

yük. mim. didem bayraktar marangoz

karadeniz teknik üniversitesi, mimarlık fakültesi, mimarlık bölümü
mimarlikbayraktar@gmail.com orcid: 0000-0003-1358-3973

öğr. gör. dr. özlem aydın (sorumlu yazar|corresponding author)

karadeniz teknik üniversitesi, mimarlık fakültesi, mimarlık bölümü
ozlem.aydin@ktu.edu.tr orcid: 0000-0002-3666-3557

SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMESİ OLARAK BAMBUNUN KULLANIMINA YÖNELİK BİR TASARIM ÖNERİSİ: DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ*

araştırma makalesi|research article

başvuru tarihi|received: 04.11.2022 kabul tarihi|accepted: 03.01.2023

ÖZET

Çevresel yaklaşım modeli içinde yapılarda düşük enerjili malzemelerin tercih edilmesi, yapı-yaşam döngüsünün her aşamasında enerjiyi az ve verimli kullanmak sürdürülebilirliğe önemli katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi Rize ilinde yetiştirilen, fakat yapı malzemesi olarak kullanılmayan bambunun yapı üretiminde kullanımını yaygınlaştırmak ve sürdürülebilir yapı tasarımında farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır. Çalışmada, bölgeye yeni ve farklı bir anlayış kazandıracak hedeflenen bambu yapı malzemesiyle, geleneksel yapım sistemleri kullanılarak, Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm alanlarında konaklama amaçlı bir tasarım modeli geliştirilmiştir. Çalışmada betimsel analiz yapılmış ve doküman analizi tekniği ile uygun detaylar seçilmiştir. Daha sonra çalışmanın işlevi ile ilişkilendirilen detaylar revize edilerek üretilen proje kapsamında kullanılmıştır. Bu bağlamda proje, geleneksel bambu yapımında kullanılan temel, duvar, döşeme, çatı ve doğrama elemanlarının uygulama biçimleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Modelin plan, kesit, görünüş, sistem planı-kesiti-görünüşü ve nokta detayları uygulama projesi olarak çizilmiş ve yapım süreci değerlendirilmiştir. Bu bağlamda; bambu yapım sistemlerinin ahşaba benzer olduğu, bambunun; döşeme, duvar, çatı, doğrama ve kaplamalarda kullanılabilen çok yönlü bir malzeme olduğu ve ahşap, beton, çelik, taş vb. yapı malzemeleriyle kompozit olarak kullanılabilirdiği görülmüştür. İklim koşullarına, topoğrafyaya, yerel dokuya ve mimariye uygun tasarım ile oluşturulan bambu yapıların ülkemizde de uygulanabileceği, ekoturizm ve yerel kalkınma adına büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelime: Bambu, Yapı Elemanı, Yapı Detayı, Proje, Rize

Bayraktar Marangoz, D., Aydın, Ö. (2023). Sürdürülebilir yapı malzemesi olarak bambunun kullanımına yönelik bir tasarım önerisi: Doğu Karadeniz örneği. *Bodrum Journal of Art and Design*, 2(1), 76-96.

*Bu çalışma 24 Mart 2021 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiş olan "Sürdürülebilir Yapı Malzemesi ve Yapı Elemanı Olarak Bambunun Kullanımına Yönelik Bir Model Önerisi: Doğu Karadeniz Örneği" başlıklı tez çalışmasından hazırlanmıştır.

A DESIGN PROPOSAL FOR USING BAMBOO AS A SUSTAINABLE BUILDING MATERIAL: THE CASE OF THE EASTERN BLACK SEA

ABSTRACT

Preferring low-energy materials in buildings within the environmental approach model and using energy less and efficiently at every stage of the building-life cycle make a significant contribution to sustainability. This study aims to popularize the use of bamboo, which is grown but not used as a building material in Rize in the Eastern Black Sea Region, in building products and to raise awareness of sustainable building design. In the study, a design model for accommodation in the rural tourism areas of the Eastern Black Sea Region has been developed by using traditional construction systems with bamboo construction material, which is aimed to bring a new and different understanding to the region. In the study, descriptive analysis was made and appropriate details were selected with the document analysis technique. After that, the details associated with the function of the study were revised and used within the scope of the produced project. In this context, the project was designed by considering the application forms of foundation, wall, floor, roof, and joinery elements used in traditional bamboo construction. Plan, section, view, system plan-section-view, and point details of the model were drawn as an application project and the construction process was evaluated. In this context bamboo-making systems are similar to wood. Bamboo is a versatile material that can be used in flooring, walls, roofs, joinery, and coatings and can be used as a composite with building materials such as wood, concrete, steel, stone, etc. It is thought that bamboo structures created with a design suitable for climatic conditions, topography, local texture, and architecture can also be applied in our country and contribute greatly to ecotourism and regional development.

Keywords: Bamboo, Construction Element, Construction Detail, Project, Rize

GİRİŞ

Gelişen ve değişen dünyanın beraberinde getirdiği çevresel sorunlara çözüm niteliği taşıyan "enerjinin korunumu" ilkesiyle birlikte, sürdürülebilir yapı malzemelerine olan ilgi artmaya başlamıştır. Bu malzemeler, hammadde elde edilmişinden, yok edilmesine kadar enerjiyi en verimli şekilde kullanmayı amaçlamaktadır. Enerji etkin malzemeler, çağdaş malzemelerle ilgili karşılaşılan tüm zorluklara karşı bir çözüm niteliğindedir. Sürdürülebilir, enerji etkin inşaat malzemelerine duyulan ihtiyaç, inşaat süreçlerinin maliyetini ve çevresel etkisini azaltabilen alternatif malzemelere ve yöntemlere ilişkin kapsamlı araştırmaların yapılmasına olanak sağlamaktadır. İklim değişikliği ve fosil enerji kaynaklarının azalmasının günlük hayatta ortaya çıkardığı problemlere karşı; düşük enerjili yapı malzemesine duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda özellikle yerel ve geleneksel malzeme kullanımı önem kazanmaya başlamıştır. Yeşil çelik olarak adlandırılan bambu, sürdürülebilir mimarilerin oluşturulmasında son yıllarda dikkat çekici bir malzeme olma eğilimindedir. Bambu; hızlı yenilenebilen, ormansızlaşmayı azaltan, sera gazlarını emen, çok az atık üreten, gömülü enerjisi ve karbon ayak izi düşük, çok yönlü, toprağı koruyan, her koşulda ve iklimde yetişen, ekonomik gelişmeye katkı veren sürdürülebilir ve ekolojik bir yapı malzemesi olarak değerlendirilmektedir.




Çok yönlü bir bitki olan bambu, çeşitli kültürler ve topluluklar tarafından yüzyıllar boyunca farklı alanlarda kullanılmış ve birçok ürüne uyarlanmıştır. Günümüzde kullanım alanı oldukça genişleyen bambu; gıda, inşaat, tekstil, tarım, selüloz ve kâğıt sanayi, sağlık, dekorasyon, otomotiv ve diğer birçok sektörde kullanılmaktadır. Özellikle sürdürülebilir bir malzeme olması, yapı ve inşaat sektöründeki bambunun kullanımını son yıllarda giderek arttırmaktadır. Bambunun diğer yapı malzemelerine (ahşap, çelik, beton vs.) göre daha avantajlı olması bu malzemeyi dünya çapında popüler hale getirmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Yapı malzemeleri üretimi için gereken enerji ihtiyacı ve mekanik özellikleri

Yapı malzemeleri	Yoğunluk (kg/m ³)	Üretim için gereken enerji (MJ/kg)	Gerilme σ (N/mm ²)	Elastisite Modülü E(N/mm ²)	Biçim değiştirme ϵ (10 ⁻⁶)	Depolanan Enerji Gerilimi	
						J/m ³	J/kg
Beton	2400	0.8	8	25.000	300	1200	0.5
Çelik	7800	30	160	210.000	800	64.00	8.2
Ahşap	600	1	7.5	11.000	700	0	4.3
Bambu	600	0.5	10.7	20.000	500	2600	4.2
						2500	

Bu malzemeler arasında organik bir yapı malzemesi olarak ahşabın kullanımını sınırlandıran ve alternatif üretilmesini gerektiren etmenler bulunmaktadır. Bunlar;

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

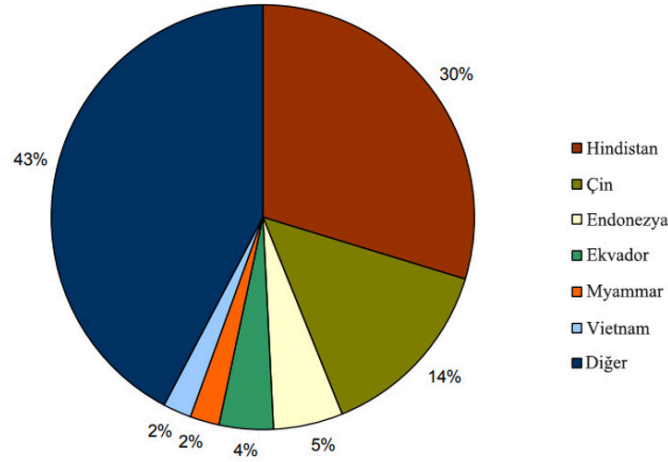
	(ha)	(ağaç/ha)	(p/yıl)	(m ³ /ha/yıl)	175m ² karkas ev
 ÇAM	1	60	2	5	1/3
 MEŞE	1	75	1	6	1/3
 BAMBU	1	5000	1000	15	1

Görsel 1. Bambu, meşe ve çamın karşılaştırılması

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

1. Ahşabın kaynaklarını yenileyebilmesi uzun zaman almaktadır. Bambunun büyümesi için 3 ile 6 yıla, meşe ve çam ağaçlarının ise sırasıyla 60 ve 40 yıla ihtiyacı vardır. Aynı süre zarfında meşe hasadı 1 kere yapılırken, bambu hasadı ise 12 defa yapılabilmektedir (Taipeitimes, 2012). Ahşap malzemenin üretimi için gereken enerji ihtiyacı bambudan 2 kat fazladır. Bambunun birçok mekanik özellikte (basınç, eğilme vb.) ahşaba karşı üstünlüğü vardır.
2. Hızlı büyüyen, kendi kendini yenileyen kaynak olarak bambu, yenilenebilir bir kereste olması özelliği ile ormansızlaşmayı ve buna bağlı biyolojik çeşitlilik kaybını önleyebilir. Bambunun bozulmuş araziye yenileme yeteneği, ormanlar için özellikle önemli bir ekosistem hizmetidir. Uzun yeraltı kök sistemleri, bambuların toprağı bağlayabileceği, su akışını önleyebileceği ve yer üstündeki biyokütlesi yangınla yok edildiğinde bile hayatta kalabileceği anlamına gelmektedir. Ormansızlaşma aynı zamanda küresel iklimi de etkilemektedir (Voanews, 2009; Bajpay ve Yadav, 2019: 25). Bambular sera gazlarını emmektedir. Günde 30 cm uzadıkları için benzer ağaçlarla aynı miktarda karbondioksit emerken, %35 daha fazla oksijen üreterek adeta bir hava temizleyici gibi davranmaktadır. Benzer ağaçlardan 17 kat daha fazla karbondioksit tutabilir ve saatte 12 ton karbondioksit absorbe edebilen türleri vardır (Bamboogrove, t.y.).
3. Bambunun hızlı büyüüp hasat edilmesi ve buna bağlı istihdamın fazla olması gibi yararları sayesinde ahşaba kıyasla ekonomiye daha fazla katkı sağlaması vs. gibi özellikler bambuyu ahşap malzemedan üstün kılmaktadır.

