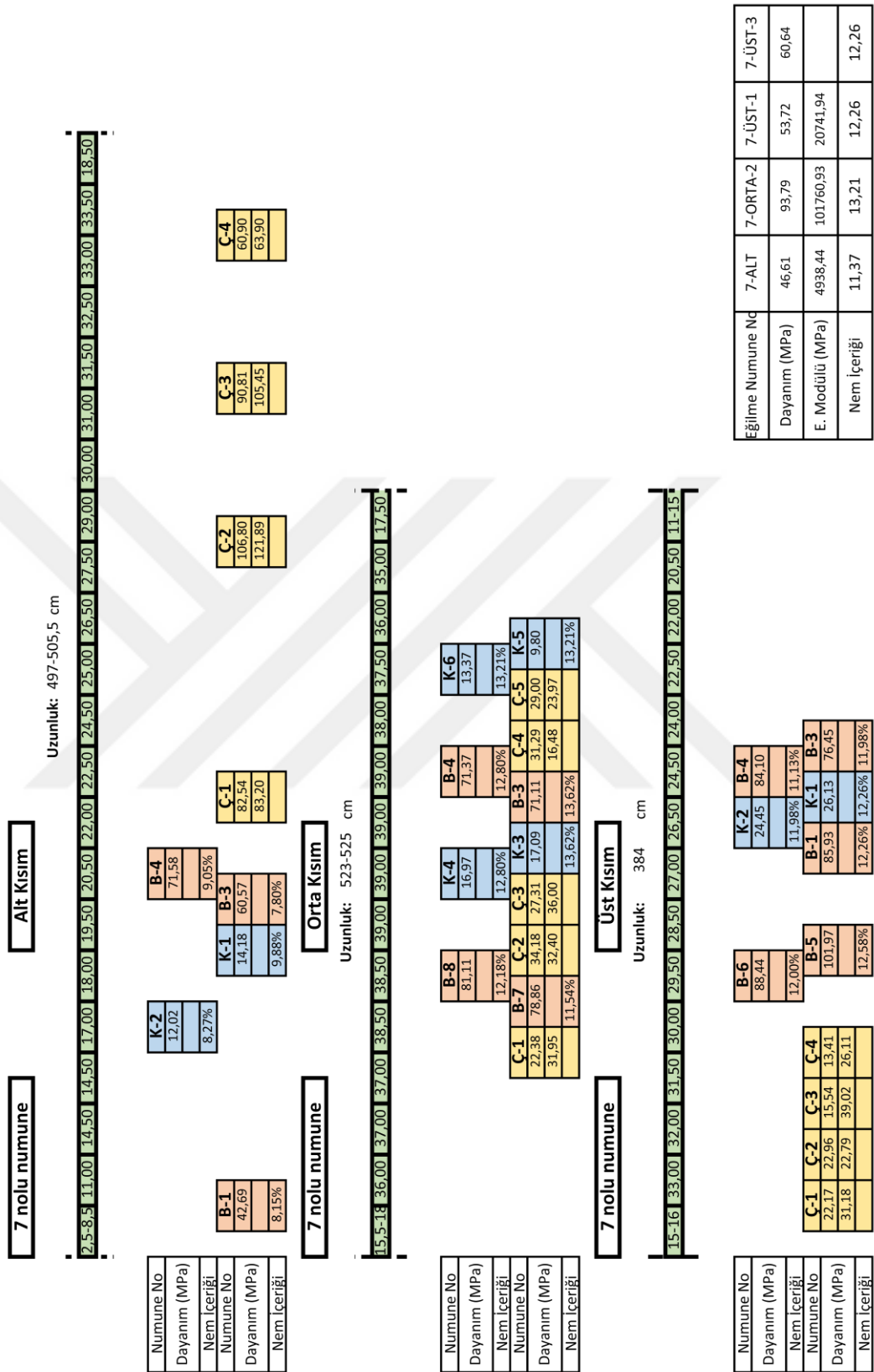
3.1.4. Yapım Aşaması ile İlgili Bulgular ve Tartışma

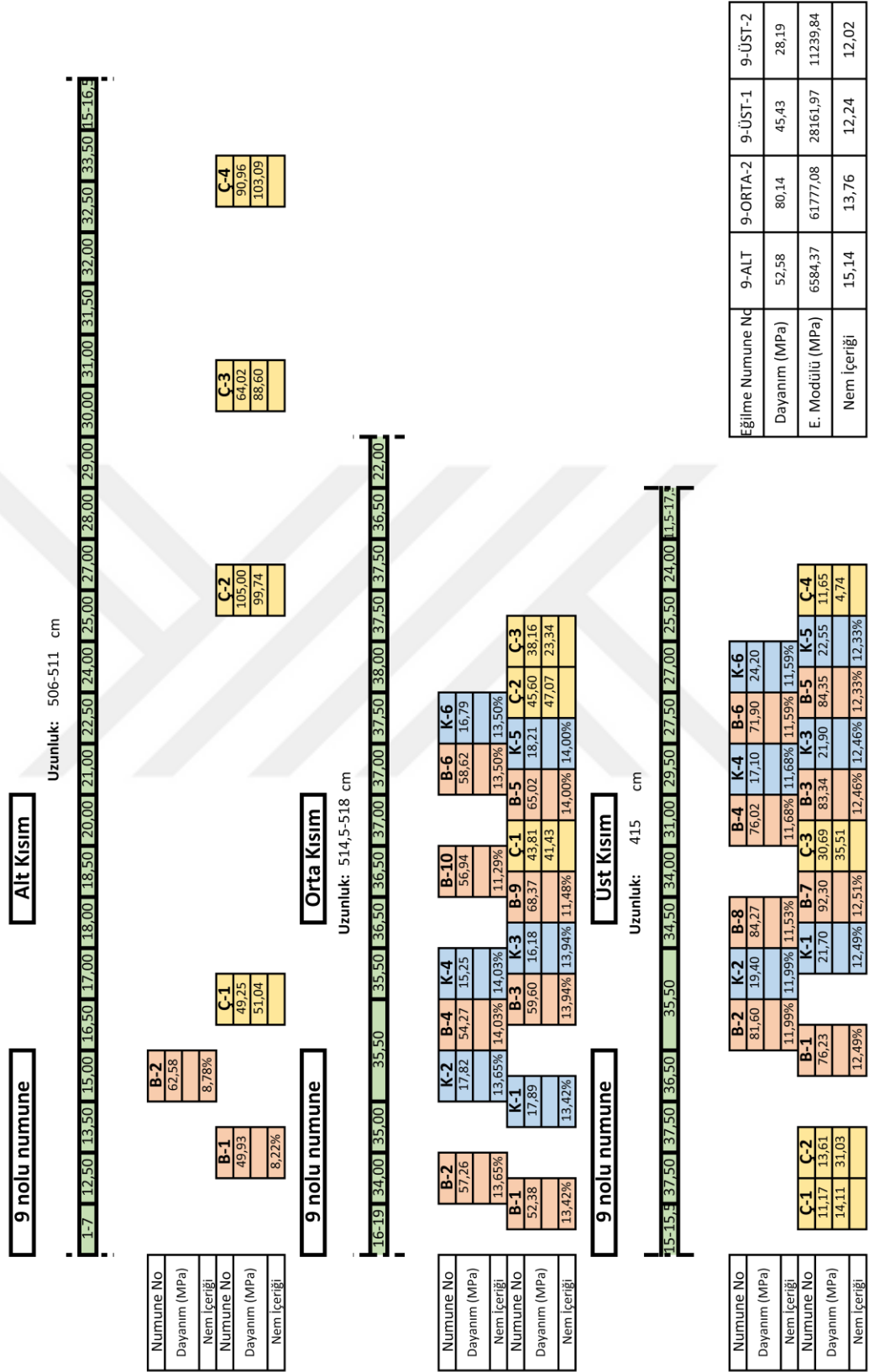
İncelenen örneklerin çoğunda bu başlıktaki bilgilere ulaşılammış olup sadece 3 tane örnekte yapım aşamasına ait bilgilere ulaşılmıştır. Bambuların doğal formlarıyla kullanıldığı yapıların 2 tanesi 8 ayda, endüstriyel bambu ürünleri ile inşa edilmiş yapıların 1 tanesi ise 25 günde tamamlanmıştır.

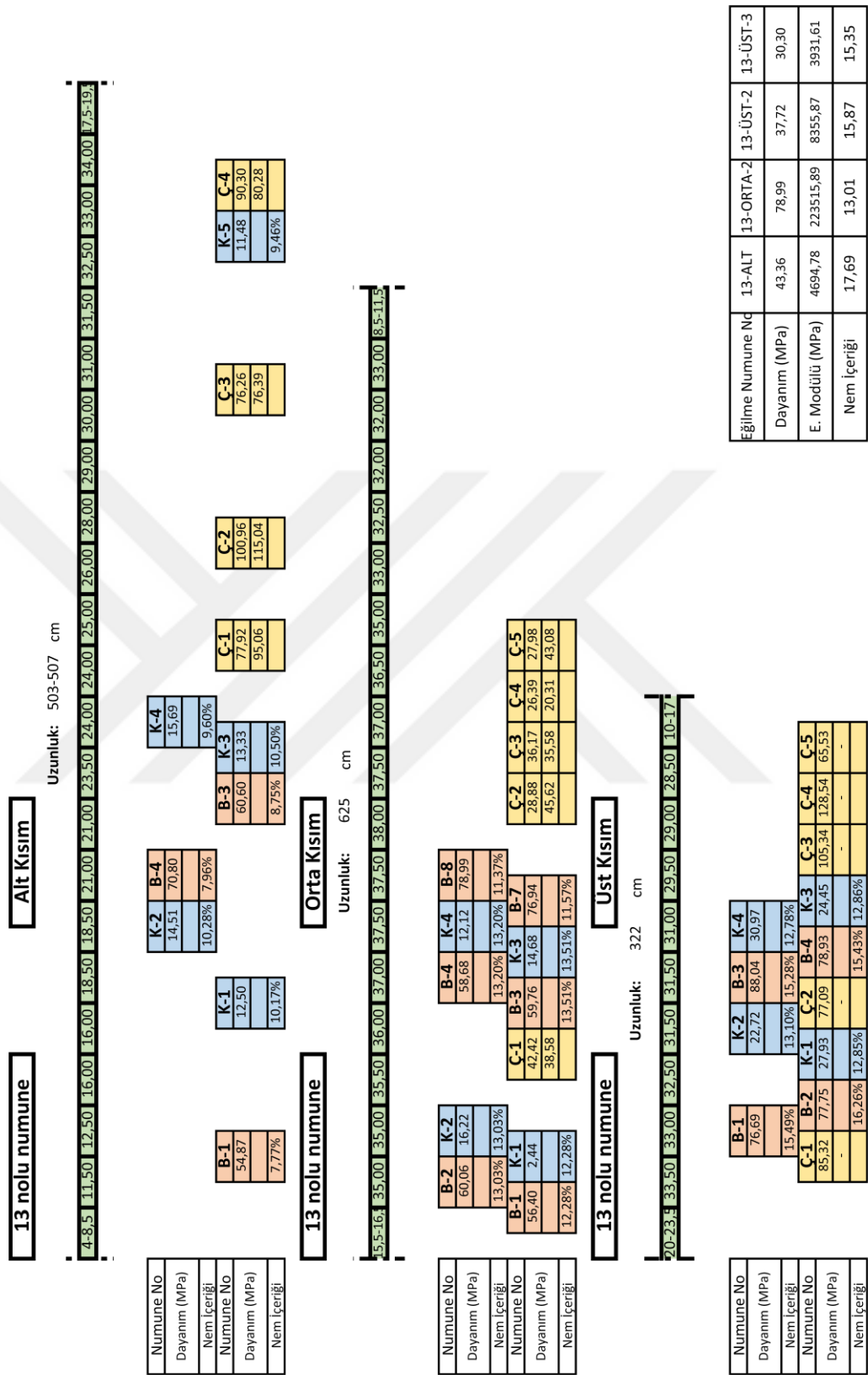
Elde edilen bulgularla birlikte endüstriyel bambu ürünleri ile yapı inşa ederken bambuların doğal halleriyle kullanıldığı duruma göre daha kısa bir zamanda inşası tamamlanmaktadır. Bunun nedeninin bambunun doğal geometrik formundan dolayı yapı inşa sürecinde ustaları zorlaması ve bağlantıların yapılması için ustalık gerektirmesi olduğu düşünülmektedir.

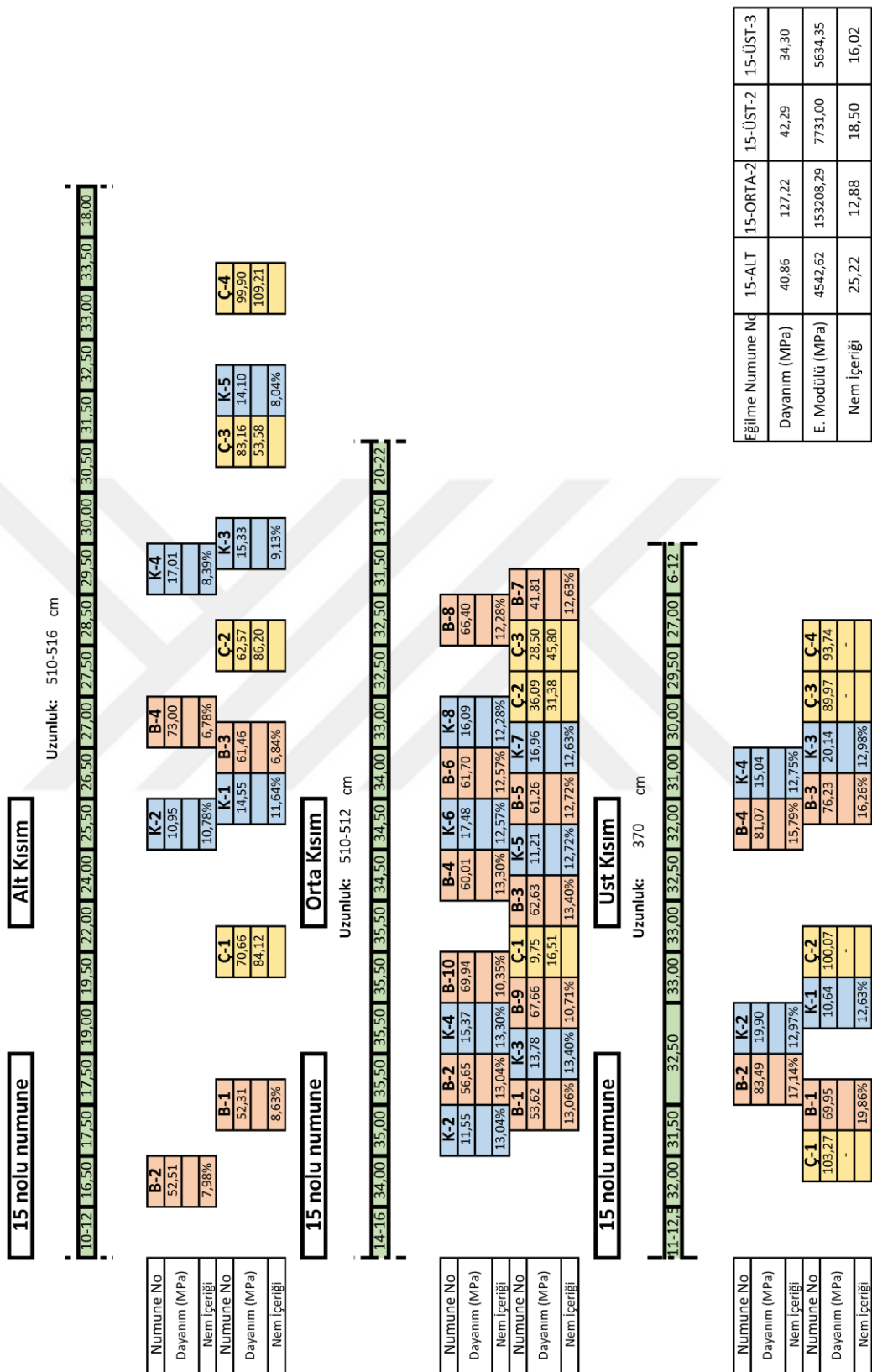
3.2. Deneysel Çalışmaların Değerlendirilmesi

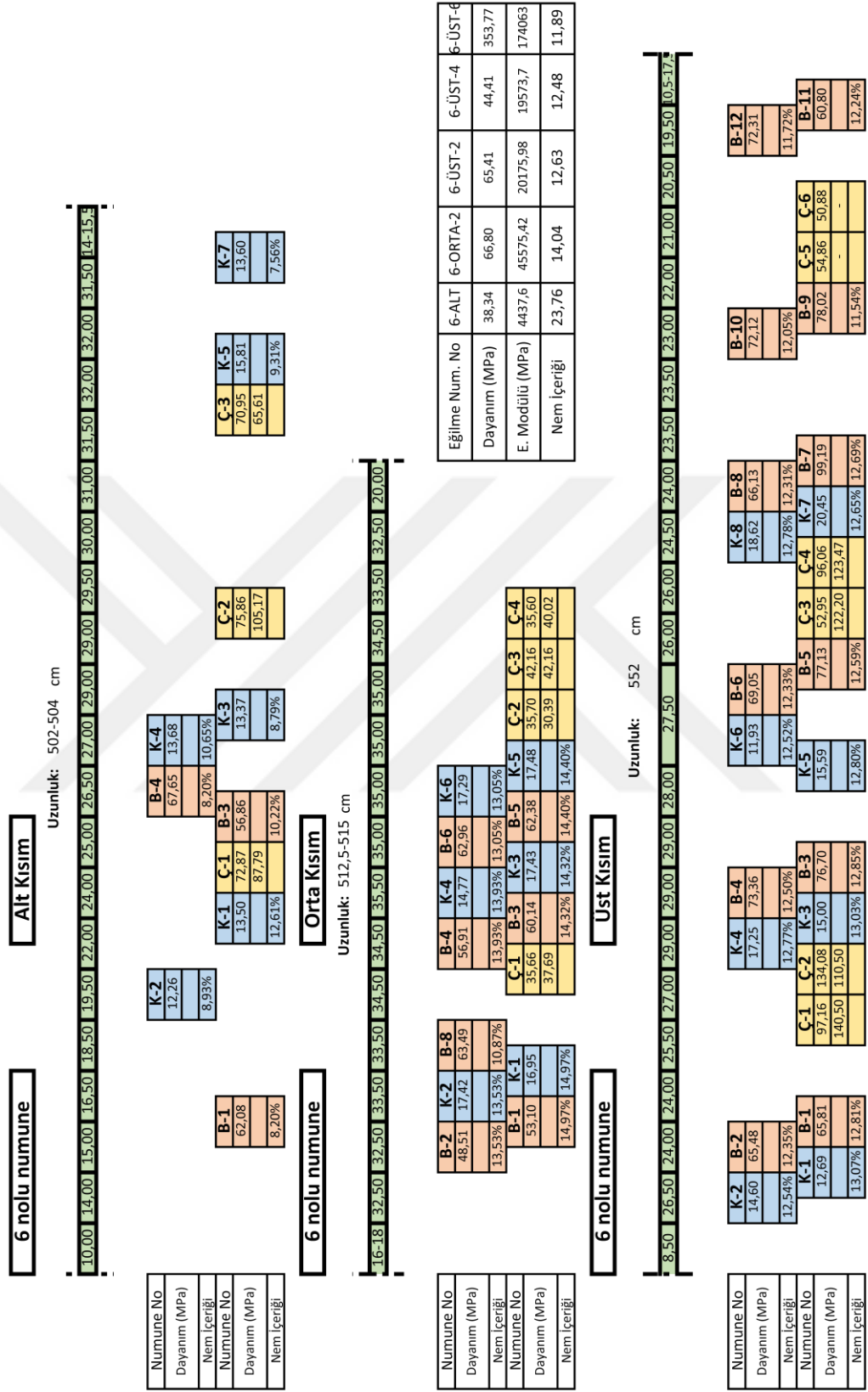
Bambuların liflere paralel mekanik dayanımlarını ölçmek amacıyla yapılan testlerin sonuçları Şekil 73 ile Şekil 78 arasındaki şematik çizimlerde verilmiştir. Bu şematik çizimlerde yeşil arka plan içinde yer alan sonuçlar, iki düğüm arası mesafeyi; sağ köşede yer alan tablodaki sonuçlar, eğilme dayanımlarına ilişkin bilgileri; kırmızı arka planda yer alan sonuçlar, düğümlü ve düğümsüz numunelerin basınç dayanımlarına ilişkin bilgileri; mavi arka planda yer alan sonuçlar, düğümlü ve düğümsüz numunelerin kesme dayanımlarına ilişkin bilgileri; turuncu arka planda yer alan sonuçlarda ilk satırda (a) tipinde hazırlanmış numunelerin çekme dayanımlarına ait bilgileri, iki satırda ise (b) tipinde hazırlanmış numunelerin çekme dayanımlarına ait bilgileri içermektedir.











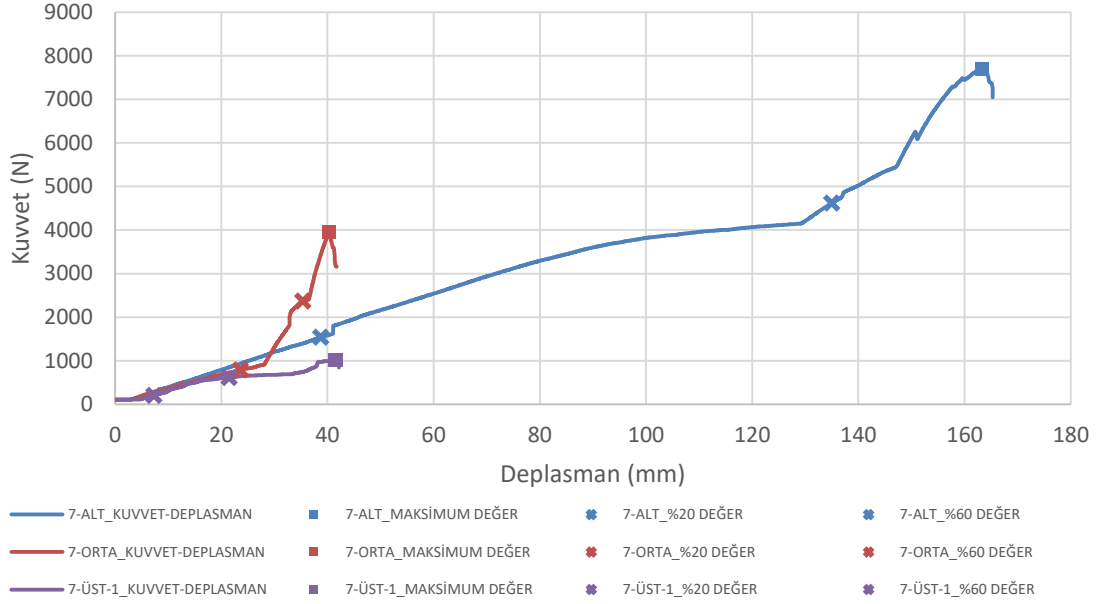
Şekil 77. 6 numaralı numunenin liflere paralel dayanım testlerinin sonuçları



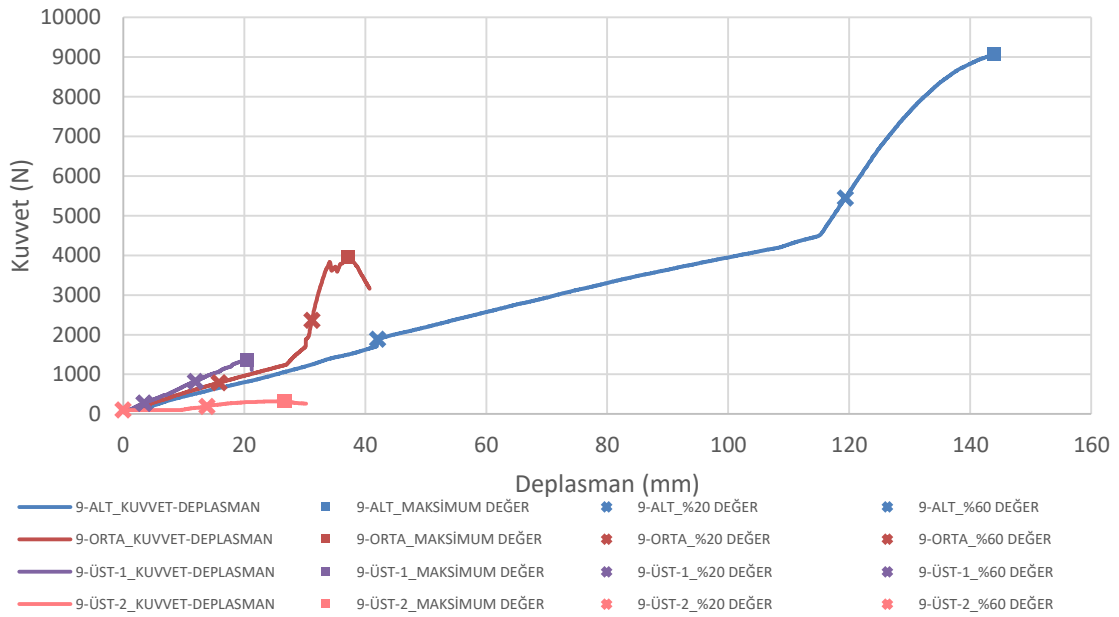
Şekil 78. 10 numaralı numunenin liflere paralel dayanım testlerinin sonuçları

3.2.1. Liflere Paralel Eğilme Testlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi

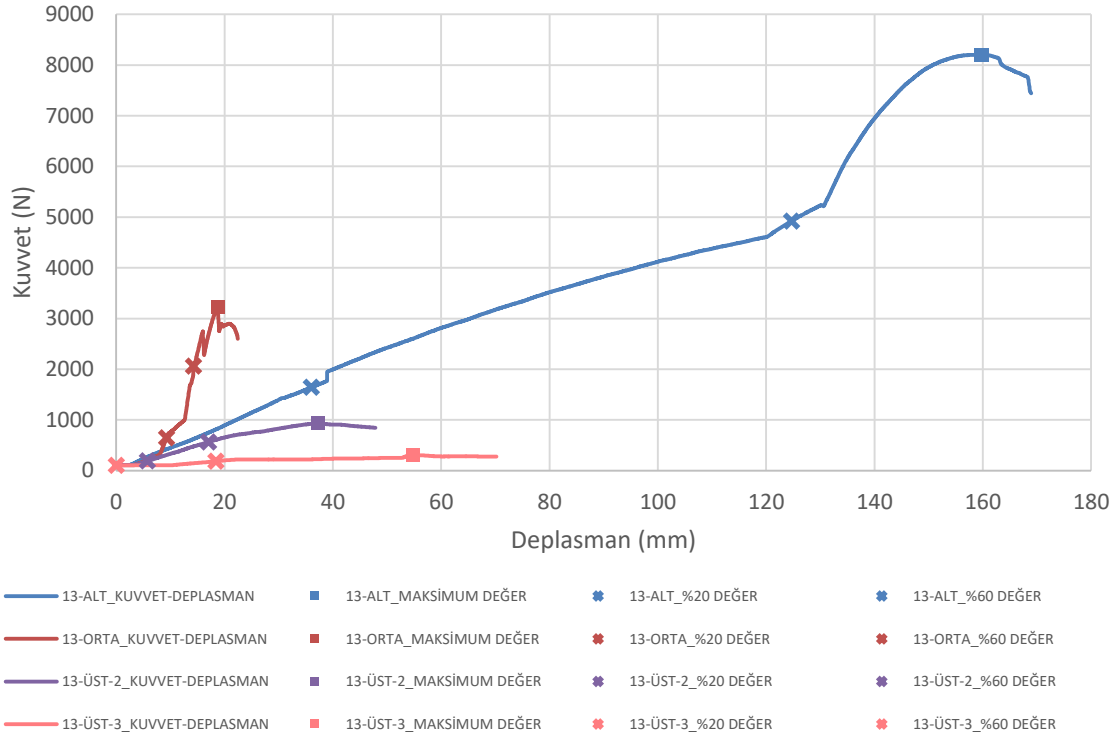
Bambulara uygulanan dört noktali eğilme testleri sonucunda elde edilen kuvvet-deplasman grafikleri Şekil 79 ile Şekil 84 arasında verilmiştir.



