

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

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

MİMARİDE SÜRDÜRÜLEBİLİR MALZEME "BAMBU"*

derleme makalesi|review article
başvuru tarihi|received: 16.12.2021 kabul tarihi|accepted: 26.01.2022

ÖZET

Günümüzde çevresel sorunların artmasında etkili sayılan yapılaşmanın meydana getirdiği olumsuzlukları ortadan kaldırmak ya da en aza indirmek için ekolojik malzeme kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaya başlamıştır. Yapıların çevresel etkilerini azaltmak için sürdürülebilirlik anlayışı içinde ekolojik özelliklerde malzeme kullanımı bu olumsuz etkinin azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda yapı çevrelerin oluşturulmasında ekolojik mimarlık anlayışı, gün geçtikçe gelişen teknolojiyle birlikte varlığını göstermektedir. Bu çalışma, yeşil çelik olarak adlandırılan ve sürdürülebilir mimarilerin oluşturulmasında son yıllarda dikkat çekici bir malzeme olma eğiliminde olan bambunun, sürdürülebilir malzeme olmasının sağladığı avantajlar ile mimarideki kullanımının önemini ortaya koymayı amaçlamıştır. Yapılan çalışmada sürdürülebilir mimarlık anlayışı içinde literatürde yer almış farklı işlevlere sahip 10 adet bambu yapı örneği analiz edilmiştir. İncelenen örneklerde bambunun yapı malzemesi ve elemanı olarak yapılarda hangi amaçla ve nerelerde kullanıldığı irdelenmiştir. Yapılan analizlerde bambunun sahip olduğu mekanik ve fiziksel özelliklerinin, teknolojik gelişmelere bağlı oluşturulan teknik detaylarla birlikte farklı form ve konstrüksiyonlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Sürdürülebilir ve ekolojik malzemeler arasında yer alan bambunun gelişen teknoloji ile birlikte mimaride kullanımı gün geçtikçe artarken, yapı-yaşam döngüsünün her aşamasında enerjiyi az ve verimli kullanarak çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğe de önemli katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bambu, Bambu Mimarisi, Sürdürülebilir Mimari, Ekolojik Malzeme.

Aydın, Ö., Bayraktar Marangoz, D. (2022). Mimaride sürdürülebilir malzeme "bambu". *Bodrum Journal of Art and Design*, 1(1), 77-94.

*Bu çalışma 24.03.2021 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim 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.

BAMBOO AS A SUSTAINABLE MATERIAL IN ARCHITECTURE

ABSTRACT

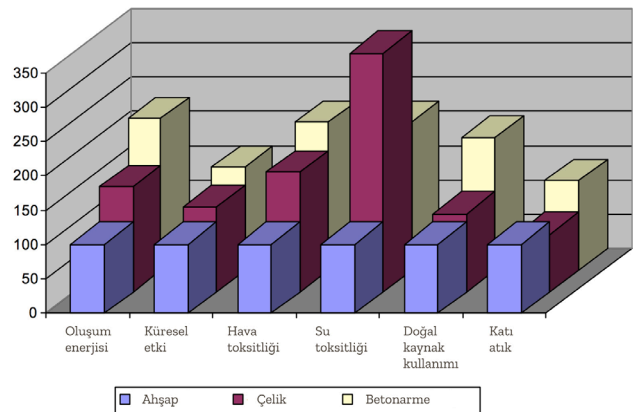
The use of ecological materials has started to gain importance day by day to eliminate or minimize the negativities caused by the construction, which is considered effective in the increase of environmental problems today. To reduce the environmental effects of buildings the use of materials with ecological properties within the understanding of sustainability allows this negative effect to be reduced. In this context, the understanding of ecological architecture in the creation of built environments shows its existence with the developing technology day by day. This study aimed to reveal the importance of bamboo, which is called green steel and which tends to be a remarkable material in the creation of sustainable architectures in recent years, with the advantages of being a sustainable material and its use in architecture. In the study, 10 examples of bamboo structures with different functions that took place in the literature within the understanding of sustainable architecture were analyzed. In the examples, it has been examined for what purpose and where bamboo is used as a building material and element in buildings. In the analyzes, it has been observed that the mechanical and physical properties of bamboo are used in different forms and constructions together with the technical details created due to technological developments. While the use of bamboo, which is among the sustainable and ecological materials, in architecture, is increasing day by day with the developing technology, it also makes a significant contribution to environmental and economic sustainability by using energy less and efficiently at every stage of the building life cycle.

Keywords: Bamboo, Bamboo Architecture, Sustainable Architecture, Ecological Material.