Dünyada bambu, coğrafi olarak (Antartika ve yerli türlerin olmadığı Avrupa hariç), tüm kıtaların tropikal, alt tropikal ve ılıman bölgelerinde yetişmektedir. FAO'nun çıkardığı Global Forest Resources Assessment 2010 (FRA) raporunda, 2010 yılında bambuların kıtalara göre kaç hektar kapladığı araştırılmıştır. Bu araştırmaya göre Asya'daki bambu ormanları 17.360.000 ha, Güney Amerika'daki 10.399.000 ha, Afrika'daki 3.627.000 ha, Okyanusya'daki 45.000 ha, Kuzey ve Orta Amerika'daki ise 39.000 ha'dır. Araştırmalar Avrupa'da doğal olarak yetişen bambu tarlalarının olmadığını göstermektedir. 2010 yılına kadar dünyadaki bambu ile kaplı toplam alan ise 31.470.000 ha olarak belirlenmiştir (Krawczuk, 2013), (Görsel 2).



Görsel 2. Bambunun en çok yetiştiği ülkeler

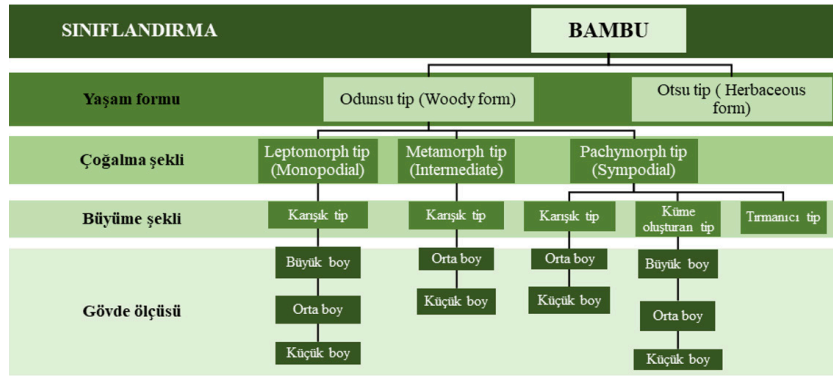
FAO'nun 2020 yılında çıkardığı FRA raporuna göre, son 30 yılda dünya çapında toplam bambu alanı %50 artarak 35 milyon hektara ulaşmıştır. Bambuların yaklaşık olarak kıta dağılımı; Asya ve Okyanusya'da %67; Afrika'da %3 ve Amerika'da %30 şeklindedir (FAO, 2020b; López, 2003).

Ülkemizde bulunan bambu türleri doğal yetişmeyip başka ülkelerden rizomların getirilmesiyle çoğalmıştır. Ancak, bambu ailesinden sayılan saz türleri hemen hemen ülkemizin her tarafında bulunmaktadır. Bambu rizomları Türkiye'ye ilk olarak 100 yıl önce Gürcistan başta olmak üzere çeşitli ülkelerden getirilmiştir (Var, 2005: 3). Ülkemizde bambu; İstanbul, İzmit, Yalova, Sakarya, Bursa, Samsun, Trabzon, Rize, Artvin, Mersin ve Antakya'nın bazı bölgelerinde bulunmaktadır. Türkiye'de bambu miktarı ton bazında 2000 yılında 110,4 ton iken 2005 yılında 157,3 ton olarak tespit edilmiştir. Ülkemizde bulunan bambu türlerinin tamamı özel arazilerde bulunmaktadır. Bu sayı 1990 yılında 0,007 hektar, 2000 yılında 0,008 hektar iken 2005 yılında bu alan 0,011 hektardır (Var, 2005: 3-5).

Yapı malzemesi ve teknolojileri alanında bambu ürünlerinin araştırılması ve geliştirilmesi, yapılı çevre için sürdürülebilir yapı malzemeleri tasarlamak giderek daha fazla araştırma konusu olmaktadır. Bambu, geleneksel yapı malzemelerine rekabetçi ve çevre dostu bir alternatif olarak hizmet edebilecek bir malzeme olarak kabul edilmektedir (Sharma vd., 2015: 95). Sürdürülebilir mimarlık anlayışı içinde bambunun, gelişen teknoloji ile birlikte sınırsız bir tasarım anlayışı ile günümüz yapılarında yapı malzemesi ve elemanı olarak kullanımı gün geçtikte artmaktadır (Aydın ve Bayraktar, 2022: 85). Bu bağlamda çalışmada ahşap, taş ve çeliğe alternatif olarak bambu yapı malzemesinin ülkemizde kullanımının artırılması için bir yapı modeli önerilmiştir. Bu modelde bambunun yapıda kullanımı ile ilgili detaylar verilmiş ve uygulama biçimleri açıklanmıştır. Uygulama projesi ile bambunun yapı malzemesi ve yapım sistemlerinde kullanılabilirliğinin bir model aracılığıyla ifade edilmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Böylece yetiştiği ülkelerde yaygın olarak kullanılan bambunun ülkemizde de kullanımının artacağı, yapı ve yapım faaliyetlerine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

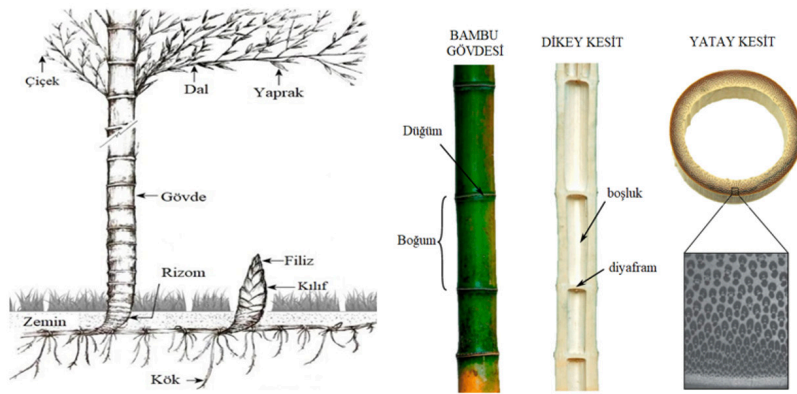
Bambunun Genel Özellikleri

Bambu, çim ailesinin bir parçası olan ve çok yıllık yaprak dökmeyen bir bitkidir. Birçok biyocoğrafik alana dağılmıştır. Yaklaşık 46° kuzey ve 47° güney enlemleri arasındaki tropikal, subtropikal ve ılıman ılıman bölgelerde yetişmektedir. Yaklaşık 1.200 türe ayrılmış 90'dan fazla bambu cinsi vardır (Lobovikov vd., 2005: 1, 27). Bambu türlerinin özelliklerinde türler arasında büyük farklılıklar vardır. Bambular; yapısal ve diğer ekolojik farklılıklar bakımından genel olarak ikiye ayrılmaktadır (Watanabe, 1986), (Görsel 3).



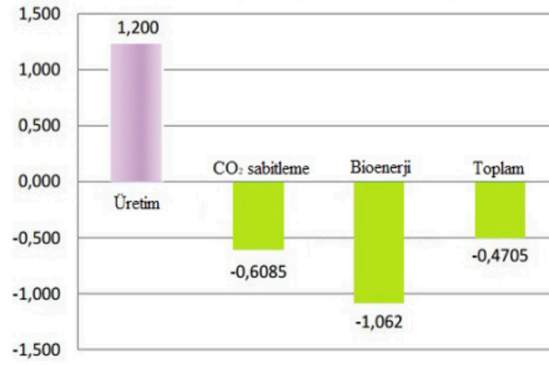
Görsel 3. Bambuların sınıflandırılması

Bambular, düzenli bir düğüm ve boğumlardan oluşan, parçalayıcı ve bitkisel eksnelere yayılan bir sistemden meydana gelen çok yıllık bitkidir. Bambu bitkisinin ana bileşenleri arasında rizom, kök, gövde, dallar, yapraklar çiçekler ve meyveler bulunmaktadır (Görsel 4). Bitkinin gövde büyümesi bir bakımdan palmiyeye benzer; toprakta bulunan rizomlar, topladıkları enerjiyi çaplarını artırmadan bambuların büyümesi için kullanmaktadır (López, 2003; Dunkelberg, 1985). Gövde, düğüm adı verilen sağlam bir eklemlerle, belirli aralıklarla başlar ve biter. Düğümler arasındaki sekmenlere boğum denir. Bu temelde içi boş, silindirik benzeri yapıdır ve bambuya içsel kuvvet ve esneklik sağlamaktadır (Wong, 2004: 21), (Görsel 5). Bambu özgül ağırlığı 0,5 ve 0,8 g/cm³ (fırınlanmış kuru ağırlık) arasında değişmektedir. Bu değer, gövdenin iç kısmından, gövdenin dış kısmına ve gövdenin alt kısmından, üst kısmına doğru artmaktadır. Mekanik özellikler özgül ağırlıkla bağlantılı olduğundan, örneğin eğilme dayanımı gövdenin dış kısmında, iç kısmına oranla 2-3 kat daha fazladır. Gövde kalınlığının azalmasıyla gövde içindeki parankima hücreleri miktarı azalır, lif miktarı arttığından, gövde içi özgül ağırlığında ve mekanik özelliklerinde artış olmaktadır. Oysa gövdenin dış kısmı, fiziksel mukavemet yönüyle, kalınlık değişiminden çok az etkilenmektedir (Liese, 1985).