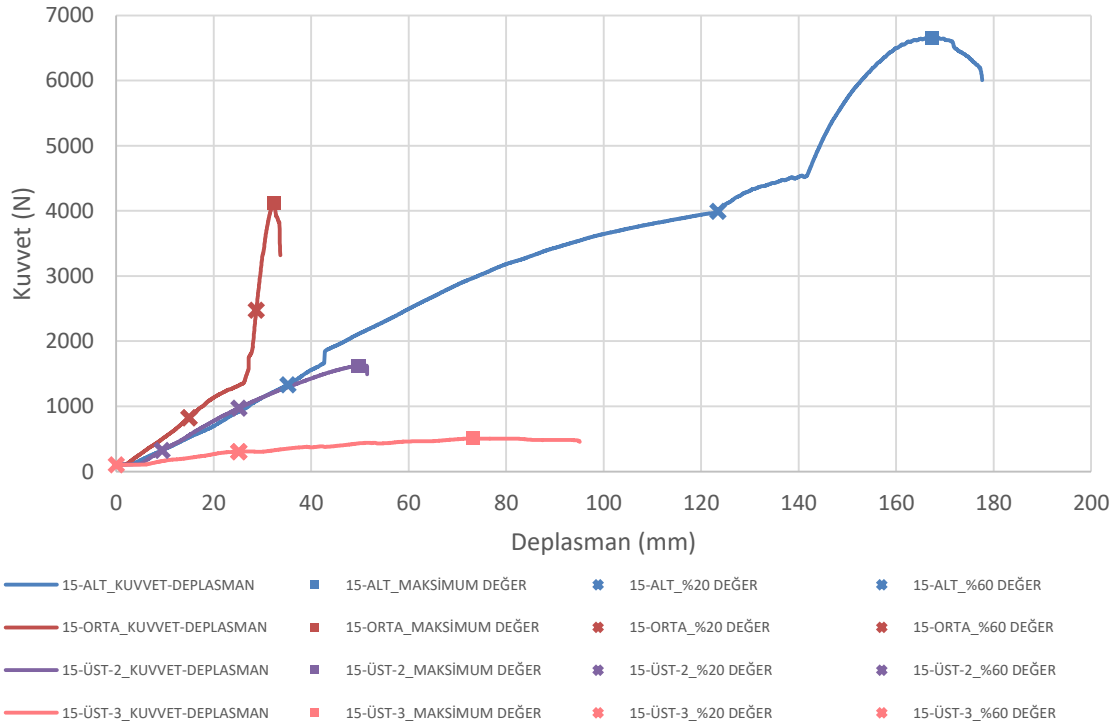
Şekil 79. Eğilme testi sonrası 7 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği



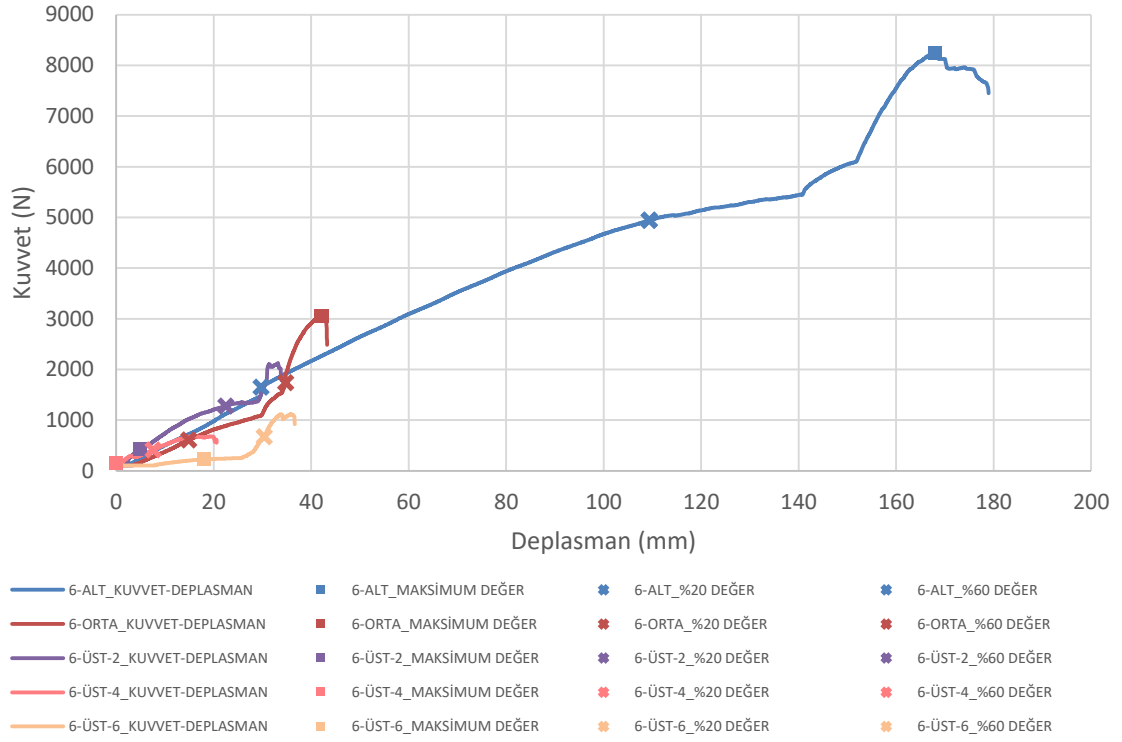
Şekil 80. Eğilme testi sonrası 9 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği



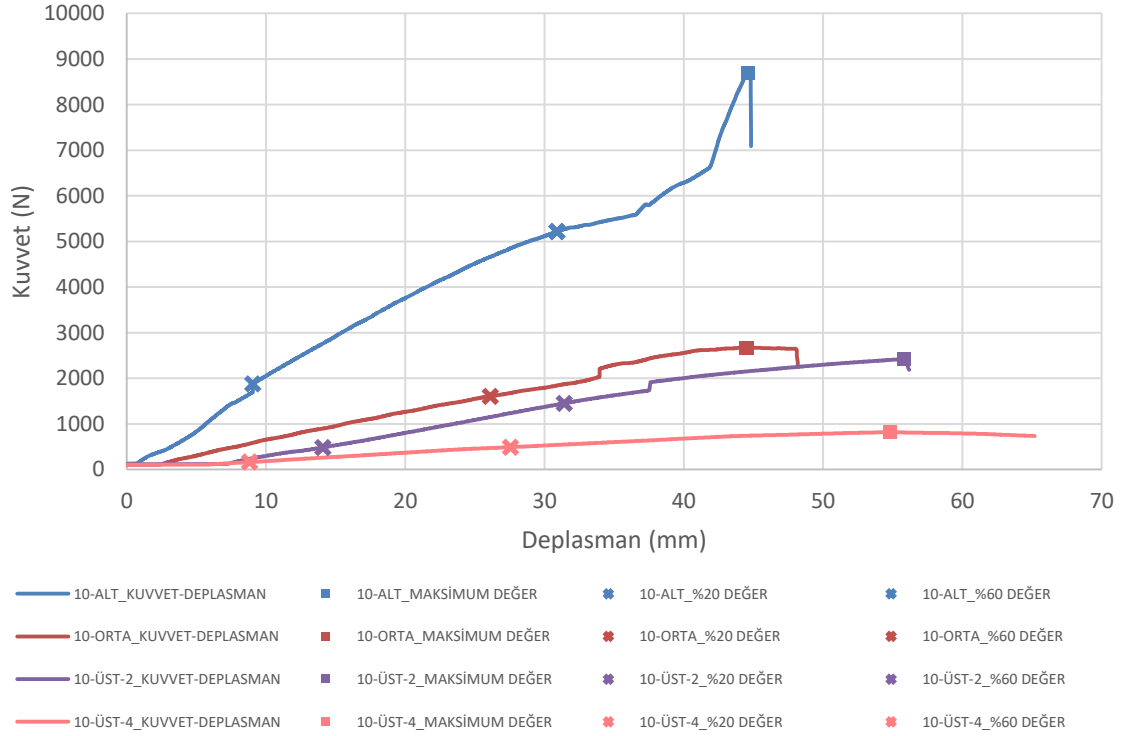
Şekil 81. Eğilme testi sonrası 13 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği



Şekil 82. Eğilme testi sonrası 15 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği



Şekil 83. Eğilme testi sonrası 6 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği



Şekil 84. Eğilme testi sonrası 10 numaralı numunelerin kuvvet – deplasman grafiği

Elde edilen grafikler sonucunda bambuların liflere paralel eğilme dayanımları Tablo 32’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre her numuneye ayrı ayrı bakıldığında ortalama olarak eğilme dayanımı en fazla olan bölüm, bambuların orta bölümüdür (6 numaralı numune hariç). 203,68 MPa’lık ortalama eğilme dayanımı değeri ile 10 numaralı numunenin orta bölümü, maksimum eğilme dayanımına sahiptir. Minimum eğilme dayanımı ise 34,01 MPa’lık değer ile bambuların üst bölümünde yer almaktadır.

Tablo 32. Bambuların kısımlarına göre liflere paralel eğilme dayanımı sonuçları

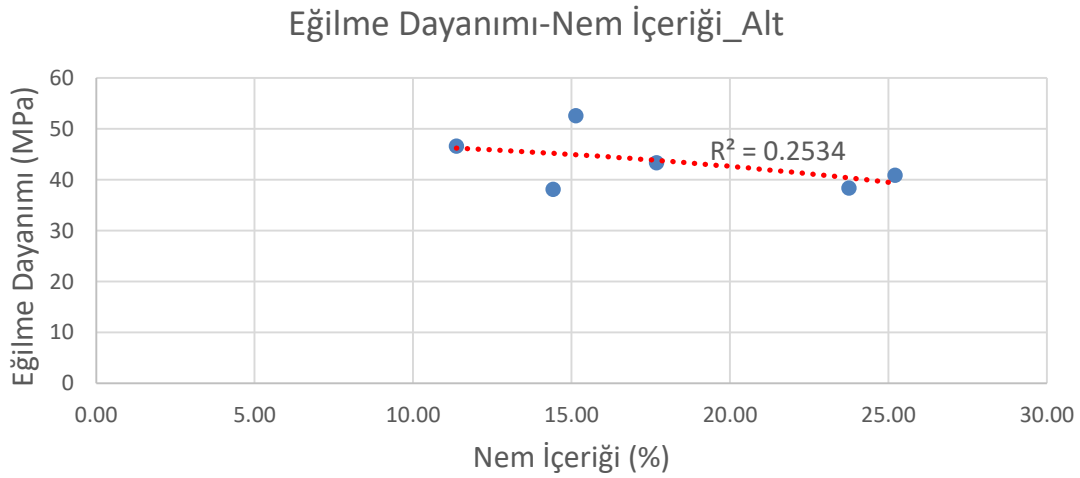
Numune Numarası	Eğilme Dayanımı (MPa)	Bambu Bölümü		
		Alt	Orta	Üst
7	Ortalama	46,61	93,79	57,18
	Standart Sapma	-	-	3,46
9	Ortalama	52,58	80,14	36,81
	Standart Sapma	-	-	8,62
13	Ortalama	43,36	78,99	34,01
	Standart Sapma	-	-	3,71
15	Ortalama	40,86	127,22	38,30
	Standart Sapma	-	-	3,99
6	Ortalama	38,34	66,80	154,53
	Standart Sapma	-	-	141,14
10	Ortalama	38,15	203,68	41,65
	Standart Sapma	-	-	1,15

Bambuların liflere paralel eğilmede elastisite modülü sonuçları Tablo 33’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre her numuneye ayrı ayrı bakıldığında ortalama olarak eğilmede elastisite modülü en fazla olan bölümü bambuların orta bölümüdür. 271,57 GPa’lık ortalama elastisite modülü değeri ile 10 numaralı numunenin orta bölümü, maksimum elastisite modülü değerine sahiptir. Minimum elastisite modülü değeri ise 4,438 GPa’lık değer ile bambuların alt bölümünde yer almaktadır.

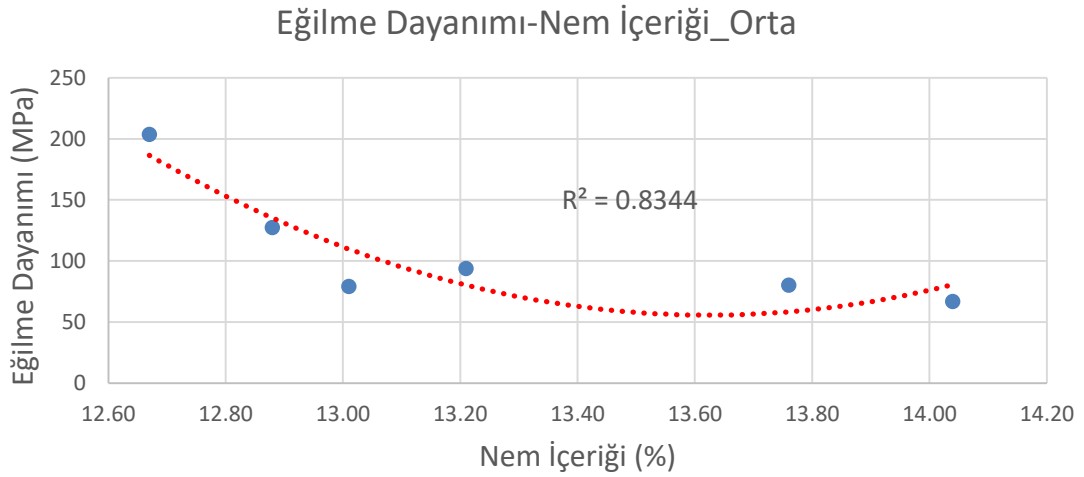
Tablo 33. Bambuların kısımlarına göre liflere paralel eğilmede elastisite modülü sonuçları

Numune Numarası	Eğilmede Elas. Modülü (MPa)	Bambu Bölümü		
		Alt	Orta	Üst
7	Ortalama	4938,44	101760,93	20741,94
	Standart Sapma	-	-	-
9	Ortalama	6584,37	61777,08	19700,91
	Standart Sapma	-	-	8461,07
13	Ortalama	4694,78	223515,89	6143,74
	Standart Sapma	-	-	2212,13
15	Ortalama	4542,62	153208,29	6682,68
	Standart Sapma	-	-	1048,33
6	Ortalama	4437,59	45575,42	19874,84
	Standart Sapma	-	-	301,14
10	Ortalama	15214,23	271567,05	64790,69
	Standart Sapma	-	-	77285,38

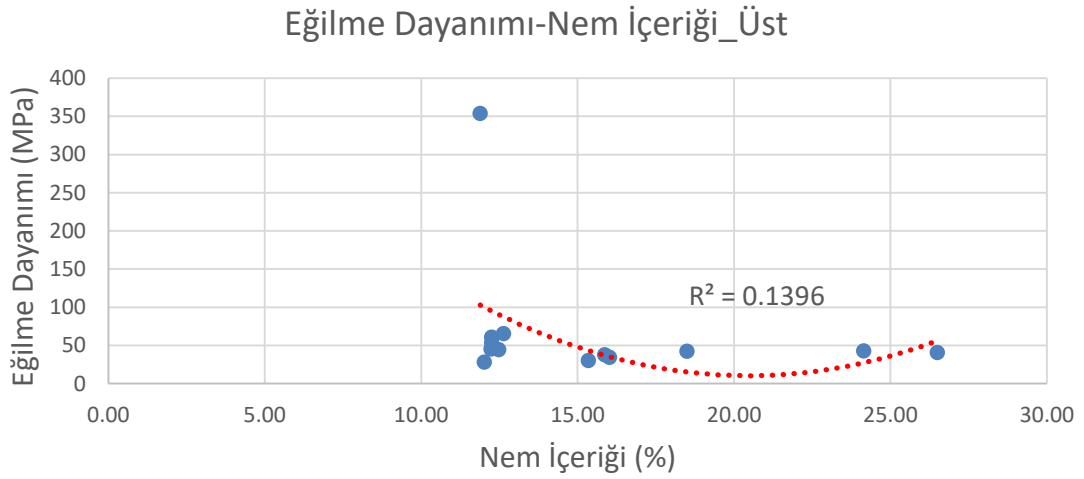
Bambuların liflere paralel eğilme dayanımları ile test sonrası ölçülen nem içerikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirebilmek amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan regresyon analizleri Şekil 85 ile Şekil 87 arasında verilmiştir.



Şekil 85. Nem içeriği ile bambuların alt bölümlerinin eğilme dayanımları arasındaki ilişki



Şekil 86. Nem içeriği ile bambuların orta bölümlerinin eğilme dayanımları arasındaki ilişki



Şekil 87. Nem içeriği ile bambuların üst bölümlerinin eğilme dayanımları arasındaki ilişki

Alt ve üst numunelerin liflere paralel eğilme dayanımları ile nem içerikleri arasında anlamlı bir korelasyon görülmemiştir. Ancak, orta bölümden alınan numunelerin eğilme dayanımı ile nem içeriği arasında 0,8344'lük bir R^2 değeri hesaplanmış ve iyi bir korelasyon ilişkisi tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçların, alt ve üst bölümlerdeki bambu numunelerin hem toprak hem de güneş ışığı, rüzgâr gibi etmenlerden dolayı nem içeriklerinin dengesiz bulunmasından kaynaklı olacağı düşünülmektedir. Orta bölümde yer alan numunelerin nispeten diğer iki bölümdakilere göre eğilme dayanımı-nem içeriği dağılımının daha sabit kaldığı belirlenmiştir.

3.2.2. Liflere Paralel Basınç Testlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi

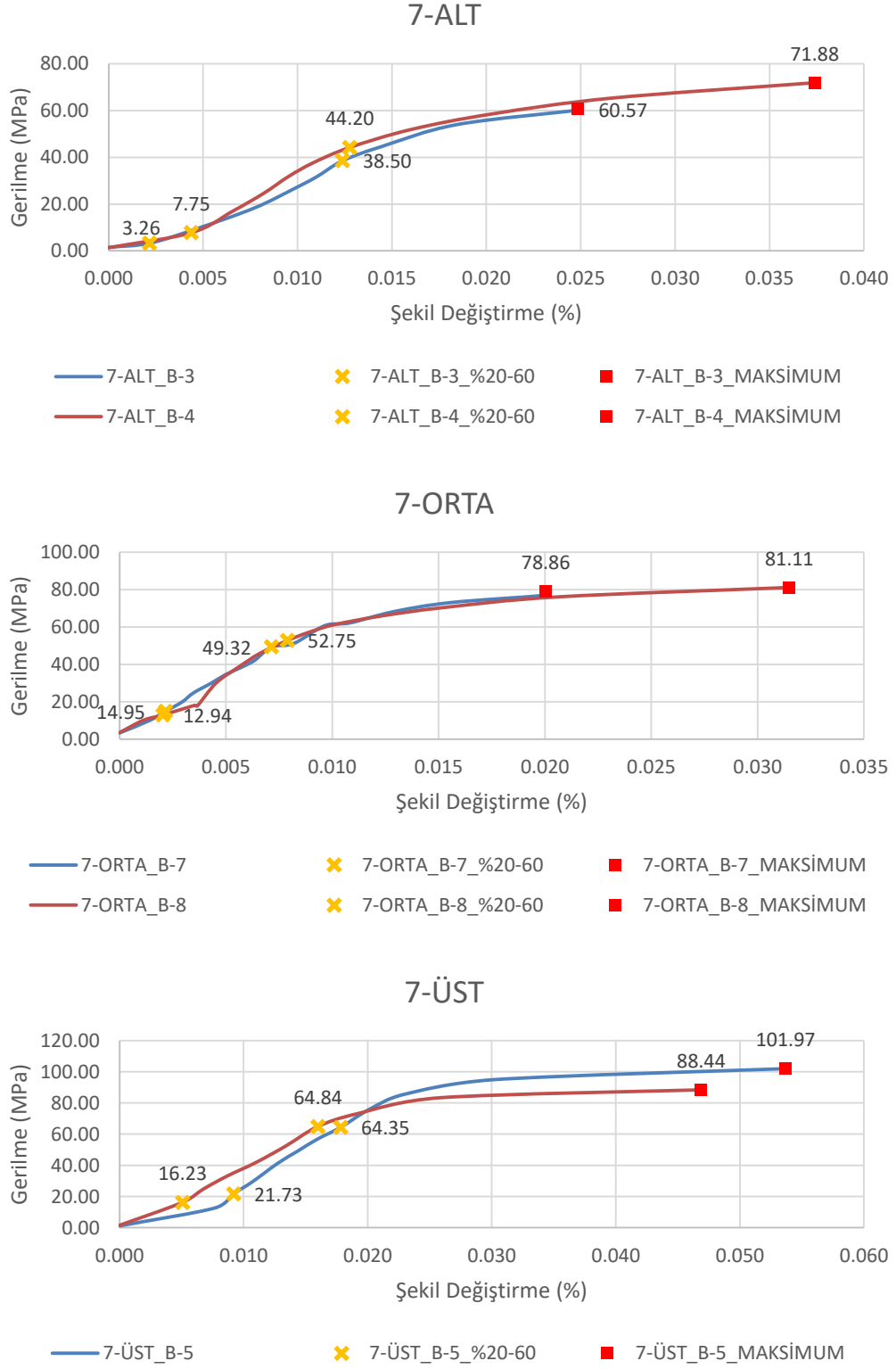
Bambuların liflere paralel basınç dayanımı sonuçları Tablo 34'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre her numuneye ayrı ayrı bakıldığında ortalama olarak basınç dayanımı değerleri, alt bölümden üst bölüme doğru gittikçe arttığı görülmektedir (6 numaralı numune hariç). 88,12 MPa'lık ortalama basınç dayanımı değeri ile 7 numaralı bambunun üst bölümündeki düğümlü numuneler, maksimum basınç dayanımına sahiptir. Ortalama basınç dayanımında minimum değer ise 47,58 MPa'lık sonuç ile 10 numaralı bambunun alt bölümündeki düğümlü numunelerinde yer almaktadır.

Her bir bambunun düğüm içeren ve düğüm içermeyen numunelerinin ortalama basınç dayanımları kendi içlerinde karşılaştırıldığında bütün bambuların alt bölümünde yer alan düğüm içermeyen numunelerin ortalama basınç dayanımları, düğümlü numunelerin basınç dayanımından fazla olduğu görülmektedir. Orta bölümlerde ise 4 bambuda düğüm içermeyen numuneler daha fazla ortalama basınç dayanımına sahip iken üst bölümlerde ise 4 bambuda düğümlü numuneler daha fazla ortalama basınç dayanımına sahiptir.

Tablo 34. Bambuların kısımlarına göre liflere paralel basınç dayanımı sonuçları

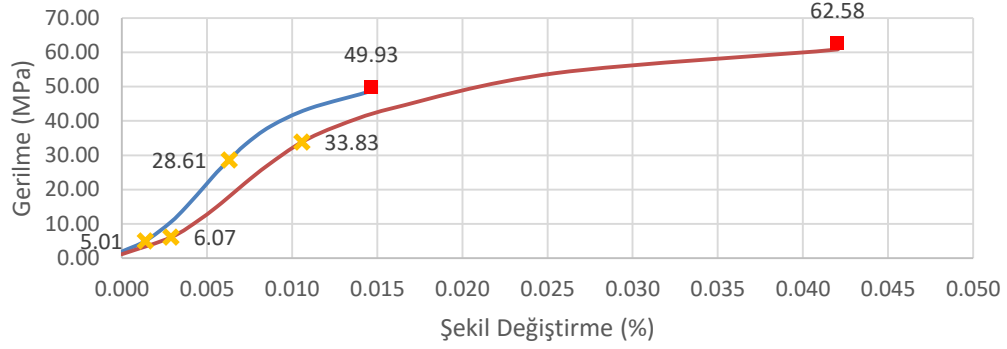
Numune Numarası	Basınç Dayanımı (MPa)	Bambu Bölümü ve Numune Tipi					
		Alt		Orta		Üst	
		Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz
7	Ortalama	51,63	71,58	74,99	76,24	88,12	86,27
	Standart Sapma	8,94	-	3,88	3,10	10,54	2,17
9	Ortalama	49,93	62,58	61,34	56,77	84,05	78,44
	Standart Sapma	-	-	6,05	1,58	5,70	4,81
13	Ortalama	57,73	70,80	64,37	65,91	78,34	82,36
	Standart Sapma	2,87	-	9,00	9,27	0,59	5,68
15	Ortalama	56,89	62,75	57,40	62,94	73,09	82,28
	Standart Sapma	4,58	10,25	9,00	4,70	3,14	1,21
6	Ortalama	59,47	67,65	58,54	57,97	76,28	69,74
	Standart Sapma	2,61	-	3,95	6,04	12,10	3,08
10	Ortalama	47,58	50,73	51,22	54,75	73,40	70,26
	Standart Sapma	4,86	-	10,68	2,12	3,83	4,48

Bambulara uygulanan basınç testleri sonucunda elde edilen gerilme-şekil değiştirme grafikleri Şekil 88 ile Şekil 93 arasında verilmiştir.



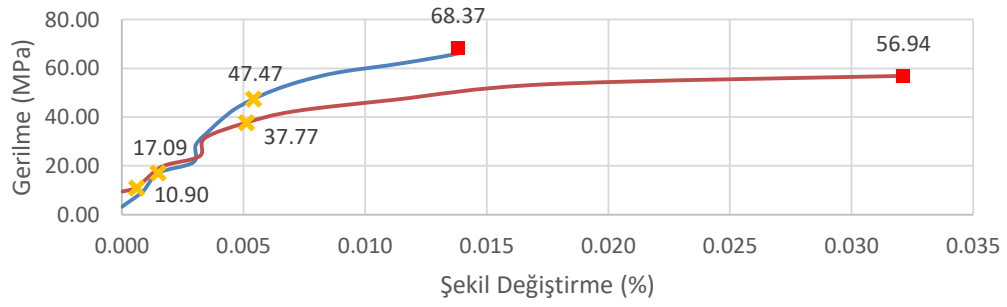
Şekil 88. Basınç testi sonrası 7 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri

9-ALT



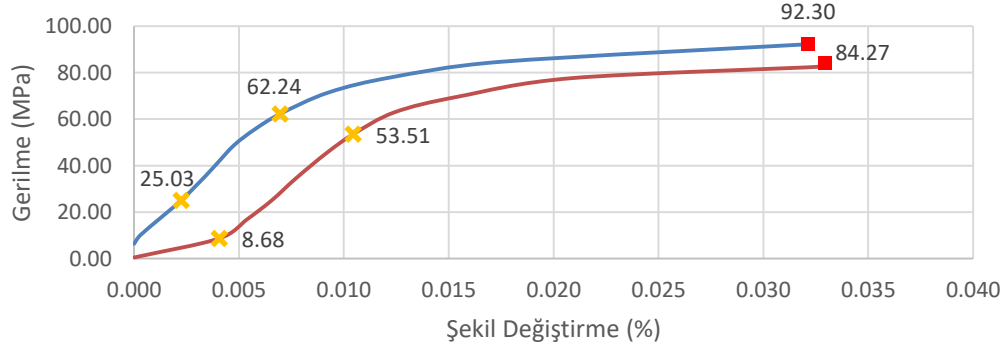
— 9-ALT_B-1 × 9-ALT_B-1_%20-60 ■ 9-ALT_B-1_MAKSİMUM
 — 9-ALT_B-2 × 9-ALT_B-2_%20-60 ■ 9-ALT_B-2_MAKSİMUM

9-ORTA



— 9-ORTA_B-9 × 9-ORTA_B-9_%20-60 ■ 9-ORTA_B-9_MAKSİMUM
 — 9-ORTA_B-10 × 9-ORTA_B-10_%20-60 ■ 9-ORTA_B-10_MAKSİMUM

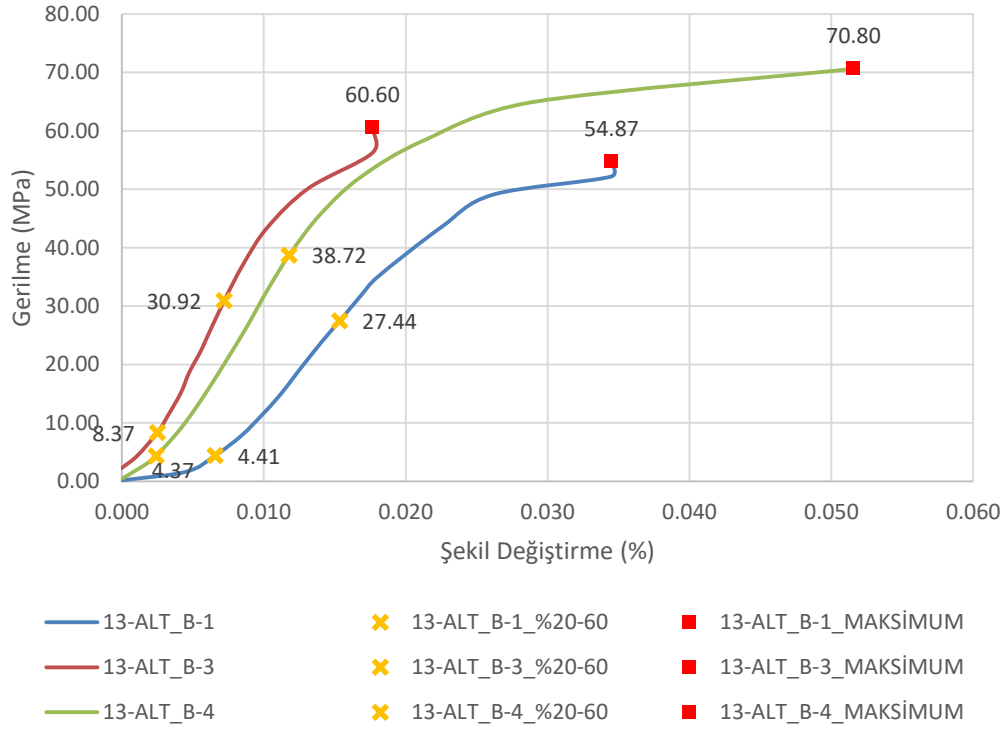
9-ÜST



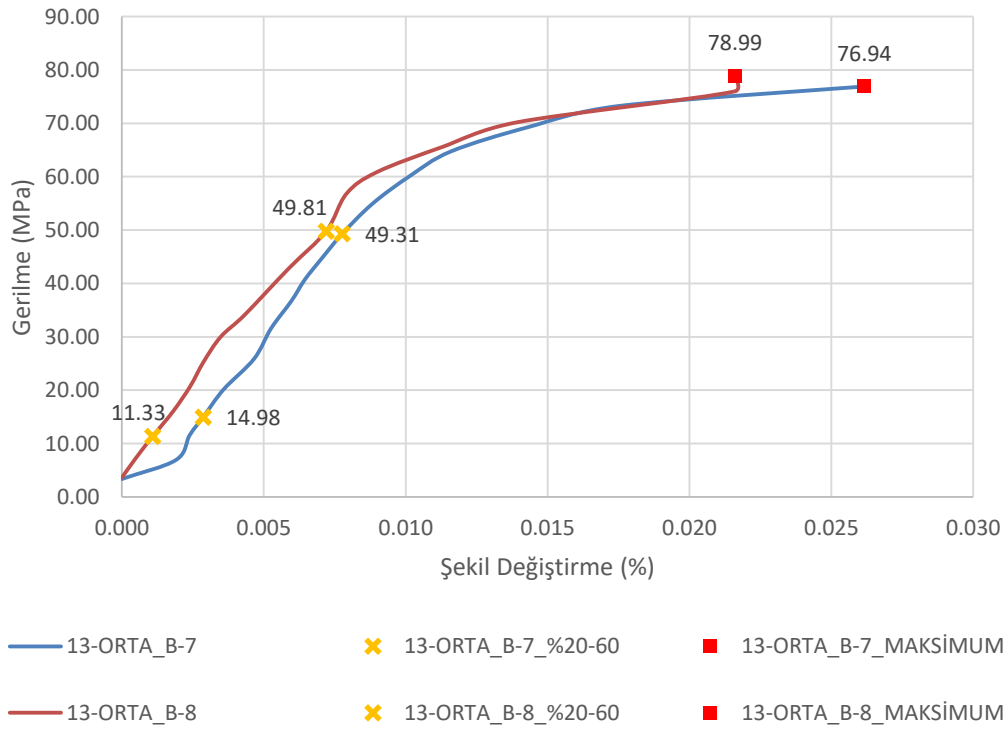
— 9-ÜST_B-7 × 9-ÜST_B-7_%20-60 ■ 9-ÜST_B-7_MAKSİMUM
 — 9-ÜST_B-8 × 9-ÜST_B-8_%20-60 ■ 9-ÜST_B-8_MAKSİMUM

Şekil 89. Basınç testi sonrası 9 numaralı numunelerin gerilme – şekil değişirme grafikleri

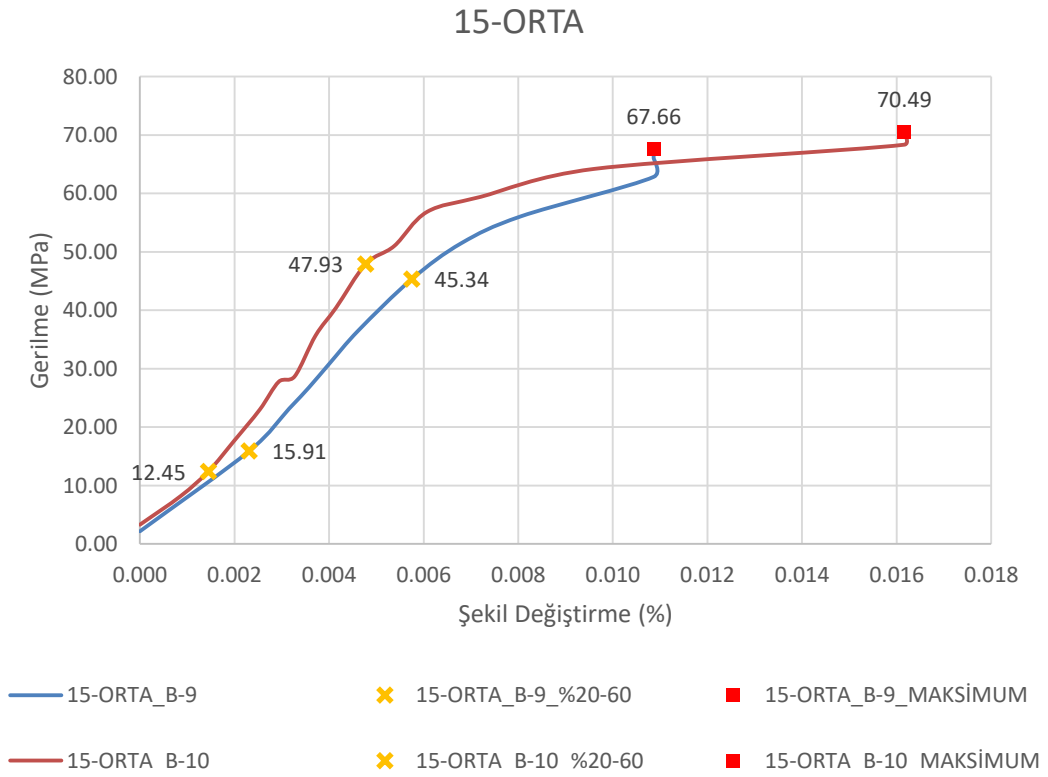
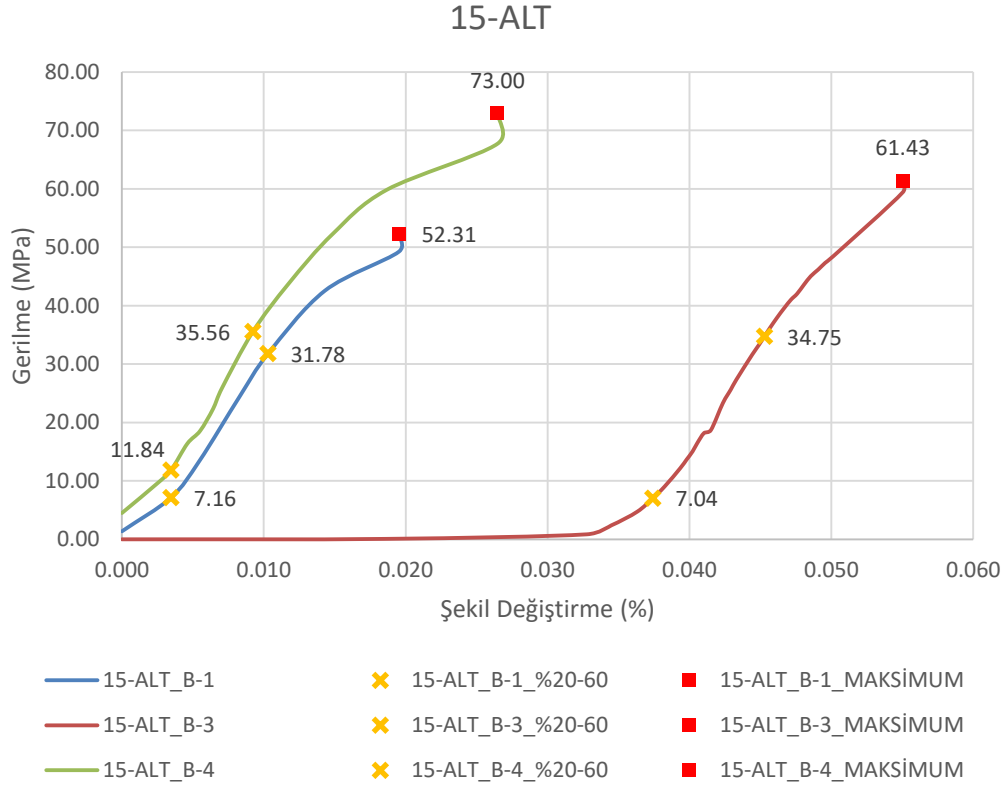
13-ALT



13-ORTA

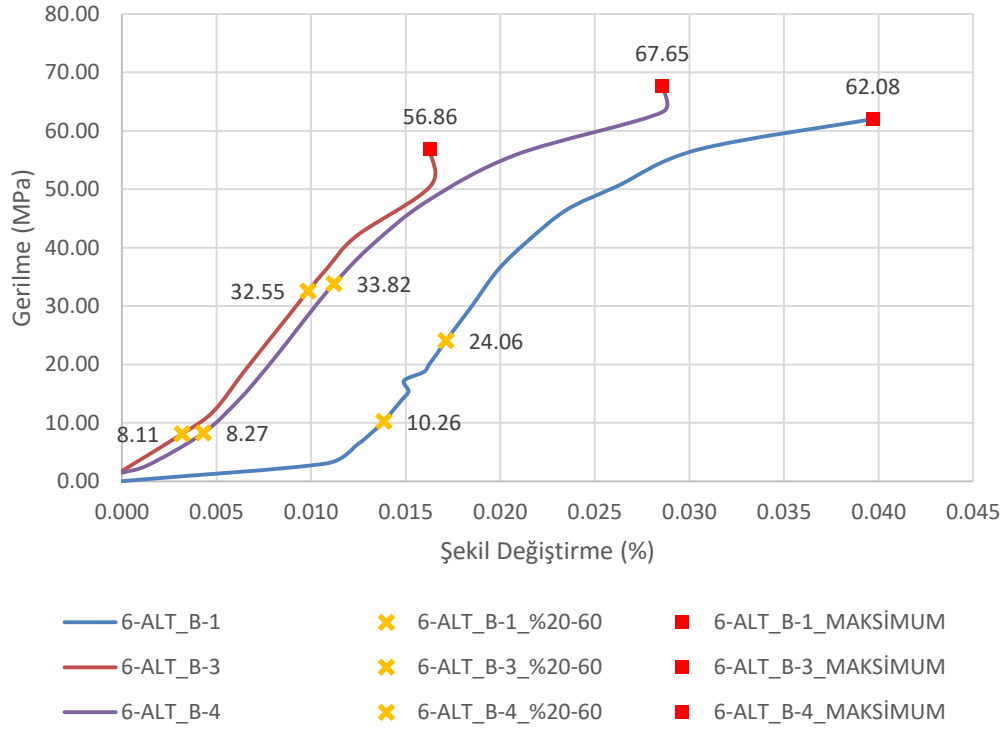


Şekil 90. Basınç testi sonrası 13 numaralı numunelerin gerilme – şekil değişirme grafikleri

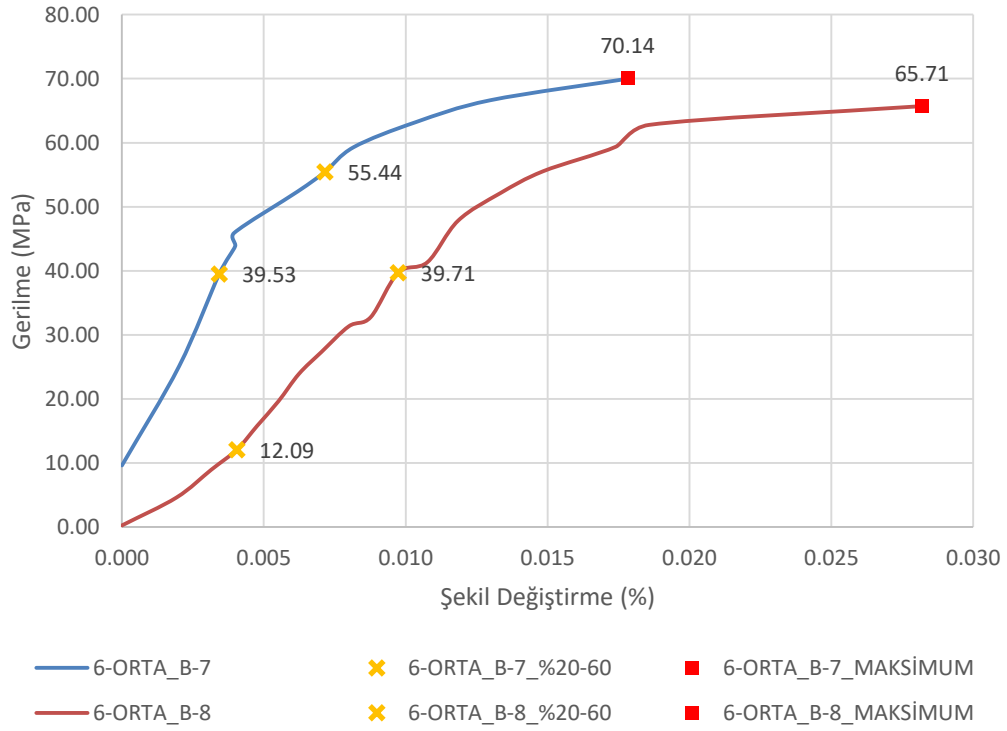


Şekil 91. Basınç testi sonrası 15 numaralı numunelerin gerilme – şekil değişirme grafikleri

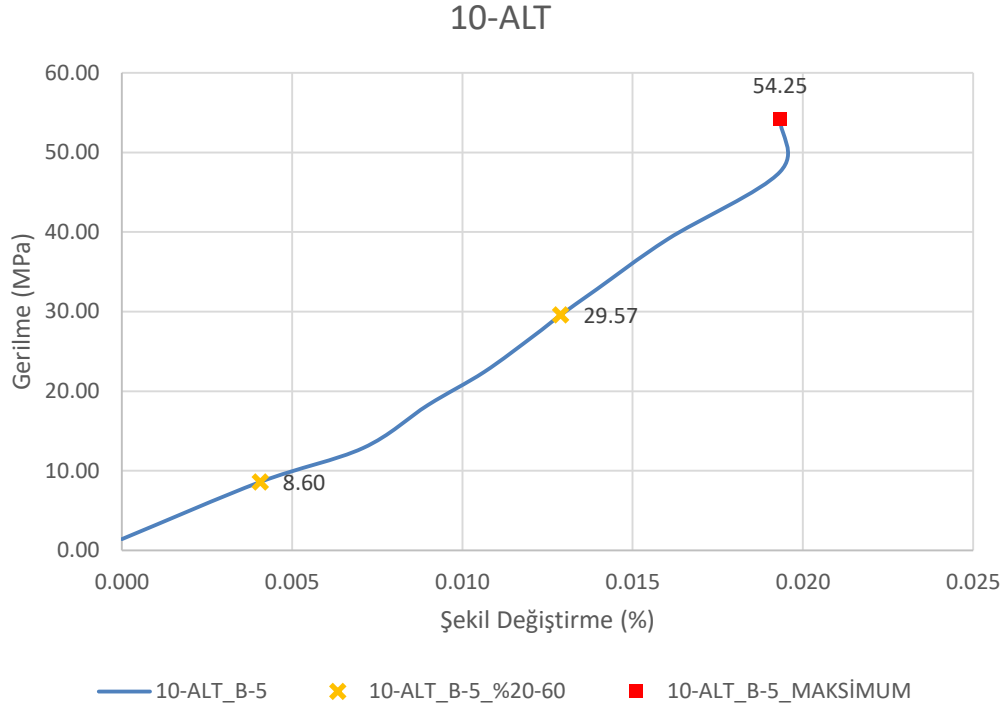
6-ALT



6-ORTA



Şekil 92. Basınç testi sonrası 6 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri



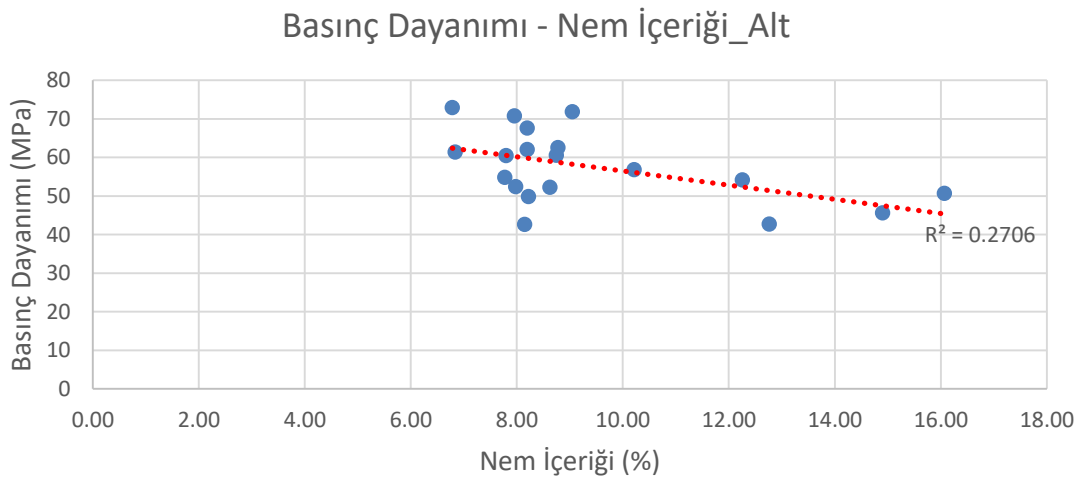
Şekil 93. Basınç testi sonrası 10 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri

Bambuların liflere paralel basınçta elastisite modülü sonuçları Tablo 35’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre her numuneye ayrı ayrı bakıldığında ortalama olarak basınçta elastisite modülü en fazla olan kısım bambuların orta bölümüdür (9 numaralı numune hariç). 10,67 GPa’lık basınçta elastisite modülü değeri ile 15 numaralı bambunun orta bölümünün düğüm içermeyen numunesi basınçta elastisite modülünün maksimum değerine sahiptir. Basınçta elastisite modülünün minimum değeri ise 2,38 GPa’lık değer ile 10 numaralı bambunun alt bölümündeki düğüm içeren numunesinde yer almaktadır.

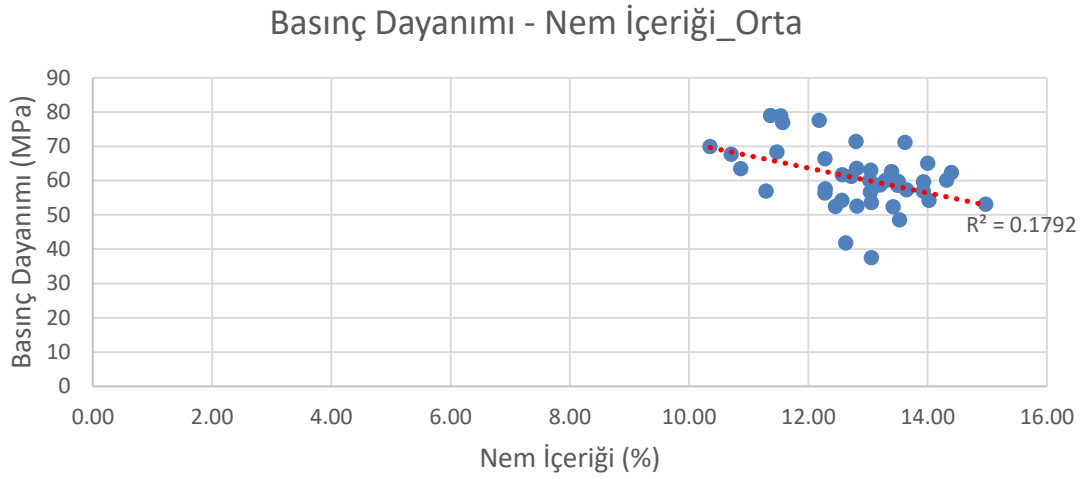
Tablo 35. Bambuların kısımlarına göre basınçta elastisite modülü sonuçları

Numune Numarası	Basınçta Elas. Modülü (MPa)	Bambu Bölümü ve Numune Tipi					
		Alt		Orta		Üst	
		Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz
7	Ortalama	3448,65	4344,06	6889,53	6799,60	4943,85	4454,83
	Standart Sapma	-	-	-	-	-	-
9	Ortalama	4793,98	3610,73	7751,95	5949,30	7895,20	7017,68
	Standart Sapma	-	-	-	-	-	-
13	Ortalama	3713,94	3670,32	7008,82	6287,11	-	-
	Standart Sapma	1087,28	-	-	-	-	-
15	Ortalama	3561,97	4105,72	8561,18	10672,27	-	-
	Standart Sapma	41,24	-	-	-	-	-
6	Ortalama	3939,15	3697,53	4273,12	4860,78	-	-
	Standart Sapma	267,96	-	-	-	-	-
10	Ortalama	2375,36	-	-	-	-	-
	Standart Sapma	-	-	-	-	-	-

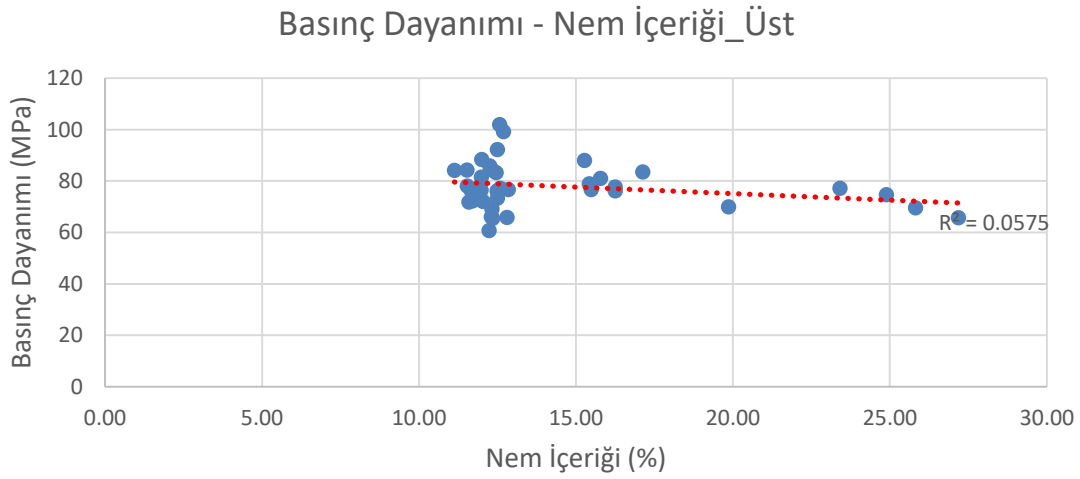
Bambuların liflere paralel basınç dayanımları ile test sonrası ölçülen nem içerikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirebilmek amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan regresyon analizleri Şekil 94 ile Şekil 96 arasında verilmiştir.



Şekil 94. Nem içeriği ile bambuların alt bölümlerinin basınç dayanımları arasındaki ilişki



Şekil 95. Nem içeriği ile bambuların orta bölümlerinin basınç dayanımları arasındaki ilişki



Şekil 96. Nem içeriği ile bambuların üst bölümlerinin basınç dayanımları arasındaki ilişki

Yapılan regresyon analizleri sonucunda numunelerin basınç dayanımı ile nem içeriği arasında alt bölümde 0,2706'lık, orta bölümde 0,1792'lik, üst bölümde 0,0575'lik R^2 değerlerinin hesaplanmasıyla birlikte anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmüştür.

3.2.3. Liflere Paralel Kesme Testlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Bambuların liflere paralel kesme dayanımı sonuçları Tablo 36'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre her numuneye ayrı ayrı bakıldığında ortalama olarak kesme dayanımı

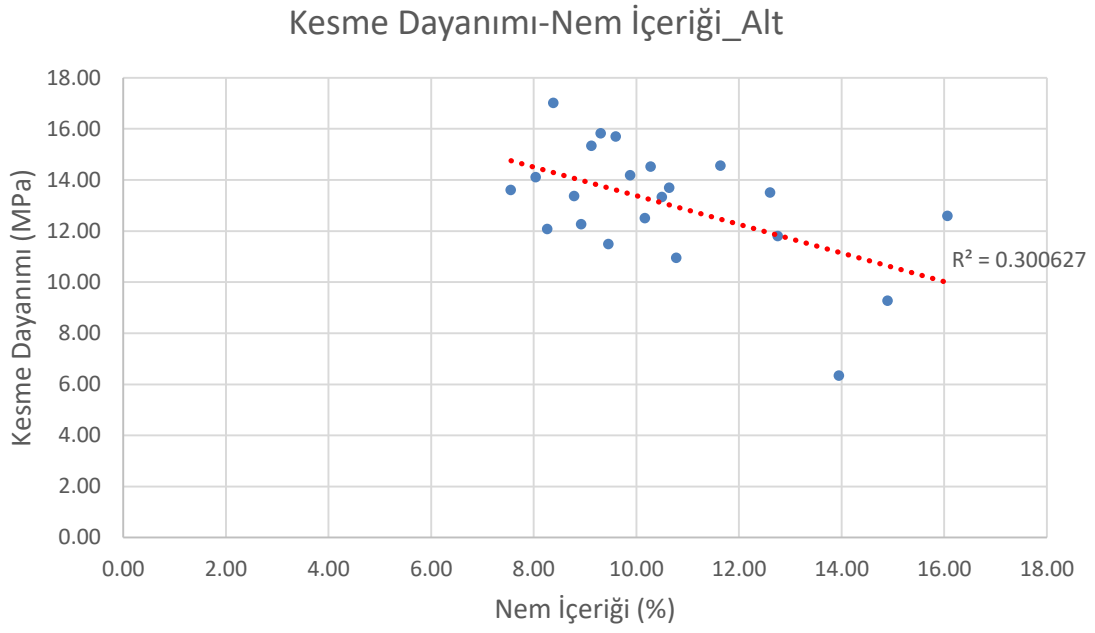
değerleri, alt bölümden üst bölüme doğru gittikçe arttığı görülmektedir (6 ve 10 numaralı numune hariç). 26,84 MPa'lık ortalama kesme dayanımı değeri ile 13 numaralı bambunun üst bölümündeki düğüm içermeyen numuneler, maksimum kesme dayanımına sahiptir. Ortalama kesme dayanımında minimum değer ise 9,46 MPa'lık sonuç ile 10 numaralı bambunun alt bölümündeki düğüm içermeyen numunelerinde yer almaktadır.

Her bir bambunun düğüm içeren ve düğüm içermeyen numunelerinin ortalama kesme dayanımları kendi içlerinde karşılaştırıldığında bütün bambuların alt bölümünde yer alan düğümlü numunelerin ortalama kesme dayanımları, düğüm içermeyen numunelerin kesme dayanımından fazla olduğu görülmektedir (13 numaralı numune hariç). Orta ve üst bölümlerde ise ortalama kesme dayanımları açısından düğümlü ve düğüm içermeyen numuneler arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır.

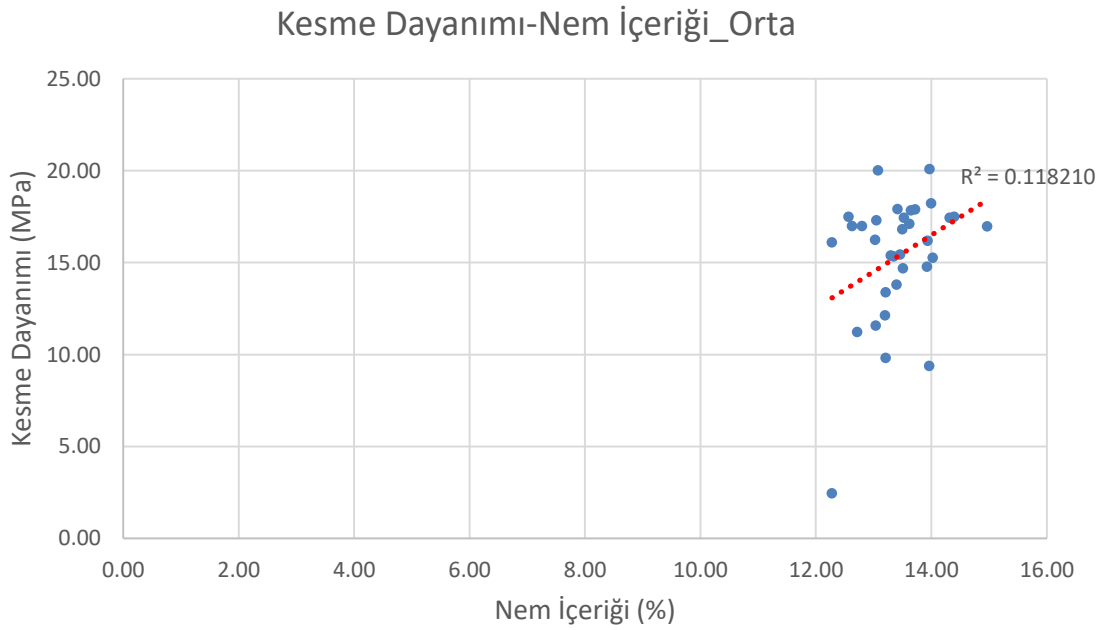
Tablo 36. Bambuların kısımlarına göre liflere paralel kesme dayanımı sonuçları

Numune Numarası	Kesme Dayanımı (MPa)	Bambu Bölümü ve Numune Tipi					
		Alt		Orta		Üst	
		Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz	Düğümlü	Düğümsüz
7	Ortalama	14,18	12,02	13,45	15,17	26,13	24,45
	Standart Sapma	0,00	0,00	3,64	1,80	0,00	0,00
9	Ortalama	-	-	17,43	16,62	22,05	20,24
	Standart Sapma	-	-	0,89	1,05	0,36	2,96
13	Ortalama	12,43	15,10	14,68	14,17	26,19	26,84
	Standart Sapma	0,76	0,59	0,00	2,05	1,74	4,13
15	Ortalama	14,66	13,98	13,99	15,12	15,39	17,47
	Standart Sapma	0,51	3,03	2,35	2,20	4,75	2,43
6	Ortalama	14,07	12,97	17,29	16,49	15,93	15,60
	Standart Sapma	1,01	0,71	0,24	1,22	2,82	2,56
10	Ortalama	10,53	9,46	15,77	16,91	13,56	18,80
	Standart Sapma	1,27	3,13	4,61	2,19	2,38	4,61

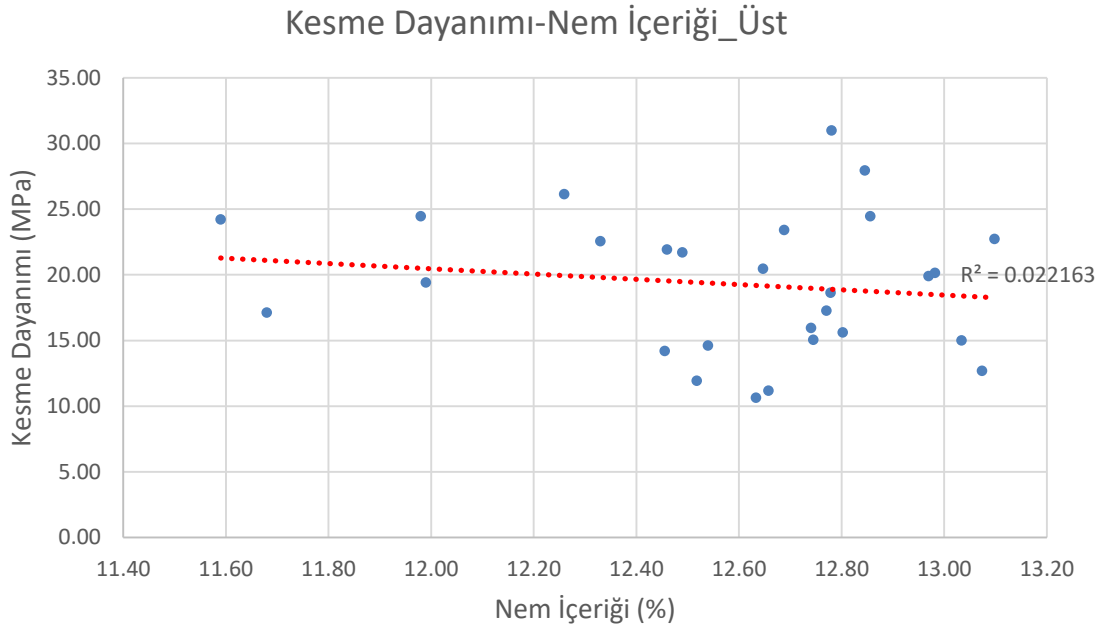
Bambuların liflere paralel kesme dayanımları ile test sonrası ölçülen nem içerikleri arasındaki ilişkiyi değerlendirebilmek amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan regresyon analizleri Şekil 97 ile Şekil 99 arasında verilmiştir.



Şekil 97. Nem içeriği ile bambuların alt bölümlerinin kesme dayanımları arasındaki ilişki



Şekil 98. Nem içeriği ile bambuların orta bölümlerinin kesme dayanımları arasındaki ilişki



Şekil 99. Nem içeriği ile bambuların üst bölümlerinin kesme dayanımları arasındaki ilişki

Yapılan regresyon analizleri sonucunda numunelerin kesme dayanımı ile nem içeriği arasında alt bölümde 0,300627'lik, orta bölümde 0,118210'luk, üst bölümde 0,022163'lük R^2 değerlerinin hesaplanmasıyla birlikte anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmüştür.