Görsel 4-5. Bambunun fizyolojik yapısı

Bambu, hızla yenilebilir ve tekrar kullanılabilir ve dayanıklı olması gibi özellikleriyle %100 doğal bir malzemedir. Üretiminden binaya hazır hale gelmesine kadar fazla enerjiye ihtiyaç duymaz. Bambudan yapılmış bir bina prototipinin incelenmesinde, tuğla-beton binaya kıyasla, bambu binanın daha az enerji gerektirdiğini ve daha az karbon yaydığını göstermiştir (Widyowijatnoko, 2006), (Görsel 6). Bambular doğal haliyle sadece 2-3 yıl dayanmasına rağmen, doğal zararlılara karşı çeşitli kimyasal işlemlerin uygulanması ile dayanımı arttırılmaktadır. İklimin etkilerinden korumak için de uygun tasarım unsurlarının kullanılması ile bambunun 30-40 yıl kullanılabilirliği sağlanmaktadır.



Görsel 6. Bambunun yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izi (kgCO₂eq/kg bambu)

Ormanlaşmayı hızlandırdığı için gelecekteki kereste alternatifi bambu kabul edilmektedir. Artan kaynak kıtlığı göz önüne alındığında bu durum çok büyük bir öneme sahiptir. Geleceğin malzemeleri, bambu lifleri ve ağaç kombinasyonundan oluşabilir. Yapısal bir malzeme olarak bambu, ahşaba kıyasla hem yüksek özgül mukavemet ve sertlik hem de düşük su emme özelliğine sahiptir. Bambunun özgül mukavemeti ayrıca ahşap esaslı kompozitler, beton ve çelik gibi diğer yaygın inşaat malzemelerinden daha yüksektir (Elejoste vd., 2021: 2126). Bunlar ve daha birçok neden, yetiştiği bölgelerin kültüründe önemli yer tutan bitkinin yapı malzemesi olarak da binlerce yıldır kullanılmasını sağlamıştır. Ayrıca bambu hasattan sonra çok az işlem gerektirir. Bu da bambunun beton ve çelik gibi diğer geleneksel malzemelere kıyasla düşük gömülü enerjiye sahip bir yapı ürünü olduğunu göstermektedir. Bambu hafifliğinin yanı sıra çelik, beton ve kereste ile karşılaştırıldığında, daha fazla yüke dayanabilmektedir (Witte, 2018: 16; Kaur, 2018: 240), (Tablo 2).

Tablo 2. Yapı malzemeleri üretimi için gereken enerji ihtiyacı

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

Mevcut inşaat malzemelerinin yüksek enerji talebi ve ahşap gibi doğal olarak bulunan diğer malzemelerin azlığı nedeniyle, bambu inşaat sektörü için iyi bir alternatiftir. Farklı bambu türlerinin çekme dayanımı 70-210 MPa, basınç dayanımı 20-65 MPa, elastik modülü 2500-17500 MPa ve kopma modülü 50-200 MPa arasında değişmektedir. Bu özellikleri ile bambu, çok yönlü bir malzemedir ve yapı üretiminde çeşitli şekillerde kullanılabilir (Fahim vd., 2022: 165). Yapısal uygulamalarda bambunun potansiyel bir kullanıma sahip olduğunu göstermek için, deneysel çalışmalarda ahşap, beton ve çelik gibi diğer inşaat malzemeleriyle karşılaştırılması yapılarak güçlü özellikleri ortaya konmuştur. Bu özellikler, basınç, çekme, kesme ve eğilme mukavemeti ile elastisite modülüdür (Awalluddin vd., 2017). Yüksek esneklik ve büyüme oranı, düşük ağırlık/boy oranı, yapı malzemesi olarak bambuya geniş fırsatlar sunmaktadır. Yapısal olarak içi boş yapıdaki bambu odunsu ahşabın gövdesinden üstündür. Bambu türlerinin yoğunluğu 700 ile 800 kg/m³ arasında değişmektedir. Bu özellik, bina tasarımları için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Yapısal bozulmadaki eğilme gerilimi, birim hacim başına kütlelerin 0,14 katıdır. Birim hacmi başına bambunun sahip olduğu yüksek kütle değeri, kırılma durumunda daha fazla bükülme mukavemeti sağlamaktadır (Kaur, 2018: 240). Yüksek elastisite modülüne sahip bambuların, yüksek kalitede olduğu bilinmektedir. Bambunun yüksek elastikiyeti,

özellikle depreme bölgelerinde inşaat malzemesi olarak kullanılmasına olanak vermektedir (Patil ve Mutkekar, 2014). Dünya çapında, afet sonrası yeniden yapılandırma programlarında güvenli ve uygun maliyetli yapılar inşa etmek için daha iyi ve sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılması beklenmektedir. Bu bağlamda önerilen malzemelerden biri bambudur (Goh vd., 2020).

Literatür incelemeleri, bambunun inşaat malzemelerine kıyasla güçlü mekanik özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Bambu, inşaat sektöründe ve özellikle bina yapımında kullanılmak üzere muazzam potansiyele sahip odunsu bir ottur. Birçok coğrafyada yaygın olarak yetişmekte ve küresel olarak kullanılabilir niteliklere sahiptir. Bu bağlamda düşük maliyetli yapı malzemesi olarak temel ihtiyaçları karşılayabilecek uyumlu bir malzeme olan bambunun, ülkemizde yetişmesi dikkate alınarak, inşaat alanında kullanılabilirliğini arttırmak bu çalışmanın hedefi olmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Sürdürülebilir ve ekolojik yapı malzemesi olarak bambunun kullanımına dikkat çekerek literatürde ve uygulamada yer alması çalışmanın hedefi olmuştur. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi Rize ilinde yetiştirilen, fakat yapı malzemesi olarak kullanılmayan bambunun yapı üretiminde kullanımını yaygınlaştırmak ve sürdürülebilir yapı tasarımında farkındalık oluşturmak amaçlanmıştır. Çalışmada, bölgeye yeni ve farklı bir anlayış kazandıracığı hedeflenen bambu yapı malzemesiyle, geleneksel yapım sistemleri kullanılarak, Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm alanlarında konaklama amaçlı bir bambu tasarım modeli (BTM) geliştirilmiştir. Çalışmada betimsel analiz yapılmış ve uygun detaylar doküman analizi tekniği ile seçilmiştir. Tasarım modelinde, geleneksel bambu yapımında kullanılan temel, duvar, döşeme, çatı ve doğrama elemanlarının detay ve uygulama biçimleri, örnek projeler ve ilgili literatür taraması yapılarak analiz edilmiş ve tasarım modelinin detayları geliştirilmiştir. Bu kapsamda mimari proje 5,30x5,30 m boyutlarında tasarlanmıştır. Önerilen model ile bölgede yetişen bambunun tanıtımı, yapı malzemesi ve yapım sistemlerinde kullanılabilirliği, yaygınlaştırılması, yöre halkına ekonomik olarak katkıda bulunması ve kullanım alanlarının çeşitlenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca beton yapılaşmaya karşı, ahşaba alternatif bir malzeme olarak bambunun bölge turizminde farklı ve ilgi çekici bir yaklaşım ortaya koyacağı düşünülmektedir. Çalışmada BTM'nin yapımında kullanılan bambuların, Rize ili Pazar ilçesinde bulunan bambu ormanından elde edileceği varsayılmıştır (Görsel 7). Bambu ormanı, bu bölgeye yaklaşık 70 yıl önce Gürcistan'dan getirilen rizomların dikilmesiyle oluşmuştur. Düzenli bir bakım yapılmayan bu ormanda, kesilen bambuların yerine yeni bambular kısa bir sürede yetişmektedir.



Görsel 7. Rize ili Pazar ilçesindeki bambu ormanı

Çalışma kapsamında Rize'deki bambu ormanı hakkında bilgi edinmek için alanda incelemeler yapılmıştır. Bu ormandaki bambu türlerinin yapısal özellikleri, yapıların uygulanabilirliği; bu alanda çalışma yapan uzmanların görüşleri ve akademik çalışmalarını doğrultusunda gerekli veriler elde edilmiştir. Baykan (1999) bambunun üretimi ve kullanımı ile ilgili çalışmasında Var'ın, 1995-1998 yılları arasında Japonya'da yaptığı çalışmalar sonucunda ekonomik değer taşıyan ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yetişebilecek üç bambu türünü tespit ettiğini ve

bu türlerin, *Phyllostachys pubescens* Nakai, *Phyllostachys bambusoides* Sieb, et. Zucc ve *Phyllostachys nigra* var. *henonis* olduğunu belirtmiştir (Baykan, 1999). Bu bambu türleri üstün mekanik özellikleri sayesinde inşaatta kullanım için oldukça uygundur (Tablo 3).

Tablo 3. Yapı malzemesi olarak kullanılan bambuların özellikleri

Bambu türleri	Basınç dayanımı (kgf/cm ²)	Çekme dayanımı (kgf/cm ²)	Eğilme dayanımı (kgf/cm ²)	Young Modülü (x 10 ³ kgf/cm ²)	Kesme dayanımı (kgf/cm ²)
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	686	2,798	1,525	82.7	170
<i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>Henonis</i>	734	2,854	1,719	108.3	190
<i>Phyllostachys pubescens</i>	535	2,277	1,448	78.6	168

Rize'nin Pazar ilçesinde bulunan bambu ormanının %80'i *Phyllostachys bambusoides* türünden, %20'si ise *Phyllostachys pubescens* türünden oluşmaktadır (Baykan, 1999). *Phyllostachys bambusoides*, "Madake" veya "Japon kereste bambusu" olarak da bilinir ve aynı zamanda soğuğa dayanıklıdır. (Bambu Batu, 2021). *Phyllostachys pubescens* ise "Moso bamboo" veya "dev bambu" olarak bilinir. Güney Asya'da inşaat yapımında oldukça yaygın olarak kullanılan bir bambu türüdür. Çin'de bambu kereste yapımı için en çok kullanılan bu tür oldukça sert ve dayanıklıdır. Moso bambu, sürgünün ortaya çıkmasından sadece 35-40 gün sonra hem yükseklik hem de çap büyümesini hızla tamamlayabilir. Bu hızlı büyümede sürgünler hızlı kaba lif konsantrasyonunu arttırmaktadır (Song vd., 2016).

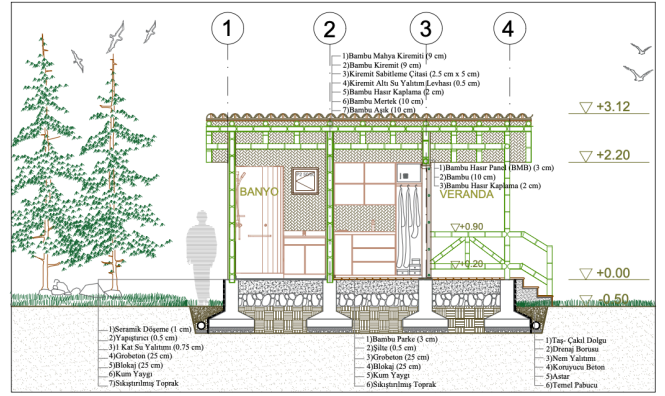
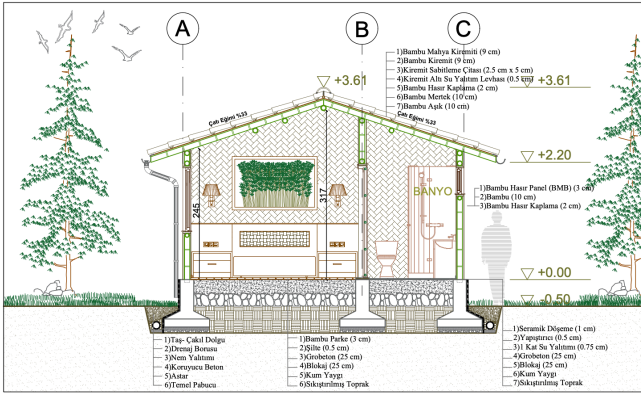
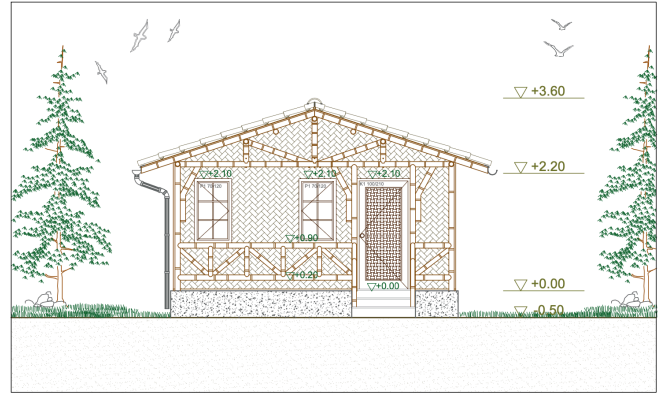
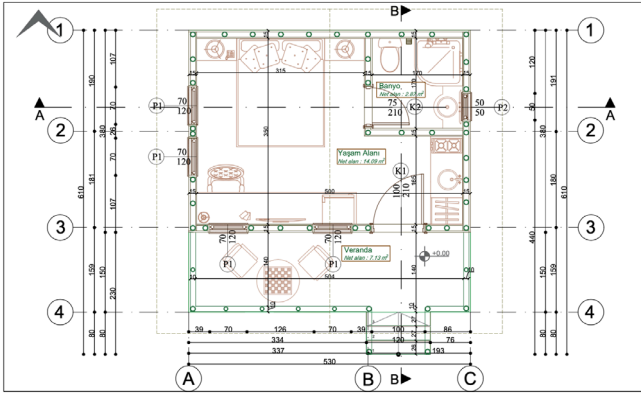
Bambu Modelin Tasarım Kararları ve Uygulama Projesi

Bambu bitkisi yağmur, kar, don ve yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır ancak daha uzun ömürlü dayanım, koruma yapıldıkça mümkün olmaktadır. Doğru bağlantı teknikleri, detayları ve koruma ile sağlam, uzun ömürlü ve rijit bir bambu yapı her türlü iklime uyum sağlayabilir. Yapının tasarımında, Doğu Karadeniz'de oldukça fazla görülen yağmur ve kar için saçaklar geniş tutulmuş, çatı eğimi iklime göre ayarlanmış, yapı zeminden yükseltilmiş ve olası su sızıntıları için pencere sayısı azaltılmıştır. Yapı güneşten maksimum şekilde yararlanacak şekilde tasarlanmıştır. Kuzey cephesi kapalı olup pencereler güney ve batı cepheye konumlandırılmıştır. Aynı zamanda güney cephesinde yarı açık mekân olan veranda oluşturulmuştur (Görsel 8).



Görsel 8. Bambu modelin plan ve görünüşleri

Bambu, ahşaba benzer özellikler taşımaktadır dolayısıyla yerel dokuya ve mimariye uygundur. Yapı, içerisinde yaşam alanı ve veranda olacak şekilde işlevsel, anlaşılabilir ve günümüz kırsal turizm ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanmıştır. Bambu yapı malzemesinden yapılacak olan konaklama birimi tek katlıdır. Yapı 5,30x5,30 m boyutunda ve yüksekliği 3,60 metredir. Bu boyutlar, önerilen model için kullanışlı ve işlevsel olabilecek minimum boyutlar olarak belirlenmiştir. Yaşam alanı, 17 m² veranda 7 m²'dir (Görsel 9).

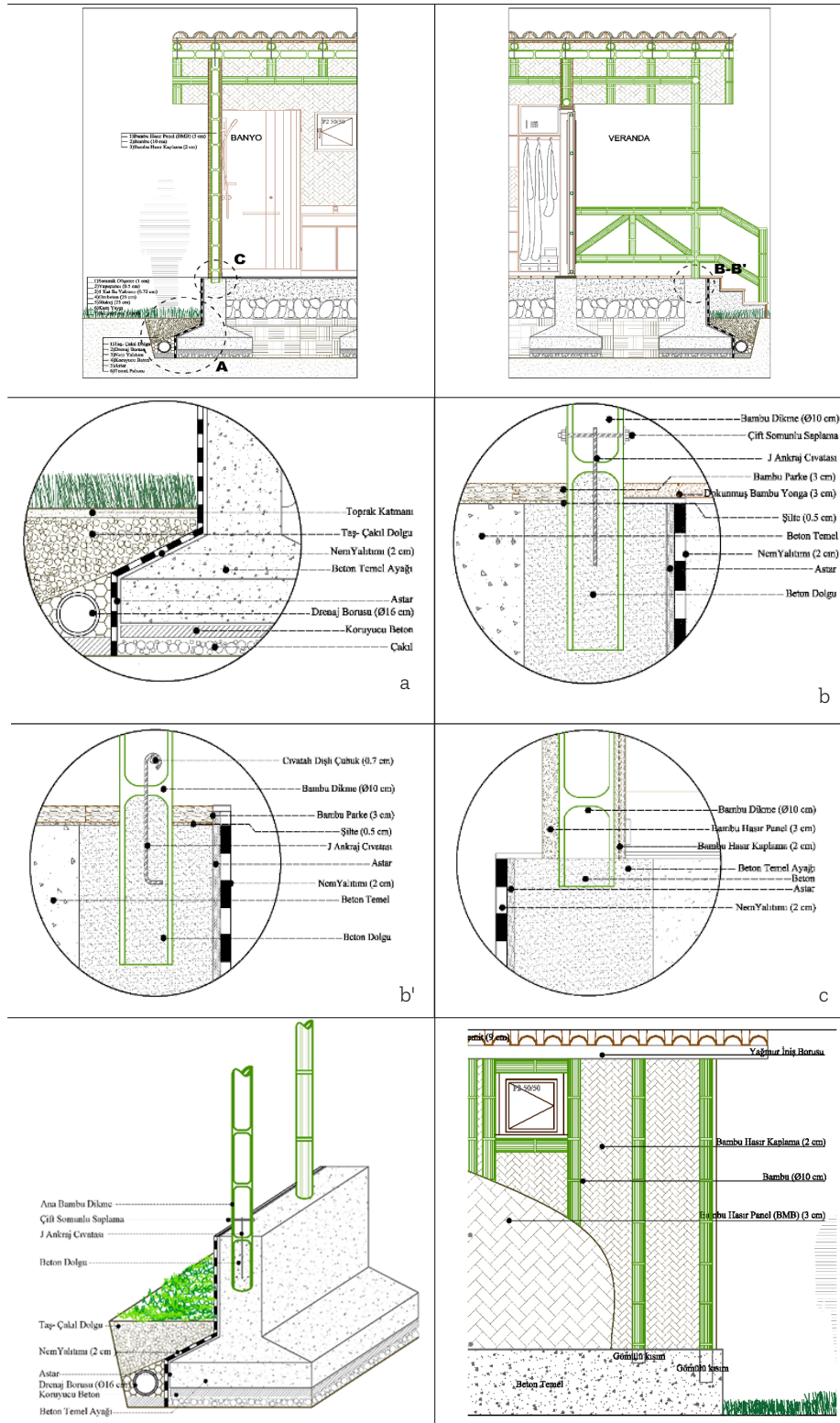


Görsel 9. Tasarım modeline ait çizimler

Yapı, 6,00x6,00 m boyutlarında ve 50 cm kalınlığında çift yönde sürekli temelden oluşmaktadır. Bambu düşey elemanların yükleri bir bütün olarak ve yeterli bir rijitlik içinde zemine aktarılmıştır. Toprak zemin üzerine sırasıyla çakıl ve koruyucu beton dökülerek temel ayağı zemine sabitlenmiştir. Temel ayağı, astar ve nem yalıtımı ile kaplanmıştır. Temel ayağının yanında bulunan drenaj borusu koruyucu beton üzerine yerleştirilerek, üzeri taş ve çakıl dolgu ile kapatılmıştır (Tablo 4a).