3.2.4. Liflere Paralel Çekme Testlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Yapılan çekme testleri sonrasında her bir çeyrekten elde edilen sonuçlardan ISO 22157: 2019 standardında belirtildiği gibi minimum değere sahip olan numunelerin sonuçları dikkate alınmıştır. Bambuların liflere paralel çekme dayanımı sonuçları Tablo 37'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre (a) tipinde hazırlanan numunelerde 16,78 MPa'lık değeri ile ortalama çekme dayanımlarının minimum değeri ve 143,43 MPa'lık değeri ile ortalama çekme dayanımlarının maksimum değeri test edilen bambuların üst bölümlerinde yer almaktadır. Bambunun üç bölümüne ortalama olarak bakıldığında bambuların orta bölümü minimum ortalama çekme dayanımına, bambuların üst bölümleri ise maksimum ortalama çekme dayanımına sahiptir.

Çekme testi sonuçlarında (b) tipinde hazırlanan numunelerde ise 21,35 MPa'lık değeri ile ortalama çekme dayanımlarının minimum değeri ve 124,17 MPa'lık değeri ile ortalama çekme dayanımlarının maksimum değeri test edilen bambuların üst bölümlerinde yer

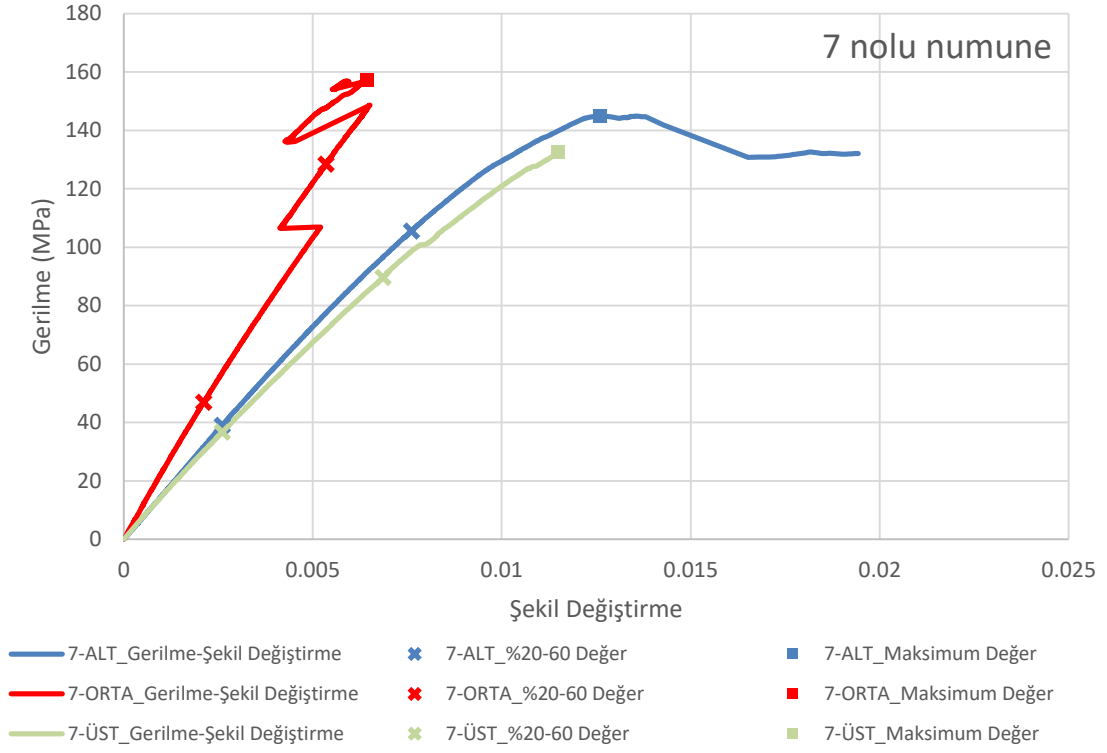
almaktadır. Bambunun üç bölümüne ortalama olarak bakıldığında bambuların orta bölümü minimum ortalama çekme dayanımına, bambuların alt bölümleri ise maksimum ortalama çekme dayanımına sahiptir.

Toplamda hazırlanan 517 çekme numunelerinden (a) ve (b) numune tipinin yan yana alınabildiği toplamda 215 durum olmuştur. Bu durumlarda her iki numune tipinin ortalama çekme dayanımları kendi içlerinde karşılaştırıldığında 74 durumda (a) tipindeki numunelerin (b) tipindeki numunelerden daha yüksek çekme dayanımına sahip olduğu, 141 durumda da (b) tipindeki numunelerin (a) tipindeki numunelerden daha yüksek çekme dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

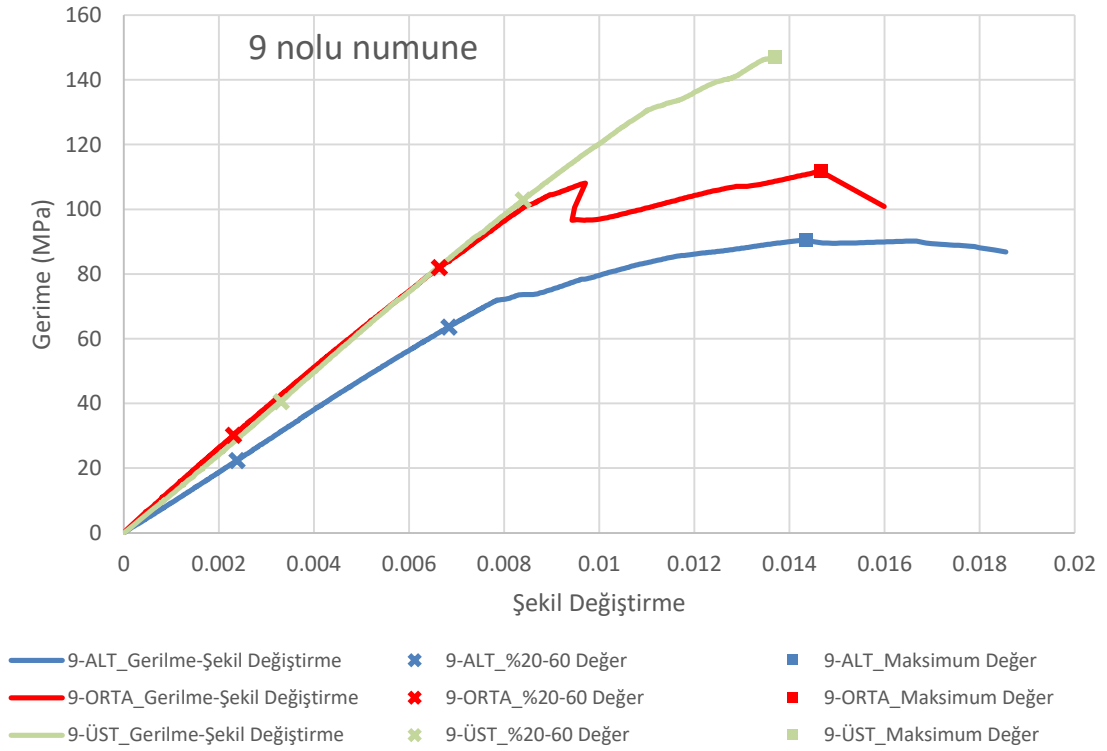
Tablo 37. Bambuların kısımlarına göre liflere paralel çekme dayanımı sonuçları

Numune Numarası	Çekme Dayanımı (MPa)	Bambu Bölümü ve Numune Tipi					
		Alt		Orta		Üst	
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
7	Ortalama	85,26	93,61	28,83	28,16	18,52	29,77
	Standart Sapma	16,55	21,97	3,97	7,04	4,12	6,12
9	Ortalama	77,31	85,62	42,52	37,28	16,78	21,35
	Standart Sapma	21,89	20,67	3,17	10,12	8,08	12,47
13	Ortalama	86,36	91,69	32,37	36,64	92,37	-
	Standart Sapma	10,02	15,17	6,04	8,87	22,27	-
15	Ortalama	79,07	83,28	24,78	31,23	96,76	-
	Standart Sapma	14,08	19,77	11,07	11,96	5,21	-
6	Ortalama	73,23	86,19	37,28	37,57	81,00	124,17
	Standart Sapma	2,02	16,19	2,82	4,44	30,77	10,70
10	Ortalama	33,70	38,64	66,09	79,94	143,43	-
	Standart Sapma	3,84	4,56	9,65	1,69	41,68	-

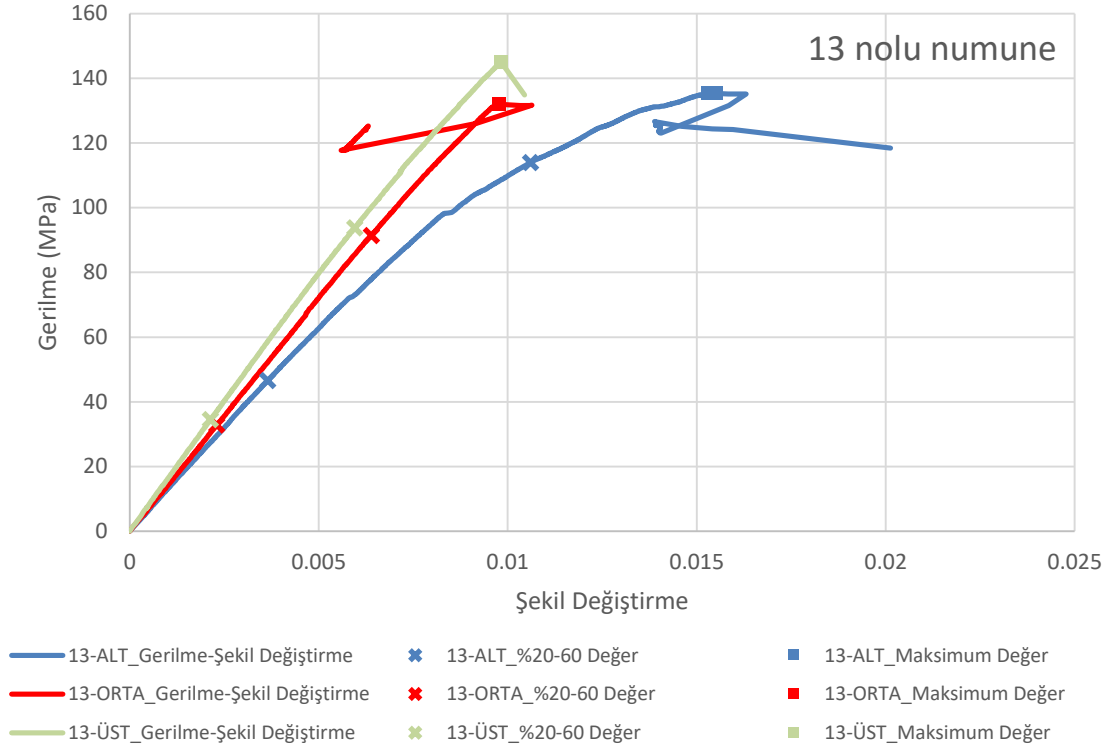
Bambulara uygulanan çekme testleri sonucunda elde edilen gerilme-şekil değiştirme grafikleri Şekil 100 ile Şekil 105 arasında verilmiştir.



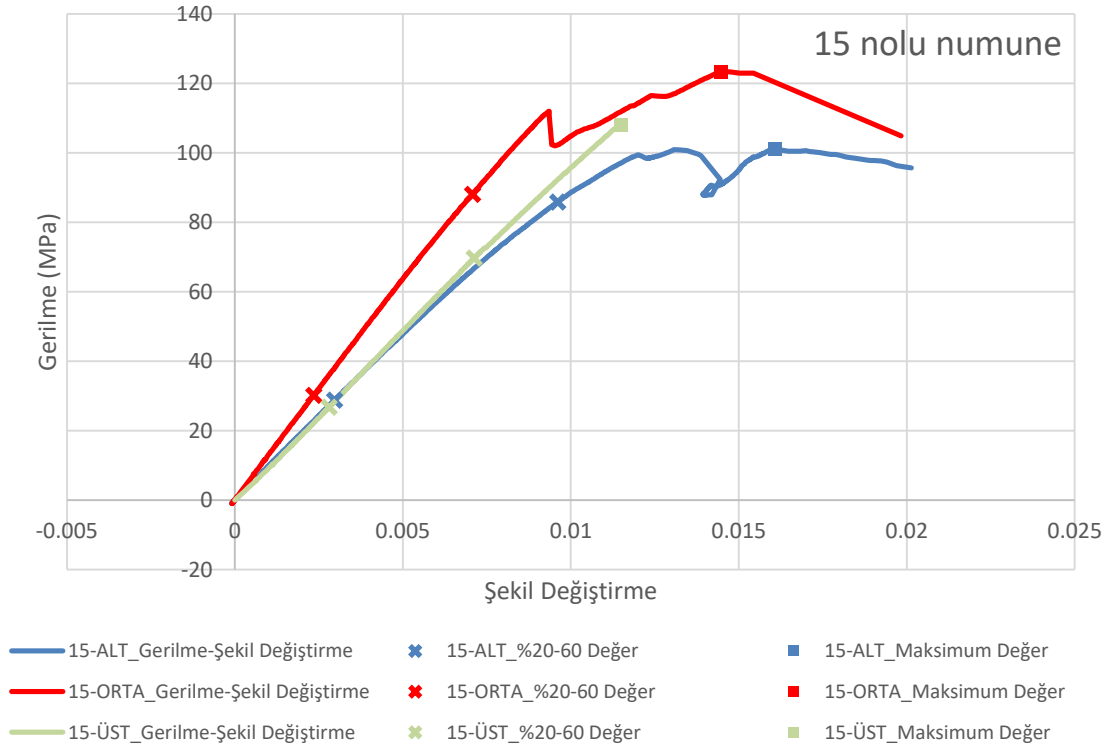
Şekil 100. Çekme testi sonrası 7 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri



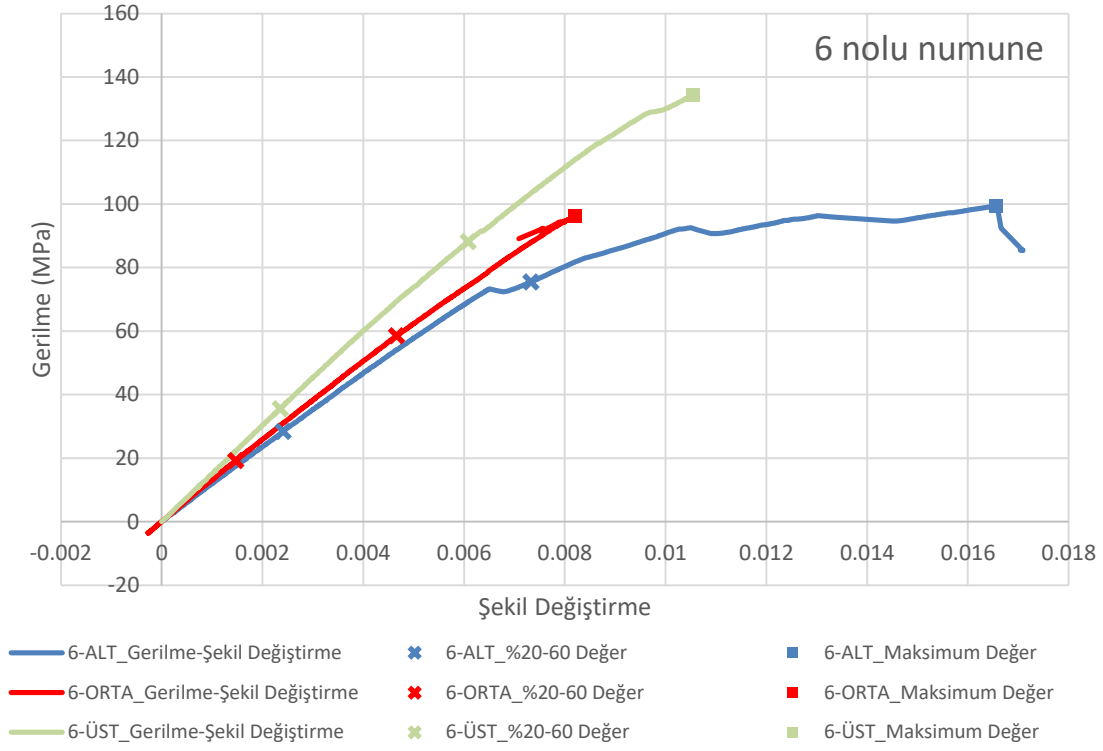
Şekil 101. Çekme testi sonrası 9 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri



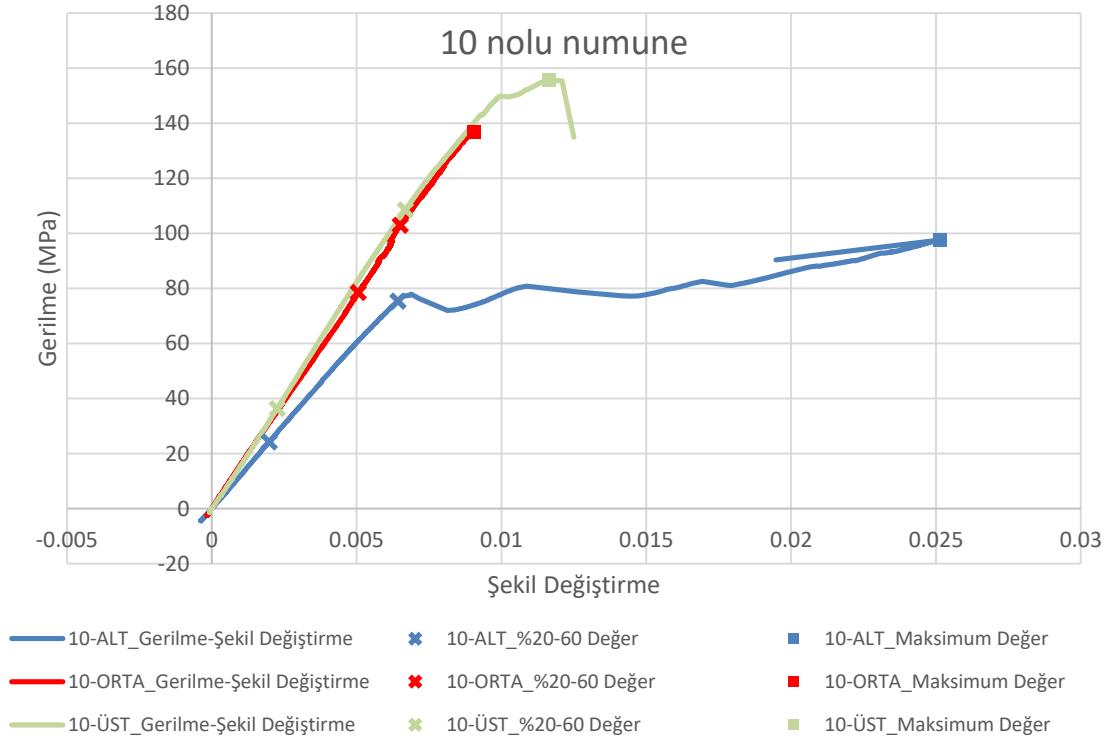
Şekil 102. Çekme testi sonrası 13 numaralı numunelerin gerilme – şekil değişirme grafikleri



Şekil 103. Çekme testi sonrası 15 numaralı numunelerin gerilme – şekil değişirme grafikleri



Şekil 104. Çekme testi sonrası 6 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri



Şekil 105. Çekme testi sonrası 10 numaralı numunelerin gerilme – şekil değiştirme grafikleri

Bambuların liflere paralel çekmede elastisite modülü sonuçları Tablo 38’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre her numuneye ayrı ayrı bakıldığında ortalama olarak çekmede elastisite modülü en düşük olan bölüm bambuların alt bölümüdür (7 numaralı numune hariç). Genel ortalama itibariyle de çekmede elastisite modülü en yüksek olan bölüm bambuların orta bölümüdür. 8,59 GPa’lık ortalama elastisite modülü değeri ile 15 numaralı bambunun alt bölümü, minimum elastisite modülü değerine sahiptir. Maksimum elastisite modülü değeri ise 25,22 GPa’lık değer ile 7 numaralı bambunun orta bölümünde yer almaktadır.

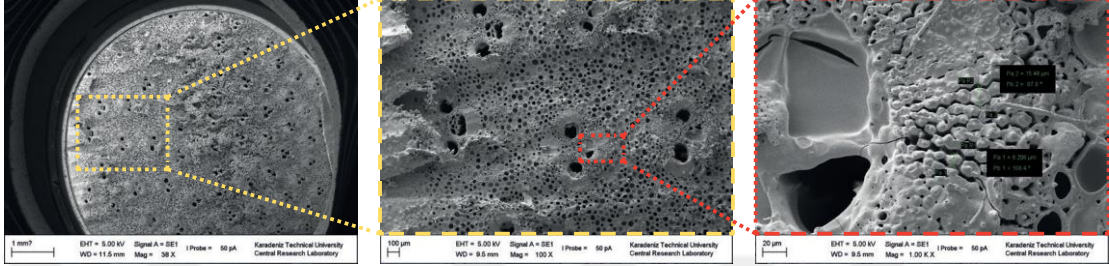
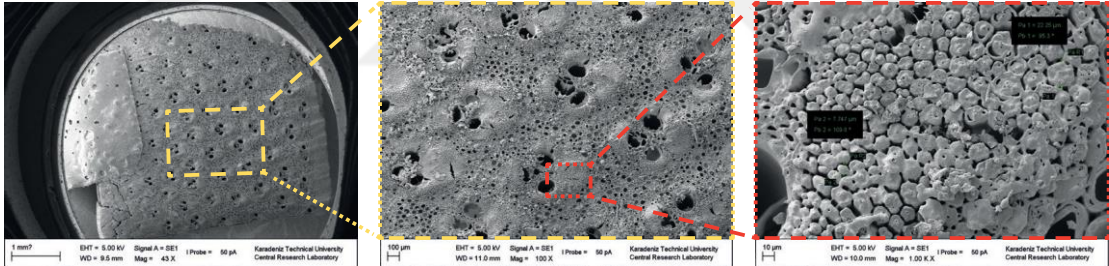
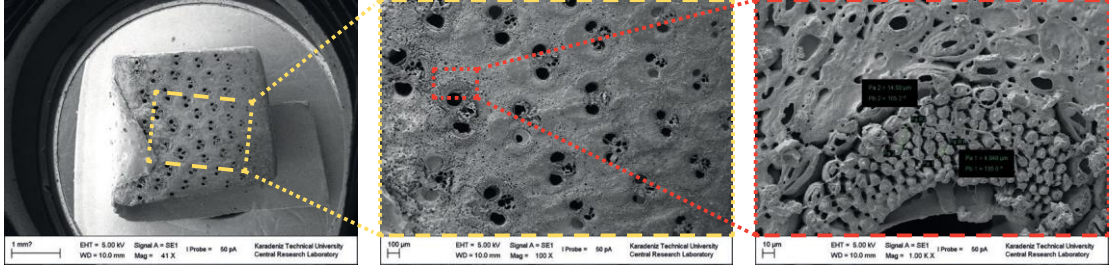
Tablo 38. Bambuların kısımlarına göre çekmede elastisite modülü sonuçları

Numune Numarası	Çekmede Elas. Modülü (MPa)	Bambu Bölümü ve Numune Tipi					
		Alt		Orta		Üst	
		(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
7	Ortalama	13312,20	-	25219,20	-	12452,71	-
9	Ortalama	9257,62	-	11954,97	-	12232,02	-
13	Ortalama	9690,22	-	14302,20	-	15511,78	-
15	Ortalama	8588,86	-	12237,84	-	9970,07	-
6	Ortalama	9568,50	-	12321,00	-	14124,13	-
10	Ortalama	11498,65	-	16940,28	-	16346,38	-

3.2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizlerinin Sonuçları ve Değerlendirilmesi

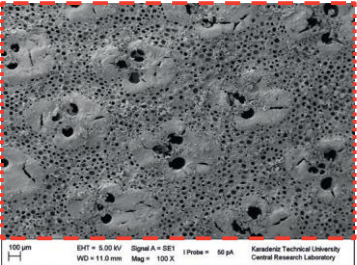
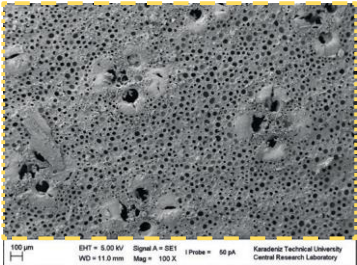
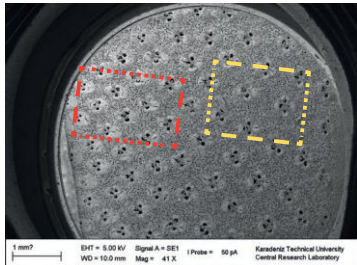
Bambuların mekanik dayanım değerleri ile liflerin boyutları arasındaki ilişkiyi görebilmek amacıyla bambulardan alınan numunelerden elde edilen taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 39. Bambuların taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri

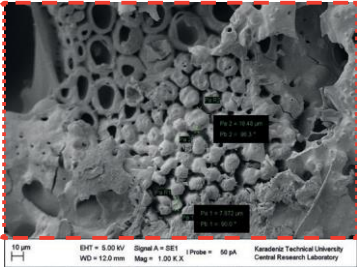
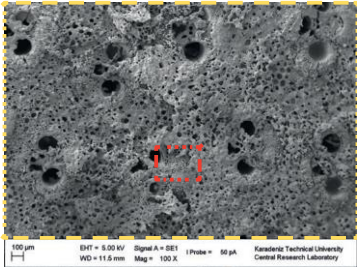
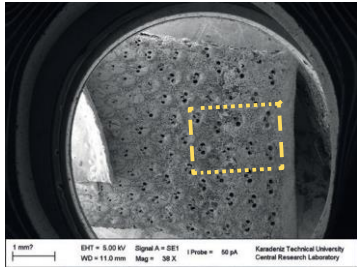
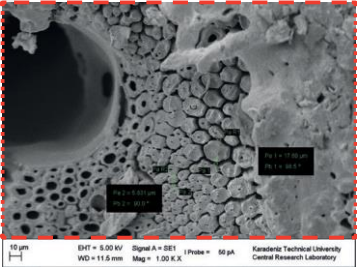
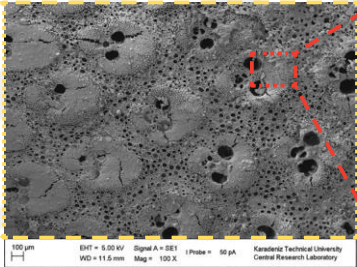
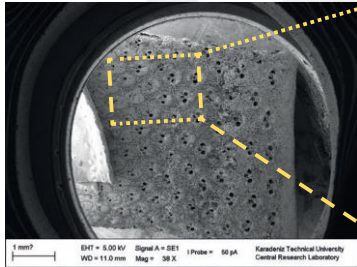
Bambu Numune Adı	7-ALT		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	8,298	15,460	11,879
			
Bambu Numune Adı	7-ORTA		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	7,747	22,250	14,999
			
Bambu Numune Adı	7-ÜST		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	4,948	14,500	9,724
			

Tablo 39'nin devamı

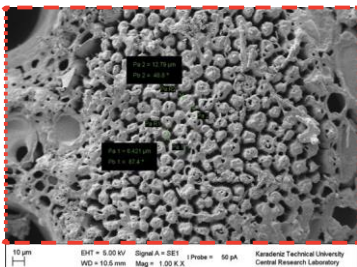
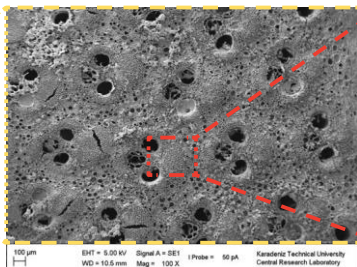
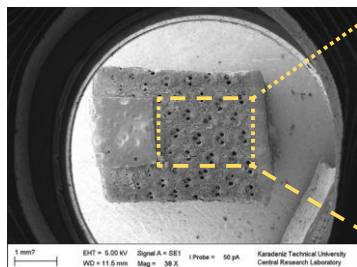
Bambu Numune Adı		9-ALT		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum		Maksimum	Ortalama
	-		-	-



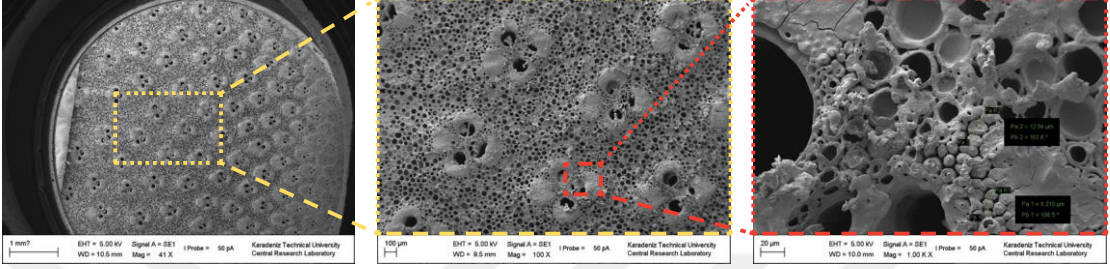
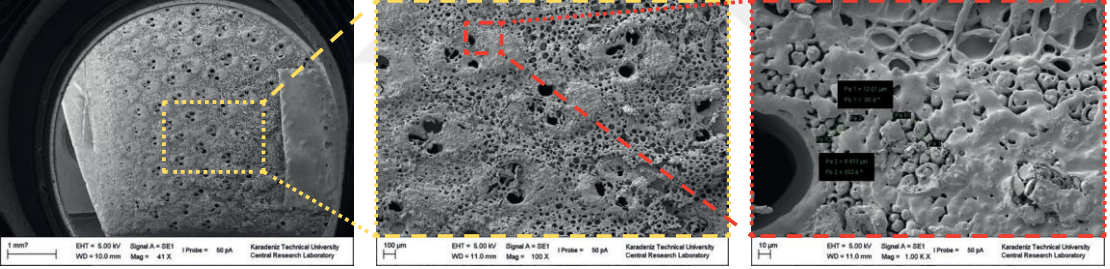
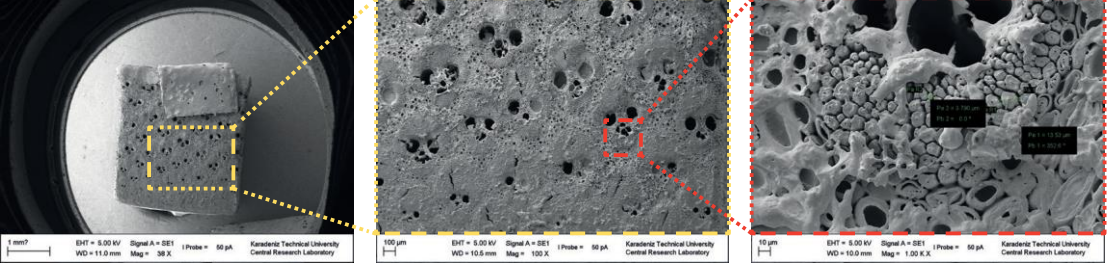
Bambu Numune Adı		9-ORTA		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum		Maksimum	Ortalama
	5,831		18,480	12,156