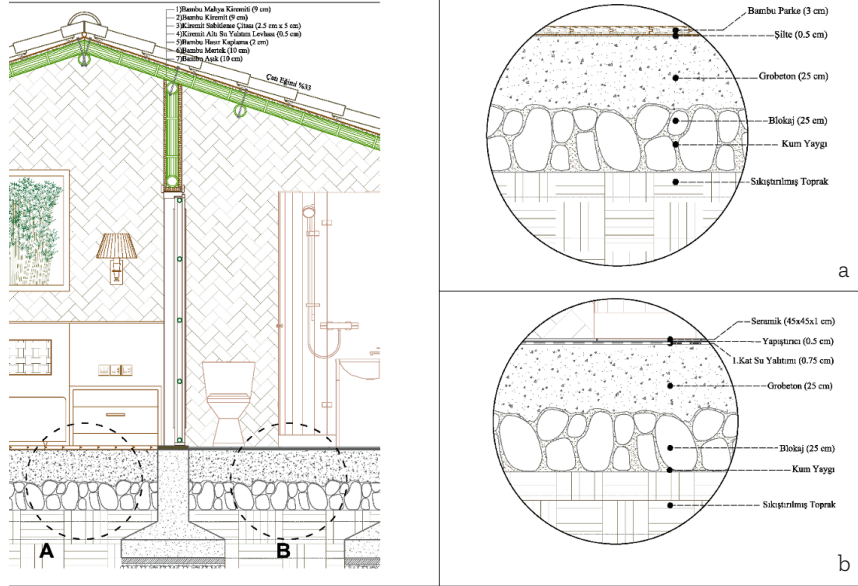
Yapı, belirlenen 13 adet ana taşıyıcı bambu dikme ile temele ankraj edilmiştir. Bağlantı sistemi olarak J ankraj cıvatası kullanılarak sadece belirlenen ana dikmelerden temele bağlantı sağlanmıştır. Ana dikmeler J ankraj cıvatası ile sabitlendikten sonra 25 cm temele gömülerek ilk düğümüne kadar bambu boğumu betonla doldurulmuştur (Tablo 4b ve b'). Diğer bambu dikmeler ise betona 5 cm batırılarak sabitlenmiştir (Tablo 4c).

Tablo 4. BTM'nin temel detayları



Döşeme zemine oturtulmuştur. Islak hacim ve veranda seramikle, yaşam alanı ise bambu parke ile döşenmiştir. Sıkıştırılmış toprak üzerine sırasıyla kum, blokaj (25 cm), grobeton (25 cm), yapıldıktan sonra bambu parke (3 cm) uygulanacak alana şilte (0,5 cm) serilerek parkeler birleştirilmiştir (Tablo 5a). Islak hacim ve veranda kısmına ise grobeton üzerine sırasıyla bir kat su yalıtımı (0,75 cm) ve yapıştırıcı (0,5 cm) üzerine seramikler (45x45x1 cm) yerleştirilmiştir (Tablo 5b).

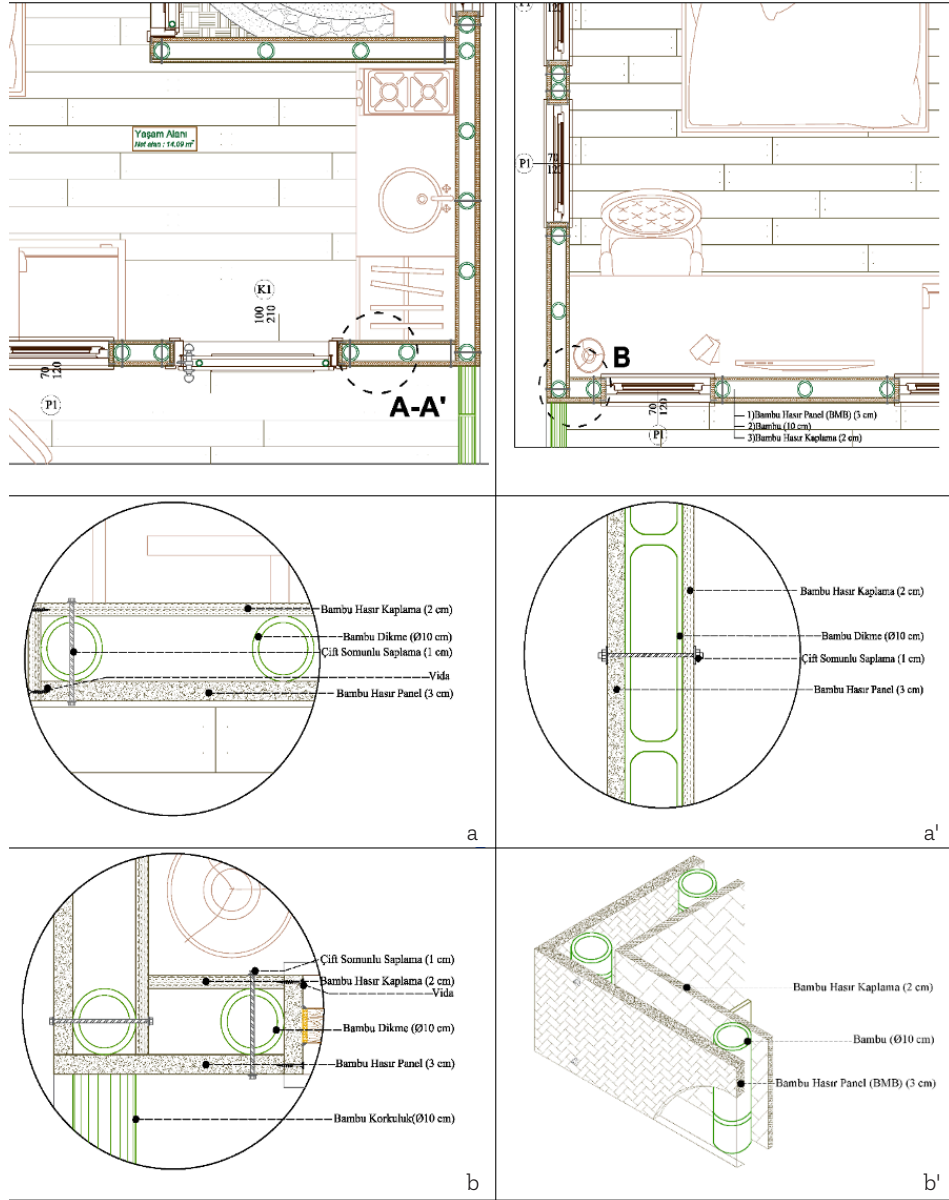
Tablo 5. BTM'nin döşeme detayları



BTM'nin duvarlarında dış yüzeyde endüstriyel yöntemlerle işlenmiş bambu hasır panel, iç yüzeyde ise geleneksel yöntemlerle işlenmiş bambu hasır kaplama kullanılmıştır. Yapıda dış duvarın bambu hasır panellerle oluşturulmasının sebebi, çürümeye, böceklerle ve yangına karşı dirençli olmasıdır. Duvar yapımında iki farklı çapta bambu kullanılmıştır. Taşıyıcı bambu dikmelerin çapı 10 cm'lik olmak üzere sadece korkuluktaki bazı dikmeler 8 cm'lik bambularla oluşturulmuştur. Bambu dikmelerin mesafeleri 50 cm'yi geçmemiştir. Duvar kalınlığı 15 cm'dir. Duvarda, alçı ya da sıva olmadan yapılan hasır bambu duvar tekniği kullanılmıştır.

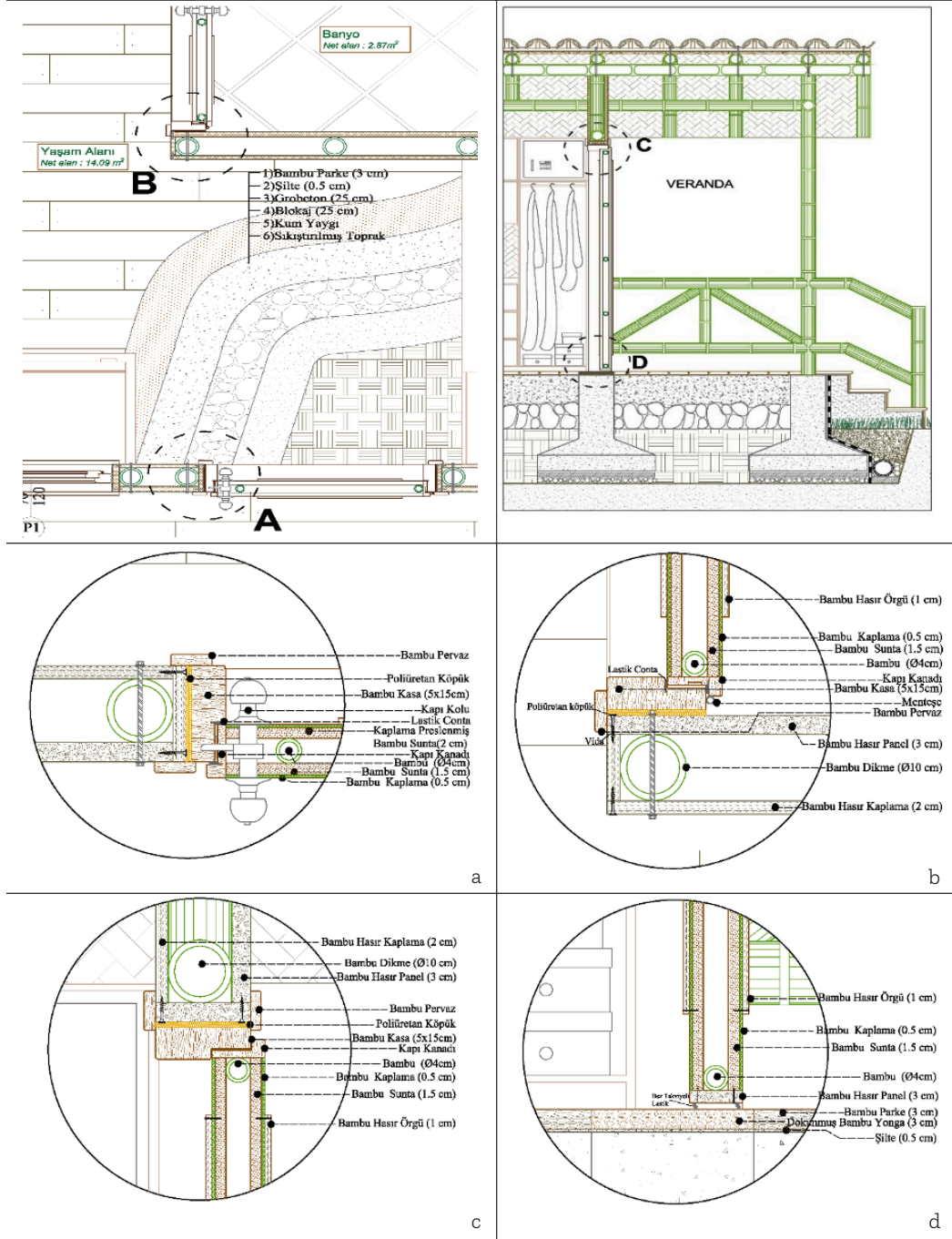
Duvar, bambu hasır panel (3 cm) ile bambu hasır kaplama (2 cm) arasında 10 cm'lik bambu dikme koyularak oluşturulmuştur. Bambu hasır kaplama, bambunun en üst yüzeyinin şeritler halinde kesilip örülmesiyle geleneksel işlemlerle oluşturulurken bambu hasır paneller ise bambu hasır kaplamanın endüstriyel işlemlerden geçmesiyle oluşmaktadır. Duvarda herhangi bir dolgu malzemesi kullanılmamıştır. Duvarları oluşturan bu üç katman, çift somunlu saplama kullanılarak birleştirilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. BTM'nin duvar detayları



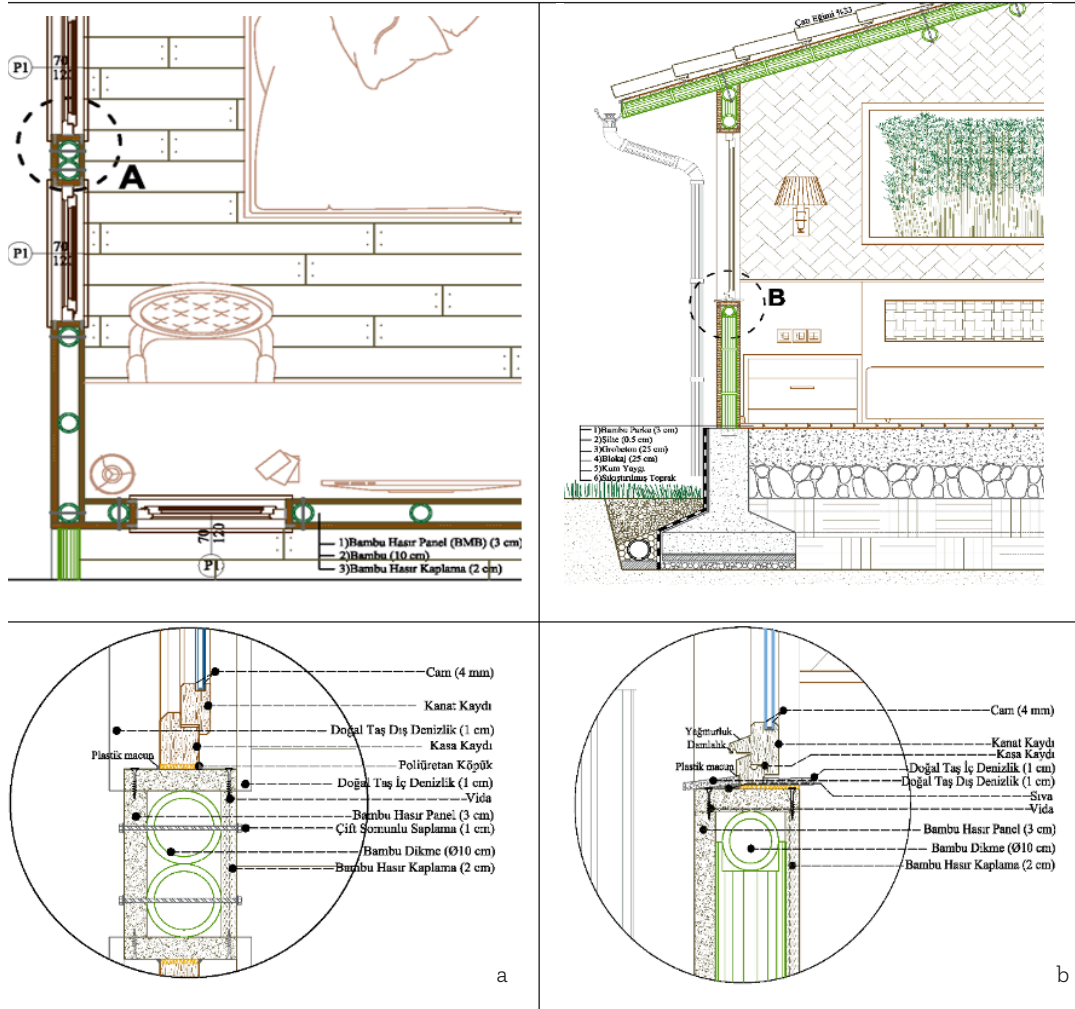
Bambu modelin kapılarında endüstriyel bambu ürünleri ve geleneksel yöntemlerle oluşturulan ürünler kullanılmıştır. Kapı kasası ve pervazı bambu keresteden, kapı kanadı ise bambu sunta, bambu kaplama ve bambu hasır örgüyle oluşturulmuştur. Kapı kanadı 4 cm çapında iki bambu dikme arasına dört adet yatay şekilde bambuların yerleştirilmesiyle meydana gelmiştir. Kapılar iki farklı boyutta (100/210 ve 75/210) ve yan dönел kanat biçiminde tasarlanmıştır. Kapı eşiklerinde yüksek dayanım sağlaması açısından dokunmuş bambu yonga kullanılmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. BTM'nin kapı detayları



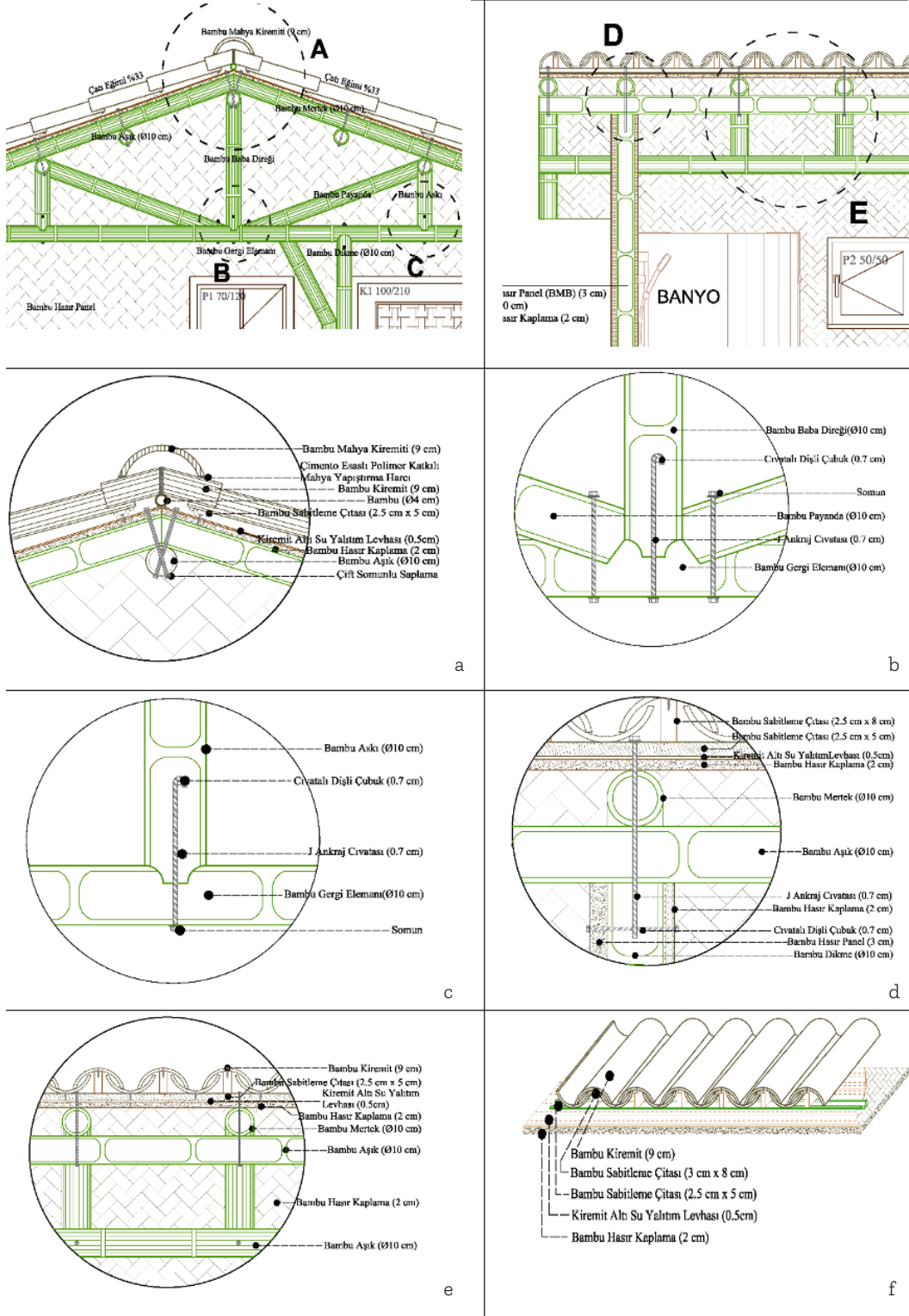
Bambu modelin pencereleri, yeterli doğal aydınlatma sağlayıp minimum ısı kaybı olacak biçimde tasarlanmıştır. Malzeme olarak bambu kereste kullanılmış olup çift cam tercih edilmiştir. Pencereler iki farklı boyutta (70/120 ve 50/50) olup yan dönел kanat biçimindedir. Pencerelerin kasa kaydı ve kanat kaydında endüstriyel bambu ürünlerinden olan bambu kereste kullanılmıştır (Tablo 8).