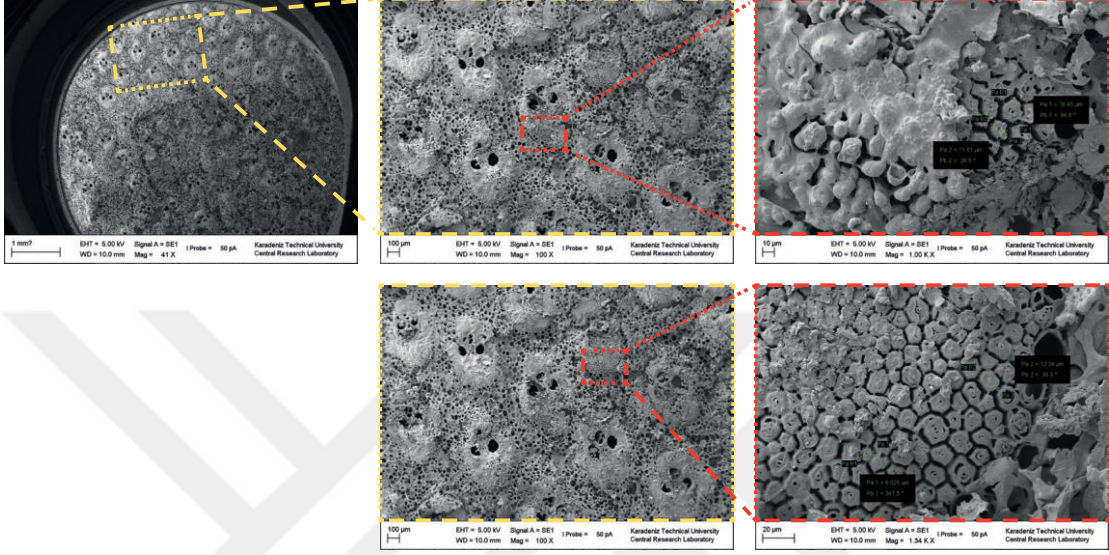
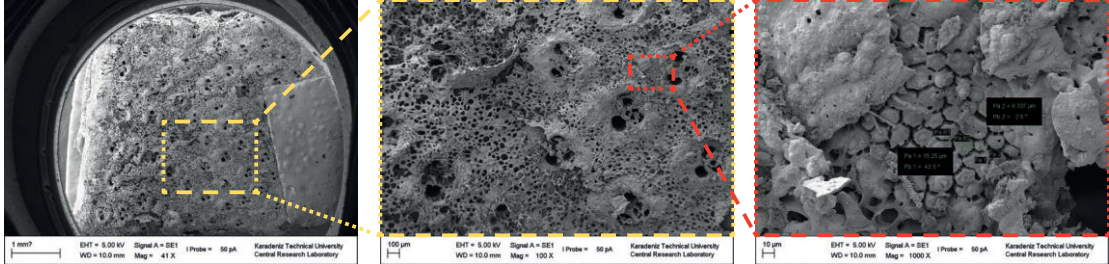
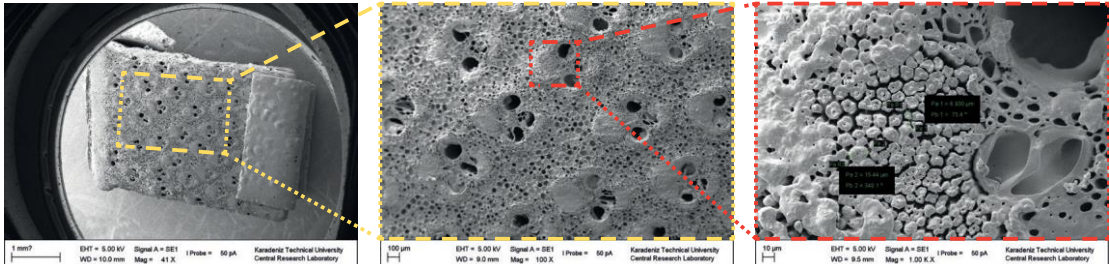
Bambu Numune Adı		9-ÜST		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum		Maksimum	Ortalama
	6,421		12,790	9,606



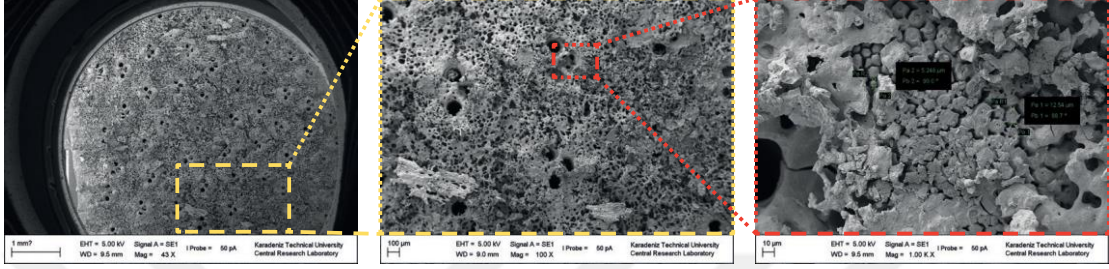
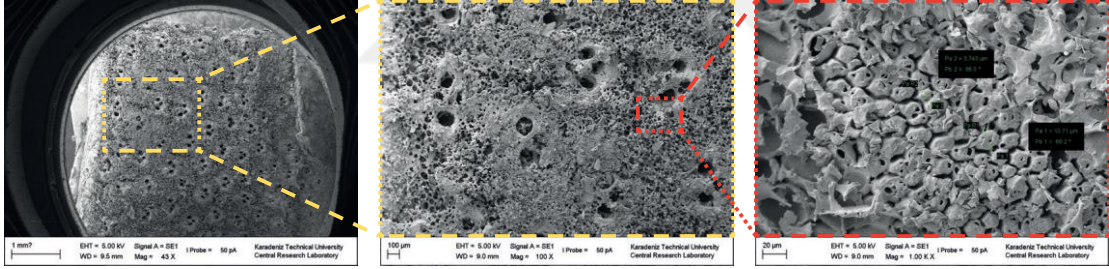
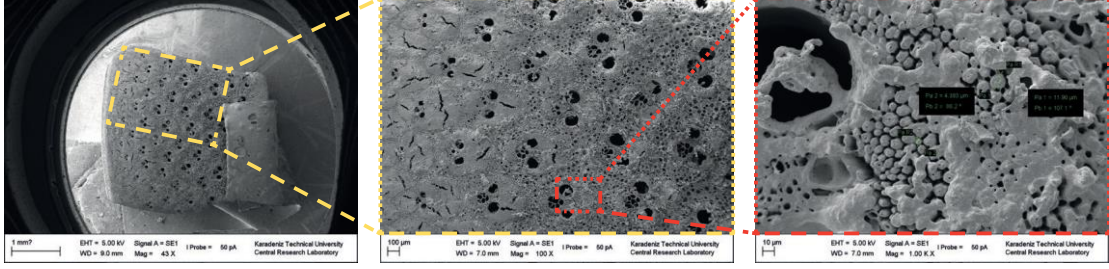
Tablo 39'nin devamı

Bambu Numune Adı	13-ALT		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	8,210	12,540	10,375
			
Bambu Numune Adı	13-ORTA		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	6,912	12,010	9,461
			
Bambu Numune Adı	13-ÜST		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	3,790	13,530	8,660
			

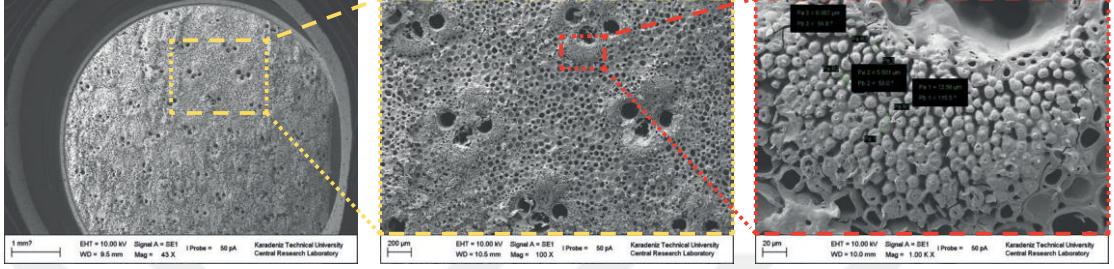
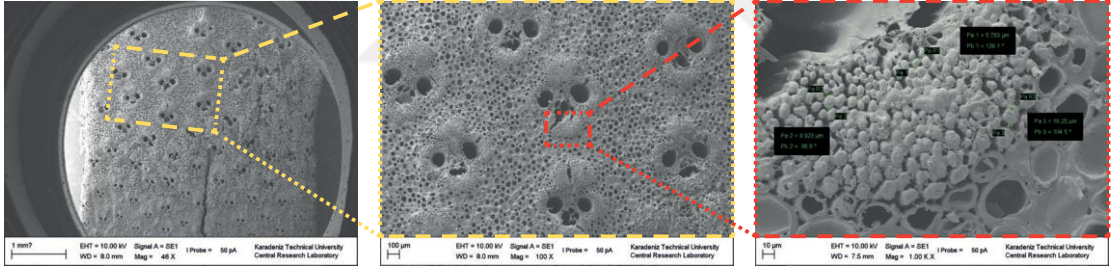
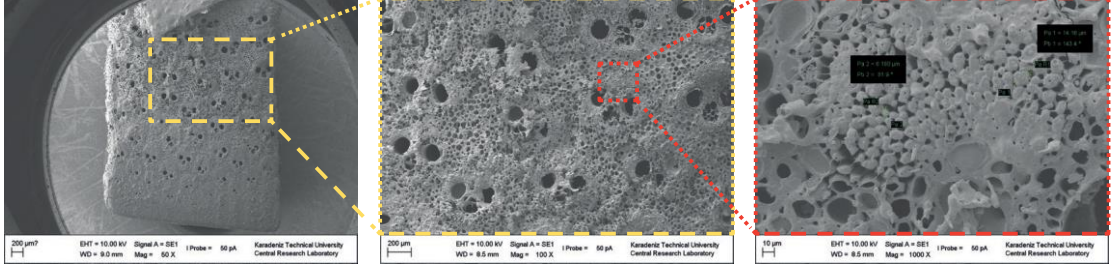
Tablo 39'nin devamı

Bambu Numune Adı	15-ALT		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	6,025	18,450	12,238
			
Bambu Numune Adı	15-ORTA		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	6,707	15,250	10,979
			
Bambu Numune Adı	15-ÜST		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	6,930	15,440	11,185
			

Tablo 39'nin devamı

Bambu Numune Adı	6-ALT		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	5,248	12,540	8,894
			
Bambu Numune Adı	6-ORTA		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	5,743	13,710	9,727
			
Bambu Numune Adı	6-ÜST		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	4,383	11,900	8,142
			

Tablo 39'nin devamı

Bambu Numune Adı	10-ALT		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	5,501	13,560	9,531
			
Bambu Numune Adı	10-ORTA		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	5,783	16,250	11,017
			
Bambu Numune Adı	10-ÜST		
Liflerin Çapı (μm)	Minimum	Maksimum	Ortalama
	6,180	14,160	10,170
			

4. SONUÇLAR

Bambu esnek, dayanıklı, sürdürülebilir bir malzeme olmasından dolayı antik çağlardan beri yaşam alanları oluşturmak için yapı malzemesi olarak kullanılmakta ve günümüzde mekanik performanslarının belirlenmesine, zayıf yönlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Tez çalışması kapsamında bambu malzemenin strüktürel kullanımına yönelik literatür taraması yapılmıştır. Doğal haldeki formlarıyla inşa edilmiş 9 yapı ve endüstriyel bambu ürünlerinden üretilmiş 3 yapı olmak üzere toplamda 12 yapı incelemesi yapılmıştır. Elde edilen veriler bulgular ve tartışma bölümünde aktarılmıştır.

Tez kapsamında elde edilen sonuçlar, örnek analizlerine ilişkin sonuçlar ve deneysel çalışmaya ilişkin sonuçlardan oluşmaktadır.

İncelenen örneklerde bambu malzeme ile inşa edilen yapılarda son yıllarda artış olduğu görülmekle birlikte bambular esnek ve dayanıklı yapısından dolayı doğal yetiştiği bölgelerde ve özellikle Asya ülkelerinde sosyal ve kültürel yapılar, ticari yapılar, ulaşım yapıları, eğitim yapıları, konut yapıları gibi birçok yapı türünde yapı malzemesi olarak kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bambunun çekme dayanımının çeliğe denk derecede olmasından dolayı bu bağlamda bambunun özelliklerinden etkili bir şekilde faydalanabilmek amacıyla analiz edilen örneklerde de görüldüğü gibi bambu malzeme ile oluşturulan strüktürel formların çoğunlukla geniş açıklıklı eğrisel formlar olduğu görülmüştür. Bu yapıların bağlantı noktalarında bambunun mekanik özelliklerini artırmak amacıyla genellikle bitkisel lifler veya metal elemanlarla birbirine bağlanan demet halindeki birleşim yöntemlerinin kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Bambulara yapılan liflere paralel mekanik dayanım testleri sonucunda elde edilen sonuçlar ve *Phyllostachys* cinsindeki bambular ile yapılmış literatürdeki benzer çalışmaların verileri Tablo 40'ta verilmiştir. Verilen tabloya göre bambulara yapılan liflere paralel mekanik dayanım test sonuçlarının literatürde yer alan değerler ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bu benzerlik sonucunda Artvin ili Hopa ilçesi Sundura Mahallesi'nde yetişen bambuların yapılarda strüktürel eleman (kolon, kiriş, makas, kemer, tonoz, kubbe, döşeme, çatı, duvar, hiperbolik paraboloid) olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 40. Test sonuçlarının literatürdeki değerler ile karşılaştırılması

Çalışmalar (Bambu Türü)	Bas. Day. (MPa)	Bas. E. Modülü (MPa)	Çekme Day. (MPa)	Çek. E. Modülü (GPa)	Eğilme Day. (MPa)	Eğil. E. Modülü (GPa)	Kesme Day. (MPa)
Deneysel Çalışma (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	47,58 – 88,12	2375,36 – 10672,27	16,78 – 143,43	8,59 – 25,22	34,01 – 203,68	4,438 – 271,57	9,46 – 26,84
(Taylor ve diğerleri, 2015) (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	—	—	101,00 — 158,00	—	100,70 – 124,40	—	—
(Deng ve diğerleri, 2016) (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	48,00 – 62,20	—	—	—	—	—	11,80 – 15,90
(Chaowana ve diğerleri, 2021) (<i>Phyllostachys makinoi</i>)	102,90	—	146,00 — 216,00	—	81,40	4,134	32,40 – 50,20
(Guan ve diğerleri, 2020) (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	47,51 – 48,34	—	95,52 – 136,93	—	—	—	—
(Gauss ve diğerleri, 2019) (<i>Phyllostachys edulis</i>)	57,50 – 59,50	20,30 – 20,64	100 – 275	11,19 – 17,47	—	—	18,00 – 18,10
(Fabiani, 2015) (<i>Phyllostachys edulis</i>) (<i>Phyllostachys viridiglaucescens</i>)	55,70 – 69,30	—	126,70 — 159,00	—	72,10 – 118,40	11,625 – 15,452	—
(Xu ve diğerleri, 2014) (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	23,70 – 47,30	3500 – 7100	—	—	—	—	6,30 – 11,80
(Berndsen ve diğerleri, 2013) (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	40,10	4013	—	—	—	—	—
(Tomak ve diğerleri, 2012) (<i>Phyllostachys bambusoides</i> Sieb. et. Zucc.)	47,30 – 62,50	—	—	—	—	—	—
(Lo ve diğerleri, 2004) (<i>Phyllostachys heterocycla</i>)	37,72 – 61,97	—	—	—	—	—	—
(Chung & Yu, 2002) (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	57,00 – 134,00	6400 – 9400	—	—	—	—	—
(Shao ve diğerleri, 2010) (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	—	—	102,70 — 154,24	—	—	—	—
(Yu ve diğerleri, 2008) (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	—	—	111,50 — 309,30	9,00 – 27,40	—	—	—

5. ÖNERİLER

Ülkemizde yetişen bambu malzemelerin yapıda kullanılmasına yönelik yapılan bu çalışmayla birlikte;

- liflere paralel mekanik dayanımların yanında liflere dik mekanik dayanımların da önemli bir parametre olmasından dolayı mevcut koşulların kısıtlı olması sebebiyle gerçekleştirilemeyen, ISO 22157: 2019 standardında yer alan liflere dik mekanik testlerin bambulara uygulanması,
- özellikle ülkemizin Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alan *Phyllostachys* cinsindeki bambuların daha fazla miktarda yetiştirilmesi için teşviklerin sağlanması ile birlikte yapısal anlamda endüstriyel bambu ürünlerinin üretilmesi amacıyla altyapının oluşturulması,
- yapısal anlamda kullanılacak olan bambuların mekanik dayanım özelliklerinin belirlenmesine ek olarak bambuların ısıl performanslarının, akustik performanslarının ve yangın dayanımlarının hesaplanması

önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abdel, H. (2024, Şubat 9). *Haduwa Stage / [applied] Foreign Affairs, Institute of Architecture, University of Applied Arts Vienna*. ArchDaily: https://www.archdaily.com/950011/haduwa-stage-applied-foreign-affairs-institute-of-architecture-university-of-applied-arts-vienna?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- Abdullah, A. H., Karlina, N., Rahmatiya, W., Mudaim, S., Patimah, & Fajrin, A. R. (2017). Physical and mechanical properties of five Indonesian bamboos. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 60. Tangerang, Indonesia: IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/60/1/012014>
- Adam, N. B., & Jusoh, I. (2019). Physical and Mechanical Properties of *Dendrocalamus asper* and *Bambusa vulgaris*. *Transactions on Science and Technology*, 6(1-2), 95-101.
- Ahmad, Z., Upadhyay, A., Ding, Y., Emamverdian, A., & Shahzad, A. (2021). Bamboo: Origin, Habitat, Distributions and Global Prospective. *Biotechnological Advances in Bamboo: The "Green Gold" on the Earth* (s. 1-31). içinde Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1310-4_1
- Amaral, L. M., Rodrigues, C. D., & Poggiali, F. S. (2023). Assessment of physical, mechanical, and chemical properties of *Dendrocalamus asper* bamboo after application of wetting and drying cycles. *Advances in Bamboo Science*, 2, 100014. <https://doi.org/10.1016/j.bamboo.2022.100014>
- Amatosa Jr., T. A., & Loretero, M. E. (2016). Analytical Behaviour in Mechanical Properties of *Dendrocalamus Asper* Bamboo as Construction Building Materials in the Philippines. *Global Journal of Engineering and Technology Review*, 1(1), 114-121.
- Arce, O. A. (1993). *Fundamentals of the Design of Bamboo Structures*. Technische Universiteit Eindhoven, [Phd Thesis 1 (Research TU/e / Graduation TU/e), Built Environment]. <https://doi.org/10.6100/IR402687>
- Archila, H., Kaminski, S., Trujillo, D., Escamilla, E. Z., & Harries, K. A. (2018). Bamboo reinforced concrete: a critical review. *Materials and Structures*, 51(102). <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1228-6>
- ASF Indonesia. (2024, Mayıs 24). *Bamboo Kindergarten*. Architecture-in-Development (A-D): <https://architectureindevelopment.org/project/775#gallery-6182-4> adresinden alındı
- Astbury, J. (2024, Şubat 11). *Copper-clad bamboo "petals" envelop meditation space in Bali by Ibuku*. Dezeen: <https://www.dezeen.com/2023/10/21/copper-clad-bamboo-petals-meditation-space-bali-ibuku/#/> adresinden alındı

- Awalluddin, D., Ariffin, M. A., Osman, M. H., Hussin, M. W., Ismail, M. A., Lee, H. S., & Lim, N. H. (2017). Mechanical properties of different bamboo species. *MATEC Web of Conferences*, 138, 01024. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713801024>
- Barbosa, N., Neto, J., Ortiz, S., & Ghavami, K. (2019). Bio-inspired Design with Bamboo. *Frontiers in Biomaterials Bio-Inspired Materials* (Cilt 6, s. 127-159). içinde Bentham Science Publisher. <https://doi.org/10.2174/9789811406898119060009>
- Bautista, B. E., Garciano, L. E., & Lopez, L. F. (2021). Comparative Analysis of Shear Strength Parallel to Fiber of Different Local Bamboo Species in the Philippines. *Sustainability*, 13(15), 8164. <https://doi.org/10.3390/su13158164>
- Berndsen, R. S., Klitzke, R. J., Batista, D. C., Nascimento, E. M., & Ostapiv, F. (2013). Resistência à Flexão Estática e à Compressão Paralela do Bambu-Mossô (*Phyllostachys pubescens*). *Floresta*, 43(3), 485-494. <https://doi.org/10.5380/rf.v43i3.29319>
- Cantos, G. L., Lopez, L. F., Jesus, R. M., Salzer, C., & Garciano, L. E. (2019). Investigation of an alternative testing protocol to determine the shear strength of bamboo parallel to the grain. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 21(4), 559-564. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2019005000411>
- Chaowana, K., Wisadsatorn, S., & Chaowana, P. (2021). Bamboo as a Sustainable Building Material—Culm Characteristics and Properties. *Sustainability*, 13(13), 7376. <https://doi.org/10.3390/su13137376>
- Chung, K., & Yu, W. (2002). Mechanical properties of structural bamboo for bamboo scaffoldings. *Engineering Structures*, 24(4), 429-442. [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(01\)00110-9](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(01)00110-9)
- Correal D, J. F., & Arbeláez C, J. (2010). Influence of age and height position on colombian "Guadua Angustifolia" bamboo mechanical properties. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 12(2), 105-113. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2010000200005>
- Daud, N. M., Nor, N. M., Yusof, M. A., Bakhri, A. A., & Shaari, A. A. (2018). The physical and mechanical properties of treated and untreated *Gigantochloa Scortechinii* bamboo. *AIP Conference Proceedings*, 1930(1). <https://doi.org/10.1063/1.5022910>
- Davies, C. J. (2009). *Bamboo Connections*. University of Bath, Master's Thesis.
- De Oliveira Da Mota, I., De Azevedo Pereira, M., Damacena, P. C., & Santos, L. C. (2017). Estudo das Propriedades Físicas e Mecânicas do Bambu Brasileiro (*Bambusa Vulgaris Vittata*) para Aplicação na Construção de Sistemas Hidráulicos Alternativos de Distribuição de Água à Baixa Pressão. *Revista De Estudos Ambientais*, 19(1), 18-26. <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2017v19n1p18-26>
- Deng, J., Chen, F., Wang, G., & Zhang, W. (2016). Variation of parallel-to-grain compression and shearing properties in moso bamboo culm (*Phyllostachys pubescens*). *Bioresources*, 11(1), 1784-1795. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.1784-1795>

- Ding, H., & Lv, Q. F. (2019). Experimental study on bending behavior of CLB panels. *Modern Engineered Bamboo Structures: Proceedings of the Third International Conference on Modern Bamboo Structures (ICBS 2018), June 25-27, 2018, Beijing, China*. 1st ed., s. 165-172. London: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429434990-16>
- Disén, K., & Clouston, P. L. (2013). Building with Bamboo: A Review of Culm Connection Technology. *Journal of Green Building*, 8(4), 83-93. <https://doi.org/https://doi.org/10.3992/jgb.8.4.83>
- Durand, C. (2023, Ekim 31). 5 Surprising Countries That Are Growing Bamboo. Bamboo U: <https://bamboou.com/5-surprising-countries-that-are-growing-bamboo/> adresinden alındı
- Fabiani, M. (2015). Physical and mechanical properties of Italian bamboo culms. *10th World Bamboo Congress*. Korea.
- Farrugia, M., & Goutham, S. (2023, Kasım 4). Traditional Methods For Treating Bamboo. Bamboo U: <https://bamboou.com/traditional-methods-for-treating-bamboo/> adresinden alındı
- Gauss, C., Jr., H. S., & Harries, K. A. (2019). Use of ISO 22157 mechanical test methods and the characterisation of Brazilian P. edulis bamboo. *Construction and Building Materials*, 228, 116728. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116728>
- Ghavami, K. (2005). Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. *Cement and Concrete Composites*, 27(6), 637-649. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.06.002>
- Ghavami, K., & Marinho, A. B. (2005). Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9(1), 107-114. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100016>
- Gnanaharan, R., Janssen, J. J., & Arce, O. A. (1995). *Bending strength of Guadua bamboo: comparison of different testing procedures*. International Network for Bamboo and Rattan.
- Guan, X., Yin, H., Chen, B., Zhu, Y., Liu, X., & Lin, J. (2020). The effect of microstructure on mechanical properties of Phyllostachys pubescens. *Bioresources*, 15(1), 1430-1444. <https://doi.org/10.15376/biores.15.1.1430-1444>
- Holmes, D. (2024, Şubat 9). Haduwa Arts and Culture Institute | Apam Ghana | [applied] Foreign Affairs. World Landscape Architecture: <https://worldlandscapearchitect.com/haduwa-arts-and-culture-institute-apam-ghana-applied-foreign-affairs/?v=3a1ed7090bfa> adresinden alındı
- Huang, Z. (2019). *Application of Bamboo in Building Envelope*. Green Energy and Technology. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12032-0>

- ISO. (2019). *ISO 22157:2019 - Bamboo structures — Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms — Test methods*. Geneva: International Organization for Standardization.
- Iswanto A. H., Madyaratri E. W., Hutabarat N. S., Zunaedi E. R., Darwis A., Hidayat W., Susilowati A., Adi D. S., Lubis M. A. R., Sucipto T., Fatriasari W., Antov P., Savov V., & Hua L. S. (2022). Chemical, Physical, and Mechanical Properties of Belangke Bamboo (*Gigantochloa pruriens*) and Its Application as a Reinforcing Material in Particleboard Manufacturing. *Polymers*, 14(15), 3111. <https://doi.org/10.3390/polym14153111>
- Janssen, J. (1995). *Building with Bamboo: A Handbook*. London: Intermediate Technology Publications.
- Janssen, J.J.A. (1981). *Bamboo in Building Structures*. Doktora Tezi. <https://doi.org/10.6100/IR11834>
- Jayanetti, D., & Follett, P. (2008). Bamboo in construction. *Modern bamboo structures: Proceedings of the First International Conference* (s. 23-32). CRC Press/Balkema.
- Koolbamboo. (2024, Mayıs 25). *The Next Generation Of Bamboo Connections*. Koolbamboo: <https://koolbamboo.blogspot.com/2008/06/next-generation-of-bamboo-connections.html> adresinden alındı
- Lalwani, S. (2024, Kasım 4). *Treating Bamboo In Your Backyard*. Bamboo U: <https://bamboou.com/treating-bamboo-in-your-backyard/> adresinden alındı
- Laroque, P. (2007). *Design of a low cost bamboo footbridge*. Massachusetts Institute of Technology, Master's Thesis. <http://hdl.handle.net/1721.1/39270> adresinden alındı
- Lazarova, J. (2024, Şubat 9). *Haduwa Arts & Culture Insitute*. urbanNext: <https://urbannext.net/haduwa-arts-culture-insitute/> adresinden alındı
- 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., & Ramage, M. (2016). Nomenclature for engineered bamboo. *BioResources*, 11(1), 1141-1161. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.1141-1161>
- Lo, T. Y., Cui, H., & Leung, H. (2004). The effect of fiber density on strength capacity of bamboo. *Materials Letters*, 58(21), 2595-2598. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2004.03.029>
- Londono, J. B., & Cheyne, D. (2004). Method for preparing a terminal assembly for bamboo. *Patent No: US 6,957,479 B2*. Amerika Birleşik Devletleri.
- López, O. H. (2003). *Bamboo: The Gift of the Gods*. Bogotá, Colombia.
- Luna, P., Lozano, J., & Takeuchi, C. (2014). Determinación experimental de valores característicos de resistencia para *Guadua angustifolia*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 16(1), 77-92. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2014005000007>

- Marangoz, D. B. (2021). *Sürdürülebilir Yapı Malzemesi ve Yapı Elemanı Olarak Bambunun Kullanımına Yönelik Bir Model Önerisi: Doğu Karadeniz Örneği*. KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Meinhold, B. (2024, Mayıs 25). *Shanghai Expo: Bamboo German-Chinese House Glows Like a Lantern*. Inhabitat: <https://inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2010/05/German-Chinese-House-Construction-3.jpg> adresinden alındı
- Minke, G. (2023). *Building with Bamboo: Design and Technology of a Sustainable Architecture. Third and revised edition*. Berlin, Boston: Birkhäuser. <https://doi.org/10.1515/9783035625738>
- Mohmod, A. L., Ariffin, W. T., & Ahmad, F. (1990). Anatomical Features and Mechanical Properties of Three Malaysian Bamboos. *Journal of Tropical Forest Science (JTFS)*, 2(3), 227-234. <https://jtfs.frim.gov.my/jtfs/article/view/2110> adresinden alındı
- Mukhopadhyay, P., & Dutta, S. C. (2010). Indian bamboo as an alternative to timber: A critical evaluation from strength of material perspective. *Joint Conference Proceedings of 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE) & 5th International Conference on Earthquake Engineering (5ICEE)*, (s. 1053-1061). Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3696.5288>
- NMBA. (2006). *Preservation of Bamboo*. New Delhi: National Mission on Bamboo Applications (NMBA), Technology Information, Forecasting, and Assessment Council (TIFAC), Department of Science and Technology (DST), Government of India.
- Nordahlia, A. S., Anwar, U. M., Hamdan, H., Abd Latif, M., & Mahanim, S. M. (2011). Anatomical, physical and strength properties of *Shizostachyum brachycladum* (buluh lemeng). *Journal of Bamboo and Rattan*, 10(3-4), 111-122. <https://www.jbronline.org/article.asp?id=249> adresinden alındı
- Nurmadina, Nugroho, N., & Bahtiar, E. T. (2017). Structural grading of *Gigantochloa apus* bamboo based on its flexural properties. *Construction and Building Materials*, 157, 1173-1189. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.170>
- Oka, G. M., Triwiyono, A., Awaludin, A., & Siswosukarto, S. (2014). Effects of Node, Internode and Height Position on the Mechanical Properties of *Gigantochloa atroviolacea* Bamboo. *Procedia Engineering*, 95, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.162>
- Omobowale, M. O., & Ogedengbe, K. (2008). Trends in fiber characteristics of Nigerian grown bamboo and its effect on its impact and tensile strengths. *Bamboo Science and Culture*, 21(1), 9-13.
- Phanratanamala, S. (2014). *The Study of Design and Structural Potential of Bamboo Practical Joints and Frame Truss System: Pilot Project of 'Kashiihama House for All'*. Kyushu University, Master's Thesis.