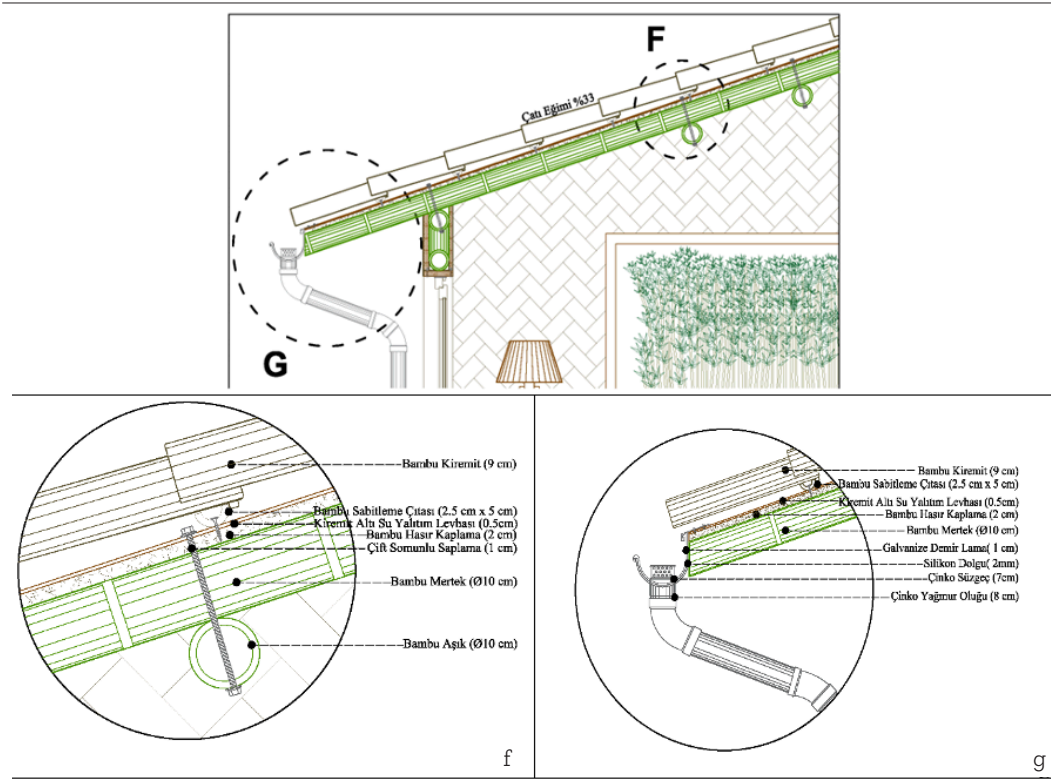
Tablo 8. BTM'nin pencere detayları



Çatıda ise, mesnetler arası açıklık 4 metreden fazla olduğu için geleneksel asma çatı tekniğiyle beşik çatı oluşturulmuş ve bambu kiremit ile örtülmüştür. Palmiye, saman ve sazlık gibi bitkilerle oluşturulan kaplamaların iklimden dolayı yöreye uygun olmayacağı düşünülmüştür. Çatı beşik çatı olup, 6,50 m x 6,10 m boyutlarındadır. Bölgenin iklimi göz önüne alınarak oluşturulan çatının eğimi %33'tür. Saçaklar 40 cm ve 60 cm olarak tasarlanmıştır. Çatı makası, asma (askılı) şeklinde yapılmıştır. Çatı makası, mertek (Ø10 cm), aşık (Ø10 cm), baba direği (Ø10 cm), payanda (Ø10 cm) ve gergi kirişinden (Ø10 cm) oluşmaktadır (Tablo 10 a-b-c). Çatı yapımında öncelikle çerçeve yapımından başlanmıştır. Bambu mertekler, 60 cm'yi geçmeyecek aralıklarla sabitlenmiştir. Merteklerin altına bambu aşıklar (Ø10 cm) atılmıştır. Bambu merteklerin (Ø10 cm) üzerine bambu hasır örgü (2 cm) monte edilmiştir. Bambu hasır örgü, çivi yardımıyla merteklere sabitlenmiştir. Hasır örgünün üstüne kiremit altı su yalıtımı (0,5 cm) serilmiştir. Bambu kiremitleri (9 cm) sabitlemek için 2,5x5 cm boyutlarında bölünmüş bambulardan elde edilen sabitleme çitası eklenerek bambu kiremitler dizilmiştir. Son olarak kiremitlerin birleşim yerlerini kapatmak ve çatıyı dış etkilere karşı korumak için bambu mahya kiremit (9 cm), mahya harcı ile çatıya sabitlenmiştir (Tablo 9 d-e-f). Kar ve yağmur sularının yapıdan uzaklaşmasını sağlamak için yağmur iniş boruları eklenmiştir (Tablo 10g).

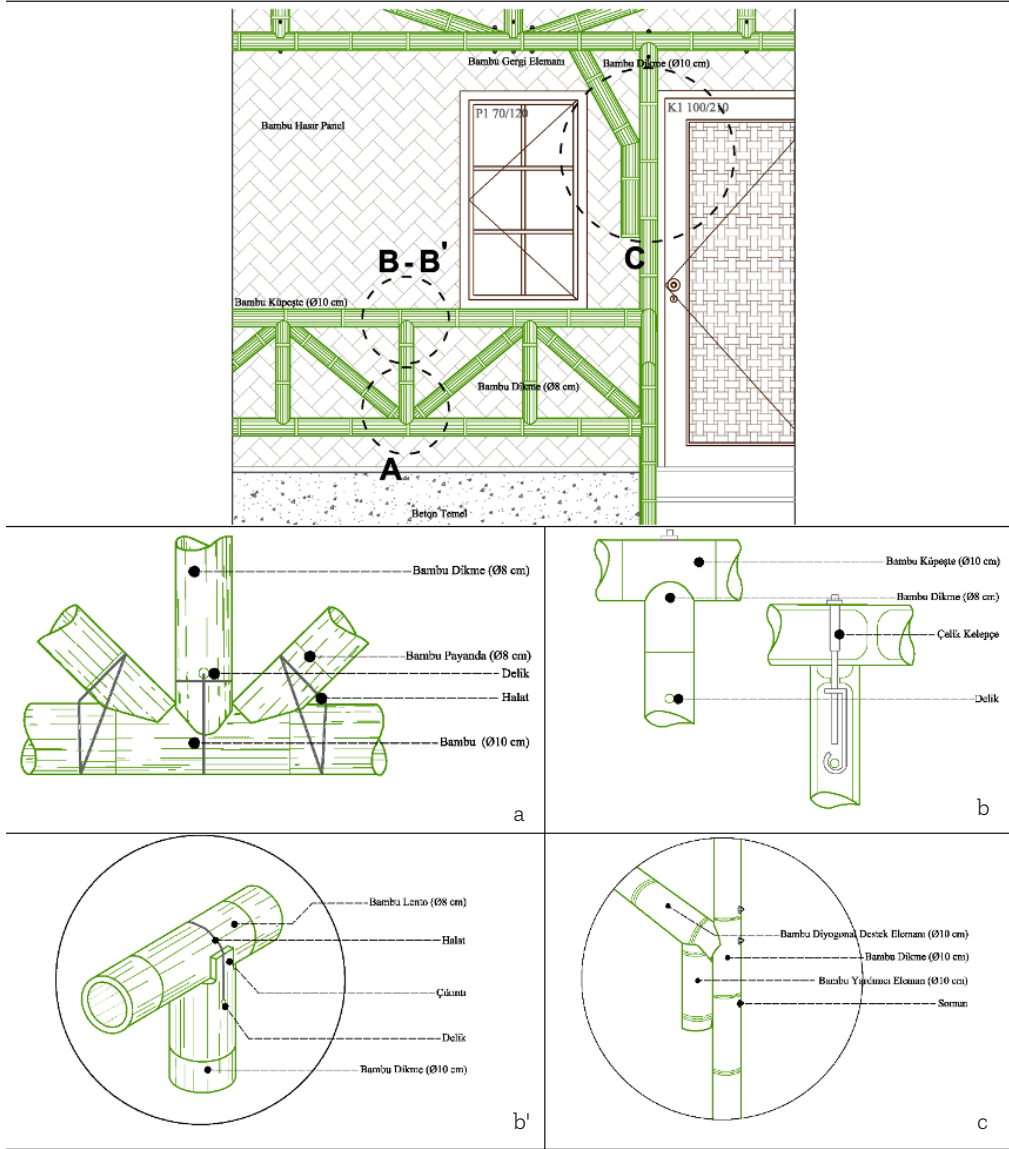
Tablo 9. BTM'nin çatı detayları





BTM'de kullanılacak bağlantı elemanlarının seçiminde uyarlanabilirlik ilkeleri (okunabilirlik, müdahale edilebilirlik ve basitlik) dikkate alınmıştır. Basit, okunabilen ve malzemelerin yapısal bütünlüğüne zarar vermeden parçalarının sökülmesine ve tekrar birleştirilmesine olanak sağlayan bağlantı elemanları kullanılmıştır. Modelin bağlantı tekniklerinde genel olarak modern bağlantı teknikleri kullanılmıştır. Çünkü modern bağlantı tekniklerinin daha sağlam ve uzun ömürlü olacağı düşünülmüştür. Aşırı yük dağılımı ve taşıyıcı görevi olmayan kısımlarda ise geleneksel bağlantı teknikleri kullanılmıştır. Bağlantıların daha sağlam ve uzun ömürlü olabilmesi için bağlantı noktalarında minimum seviyede yuvarlak delik, düğümlere yakın oluşturulmuştur. Tüm bağlantıların güçlü şekilde sabitlenmesi sağlanmış ve elemanlar birbirine iyi oturtulmuştur. Bağlantı bölgelerindeki bambuların uçlarında verevli, eğik ve çift çıkıntılı kesim teknikleri uygulanmıştır. Bağlantı tekniği olarak hem geleneksel yöntemlerden hem de modern bağlantı tekniklerinden yararlanılmıştır. Geleneksel bağlantı tekniklerinin uygulandığı bölgelerde, elemanları birleştirmek için, dikey bağlantı (düz bağlantı ve çapraz bağlantı), açılı bağlantı ve içten geçen bağlantı tekniği kullanılmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. BTM'de kullanılan bağlantı teknikleri



Elemanları sabitlemek için; halat, çelik kelepçe, çivi ve vida kullanılmıştır. Modern bağlantı tekniklerinin uygulandığı bölgelerde, elemanları birleştirmek için, civatalar ile oluşturulan bağlantı ve dolgu takviyeli bağlantı teknikleri kullanılmıştır. Sabitleme elemanları olarak; J ankraj civatası, çift somonlu saplama ve beton dolgu kullanılmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Geliştirilen bambu tasarım modeli ile sürdürülebilir yapı tasarımına katkı vermek ve bölgenin yerel malzemesi olan ahşaba alternatif bir malzeme olarak bambunun kullanımının yaygınlaşması amaçlanmıştır. Bu bağlamda çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

- Mimaride bambunun yapı malzemesi ve elemanı olarak kullanımının detay çözümleri ile birlikte uygulanabilirliği görülmüştür. Bu kapsamda yapılarda bambu gibi sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılmasına yönelik çalışmalar desteklenmelidir.

- Çalışmada bambu yapı malzemesinin; döşeme, duvar, çatı, doğrama ve kaplamalarda kullanılabilen çok yönlü bir malzeme olduğu ve ahşap, beton, çelik, taş gibi yapı malzemeleriyle kompozit olarak kullanılabilirdiği tespit edilmiştir. Doğu Karadeniz kırsal turizm alanları için önerilen bambu modelin, yerel halk ve turistlerin ilgisini çekerek sürdürülebilir kalkınma aracı olarak görülen ekoturizme büyük katkı vermesi ve çeşitli uygulamalarda ekonomik faydalar oluşturacağı öngörülmektedir.
- Son yıllarda bambunun kullanımı ve popülaritesi arttığından sadece inşaat sektörü için değil bambunun kullanım alanı olan diğer sektörlerde de ithalat yerine ihracat yapan bir ülke konumunda olmak; bambu ormanlarının artırılması, halkın üretime teşvik edilmesi ve bilinçlendirilmesi ile mümkün olacaktır.

Yeşil çelik olarak adlandırılan bambu, hızlı yenilenebilen, ormansızlaşmayı azaltan, sera gazlarını emen, çok az atık üreten, gömülü enerjisi ve karbon ayak izi düşük, çok yönlü, toprağı koruyan, her koşulda ve iklimde yetişen, ekonomik gelişmeye katkı veren, sürdürülebilir ve ekolojik bir yapı malzemesidir. Bambu sahip olduğu bu üstün özellikleri ile küresel ölçekte birçok sorunun çözümü olabilir. Bu çalışma ile bambunun yapı malzemesi ve yapı elemanı olarak sürdürülebilir mimarlık anlayışı içinde değerlendirilmesi ve çalışmadan elde edilen sonuçlar ve önerilerin gelecekte yapılacak çalışmalara kaynak olacağı ve katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çatışma Beyanı

Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Etik Kurul Beyanı

Etik kurul onayı gerektiren bir çalışma yapılmamıştır.

KAYNAKÇA

- Awalluddin, D., Azreen, M., Ariffin, M., Osman H. M., Hussin, M. W., Mohamed, A., Ismail, M. A., Lee, H. S., and Lim, H. A. S. (2017, August 22-25). Mechanical properties of different bamboo species. *The 6th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF 2017)*, Seoul, South Korea. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713801024>
- Aydın, Ö., Bayraktar Marangoz, D. (2022). Mimaride sürdürülebilir malzeme "bambu". *Bodrum Journal of Art and Design*, 1(1), 77-94. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bodrum/issue/68335/1066515>
- Bajpay, A., Yadav, K. S. (2019). Bamboo: A versatile plant. *The Journal of the Greens and Gardens*, 1(2), 24-26. <http://rggf.in/manage/app/upload/publication/1208335682.pdf>
- Bamboogrove. (t.y.). *The top ten reasons why bamboo can save the planet*. Bamboogrove. <https://www.bamboogrove.com/why-bamboo-save-planet.html> (03.01.2021).
- Bambu Batu. (2021, 22 November). *The best varieties of bamboo for building and construction*. Bambu Batu. <https://bambubatu.com/the-best-varieties-of-bamboo-for-building-and-construction/> (12.06.2022).
- Baykan, C. S. (1999). *Phyllostachys bambusoides sieb. et. zuec. türünün rizom çelikleri ile üretimi ve bambuların kullanım alanları* [Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon].
- Dunkelberg, K. (1985). *Bamboo as a building material*, *Bamboo- IL 31, institute for lightweight structures*. University of Stuttgart, Germany, 1-431.
- Elejoste, A., Arevalillo, A., Gabilondo, N., Butron, A., and Peña-Rodriguez, C. (2021). Morphological analysis of several bamboo species with potential structural applications. *Polymers*, 13(13), 2126. <https://doi.org/10.3390/polym13132126>
- Fahim, M., Haris, M., Khan, W., Zaman, S. (2022). Bamboo as a Construction Material: Prospects and Challenges. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 16(3), 165-175. <https://doi.org/10.12913/22998624/149737>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020a). *Global forest resources assessment 2020 main report*. Rome. <https://www.fao.org/3/ca9825en/ca9825en.pdf> (10.09.2022).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020b). *Signing the memorandum of understanding between fao and the international bamboo and rattan organization (INBAR)*. <http://www.fao.org/director-general/speeches/detail/en/c/1330892/> (10.09.2022).
- Global Landscapes Forum. (2020). *Bamboo, rattan, and forest biodiversity*. Global Landscape Forum. <https://www.globallandscapesforum.org/glf-news/bamboo-rattan-and-forest-biodiversity/> (10.09.2022).
- Goh, Y., Yap, S. P., Tong, T. Y. (2020). Bamboo: The emerging renewable material for sustainable construction. *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, 2, 365-376. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10748-9> (02.09.2022).
- Kaur, P. J. (2018). Bamboo availability and utilization potential as a building material. *Forestry Research and Engineering: International Journal*, 2(5), 240-242.
- Krawczuk, K. (2013). *Bamboo as sustainable material for future building industry* [7th Semester Bachelor Dissertation, Bachelor of Architectural Technology and Construction Management, Copenhagen University of Technology in Constructing Architecture Program].
- Liese, W. (1985). *Bamboos – biology, silvics, properties, utilization*. Deutsches Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit Eschborn, Germany.
- Lobovikov, M., Paudel, S., Piazza, M. (2005). *World bamboo resources: a thematic study prepared in the framework of the global forest resources assessment 2005*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- López, O. (2003). *Hidalgo, Bamboo: The gift of the gods* (1st ed.). University of Minnesota, ABD.
- Patil, S., Mutkekar, S. (2014). Bamboo as a cost-effective building material for rural construction. *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*, 1, 35- 40.
- Sharma, B., Gatoo, A., Ramage, M. H. (2015). Effect of processing methods on the mechanical properties of engineered bamboo. *Construction and Building Materials*, 83, 95-101.
- Song, X., Peng, C., Zhou, G., Gu, H. (2016). *Dynamic allocation and transfer of non-structural carbohydrates, a possible mechanism for the explosive growth of moso bamboo (Phyllostachys Heterocycla)*. Scientific Reports. <https://doi.org/10.1038/srep25908>
- Taipeitimes. (2012, 11 Jun). *Kaja, Sibang, 'Poor man's timber' used in Indonesia as cheaper, greener alternative to steel*. Taipeitimes. <http://www.taipeitimes.com/News/world/archives/2012/06/11/2003535075> (16.10.2022).
- Var, M. (2005). *Country report on bamboo report in Turkey, global forest resources assessment*. International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), Turkey.
- Voanews. (2009). *Bamboo planting can slow deforestation*. Voanews. <https://www.voanews.com/a/a-13-2006-08-29-voa51/323110.html> (30.10.2022).
- Watanabe, M. (1986, September 7-21). *A Proposal on the life from of bamboos and the ecological typification of bamboo forests. XVIII IUFRO (International Union of Forestry Research Organization) World Congress, Ljubljana, Yugoslavia, Bamboo Production and Utilization*, 94-98.
- Widyowijatnoko, A. (2006). *Plastered bamboo project in international bamboo housing design workshop*. International Network For Bamboo An Rattan, China.
- Witte, D. (2018). *Contemporary bamboo housing in south america challenges & opportunities for building in the informal sector* [Master of Architecture, University of Washington].
- Wong, K. (2004). *Bamboo the amazing grass*. University of Malaya, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Yılmaz, S. (2020). *Doğu Karadeniz bölgesi kırsal turizm tesisleri için yapım sistemi önerisi: yapay çentikli ahşap-beton kompozit sistem* [Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon].

Görsel Kaynakçası

- Görsel 1: Kampinga, C. (2015). *Bamboo, the building material of the future* [Student Assignment, Architectural Engineering, TU Delft].

Görsel 2: Lobovikov, M., Paudel, S., Piazza, M. (2005). *World bamboo resources: a thematic study prepared in the framework of the global forest resources assessment 2005*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/a1243e/a1243e00.pdf> (18.05.2022).

Görsel 3: Lobovikov, M., Lou, Y., Schoene, D., Widenoja, R. (2009). *The Poor Man's Carbon Sink Bamboo In Climate Change and Poverty Alleviation*. Non-Wood Forest Products Working Document N° 852, FAO, Rome, Italy.

Görsel 4: Painting Valley. (t.y.). *Bamboo Tree Sketch*. Painting Valley. <https://paintingvalley.com/bamboo-tree-sketch> (20.03.2020).

Görsel 5: Gangwar, T., Schillinger, D. (2019). Microimaging-informed continuum micromechanics accurately predicts macroscopic stiffness and strength properties of hierarchical plant culm materials. *Mechanics of Materials*, 130, 39-57. <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2019.01.009> (16.12.2020).

Görsel 6: Low, E. J. (2021). *Bamboo BOLEH - raising bamboo design and construction in Malaysia*. Better Bamboo Buildings. <https://www.betterbamboobuildings.com/home/bamboo-boleh-bamboo-for-design-and-construction-in-malaysia> (08.09.2022).

Tablo 1-2: Manandhar, R., Kim, J., Kim, J. (2019). Environmental, social and economic sustainability of bamboo and bamboo-based construction materials in buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 18(2), 49-59. <https://doi.org/10.1080/13467581.2019.1595629>

Tablo 3: So, W. T., Kim, Y. S., Chung, W. Y., Lee, H. W. (1999). Wood characteristics of *phyllostachys bambusoides*, *phyllostachys nigra* var. *henonis*, and *phyllostachys pubescens* grown in damyang district. *Mokchae Konghak*, 27(2), 7-14. <https://doi.org/10.1038/srep25908>