- Poblete, H., Cuevas, H., & Diaz-vaz, J. E. (2009). Property characterization of Chusquea culeou, a bamboo growing in Chile. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 11(2), 129-138. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2009000200004>
- Polat, P., & Sunkar, M. (2017). Rize'nin İklim Özellikleri ve Rize Çevresinde Uzun Dönem Sıcaklık ve Yağış Verilerinin Trend Analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27(1), 1-24. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.346684>
- Ramirez, E. B., Cruz, N. I., Torres, L. M., & Tovar, A. K. (2018). Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la guadua angustifolia kunth como material estructural de eje para prótesis transtibial. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 305-317. <https://doi.org/10.22490/21456453.2276>
- Rifqi, M. G., Amin, M. S., & Bachtiar, R. R. (2020). Mechanical Properties of Culm Bamboo Endemic Banyuwangi Based on Tensile Strength Test. *Proceedings of the International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2020)*, 198, s. 399-406. <https://doi.org/10.2991/aer.k.201221.066>
- Sapuyes, E., Osorio, J., Takeuchi, C., Duarte, M., & Erazo, W. (2018). Resistencia y elasticidad a la flexión de la guadua angustifolia kunth de Pitalito, Huila. *Revista de Investigación*, 11(1), 97-111. <https://doi.org/10.29097/2011-639X.182>
- Schmidt, O., Wei, D., Tang, H., & Liese, W. (2013). Bamboo and fungi. *Journal Bamboo and Rattan*, 12(1-4), 1-14.
- Shan, B., Xiao, Y., Zhang, W. L., & Liu, B. (2017). Mechanical behavior of connections for glulam-concrete composite beams. *Construction and Building Materials*, 143, 158-168. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.136>
- Shao, Z. P., Zhou, L., Liu, Y. M., Wu, Z. M., & Arnaud, C. (2010). Differences in Structure and Strength Between Internode and Node Sections of Moso Bamboo. *Journal of Tropical Forest Science*, 22(2), 133-138. <http://www.jstor.org/stable/23616721> adresinden alındı
- Sharma, S. K., Shukla, S. R., & Sethy, A. K. (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(1), 21-24. <https://doi.org/10.1007/s13196-014-0112-4>
- Shen-xue, J., Qi-sheng, Z., & Shu-hai, J. (2002). On Structure, production, and market of bamboo-based panels in China. *Journal of Forestry Research*, 13(2), 151-156. <https://doi.org/10.1007/BF02857243>
- Sittrop, M. (2019). *Plastic Bamboo Connections: Transform plastic waste into a useful tool for remote and low-income areas*. Delft University of Technology, Master of Science (MSc) Thesis. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:8fc1a20a-dda6-4332-9eaa-5a2953145aca> adresinden alındı
- Stevens, P. (2024, Mayıs 25). *CRU! architects works with villagers to build bamboo community center in coastal brazil*. designboom: <https://static.designboom.com/wp->

content/gallery/cru-architects-camburi-community-center-ubatuba-brazil/g2.jpg
adresinden alındı

- Suarez, E., Rescalvo, F. J., Fernandez, A., Cruz, A., & Gallego, A. (2023). Influence of weathering on mechanical properties of culm samples of *Guadua angustifolia* Kunth bamboo with and without nodes. *Wood Material Science & Engineering*, 18(2), 434-445. <https://doi.org/10.1080/17480272.2022.2039961>
- Suhaily, S. S., Abdul, H., Wan, W., & Jawaid, M. (2013). Bamboo Based Biocomposites Material, Design and Applications. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/56057>
- Tam, C. P., Duarte, M., Alarcón, J. E., & Olarte, J. F. (2014). Estudio multifactorial de resistencia ultima a tensión paralela a la fibra en muestras de guadua angustifolia Kunth. *Ingenieria y Región*(11), 85-90.
- Taylor, D., Kinane, B., Sweeney, C., Sweetnam, D., O'Reilly, P., & Duan, K. (2015). The biomechanics of bamboo: investigating the role of the nodes. *Wood Science and Technology*, 49, 345–357. <https://doi.org/10.1007/s00226-014-0694-4>
- Tomak, E. D., Topaloglu, E., Ay, N., & Yildiz, U. C. (2012). Effect of accelerated aging on some physical and mechanical properties of bamboo. *Wood Science and Technology*, 46, 905-918. <https://doi.org/10.1007/s00226-011-0454-7>
- Trujillo, D., Jangra, S., & Gibson, J. M. (2017). Flexural properties as a basis for bamboo strength grading. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings*, 170(4), 284-294. <https://doi.org/10.1680/jstbu.16.00084>
- URL-1. (2023, Ekim 30). Fastest growing plant: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/fastest-growing-plant> adresinden alındı
- URL-2. (2024, Mayıs 26). <https://img2.pngindir.com/20180303/riq/kisspng-chair-bamboo-illustration-round-bamboo-chair-5a9a779a1e8ec4.2618190615200726021252.jpg> adresinden alındı
- URL-3. (2024, Mayıs 26). Bamboo Morphology: 9 Parts of the bamboo plant: <https://bambubatu.com/bamboo-anatomy-9-parts-of-the-bamboo-plant/> adresinden alındı
- URL-4. (2023, Kasım 4). Bamboo Insect Infestation: <https://www.guaduabamboo.com/blog/bamboo-insect-infestation> adresinden alındı
- URL-5. (2023, Kasım 4). How Durable is Bamboo?: <https://www.guaduabamboo.com/blog/durability-of-bamboo> adresinden alındı
- URL-6. (2023, Kasım 4). How to Remove Bamboo Mold: <https://www.guaduabamboo.com/blog/how-to-remove-bamboo-mold> adresinden alındı
- URL-7. (2023, Kasım 4). Drying Bamboo Poles: <https://www.guaduabamboo.com/blog/drying-bamboo-poles> adresinden alındı

- URL-8. (2023, Kasım 4). Leaching Bamboo: <https://www.guadubamboo.com/blog/leaching-bamboo> adresinden alındı
- URL-9. (2023, Kasım 4). Chemical Bamboo Preservation: <https://www.guadubamboo.com/blog/chemical-bamboo-preservation> adresinden alındı
- URL-10. (2024, Mayıs 25). Guadua Bamboo Poles: <https://www.guadubamboo.com/bamboo-poles> adresinden alındı
- URL-11. (2024, Mayıs 26). Long Round Treated Seasoned Bamboo Pole, Thickness: 3 Inch: <https://www.indiamart.com/proddetail/treated-seasoned-bamboo-pole-27169341248.html> adresinden alındı
- URL-12. (2024, Mayıs 26). Balko Bambu Plaka (4mm): <https://www.buildtrend.com.tr/balko-bambu-plywood-kontraplak-4mm.htm> adresinden alındı
- URL-13. (2024, Mayıs 26). Wholesale 5 Ply 19mm Compressed Bamboo Plywood Cross Laminated Bamboo Timber Carbonized Bamboo Wood Sheets: <https://julybambu.en.made-in-china.com/product/PsonEJRCCFWv/China-Wholesale-5-Ply-19mm-Compressed-Bamboo-Plywood-Cross-Laminated-Bamboo-Timber-Carbonized-Bamboo-Wood-Sheets.html> adresinden alındı
- URL-14. (2024, Şubat 9). Bamboo Connections: <https://bambus.rwth-aachen.de/eng/> adresinden alındı
- URL-15. (2024, Mayıs 24). Bamboo Lashing Manual: <https://www.guadubamboo.com/blog/bamboo-lashing-techniques> adresinden alındı
- URL-16. (2024, Mayıs 25). TN92 figure 18: <https://www.echocommunity.org/km/resources/4ab2a6b2-b6e1-4569-a4fb-fccea18cde20> adresinden alındı
- URL-17. (2024, Şubat 14). Bamboo Joints and Joinery Techniques: <https://www.guadubamboo.com/blog/joining-bamboo> adresinden alındı
- URL-18. (2024, Mayıs 26). Different Types of Bamboo Connections: <https://lyquynhblog.wordpress.com/2016/02/22/different-types-of-bamboo-connections/> adresinden alındı
- URL-19. (2024, Mayıs 25). BAMBOOTIX-Verbinder X: <https://www.bambushandel-conbam.de/Produkte/details/BAMBOOTIX-Verbinder-X> adresinden alındı
- URL-20. (2024, Mayıs 25). BAMBOOTIX-Verbinder I: <https://www.bambushandel-conbam.de/Produkte/details/BAMBOOTIX-Verbinder-I> adresinden alındı
- URL-21. (2024, Mayıs 25). Spatial (space) Structures::Introduction: https://www.setareh.arch.vt.edu/safas/intro_imgs/mero%20joint.jpg adresinden alındı

- URL-22. (2024, Mayıs 25). Space Frame: https://bambus.rwth-aachen.de/eng/fr_raumfachwerk.html adresinden alındı
- URL-23. (2024, Mayıs 25). German-Chinese House Expo2010: https://mudi.com/wp-content/uploads/2019/05/slideshow_3-1.jpg adresinden alındı
- URL-24. (2024, Mayıs 25). Wikipedia: The Free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Spring_Loaded_Camming_Device.svg adresinden alındı
- URL-25. (2021, Temmuz 9). INBAR Garden Pavilion / Studio Cardenas Conscious Design: https://www.archdaily.com/920666/inbar-garden-pavilion-studio-cardenas-conscious-design?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- URL-26. (2024, Şubat 1). eleif / Photo Measure: <https://eleif.net/photomeasure> adresinden alındı
- URL-27. (2021, Temmuz 8). Kim Boi Bamboo Restaurant / Tran Ba Tiep: https://www.archdaily.com/793622/kim-boi-bamboo-restaurant-tran-ba-tiep?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- URL-28. (2021, Temmuz 9). The Millenium Bridge / IBUKU: https://www.archdaily.com/884632/the-millennium-bridge-ibuku?ad_medium=gallery adresinden alındı
- URL-29. (2024, Şubat 1). The Lumi Shala / IBUKU: https://www.archdaily.com/1011098/the-lumi-shala-ibuku?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- URL-30. (2024, Şubat 1). The Lumi Shala / IBUKU: <https://ibuku.com/project/lumi-shala-alchemy-yoga-center/> adresinden alındı
- URL-31. (2024, Şubat 2). The Lumi Shala / IBUKU: <https://www.buildporto.com/blog/the-lumi-shala> adresinden alındı
- URL-32. (2024, Şubat 2). The Lumi Shala / IBUKU: <https://www.atelierone.com/lumi-shala> adresinden alındı
- URL-33. (2023, Ağustos 8). Sharma Springs / IBUKU: https://www.archdaily.com/641170/sharma-springs-ibuku?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- URL-34. (2023, Ağustos 8). Sharma Springs: <https://bamboopurebali.com/project/sharma-spring/> adresinden alındı
- URL-35. (2021, Temmuz 9). Aldo's Kitchen / IBUKU: https://www.archdaily.com/886674/aldos-kitchen-ibuku?ad_source=search adresinden alındı

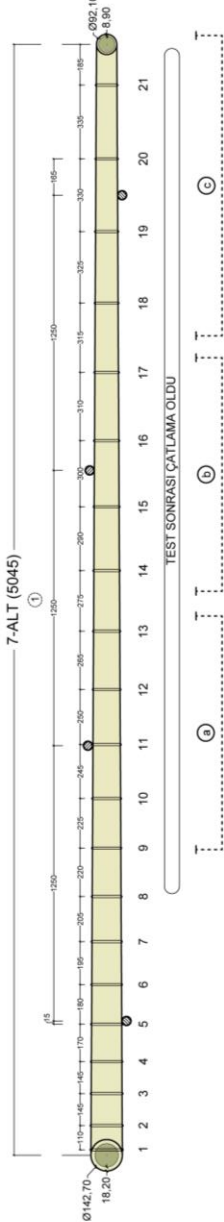
- URL-36. (2023, Ağustos 9). Milguaduas House / ritmo arquitectos: https://www.archdaily.com/990960/milguaduas-house-ritmo-arquitectos?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- URL-37. (2024, Şubat 9). Ecological Children Activity and Education Center / 24H > architecture: https://www.archdaily.com/34946/ecological-children-activity-and-education-center-24h-architecture?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- URL-38. (2024, Şubat 9). Kids Den, Thailand: <https://ateliernomadic.com/kids-den-thailand/> adresinden alındı
- URL-39. (2021, Temmuz 9). N4+ Gluebam House / Advanced Architecture Lab[AaL]: <https://www.archdaily.com/295589/n4-gluebam-house-advanced-architecture-labaal> adresinden alındı
- URL-40. (2021, Temmuz 12). Zen Centre at Baoguosi Buddhism Temple / Approach Architecture Studio: https://www.archdaily.com/921269/zen-centre-at-baoguosi-buddhism-temple-approach-architecture-studio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- URL-41. (2023, Ağustos 9). Zhaojun Museum / DAQI ARCHITECTS, China Architecture Design & Research Group: https://www.archdaily.com/887105/zhaojun-museum-cadg-qistudio?ad_source=search&ad_medium=projects_tab adresinden alındı
- URL-42. (2023, Ekim 13). TKGM | Parsel Sorgu Uygulaması: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/cografi/41.38482797623294/41.42240524291993> adresinden alındı
- URL-43. (2023, Ekim 13). Yandex Maps: <https://yandex.com.tr/harita/108052/hopa/satellite/?ll=41.423883%2C41.387982&z=16> adresinden alındı
- Vahanvati, M. (2024, Mayıs 19). *The challenge of connecting bamboo*. Giant Grass: <https://www.giantgrass.com/2021/03/31/the-challenge-of-connecting-bamboo/> adresinden alındı
- Var, M. (2005). *Turkey country report on bamboo resources*. Global Forest Resources Assessment 2005, Trabzon.
- Wahab, R., Moktar, J., Sudin, M., & Samsi, H. W. (2006). Strength Properties of Preservative Treated Gigantochloa scortechinii after Vacuum Impregnation Process. *International Journal of Agricultural Research*, 1(1), 8-13. <https://doi.org/10.3923/ijar.2006.8.13>
- Wahab, R., Samsi, H. W., Sulaiman, O., Salim, R., & Hashim, R. (2007). Properties of Oil-Cured Cultivated Bambusa vulgaris. *International Journal of Agricultural Research*, 2(9), 820-825. <https://doi.org/10.3923/ijar.2007.820.825>

- Wakchaure, M. R., & Kute, S. Y. (2012). Effect of Moisture Content on Physical and Mechanical Properties of Bamboo. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, 13(6), 753-763.
- Whole Building Design Guide. (2024, Şubat 13). *Optimize Building Space and Material Use*. National Institute of Building Sciences: <https://www.wbdg.org/design-objectives/sustainable/optimize-building-space-material-use> adresinden alındı
- Widyowijatnoko, A. (2012). *Traditional and Innovative Joints in Bamboo Construction*. RWTH Aachen University, PhD thesis. https://www.researchgate.net/publication/362271850_Traditional_and_Innovative_Joints_in_Bamboo_Construction adresinden alındı
- Xiao, Y., Shan, B., & Li, Z. (2019). Recent progress in engineered bamboo development. *Modern Engineered Bamboo Structures: Proceedings of the Third International Conference on Modern Bamboo Structures (ICBS 2018), June 25-27, 2018, Beijing, China. 1st ed.*, s. 3-22. London: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429434990-1>
- Xu, Q., Harries, K., Li, X., Liu, Q., & Gottron, J. (2014). Mechanical properties of structural bamboo following immersion. *Engineering Structures*, 81, 230-239. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.09.044>
- Yang, G., & Wang, K. (2020). Evaluation on the Application of GLB Structures. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 8(5), 21-37. <https://doi.org/10.4236/msce.2020.85003>
- Yazdi, M., Moorjani, V. B., & Golabchi, M. (2015). The construction of Space Frame Structures with Bamboo Using Innovative Pin Joint Connections. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2762.2242>
- Yu, H. Q., Jiang, Z. H., Hse, C. Y., & Shupe, T. F. (2008). Selected Physical and Mechanical Properties of Moso Bamboo (*Phyllostachys pubescens*). *Journal of Tropical Forest Science*, 20(4), 258-263. <http://www.jstor.org/stable/23616702> adresinden alındı
- Zaragoza-Hernández, I., Ordóñez-Candelaria, V. R., Bárcenas- Pazos, G. M., Borja-de la Rosa, A. M., & Zamudio- Sánchez, F. J. (2015). Propiedades físico-mecánicas de una guadua mexicana (*Guadua aculeata*). *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(3), 505-516. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000045>

7. EKLER

Ek Tablo 1. Liflere paralel eğilme testlerinin sonuçları ve test görüntüleri

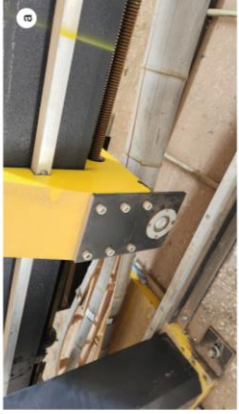
Bambu No - Kısım Adı:	7-ALT
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	117,40
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	13,55
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	1250,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	3750,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	6061079,10
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	4812368,75
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	7699,79
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	46,61
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	29932278073,97
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	4938,44



TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU





Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	7-ÜST-1	Bambu No - Kısım Adı:	7-ÜST-3
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	42,43	Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	23,88
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	5,48	Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	3,83
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	550,00	Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	550,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	1650,00	Numune Uzunluğu (L) (mm):	1650,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	110845,80	Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	12547,57
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	280725,50	Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	63734,00
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	1020,82	Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	231,76
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	53,72	Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	60,64
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	2299157435,24	Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	20741,94	Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	

7 - ÜST (3775)

ETD/Ø42
5mm KESİLİĞİ
Ø51,70
6,30

TEST ÖNCESİ ÇATLAK VARDI
TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

TEST ÖNCESİ ÇATLAK VARDI
TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

$D_{ort} = 30,24 \text{ mm}$
 $\delta_{ort} = 4,93 \text{ mm}$

$D_{ort} = 30,24 \text{ mm}$
 $\delta_{ort} = 4,80 \text{ mm}$

Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	9-ALT
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	121,30
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	12,90
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	1250,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	3750,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	6544021,60
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	5673431,25
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	9077,49
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	52,58
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	43088258336,25
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	6584,37

9-ALT (5065)

TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

a b c

Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	9-ORTA-2
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	78,40
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	7,50
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	1100,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	3300,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	1061433,08
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	2169920,50
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	3945,31
Eğilme Dayanımı ($\sigma_{m,0}$) (N/mm ²):	80,14
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	65572237722,79
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	61777,08

9 - ORTA (5120)

EĞİLME TESTİ NUMUNESİ (5600)

ETÜV KİBİ 500x500x110

ÇATLAK VARDI

TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

TEST ÖNCESİ ÇATLAK VARDI

TEST ÖNCESİ ÇATLAK VARDI

$D_{ORT} = 93,07 \text{ mm}$
 $\delta_{ORT} = 8,61 \text{ mm}$

$D_{ORT} = 68,15 \text{ mm}$
 $\delta_{ORT} = 6,32 \text{ mm}$

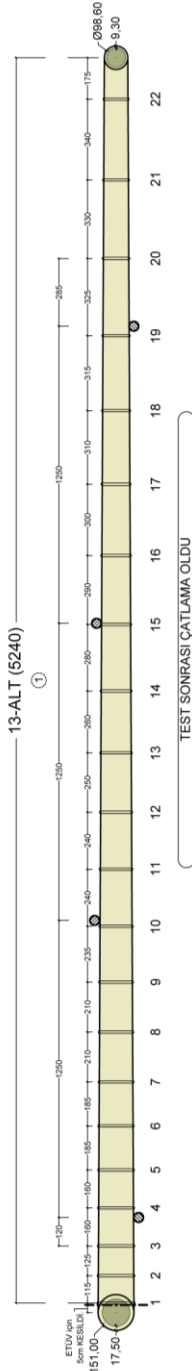
Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	9-ÜST-1	9-ÜST-2
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	52,60	36,20
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	5,88	5,23
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	600,00	600,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	1800,00	1800,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	239071,57	62714,10
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	412959,00	97662,00
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	1376,53	325,54
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	45,43	28,19
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	6732726037,91	704896738,15
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	28161,97	11239,84

9 - ÜST (4065)

Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	13-ALT
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	124,80
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	13,40
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	1250,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	3750,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	7380045,63
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	5127650,00
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	8204,24
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	43,36
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	34647687058,41
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	4694,78



TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU




Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	13-ORTA-2
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	72,65
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	7,35
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	1100,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	3300,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	813868,72
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	1769768,00
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	3217,76
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	78,99
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	181912595918,44
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	223515,89

13 - ORTA (6240)

1

2

3

TEST ÖNCESİ ÇATLAK VARDI

TEST ÖNCESİ ÇATLAK VARDI

TEST ÖNCESİ ÇATLAK VARDI

TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

$D_{ort} = 72,65 \text{ mm}$
 $\delta_{ort} = 7,35 \text{ mm}$

$D_{ort} = 60,40 \text{ mm}$
 $\delta_{ort} = 6,33 \text{ mm}$

$D_{ort} = 88,04 \text{ mm}$
 $\delta_{ort} = 8,29 \text{ mm}$

Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	15-ALT
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	122,15
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	11,60
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	1250,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	3750,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	6222281,98
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	4163100,00
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	6660,96
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	40,86
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	28265443906,53
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	4542,62

15-ALT (5145)

ETÜV ve 5cm KESİLDİ

Ø144,80

14,40

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	15-ORTA-2
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	72,04
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	6,55
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	1250,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	3750,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	729340,55
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	2576175,00
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	4121,88
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	127,22
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	111741019009,54
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	153208,29

①

15 - ORTA (5090)

②

③

TEST ÖNCESİ ÇATLAK VARDI

$D_{ORT} = 62.01 \text{ mm}$
 $\delta_{ORT} = 6.64 \text{ mm}$

TEST SONRASI ÇATLAMA OLDU

$D_{ORT} = 92.89 \text{ mm}$
 $\delta_{ORT} = 8.31 \text{ mm}$

Ek Tablo 1'in devamı

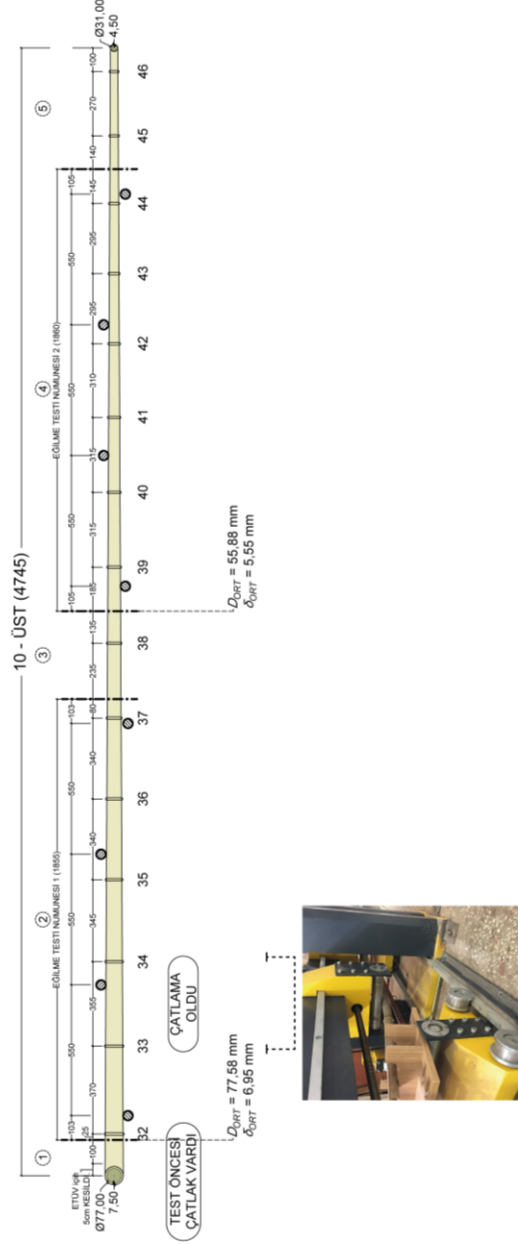
Bambu No - Kısım Adı:	15-ÜST-2	15-ÜST-3
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	51,57	35,83
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	5,65	4,90
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	440,00	440,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	1320,00	1320,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	218021,32	58338,30
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	357581,40	111698,40
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	1625,37	507,72
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	42,29	34,30
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	1685523603,25	328698321,68
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	7731,00	5634,35

Ek Tablo 1'in devamı

Bambu No - Kısım Adı:	6-ORTA-2
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	81,59
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	7,11
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	1250,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	3750,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	1163494,09
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	1905275,00
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	3048,44
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	66,80
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	53026730856,65
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	45575,42

Ek Tablo 1'in devamı

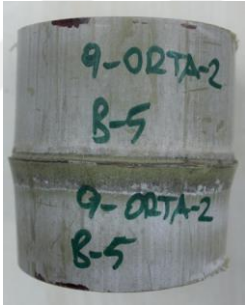
Bambu No - Kısım Adı:	10-ÜST-2	Bambu No - Kısım Adı:	10-ÜST-4
Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	66,73	Dış Çap Ortalaması (D_{ort}) (mm):	43,44
Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	6,25	Et Kalınlığı Ortalaması (δ_{ort}) (mm):	5,03
Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	550,00	Dayanak Noktaları Arası Mesafe (a) (mm):	550,00
Numune Uzunluğu (L) (mm):	1650,00	Numune Uzunluğu (L) (mm):	1650,00
Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	548767,72	Atalet Momenti (I_B) (mm ⁴):	113780,21
Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	666091,25	Maksimum Yük (F_{ult}) (N):	224196,50
Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	2422,15	Eğilme Momenti (M_{ult}) (Nmm):	815,26
Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	40,50	Eğilme Dayanımı ($f_{m,0}$) (N/mm ²):	42,80
Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	4453500234,15	Eğilme Rijitliği ($E_{m,0} \cdot I_B$) (Nmm ²):	1387351341,09
Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	8115,46	Eğilmede Elastisite Modülü ($E_{m,0}$) (N/mm ²):	12193,26



Ek Tablo 2.Liflere paralel basınç testlerinin sonuçları ve test görüntüleri

Bambu Numune Adı: 7-ORTA_B-3	Bambu Numune Adı: 7-ORTA_B-4	
Kesit Alanı: 1406,31 mm ²	Kesit Alanı: 1303,38 mm ²	
Maksimum Yük: 100000,00 N	Maksimum Yük: 93016,08 N	
Basınç Dayanımı: 71,11 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 71,37 N/mm ²	
		
Bambu Numune Adı: 7-ÜST_B-1	Bambu Numune Adı: 7-ÜST_B-3	Bambu Numune Adı: 7-ÜST_B-4
Kesit Alanı: 381,19 mm ²	Kesit Alanı: 302,75 mm ²	Kesit Alanı: 254,19 mm ²
Maksimum Yük: 32754,21 N	Maksimum Yük: 23143,69 N	Maksimum Yük: 21378,50 N
Basınç Dayanımı: 85,93 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 76,45 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 84,10 N/mm ²
		

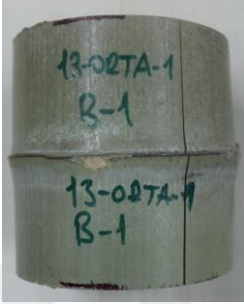
Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 9-ORTA_B-1	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_B-2	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_B-3
Kesit Alanı: 2348,17 mm ²	Kesit Alanı: 2305,15 mm ²	Kesit Alanı: 2046,82 mm ²
Maksimum Yük: 123000,00 N	Maksimum Yük: 132000,00 N	Maksimum Yük: 122000,00 N
Basınç Dayanımı: 52,38 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 57,26 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 59,60 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 9-ORTA_B-4	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_B-5	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_B-6
Kesit Alanı: 2045,35 mm ²	Kesit Alanı: 1660,98 mm ²	Kesit Alanı: 1647,88 mm ²
Maksimum Yük: 111000,00 N	Maksimum Yük: 108000,00 N	Maksimum Yük: 96595,50 N
Basınç Dayanımı: 54,27 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 65,02 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 58,62 N/mm ²
		

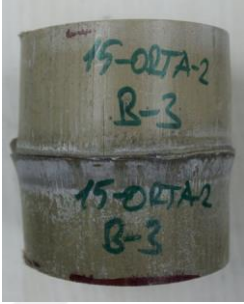
Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 9-ÜST_B-1	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_B-2	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_B-3
Kesit Alanı: 845,20 mm ²	Kesit Alanı: 775,19 mm ²	Kesit Alanı: 602,51 mm ²
Maksimum Yük: 64429,69 N	Maksimum Yük: 63252,89 N	Maksimum Yük: 50210,05 N
Basınç Dayanımı: 76,23 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 81,60 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 83,34 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 9-ÜST_B-4	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_B-5	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_B-6
Kesit Alanı: 565,05 mm ²	Kesit Alanı: 497,59 mm ²	Kesit Alanı: 477,40 mm ²
Maksimum Yük: 42953,13 N	Maksimum Yük: 41972,46 N	Maksimum Yük: 34323,28 N
Basınç Dayanımı: 76,02 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 84,35 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 71,90 N/mm ²
		

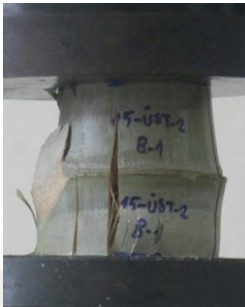
Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 13-ORTA_B-1	Bambu Numune Adı: 13-ORTA_B-2	Bambu Numune Adı: 13-ORTA_B-3
Kesit Alanı: 2411,43 mm ²	Kesit Alanı: 2364,25 mm ²	Kesit Alanı: 1957,84 mm ²
Maksimum Yük: 136000,00 N	Maksimum Yük: 142000,00 N	Maksimum Yük: 117000,00 N
Basınç Dayanımı: 56,40 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 60,06 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 59,76 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 13-ORTA_B-4		Bambu Numune Adı: 13-ÜST_B-1
Kesit Alanı: 1891,49 mm ²		Kesit Alanı: 572,89 mm ²
Maksimum Yük: 111000,00 N		Maksimum Yük: 43933,79 N
Basınç Dayanımı: 58,68 N/mm ²		Basınç Dayanımı: 76,69 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 13-ÜST_B-2	Bambu Numune Adı: 13-ÜST_B-3	Bambu Numune Adı: 13-ÜST_B-4
Kesit Alanı: 602,92 mm ²	Kesit Alanı: 394,31 mm ²	Kesit Alanı: 432,38 mm ²
Maksimum Yük: 46875,79 N	Maksimum Yük: 34715,54 N	Maksimum Yük: 34127,14 N
Basınç Dayanımı: 77,75 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 88,04 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 78,93 N/mm ²
		

Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-1	Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-2	Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-3
Kesit Alanı: 2107,56 mm ²	Kesit Alanı: 2047,57 mm ²	Kesit Alanı: 1676,52 mm ²
Maksimum Yük: 113000,00 N	Maksimum Yük: 116000,00 N	Maksimum Yük: 105000,00 N
Basınç Dayanımı: 53,62 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 56,65 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 62,63 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-4	Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-5	Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-6
Kesit Alanı: 1649,73 mm ²	Kesit Alanı: 1504,67 mm ²	Kesit Alanı: 1454,21 mm ²
Maksimum Yük: 99000,00 N	Maksimum Yük: 92182,51 N	Maksimum Yük: 89730,85 N
Basınç Dayanımı: 60,01 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 61,26 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 61,70 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-7	Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-8	
Kesit Alanı: 1158,64 mm ²	Kesit Alanı: 1160,87 mm ²	
Maksimum Yük: 48444,85 N	Maksimum Yük: 77080,27 N	
Basınç Dayanımı: 41,81 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 66,40 N/mm ²	
		

Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 15-ÜST_B-1	Bambu Numune Adı: 15-ÜST_B-2	Bambu Numune Adı: 15-ÜST_B-3
Kesit Alanı: 891,70 mm ²	Kesit Alanı: 779,95 mm ²	Kesit Alanı: 622,68 mm ²
Maksimum Yük: 62370,29 N	Maksimum Yük: 65116,16 N	Maksimum Yük: 47464,19 N
Basınç Dayanımı: 69,95 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 83,49 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 76,23 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 15-ÜST_B-4		
Kesit Alanı: 583,02 mm ²		
Maksimum Yük: 47268,05 N		
Basınç Dayanımı: 81,07 N/mm ²		
		

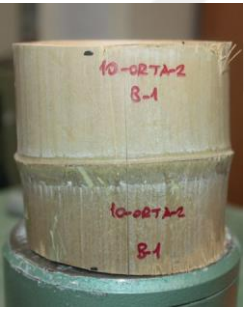
Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 6-ORTA_B-1	Bambu Numune Adı: 6-ORTA_B-2	Bambu Numune Adı: 6-ORTA_B-3
Kesit Alanı: 2448,06 mm ²	Kesit Alanı: 2473,50 mm ²	Kesit Alanı: 1945,45 mm ²
Maksimum Yük: 130000,00 N	Maksimum Yük: 120000,00 N	Maksimum Yük: 117000,00 N
Basınç Dayanımı: 53,10 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 48,51 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 60,14 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 6-ORTA_B-4	Bambu Numune Adı: 6-ORTA_B-5	Bambu Numune Adı: 6-ORTA_B-6
Kesit Alanı: 1950,40 mm ²	Kesit Alanı: 1747,25 mm ²	Kesit Alanı: 1715,31 mm ²
Maksimum Yük: 111000,00 N	Maksimum Yük: 109000,00 N	Maksimum Yük: 108000,00 N
Basınç Dayanımı: 56,91 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 62,38 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 62,96 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-1	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-2	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-3
Kesit Alanı: 1054,98 mm ²	Kesit Alanı: 1042,32 mm ²	Kesit Alanı: 693,02 mm ²
Maksimum Yük: 69431,08 N	Maksimum Yük: 68254,28 N	Maksimum Yük: 53152,04 N
Basınç Dayanımı: 65,81 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 65,48 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 76,70 N/mm ²
		

Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-4	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-5	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-6
Kesit Alanı: 676,44 mm ²	Kesit Alanı: 523,80 mm ²	Kesit Alanı: 499,92 mm ²
Maksimum Yük: 49621,65 N	Maksimum Yük: 40403,40 N	Maksimum Yük: 34519,41 N
Basınç Dayanımı: 73,36 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 77,13 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 69,05 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-7	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-8	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-9
Kesit Alanı: 314,40 mm ²	Kesit Alanı: 302,52 mm ²	Kesit Alanı: 246,35 mm ²
Maksimum Yük: 31185,15 N	Maksimum Yük: 20005,57 N	Maksimum Yük: 19221,03 N
Basınç Dayanımı: 99,19 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 66,13 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 78,02 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-10	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-11	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_B-12
Kesit Alanı: 212,11 mm ²	Kesit Alanı: 119,36 mm ²	Kesit Alanı: 92,22 mm ²
Maksimum Yük: 15298,37 N	Maksimum Yük: 7256,92 N	Maksimum Yük: 6668,52 N
Basınç Dayanımı: 72,12 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 60,80 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 72,31 N/mm ²
		

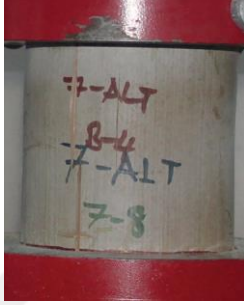
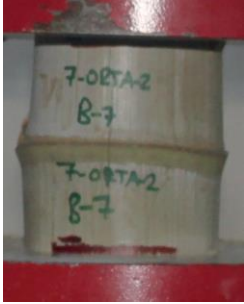
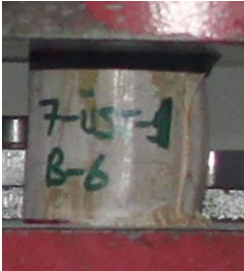
Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 10-ALT_B-1	Bambu Numune Adı: 10-ALT_B-3	Bambu Numune Adı: 10-ALT_B-4
Kesit Alanı: 6308,54 mm ²	Kesit Alanı: 4925,23 mm ²	Kesit Alanı: 5125,12 mm ²
Maksimum Yük: 270000,00 N	Maksimum Yük: 225000,00 N	Maksimum Yük: 260000,00 N
Basınç Dayanımı: 42,80 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 45,68 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 50,73 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 10-ORTA_B-1	Bambu Numune Adı: 10-ORTA_B-2	Bambu Numune Adı: 10-ORTA_B-3
Kesit Alanı: 2585,30 mm ²	Kesit Alanı: 2573,71 mm ²	Kesit Alanı: 2168,09 mm ²
Maksimum Yük: 97000,00 N	Maksimum Yük: 135000,00 N	Maksimum Yük: 114000,00 N
Basınç Dayanımı: 37,52 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 52,45 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 52,58 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 10-ORTA_B-4	Bambu Numune Adı: 10-ORTA_B-5	Bambu Numune Adı: 10-ORTA_B-6
Kesit Alanı: 2188,51 mm ²	Kesit Alanı: 1809,22 mm ²	Kesit Alanı: 1844,17 mm ²
Maksimum Yük: 0,00 N	Maksimum Yük: 115000,00 N	Maksimum Yük: 100000,00 N
Basınç Dayanımı: 57,57 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 63,56 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 54,22 N/mm ²
		

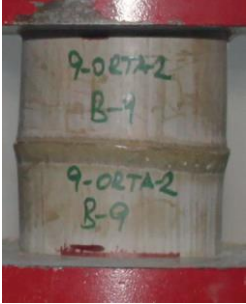
Ek Tablo 2'nin devamı

Bambu Numune Adı: 10-ÜST_B-1	Bambu Numune Adı: 10-ÜST_B-2	Bambu Numune Adı: 10-ÜST_B-3
Kesit Alanı: 1195,19 mm ²	Kesit Alanı: 1243,39 mm ²	Kesit Alanı: 723,78 mm ²
Maksimum Yük: 83160,39 N	Maksimum Yük: 81787,46 N	Maksimum Yük: 55897,91 N
Basınç Dayanımı: 69,58 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 65,78 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 77,23 N/mm ²
		
Bambu Num. Adı: 10-ÜST_B-4		
Kesit Alanı: 692,80 mm ²		
Maksimum Yük: 51779,11 N		
Basınç Dayanımı: 74,74 N/mm ²		
		

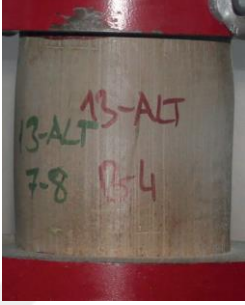
Ek Tablo 3. Liflere paralel basınçta elastisite modülü sonuçları ve test görüntüleri

Bambu Numune Adı: 7-ALT_B-1	Bambu Numune Adı: 7-ALT_B-3	Bambu Numune Adı: 7-ALT_B-4
Kesit Alanı: 5431,43 mm ²	Kesit Alanı: 4470,35 mm ²	Kesit Alanı: 4358,86 mm ²
Maksimum Yük: 231880,00 N	Maksimum Yük: 270760,00 N	Maksimum Yük: 313300,00 N
Basınç Dayanımı: 42,69 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 60,57 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 71,88 N/mm ²
	Bas. Elas. Modülü: 3448,65 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 4344,06 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 7-ORTA_B-7	Bambu Numune Adı: 7-ORTA_B-8	
Kesit Alanı: 1769,41 mm ²	Kesit Alanı: 1689,03 mm ²	
Maksimum Yük: 139540,00 N	Maksimum Yük: 131000,00 N	
Basınç Dayanımı: 78,86 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 77,56 N/mm ²	
Bas. Elas. Modülü: 6889,53 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 6799,60 N/mm ²	
		
Bambu Numune Adı: 7-ÜST_B-5	Bambu Numune Adı: 7-ÜST_B-6	
Kesit Alanı: 497,87 mm ²	Kesit Alanı: 458,97 mm ²	
Maksimum Yük: 50770,00 N	Maksimum Yük: 40590,00 N	
Basınç Dayanımı: 101,97 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 88,44 N/mm ²	
Bas. Elas. Modülü: 4943,85 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 4454,83 N/mm ²	
		

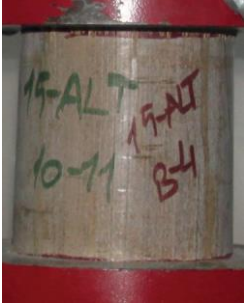
Ek Tablo 3'ün devamı

Bambu Numune Adı: 9-ALT_B-1	Bambu Numune Adı: 9-ALT_B-2	
Kesit Alanı: 5369,86 mm ²	Kesit Alanı: 5395,27 mm ²	
Maksimum Yük: 268130,00 N	Maksimum Yük: 337660,00 N	
Basınç Dayanımı: 49,93 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 62,58 N/mm ²	
Bas. Elas. Modülü: 4793,98 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 3610,73 N/mm ²	
		
Bambu Numune Adı: 9-ORTA_B-9	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_B-10	
Kesit Alanı: 1846,82 mm ²	Kesit Alanı: 1826,43 mm ²	
Maksimum Yük: 126260,00 N	Maksimum Yük: 103990,00 N	
Basınç Dayanımı: 68,37 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 56,94 N/mm ²	
Bas. Elas. Modülü: 7751,95 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 5949,30 N/mm ²	
		
Bambu Numune Adı: 9-ÜST_B-7	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_B-8	
Kesit Alanı: 723,65 mm ²	Kesit Alanı: 710,95 mm ²	
Maksimum Yük: 66790,00 N	Maksimum Yük: 59910,00 N	
Basınç Dayanımı: 92,30 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 84,27 N/mm ²	
Bas. Elas. Modülü: 7895,20 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 7017,68 N/mm ²	
		

Ek Tablo 3'ün devamı

Bambu Numune Adı: 13-ALT_B-1	Bambu Numune Adı: 13-ALT_B-3	Bambu Numune Adı: 13-ALT_B-4
Kesit Alanı: 5587,90 mm ²	Kesit Alanı: 4131,79 mm ²	Kesit Alanı: 4249,20 mm ²
Maksimum Yük: 306590,00 N	Maksimum Yük: 250400,00 N	Maksimum Yük: 300860,00 N
Basınç Dayanımı: 54,87 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 60,60 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 70,80 N/mm ²
Bas. Elas. Modülü: 2626,66 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 4801,22 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 3670,32 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 13-ORTA_B-7	Bambu Numune Adı: 13-ORTA_B-8	
Kesit Alanı: 1680,54 mm ²	Kesit Alanı: 1647,47 mm ²	
Maksimum Yük: 129300,00 N	Maksimum Yük: 130140,00 N	
Basınç Dayanımı: 76,94 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 78,99 N/mm ²	
Bas. Elas. Modülü: 7008,82 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 6287,11 N/mm ²	
		

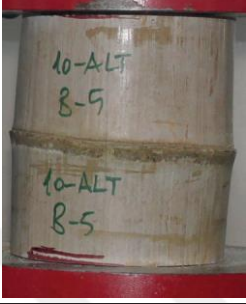
Ek Tablo 3'ün devamı

Bambu Numune Adı: 15-ALT_B-1	Bambu Numune Adı: 15-ALT_B-2	Bambu Numune Adı: 15-ALT_B-3
Kesit Alanı: 4447,81 mm ²	Kesit Alanı: 5443,13 mm ²	Kesit Alanı: 3362,17 mm ²
Maksimum Yük: 232670,00 N	Maksimum Yük: 285800,00 N	Maksimum Yük: 206650,00 N
Basınç Dayanımı: 52,31 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 52,51 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 61,46 N/mm ²
Bas. Elas. Modülü: 3603,20 N/mm ²		Bas. Elas. Modülü: 3520,73 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 15-ALT_B-4		
Kesit Alanı: 3281,14 mm ²		
Maksimum Yük: 239530,00 N		
Basınç Dayanımı: 73,00 N/mm ²		
Bas. Elas. Modülü: 4105,72 N/mm ²		
		
Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-9	Bambu Numune Adı: 15-ORTA_B-10	
Kesit Alanı: 1862,64 mm ²	Kesit Alanı: 1819,20 mm ²	
Maksimum Yük: 126020,00 N	Maksimum Yük: 127230,00 N	
Basınç Dayanımı: 67,66 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 69,94 N/mm ²	
Bas. Elas. Modülü: 8561,18 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 10672,27 N/mm ²	
		

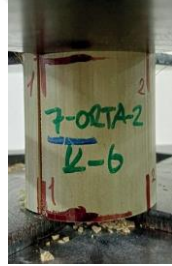
Ek Tablo 3'ün devamı

Bambu Numune Adı: 6-ALT_B-1	Bambu Numune Adı: 6-ALT_B-3	Bambu Numune Adı: 6-ALT_B-4
Kesit Alanı: 5220,48 mm ²	Kesit Alanı: 4441,47 mm ²	Kesit Alanı: 4246,58 mm ²
Maksimum Yük: 324100,00 N	Maksimum Yük: 252520,00 N	Maksimum Yük: 287290,00 N
Basınç Dayanımı: 62,08 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 56,86 N/mm ²	Basınç Dayanımı: 67,65 N/mm ²
Bas. Elas. Modülü: 4207,11 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 3671,19 N/mm ²	Bas. Elas. Modülü: 3697,53 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 6-ORTA_B-8		
Kesit Alanı: 2246,38 mm ²		
Maksimum Yük: 142620,00 N		
Basınç Dayanımı: 63,49 N/mm ²		
Bas. Elas. Modülü: 4860,78 N/mm ²		
		

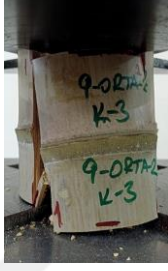
Ek Tablo 3'ün devamı

Bambu Numune Adı: 10-ALT_B-5		
Kesit Alanı: 4428,87 mm ²		
Maksimum Yük: 240280,00 N		
Basınç Dayanımı: 54,25 N/mm ²		
Bas. Elas. Modülü: 2375,36 N/mm ²		
		

Ek Tablo 4. Liflere paralel kesme testlerinin sonuçları ve test görüntüleri

Bambu Numune Adı: 7-ALT_K-1	Bambu Numune Adı: 7-ALT_K-2	Bambu Numune Adı: 7-ORTA_K-3
Kesme Alanları Top.: 6915,72 mm ²	Kesme Alanları Top.: 8125,70 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2275,39 mm ²
Maksimum Yük: >98066,50 N	Maksimum Yük: >98066,50 N	Maksimum Yük: 38883,37 N
Kesme Dayanımı: 14,18 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 12,07 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 17,09 N/mm ²
Cihazın maksimum kapasitesine ulaşıldığında numunede herhangi bir şekil değişimi görülmemiştir.	Cihazın maksimum kapasitesine ulaşıldığında numunede herhangi bir şekil değişimi görülmemiştir.	
Bambu Numune Adı: 7-ORTA_K-4	Bambu Numune Adı: 7-ORTA_K-5	Bambu Numune Adı: 7-ORTA_K-6
Kesme Alanları Top.: 2207,61 mm ²	Kesme Alanları Top.: 1695,69 mm ²	Kesme Alanları Top.: 1642,64 mm ²
Maksimum Yük: 37461,40 N	Maksimum Yük: 16622,27 N	Maksimum Yük: 21966,90 N
Kesme Dayanımı: 16,97 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 9,80 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 13,37 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 7-ÜST_K-1	Bambu Numune Adı: 7-ÜST_K-2	
Kesme Alanları Top.: 609,82 mm ²	Kesme Alanları Top.: 461,19 mm ²	
Maksimum Yük: 15935,81 N	Maksimum Yük: 11277,65 N	
Kesme Dayanımı: 26,13 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 24,15 N/mm ²	
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 9-ORTA_K-1	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_K-2	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_K-3
Kesme Alanları Top.: 3158,22 mm ²	Kesme Alanları Top.: 3093,44 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2922,19 mm ²
Maksimum Yük: 56486,30 N	Maksimum Yük: 55113,37 N	Maksimum Yük: 47268,05 N
Kesme Dayanımı: 17,89 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 17,82 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 16,18 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 9-ORTA_K-4	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_K-5	Bambu Numune Adı: 9-ORTA_K-6
Kesme Alanları Top.: 2867,55 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2293,54 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2184,22 mm ²
Maksimum Yük: 43737,66 N	Maksimum Yük: 41776,33 N	Maksimum Yük: 36676,87 N
Kesme Dayanımı: 15,25 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 18,21 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 16,79 N/mm ²
		
		

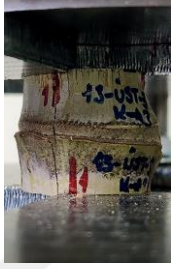
Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 9-ÜST_K-1	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_K-2	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_K-3
Kesme Alanları Top.: 1156,77 mm ²	Kesme Alanları Top.: 990,53 mm ²	Kesme Alanları Top.: 877,61 mm ²
Maksimum Yük: 25105,02 N	Maksimum Yük: 19221,03 N	Maksimum Yük: 19221,03 N
Kesme Dayanımı: 21,70 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 19,40 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 21,90 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 9-ÜST_K-4	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_K-5	Bambu Numune Adı: 9-ÜST_K-6
Kesme Alanları Top.: 759,72 mm ²	Kesme Alanları Top.: 743,67 mm ²	Kesme Alanları Top.: 623,95 mm ²
Maksimum Yük: 12993,81 N	Maksimum Yük: 16769,37 N	Maksimum Yük: 15102,24 N
Kesme Dayanımı: 17,10 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 22,55 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 24,20 N/mm ²
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 13-ALT_K-1	Bambu Numune Adı: 13-ALT_K-2	Bambu Numune Adı: 13-ALT_K-3
Kesme Alanları Top.: 7360,90 mm ²	Kesme Alanları Top.: 6757,46 mm ²	Kesme Alanları Top.: 5990,47 mm ²
Maksimum Yük: 91986,38 N	Maksimum Yük: >98066,50 N	Maksimum Yük: 79826,13 N
Kesme Dayanımı: 12,50 N/mm ²	Kesme Dayanımı: >14,51 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 13,33 N/mm ²
	Cihazın maksimum kapasitesine ulaşıldığında numunede herhangi bir şekil değişimi görülmemiştir.	
Bambu Numune Adı: 13-ALT_K-4	Bambu Numune Adı: 13-ALT_K-5	Bambu Num. Adı: 13-ORTA_K-2
Kesme Alanları Top.: 5567,85 mm ²	Kesme Alanları Top.: 3819,47 mm ²	Kesme Alanları Top.: 3518,08 mm ²
Maksimum Yük: 87377,25 N	Maksimum Yük: 43835,73 N	Maksimum Yük: 57074,70 N
Kesme Dayanımı: 15,69 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 11,48 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 14,68 N/mm ²
		
Bambu Num. Adı: 13-ORTA_K-3	Bambu Num. Adı: 13-ORTA_K-4	
Kesme Alanları Top.: 2793,08 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2782,58 mm ²	
Maksimum Yük: 40991,80 N	Maksimum Yük: 33734,88 N	
Kesme Dayanımı: 14,68 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 12,12 N/mm ²	
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 13-ÜST_K-1	Bambu Numune Adı: 13-ÜST_K-2	Bambu Numune Adı: 13-ÜST_K-3
Kesme Alanları Top.: 730,40 mm ²	Kesme Alanları Top.: 958,34 mm ²	Kesme Alanları Top.: 705,80 mm ²
Maksimum Yük: 20397,83 N	Maksimum Yük: 21770,76 N	Maksimum Yük: 17259,70 N
Kesme Dayanımı: 27,93 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 22,72 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 24,45 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 13-ÜST_K-4		
Kesme Alanları Top.: 531,97 mm ²		
Maksimum Yük: 16475,17 N		
Kesme Dayanımı: 30,97 N/mm ²		
		

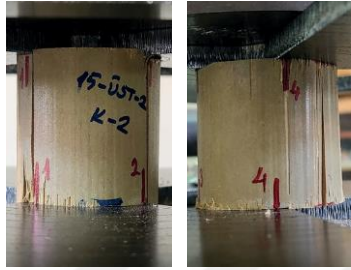
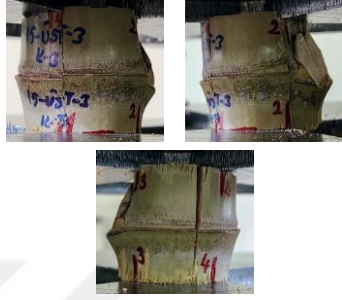
Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 15-ALT_K-1	Bambu Numune Adı: 15-ALT_K-2	Bambu Numune Adı: 15-ALT_K-3
Kesme Alanları Top.: 5258,12 mm ²	Kesme Alanları Top.: 5419,10 mm ²	Kesme Alanları Top.: 4220,74 mm ²
Maksimum Yük: 76491,87 N	Maksimum Yük: 59330,23 N	Maksimum Yük: 64723,89 N
Kesme Dayanımı: 14,55 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 10,95 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 15,33 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 15-ALT_K-4	Bambu Numune Adı: 15-ALT_K-5	
Kesme Alanları Top.: 4312,53 mm ²	Kesme Alanları Top.: 3755,79 mm ²	
Maksimum Yük: 73353,74 N	Maksimum Yük: 52955,91 N	
Kesme Dayanımı: 17,01 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 14,10 N/mm ²	
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Num. Adı: 15-ORTA_K-2	Bambu Num. Adı: 15-ORTA_K-3	Bambu Num. Adı: 15-ORTA_K-4
Kesme Alanları Top.: 3293,95 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2860,87 mm ²	Kesme Alanları Top.: 3007,44 mm ²
Maksimum Yük: 38049,80 N	Maksimum Yük: 39422,73 N	Maksimum Yük: 46238,35 N
Kesme Dayanımı: 11,55 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 13,78 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 15,37 N/mm ²
		
Bambu Num. Adı: 15-ORTA_K-5	Bambu Num. Adı: 15-ORTA_K-6	Bambu Num. Adı: 15-ORTA_K-7
Kesme Alanları Top.: 2466,73 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2277,55 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2260,20 mm ²
Maksimum Yük: 27654,75 N	Maksimum Yük: 39815,00 N	Maksimum Yük: 38344,00 N
Kesme Dayanımı: 11,21 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 17,48 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 16,96 N/mm ²
		
Bambu Num. Adı: 15-ORTA_K-8		
Kesme Alanları Top.: 2242,76 mm ²		
Maksimum Yük: 36088,47 N		
Kesme Dayanımı: 16,09 N/mm ²		
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 15-ÜST_K-1	Bambu Numune Adı: 15-ÜST_K-2	Bambu Numune Adı: 15-ÜST_K-3
Kesme Alanları Top.: 1179,79 mm ²	Kesme Alanları Top.: 1094,28 mm ²	Kesme Alanları Top.: 915,64 mm ²
Maksimum Yük: 12552,51 N	Maksimum Yük: 21770,76 N	Maksimum Yük: 18436,50 N
Kesme Dayanımı: 10,64 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 19,90 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 20,14 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 15-ÜST_K-4		
Kesme Alanları Top.: 782,54 mm ²		
Maksimum Yük: 11767,98 N		
Kesme Dayanımı: 15,04 N/mm ²		
		

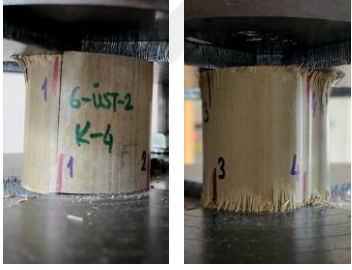
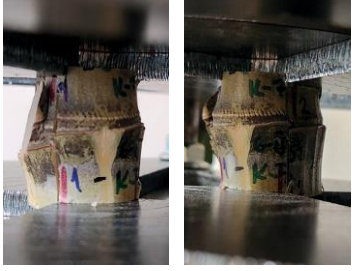
Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 6-ALT_K-1	Bambu Numune Adı: 6-ALT_K-2	Bambu Numune Adı: 6-ALT_K-3
Kesme Alanları Top.: 7263,11 mm ²	Kesme Alanları Top.: 7995,87 mm ²	Kesme Alanları Top.: 6166,43 mm ²
Maksimum Yük: >98066,50 N	Maksimum Yük: >98066,50 N	Maksimum Yük: 82424,89 N
Kesme Dayanımı: >13,50 N/mm ²	Kesme Dayanımı: >12,26 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 13,37 N/mm ²
Cihazın maksimum kapasitesine ulaşıldığında numunede herhangi bir şekil değişimi görülmemiştir.	Cihazın maksimum kapasitesine ulaşıldığında numunede herhangi bir şekil değişimi görülmemiştir.	
Bambu Numune Adı: 6-ALT_K-4	Bambu Numune Adı: 6-ALT_K-5	Bambu Numune Adı: 6-ALT_K-7
Kesme Alanları Top.: 6250,22 mm ²	Kesme Alanları Top.: 4328,37 mm ²	Kesme Alanları Top.: 4182,00 mm ²
Maksimum Yük: 85513,99 N	Maksimum Yük: 68450,42 N	Maksimum Yük: 56878,57 N
Kesme Dayanımı: 13,68 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 15,81 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 13,60 N/mm ²
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 6-ORTA_K-1	Bambu Numune Adı: 6-ORTA_K-2	Bambu Numune Adı: 6-ORTA_K-3
Kesme Alanları Top.: 3482,68 mm ²	Kesme Alanları Top.: 3354,33 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2701,40 mm ²
Maksimum Yük: 59036,03 N	Maksimum Yük: 58447,63 N	Maksimum Yük: 47071,92 N
Kesme Dayanımı: 16,95 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 17,42 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 17,43 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 6-ORTA_K-4	Bambu Numune Adı: 6-ORTA_K-5	Bambu Numune Adı: 6-ORTA_K-6
Kesme Alanları Top.: 2729,30 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2473,76 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2359,57 mm ²
Maksimum Yük: 40305,33 N	Maksimum Yük: 43247,33 N	Maksimum Yük: 40795,66 N
Kesme Dayanımı: 14,77 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 17,48 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 17,29 N/mm ²
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 6-ÜST_K-1	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_K-2	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_K-3
Kesme Alanları Top.: 1623,08 mm ²	Kesme Alanları Top.: 1370,07 mm ²	Kesme Alanları Top.: 1163,99 mm ²
Maksimum Yük: 20593,97 N	Maksimum Yük: 20005,57 N	Maksimum Yük: 17455,84 N
Kesme Dayanımı: 12,69 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 14,60 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 15,00 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 6-ÜST_K-4	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_K-5	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_K-6
Kesme Alanları Top.: 1046,14 mm ²	Kesme Alanları Top.: 943,46 mm ²	Kesme Alanları Top.: 904,14 mm ²
Maksimum Yük: 18044,24 N	Maksimum Yük: 14709,98 N	Maksimum Yük: 10787,32 N
Kesme Dayanımı: 17,25 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 15,59 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 11,93 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 6-ÜST_K-7	Bambu Numune Adı: 6-ÜST_K-8	
Kesme Alanları Top.: 680,98 mm ²	Kesme Alanları Top.: 537,17 mm ²	
Maksimum Yük: 13925,44 N	Maksimum Yük: 10002,78 N	
Kesme Dayanımı: 20,45 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 18,62 N/mm ²	
		

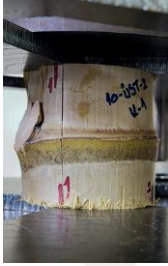
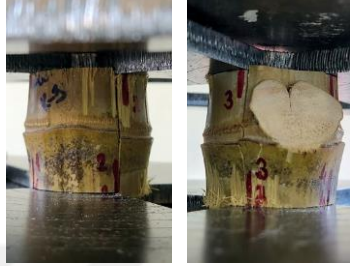
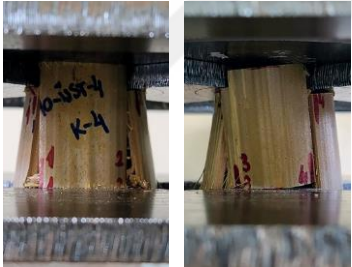
Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 10-ALT_K-1	Bambu Numune Adı: 10-ALT_K-2	Bambu Numune Adı: 10-ALT_K-3
Kesme Alanları Top.: 8114,08 mm ²	Kesme Alanları Top.: 8693,43 mm ²	Kesme Alanları Top.: 7198,55 mm ²
Maksimum Yük: 95712,90 N	Maksimum Yük: 55015,31 N	Maksimum Yük: 66685,22 N
Kesme Dayanımı: 11,80 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 6,33 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 9,26 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 10-ALT_K-4		
Kesme Alanları Top.: 7330,15 mm ²		
Maksimum Yük: 92231,54 N		
Kesme Dayanımı: 12,58 N/mm ²		
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Num. Adı: 10-ORTA_K-1	Bambu Num. Adı: 10-ORTA_K-2	Bambu Num. Adı: 10-ORTA_K-3
Kesme Alanları Top.: 3470,77 mm ²	Kesme Alanları Top.: 3306,94 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2930,09 mm ²
Maksimum Yük: 69627,22 N	Maksimum Yük: 50994,58 N	Maksimum Yük: 27458,62 N
Kesme Dayanımı: 20,06 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 15,42 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 9,37 N/mm ²
		
Bambu Num. Adı: 10-ORTA_K-4	Bambu Num. Adı: 10-ORTA_K-5	Bambu Num. Adı: 10-ORTA_K-6
Kesme Alanları Top.: 2830,81 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2568,01 mm ²	Kesme Alanları Top.: 2490,08 mm ²
Maksimum Yük: 43345,39 N	Maksimum Yük: 45895,12 N	Maksimum Yük: 49817,78 N
Kesme Dayanımı: 15,31 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 17,87 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 20,01 N/mm ²
		

Ek Tablo 4'ün devamı

Bambu Numune Adı: 10-ÜST_K-1	Bambu Numune Adı: 10-ÜST_K-2	Bambu Numune Adı: 10-ÜST_K-3
Kesme Alanları Top.: 1597,70 mm ²	Kesme Alanları Top.: 1410,16 mm ²	Kesme Alanları Top.: 935,11 mm ²
Maksimum Yük: 17848,10 N	Maksimum Yük: 20005,57 N	Maksimum Yük: 14906,11 N
Kesme Dayanımı: 11,17 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 14,19 N/mm ²	Kesme Dayanımı: 15,94 N/mm ²
		
Bambu Numune Adı: 10-ÜST_K-4		
Kesme Alanları Top.: 804,47 mm ²		
Maksimum Yük: 18828,77 N		
Kesme Dayanımı: 23,41 N/mm ²		
		

Ek Tablo 5.Liflere paralel çekme testlerinin sonuçları ve görselleri

Bambu No:	7-ALT							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4785,65	5521,14	7855,13	8080,68	4952,36	6138,96	5579,98	4275,70
Kesit Alanı (mm²):	57,98	56,07	56,28	60,43	53,94	54,96	58,51	51,39
Çekme Dayanımı (N/mm²):	82,54	98,47	139,56	133,73	91,81	111,69	95,37	83,20
Bambu No:	7-ALT							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	5530,95	5491,72	4599,32	6050,70	4260,10	-	-	-
Kesit Alanı (mm²):	46,45	44,06	43,07	49,64	29,41	-	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	119,08	124,65	106,80	121,89	144,87	-	-	-

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	7-ORTA							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3471,55	3079,29	2059,40	2059,40	1471,00	2971,41	2785,09	4256,09
Kesit Alanı (mm²):	65,35	65,35	64,45	64,45	65,72	65,72	63,20	63,20
Çekme Dayanımı (N/mm²):	53,12	47,12	31,95	31,95	22,38	45,21	44,07	67,34
Bambu No:	7-ORTA							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2942,00	2677,22	2000,56	1990,75	-	1804,42	2549,73	3098,90
Kesit Alanı (mm²):	60,40	60,40	58,52	58,52	-	55,69	62,48	62,48
Çekme Dayanımı (N/mm²):	48,71	44,33	34,18	34,02	-	32,40	40,81	49,60

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	7-ORTA							
Numune No:	Ç-5							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	-	-	1265,06	-	2294,76	1284,67	1520,03	1961,33
Kesit Alanı (mm²):	-	-	43,62	-	53,58	53,58	41,28	41,28
Çekme Dayanımı (N/mm²):	-	-	29,00	-	42,82	23,97	36,83	47,52

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	7-ÜST							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1049,31	1019,89	1421,96	1765,20	735,50	1441,58	-	1402,35
Kesit Alanı (mm ²):	32,71	32,71	34,08	34,08	33,18	33,18	-	38,84
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	32,08	31,18	41,73	51,80	22,17	43,45	-	36,11
Bambu No:	7-ÜST							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1068,92	715,89	-	-	-	1353,32	755,11	862,99
Kesit Alanı (mm ²):	31,42	31,42	-	-	-	33,03	32,88	32,88
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	34,02	22,79	-	-	-	40,97	22,96	26,25

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	9-ALT							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4383,57	4216,86	3952,08	3736,33	3932,47	5187,72	3196,97	3461,75
Kesit Alanı (mm ²):	67,96	69,36	62,67	66,72	61,22	65,21	64,91	67,83
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	64,50	60,80	63,06	56,00	64,24	79,56	49,25	51,04

Bambu No:	9-ALT							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4893,52	5393,66	5148,49	4618,93	-	-	-	-
Kesit Alanı (mm ²):	46,61	42,91	48,83	46,31	-	-	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	105,00	125,70	105,44	99,74	-	-	-	-

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	9-ALT							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3883,43	2863,54	3295,03	2991,03	2137,85	3726,53	3697,11	4099,18
Kesit Alanı (mm²):	31,47	32,32	33,10	31,66	33,39	33,28	34,85	34,44
Çekme Dayanımı (N/mm²):	123,42	88,60	99,55	94,48	64,02	111,98	106,08	119,04

Bambu No:	9-ALT							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3344,07	3844,21	2647,80	3981,50	3540,20	3020,45	-	3697,11
Kesit Alanı (mm²):	28,57	30,73	29,11	29,86	29,16	29,30	-	30,75
Çekme Dayanımı (N/mm²):	117,06	125,09	90,96	133,32	121,43	103,09	-	120,24

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	9-ORTA							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2530,12	2530,12	2373,21	-	3069,48	2186,88	2314,37	2716,44
Kesit Alanı (mm²):	52,85	52,85	54,17	-	52,79	52,79	51,26	51,26
Çekme Dayanımı (N/mm²):	47,87	47,87	43,81	-	58,14	41,43	45,15	52,99
								
Bambu No:	9-ORTA							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2196,69	2196,69	2059,40	2471,28	2275,14	2922,38	2216,30	2716,44
Kesit Alanı (mm²):	46,67	46,67	45,16	45,16	44,65	44,65	45,90	45,90
Çekme Dayanımı (N/mm²):	47,07	47,07	45,60	54,72	50,96	65,45	48,28	59,18
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	9-ORTA							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1667,13	1019,89	1647,52	1117,96	2687,02	2137,85	2353,60	1706,36
Kesit Alanı (mm²):	43,69	43,69	43,10	43,10	40,62	40,62	44,66	44,66
Çekme Dayanımı (N/mm²):	38,16	23,34	38,23	25,94	66,15	52,63	52,70	38,21



Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	9-ÜST							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	372,65	470,72	1098,34	1323,90	725,69	1216,02	1421,96	1794,62
Kesit Alanı (mm ²):	33,36	33,36	36,12	36,12	35,17	35,17	38,70	38,70
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	11,17	14,11	30,41	36,65	20,63	34,57	36,74	46,37
Bambu No:	9-ÜST							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1961,33	1569,06	1078,73	1402,35	490,33	1117,96	1314,09	1716,16
Kesit Alanı (mm ²):	32,05	32,05	33,69	33,69	36,03	36,03	35,38	35,38
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	61,19	48,95	32,02	41,62	13,61	31,03	37,14	48,51

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	9-ÜST							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	-	-	931,63	1372,93	1245,44	961,05	990,47	1157,18
Kesit Alanı (mm ²):	-	-	24,74	24,74	27,07	27,07	32,27	32,27
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	-	-	37,66	55,50	46,02	35,51	30,69	35,86

Bambu No:	9-ÜST							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	196,13	166,71	-	78,45	-	-	588,40	235,36
Kesit Alanı (mm ²):	16,83	16,83	-	16,56	-	-	17,09	17,09
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	11,65	9,90	-	4,74	-	-	34,42	13,77

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	13-ALT							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3500,97	4363,96	-	-	3726,53	3618,65	3922,66	4922,94
Kesit Alanı (mm²):	44,93	44,93	-	-	39,85	38,07	39,40	37,80
Çekme Dayanımı (N/mm²):	77,92	97,13	-	-	93,52	95,06	99,55	130,24
Bambu No:	13-ALT							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4550,29	5344,62	4108,99	4628,74	-	-	-	-
Kesit Alanı (mm²):	44,31	46,46	40,70	40,15	-	-	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	102,69	115,04	100,96	115,30	-	-	-	-

Ek Tablo 5'in devamı

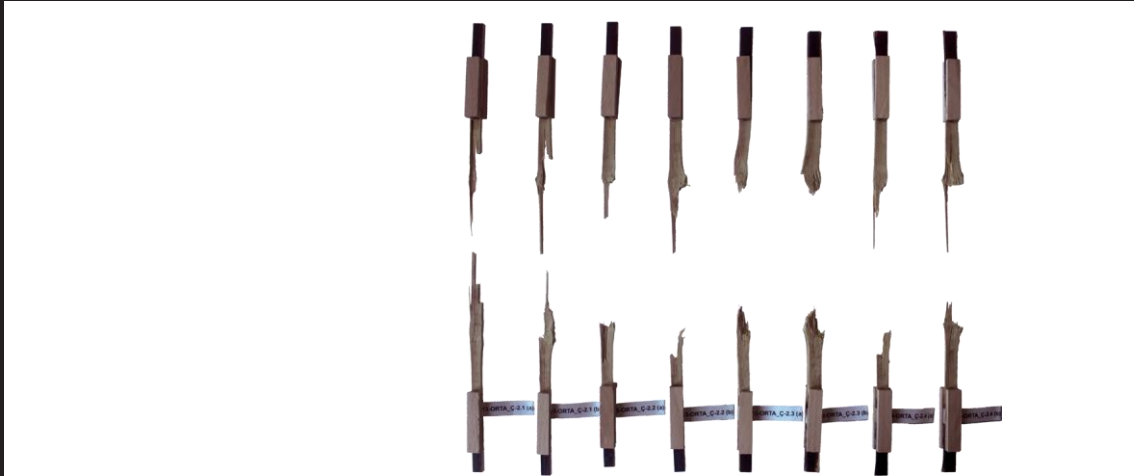
Bambu No:	13-ALT							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2549,73	3108,71	2657,60	3324,45	2245,72	2255,53	3118,51	3657,88
Kesit Alanı (mm²):	33,04	34,79	31,49	30,61	29,45	29,53	32,56	32,82
Çekme Dayanımı (N/mm²):	77,18	89,36	84,40	108,62	76,26	76,39	95,79	111,46



Bambu No:	13-ALT							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2991,03	3530,39	3314,65	3314,65	3226,39	3226,39	2530,12	2196,69
Kesit Alanı (mm²):	28,25	28,62	29,44	31,43	25,52	26,83	28,02	27,36
Çekme Dayanımı (N/mm²):	105,87	123,37	112,57	105,48	126,43	120,24	90,30	80,28



Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	13-ORTA							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3530,39	4383,57	3667,69	3608,85	3089,09	3079,29	2922,38	2657,60
Kesit Alanı (mm²):	62,56	62,56	60,28	60,28	64,32	64,32	68,89	68,89
Çekme Dayanımı (N/mm²):	56,43	70,06	60,84	59,87	48,03	47,88	42,42	38,58
								
Bambu No:	13-ORTA							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3726,53	3098,90	2000,56	2412,44	1353,32	2137,85	3196,97	3138,13
Kesit Alanı (mm²):	46,26	46,26	50,90	50,90	46,87	46,87	57,90	57,90
Çekme Dayanımı (N/mm²):	80,55	66,98	39,30	47,39	28,88	45,62	55,21	54,20
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	13-ORTA							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2500,70	2010,36	2226,11	3049,87	1814,23	1784,81	2108,43	3432,33
Kesit Alanı (mm²):	45,85	45,85	46,44	46,44	50,16	50,16	51,04	51,04
Çekme Dayanımı (N/mm²):	54,54	43,85	47,93	65,67	36,17	35,58	41,31	67,24
								

Bambu No:	13-ORTA							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3677,49	2794,90	2755,67	3412,71	1196,41	882,60	1333,70	3432,33
Kesit Alanı (mm²):	44,25	44,25	44,48	44,48	43,45	43,45	50,54	50,54
Çekme Dayanımı (N/mm²):	83,11	63,17	61,96	76,73	27,53	20,31	26,39	67,92
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	13-ORTA							
Numune No:	Ç-5							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1686,74	2255,53	2481,08	2284,95	1235,64	1902,49	2481,08	2785,09
Kesit Alanı (mm²):	39,06	39,06	44,28	44,28	44,16	44,16	47,54	47,54
Çekme Dayanımı (N/mm²):	43,18	57,74	56,03	51,60	27,98	43,08	52,19	58,59
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	13-ÜST							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	794,34	-	755,11	-	980,67	-	1176,80	-
Kesit Alanı (mm ²):	7,28	-	8,85	-	7,43	-	8,25	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	109,11	-	85,32	-	132,08	-	142,64	-
								
Bambu No:	13-ÜST							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1176,80	-	421,69	-	1186,60	-	509,95	-
Kesit Alanı (mm ²):	6,05	-	5,09	-	6,25	-	6,62	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	194,67	-	82,81	-	189,86	-	77,09	-
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	13-ÜST							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	-	-	706,08	-	617,82	-	-	-
Kesit Alanı (mm ²):	-	-	4,35	-	5,87	-	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	-	-	162,32	-	105,34	-	-	-
								

Bambu No:	13-ÜST							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	686,47	-	608,01	-	-	-	-	-
Kesit Alanı (mm ²):	4,37	-	4,73	-	-	-	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	157,09	-	128,54	-	-	-	-	-
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	13-ÜST							
Numune No:	Ç-5							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	392,27	-	637,43	-	392,27	-	196,13	-
Kesit Alanı (mm²):	3,90	-	3,51	-	4,20	-	2,99	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	100,71	-	181,60	-	93,40	-	65,53	-

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	15-ALT							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2481,08	3040,06	3344,07	3451,94	3638,27	3648,07	2530,12	3089,09
Kesit Alanı (mm ²):	30,20	30,89	31,96	32,55	42,03	43,37	35,81	36,00
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	82,15	98,42	104,64	106,05	86,56	84,12	70,66	85,81
Bambu No:	15-ALT							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2128,04	2873,35	2235,92	3304,84	2598,76	2834,12	-	-
Kesit Alanı (mm ²):	34,01	33,33	28,10	29,47	30,33	27,80	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	62,57	86,20	79,56	112,14	85,68	101,95	-	-

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	15-ALT							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	-	1402,35	1725,97	1667,13	1598,48	1931,91	1392,54	1108,15
Kesit Alanı (mm ²):	-	17,14	17,44	18,65	19,22	18,06	15,33	20,68
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	-	81,82	98,99	89,40	83,16	106,95	90,84	53,58

Bambu No:	15-ALT							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1441,58	1902,49	-	-	3246,00	3579,43	2706,64	3216,58
Kesit Alanı (mm ²):	14,43	17,42	-	-	23,35	24,21	24,11	22,21
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	99,90	109,21	-	-	139,03	147,85	112,25	144,84

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	15-ORTA							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1667,13	2353,60	1618,10	2059,40	1098,34	1765,20	2383,02	1863,26
Kesit Alanı (mm²):	38,19	38,19	42,96	42,96	38,54	38,54	37,69	37,69
Çekme Dayanımı (N/mm²):	43,65	61,62	37,66	47,94	28,50	45,80	63,22	49,43



Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	15-ÜST							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1941,72	-	1775,00	-	1274,86	-	1245,44	-
Kesit Alanı (mm²):	10,73	-	12,71	-	11,31	-	12,06	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	180,96	-	139,71	-	112,72	-	103,27	-
								

Bambu No:	15-ÜST							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1323,90	-	1559,26	-	1265,06	-	980,67	-
Kesit Alanı (mm²):	9,04	-	8,93	-	8,10	-	9,80	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	146,45	-	174,71	-	156,18	-	100,07	-
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	15-ÜST							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	970,86	-	1235,64	-	961,05	-	637,43	-
Kesit Alanı (mm²):	7,49	-	7,18	-	7,00	-	7,09	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	129,62	-	172,15	-	137,29	-	89,97	-
								

Bambu No:	15-ÜST							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	686,47	-	882,60	-	764,92	-	813,95	-
Kesit Alanı (mm²):	6,96	-	5,82	-	8,16	-	6,44	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	98,70	-	151,65	-	93,74	-	126,49	-
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	6-ALT							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4197,25	5079,84	3746,14	4462,03	4893,52	6472,39	5785,92	5736,89
Kesit Alanı (mm ²):	57,60	54,37	49,16	50,83	60,34	58,83	55,06	56,93
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	72,87	93,43	76,20	87,79	81,09	110,02	105,08	100,78
								
Bambu No:	6-ALT							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	5217,14	6148,77	3667,69	4942,55	4805,26	4844,49	-	-
Kesit Alanı (mm ²):	43,68	46,26	48,35	45,41	48,34	46,06	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	119,44	132,93	75,86	108,84	99,40	105,17	-	-
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	6-ALT							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	5158,30	5423,08	3363,68	2265,34	2284,95	3334,26	4422,80	2971,41
Kesit Alanı (mm²):	36,05	38,86	33,30	34,53	32,21	33,60	32,82	31,82
Çekme Dayanımı (N/mm²):	143,07	139,55	101,02	65,61	70,95	99,23	134,76	93,39



Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	6-ORTA							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2059,40	2177,08	2991,03	3530,39	3952,08	3530,39	3187,16	3716,72
Kesit Alanı (mm ²):	57,76	57,76	61,70	61,70	56,70	56,70	66,33	66,33
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	35,66	37,69	48,48	57,22	69,70	62,26	48,05	56,03
								
Bambu No:	6-ORTA							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1647,52	1402,35	2481,08	2569,34	2314,37	2530,12	1971,14	2843,93
Kesit Alanı (mm ²):	46,15	46,15	46,03	46,03	44,66	44,66	44,42	44,42
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	35,70	30,39	53,90	55,82	51,83	56,66	44,38	64,03
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	6-ORTA							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1814,23	1814,23	2000,56	2304,56	2402,63	2824,32	2216,30	2451,66
Kesit Alanı (mm²):	43,03	43,03	42,70	42,70	40,25	40,25	41,22	41,22
Çekme Dayanımı (N/mm²):	42,16	42,16	46,85	53,97	59,69	70,17	53,77	59,48

Bambu No:	6-ORTA							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1421,96	1598,48	2098,62	2422,24	2471,28	2373,21	1667,13	2461,47
Kesit Alanı (mm²):	39,94	39,94	40,51	40,51	41,02	41,02	41,59	41,59
Çekme Dayanımı (N/mm²):	35,60	40,02	51,81	59,80	60,24	57,85	40,08	59,18

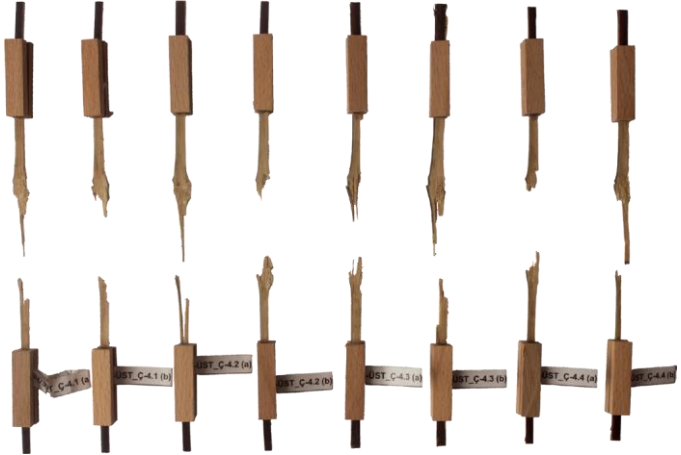
Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	6-ÜST							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1372,93	2569,34	1343,51	2363,40	2402,63	2098,62	2353,60	2294,76
Kesit Alanı (mm ²):	14,13	14,13	13,52	13,52	14,94	14,94	13,83	13,83
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	97,16	181,82	99,37	174,81	160,85	140,50	170,16	165,90
								

Bambu No:	6-ÜST							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2284,95	2059,40	2157,46	2481,08	2392,82	2588,96	1784,81	1471,00
Kesit Alanı (mm ²):	14,53	14,53	13,29	13,29	13,87	13,87	13,31	13,31
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	157,21	141,70	162,39	186,74	172,51	186,65	134,08	110,50
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	6-ÜST							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	490,33	-	1471,00	1098,34	1814,23	1892,68	588,40	1108,15
Kesit Alanı (mm ²):	9,26	-	8,99	8,99	9,72	9,72	8,51	8,51
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	52,95	-	163,66	122,20	186,59	194,66	69,18	130,29
								

Bambu No:	6-ÜST							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1245,44	1029,70	1539,64	1461,19	843,37	1323,90	1314,09	1402,35
Kesit Alanı (mm ²):	8,34	8,34	8,02	8,02	8,78	8,78	8,20	8,20
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	149,33	123,47	191,98	182,19	96,06	150,79	160,26	171,02
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	6-ÜST							
Numune No:	Ç-5							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	196,13	-	-	-	-	-	274,59	-
Kesit Alanı (mm²):	3,58	-	-	-	-	-	3,82	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	54,86	-	-	-	-	-	71,84	-
								

Bambu No:	6-ÜST							
Numune No:	Ç-6							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	-	-	176,52	-	156,91	-	-	-
Kesit Alanı (mm²):	-	-	3,26	-	3,08	-	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	-	-	54,08	-	50,88	-	-	-
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ALT							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	5393,66	5177,91	5079,84	5119,07	5315,20	5933,02	5070,04	8159,13
Kesit Alanı (mm²):	123,21	123,21	119,90	119,90	130,86	130,86	118,70	118,70
Çekme Dayanımı (N/mm²):	43,78	42,03	42,37	42,69	40,62	45,34	42,71	68,74
								
Bambu No:	10-ALT							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4932,74	-	4256,09	5942,83	4177,63	5393,66	6158,58	5942,83
Kesit Alanı (mm²):	119,46	-	117,29	117,29	116,14	116,14	115,73	115,73
Çekme Dayanımı (N/mm²):	41,29	-	36,29	50,67	35,97	46,44	53,22	51,35
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ALT							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4491,45	5982,06	3393,10	4177,63	5079,84	6315,48	4363,96	6648,91
Kesit Alanı (mm²):	117,07	117,07	111,93	111,93	115,76	115,76	108,47	108,47
Çekme Dayanımı (N/mm²):	38,36	51,10	30,32	37,32	43,88	54,56	40,23	61,30
								
Bambu No:	10-ALT							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	5668,24	5001,39	-	3265,61	3922,66	4883,71	5246,56	5168,10
Kesit Alanı (mm²):	111,41	111,41	-	107,74	114,91	114,91	110,00	110,00
Çekme Dayanımı (N/mm²):	50,88	44,89	-	30,31	34,14	42,50	47,70	46,98
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ALT							
Numune No:	Ç-5							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3255,81	5256,36	3177,35	4099,18	3775,56	5374,04	3667,69	5315,20
Kesit Alanı (mm²):	105,27	105,27	109,72	109,72	107,94	107,94	101,60	101,60
Çekme Dayanımı (N/mm²):	30,93	49,93	28,96	37,36	34,98	49,79	36,10	52,31
Bambu No:	10-ALT							
Numune No:	Ç-6							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4883,71	4942,55	3883,43	3765,75	3834,40	4922,94	3785,37	5177,91
Kesit Alanı (mm²):	101,40	101,40	99,10	99,10	107,43	107,43	100,21	100,21
Çekme Dayanımı (N/mm²):	48,16	48,74	39,19	38,00	35,69	45,82	37,78	51,67

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ALT							
Numune No:	Ç-7							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	4138,41	4864,10	3559,81	4687,58	2794,90	3608,85	3412,71	4040,34
Kesit Alanı (mm ²):	96,73	96,73	95,44	95,44	92,44	92,44	96,43	96,43
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	42,78	50,29	37,30	49,12	30,24	39,04	35,39	41,90



Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ORTA							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	5472,11	5707,47	4412,99	5785,92	3432,33	4079,57	4158,02	3510,78
Kesit Alanı (mm²):	42,64	42,64	42,60	42,60	42,41	42,41	43,70	43,70
Çekme Dayanımı (N/mm²):	128,33	133,85	103,60	135,83	80,93	96,19	95,15	80,34
Bambu No:	10-ORTA							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3559,81	-	3471,55	-	2284,95	2951,80	3177,35	-
Kesit Alanı (mm²):	37,38	-	35,53	-	35,87	35,87	36,58	-
Çekme Dayanımı (N/mm²):	95,23	-	97,70	-	63,70	82,30	86,86	-

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ORTA							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3981,50	2804,70	3471,55	4452,22	1882,88	2412,44	2775,28	2422,24
Kesit Alanı (mm²):	30,27	30,27	29,27	29,27	28,64	28,64	31,23	31,23
Çekme Dayanımı (N/mm²):	131,55	92,67	118,62	152,12	65,75	84,24	88,87	77,57

Bambu No:	10-ORTA							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1117,96	1647,52	1775,00	2383,02	2736,06	2677,22	2520,31	3520,59
Kesit Alanı (mm²):	20,71	20,71	22,20	22,20	22,97	22,97	23,10	23,10
Çekme Dayanımı (N/mm²):	53,99	79,56	79,97	107,36	119,11	116,55	109,13	152,44

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ÜST							
Numune No:	Ç-1							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3265,61	-	-	-	3412,71	-	3285,23	-
Kesit Alanı (mm ²):	17,60	-	-	-	18,68	-	17,56	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	185,60	-	-	-	182,67	-	187,10	-
								

Bambu No:	10-ÜST							
Numune No:	Ç-2							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	3500,97	-	-	-	3206,77	-	2147,66	-
Kesit Alanı (mm ²):	16,83	-	-	-	18,76	-	19,42	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	208,02	-	-	-	170,94	-	110,60	-
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ÜST							
Numune No:	Ç-3							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	2206,50	-	1716,16	-	2098,62	-	-	-
Kesit Alanı (mm ²):	11,02	-	12,00	-	11,37	-	-	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	200,23	-	143,01	-	184,61	-	-	-
								
Bambu No:	10-ÜST							
Numune No:	Ç-4							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	1588,68	-	1392,54	-	1353,32	-	1323,90	-
Kesit Alanı (mm ²):	7,02	-	7,13	-	6,11	-	6,27	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	226,31	-	195,44	-	221,67	-	211,15	-
								

Ek Tablo 5'in devamı

Bambu No:	10-ÜST							
Numune No:	Ç-5							
Bölge No:	1	1	2	2	3	3	4	4
Numune Tipi:	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Maksimum Yük (N):	657,05	-	647,24	-	509,95	-	451,11	-
Kesit Alanı (mm ²):	5,52	-	6,19	-	4,95	-	5,28	-
Çekme Dayanımı (N/mm ²):	119,03	-	104,60	-	103,02	-	85,44	-

Ek Tablo 6.Liflere paralel çekmede elastisite modülü sonuçları ve test görselleri

Bambu No:	7-ALT	9-ALT	13-ALT	15-ALT	6-ALT	10-ALT
Numune No:	Ç-2	Ç-2	Ç-2	Ç-2	Ç-2	Ç-1
Numune Tipi:	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Maksimum Yük (N):	4260,10	3040,80	5220,78	2659,43	3887,25	3740,90
Kesit Alanı (mm²):	29,41	33,61	38,52	26,25	39,06	38,35
Çekme Dayanımı (N/mm²):	144,87	90,42	135,36	101,09	99,34	97,51
Ç. Elastisite Modülü (N/mm²):	452,70	275,43	251,55	327,21	244,95	299,87



Bambu No:	7-ORTA	9-ORTA	13-ORTA	15-ORTA	6-ORTA	10-ORTA
Numune No:	Ç-3	Ç-1	Ç-2	Ç-1	Ç-1	Ç-1
Numune Tipi:	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Maksimum Yük (N):	3912,18	2171,90	2780,65	2347,45	1905,25	4992,50
Kesit Alanı (mm²):	13,98	19,41	21,04	19,02	19,75	36,47
Çekme Dayanımı (N/mm²):	157,43	111,73	131,87	123,42	96,39	136,91
Ç. Elastisite Modülü (N/mm²):	1803,67	615,87	679,83	643,40	623,79	464,56



Ek Tablo 6'nın devamı

Bambu No:	7-ÜST	9-ÜST	13-ÜST	15-ÜST	6-ÜST	10-ÜST
Numune No:	Ç-5	Ç-3	Ç-2	Ç-2	Ç-3	Ç-3
Numune Tipi:	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Maksimum Yük (N):	1346,55	1860,35	1244,88	832,53	1014,58	1856,33
Kesit Alanı (mm²):	10,15	12,64	8,59	7,70	7,56	11,90
Çekme Dayanımı (N/mm²):	132,35	147,06	144,96	108,12	134,24	155,57
Ç. Elastisite Modülü (N/mm²):	1226,32	967,89	1806,32	1294,81	1868,79	1373,99



ÖZGEÇMİŞ

Oğuzhan CEVAHİR, İlköğrenimini Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2014 yılında Tefvik Serdar Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2014-2015 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2019 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı.

BAP06 - FYL-2022-10440 - Bambunun Strüktürel Kullanımı ve Türkiye'de Artvin İlinde Yetişen *Phyllostachys pubescens* (Moso) Türü Bambunun Strüktürel Kullanımına Yönelik Deneysel Analizler
(Araştırmacı / Bursiyer)

BAP04 - FAY-2022-10447 - Trabzon'daki İlkokul Binalarında Fiziksel Konfor Koşullarının Araştırılması
(Araştırmacı)