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

Günümüz mimarlığı çevreyle ilişkili, sürdürülebilirlik kavramlarına öncelik veren ekolojik yaklaşımlara yönelmekte, tasarımlar bu anlayış temel alınarak geliştirilmektedir. Malzeme, ekolojik mimarinin çevreye duyarlı yaklaşımının, "sürdürülebilirlik" yönünün tamamlayıcısı, ekolojik tasarımın merkezinde yer alan katılımcısıdır. Malzemenin yenilenebilmesi, geri dönüştürülebilmesi, düşük enerji tüketmesi, toksit olmaması, kendini onarması, değişime yatkın olması gibi özellikler ekolojik mimari tasarımların malzemeye dayalı tasarım boyutunu oluşturmaktadır (Gezer, 2012: 99).

Yapıda ekolojik kavramı söz konusu olduğunda, doğaya saygılı malzemelerin kullanımı önem kazanmaktadır. Son yıllarda, tüm dünyada malzeme seçiminde birbirinden farklı iki eğilimin yaygınlaştığı görülmektedir. Yapılarda bir taraftan yüksek teknoloji ürünü olan, üretiminde ve yaşam döngüsü sürecince fazla enerji tüketen çağdaş malzemeler tercih edilirken, diğer taraftan üretimi ve yaşam döngüsü süresince az enerji tüketen, daha çok geleneksel yapılarda kullanılan yerel kaynaklı malzemeler kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi yapı malzemesi pazarında olumlu etkiler yaratırken, çevre sorunlarının ortaya çıkmasına da neden olmaktadır. Bu malzemeler üretim, kullanım ve yaşam döngülerinin her aşamasında çevre üzerinde bir etki yaratırlar. Bu durumda malzeme üretimi, seçimi ve kullanımında gelecek nesillere yaşanabilir çevreler bırakmak için çevre kirlenmesini önleyecek tedbirlerin alınması kaçınılmaz olmaktadır. Yapılarda dayanıklılık ve diğer performanslarından ödün vermemek koşulu ile düşük enerjili malzemelerin tercih edilmesi çevresel bir yaklaşım olmaktadır. Yapı malzemesinin enerji etkin olabilmesi için kendi yaşam döngüsünü oluşturan her aşamada enerjiyi az ve verimli kullanması gerekmektedir. Hammaddesinin doğadan elde edilmişinden başlayıp, üretilmesi, taşınması, kullanışı ve yok edildikleri aşamaya kadar süren bütün aşamalarda, enerjiyi etkin kullanan yapı malzemelerinin tercih edilmesi, yapılara enerji etkinliği sağlamaktadır (Tekin, 2012: 46). Malzeme seçimi sırasında alternatif yapı malzemeleri ve sistemleri arasında seçim yaparken oluşum enerjisi ile birlikte yapının sürdürülebilirlik kriterlerini de göz önünde bulundurmak gereklidir (Erdoğan, 2005: 5). Kullanılan yapı malzemelerinin binaların enerji tüketimleri ve sera gazı salınımları üzerinde etkileri olduğunu göstermektedir. Ahşap, çelik ve betonarme binaların toplam yaşam döngüsü içinde enerji kullanımları değerlendirildiğinde, çelik ve betonarme yapılarda ahşap bir yapıya göre daha fazla enerji kullanıldığı belirlenmiştir (Cole ve Kernan, 1996: 307-317), (Görsel 1).



Görsel 1. Farklı yapı sistemlerinin sürdürülebilirlik karşılaştırması

Yapılarda enerji kullanımı, yapı yaşam döngüsü kapsamında incelendiğinde açık ara en fazla yapıların kullanımı aşamasında gerçekleşmektedir. Tasarım aşamasında doğru malzemenin seçilmesi, hammaddenin çıkarılması, işlenmesi,

nakliyesi ve yapıda kullanılması sürdürülebilirlik adına ciddi enerji verimliliği sağlamaktadır. Bu bağlamda "sürdürülebilir mimarlık", "ekolojik mimarlık", "enerji etkin tasarım" başlıkları oluşmuştur. Bu başlıklar, enerjiyi az ve verimli kullanma prensibine dayanır. Günümüzde yapılan ve yapılacak bütün çalışmaların sürdürülebilir tasarım kriterlerine uygun olması hedeflenmektedir. Hızlı sanayileşme ve kentleşme sonucu doğal kaynaklar hızla tükenmekte, çevre kirliliği ve küresel ısınma insan yaşamını tehdit edici seviyeye ulaşmaktadır. Mevcut yapıların önemli bir kısmı ekolojik kaygılar olmaksızın inşa edildiklerinden, özellikle doğal kaynaklardan elde edilen enerjinin yoğun tüketilmesine neden olmaktadır. Sürdürülebilir tasarımda doğal malzemenin kullanımını avantajlı kılan kriterler;

- Yerel malzeme kullanılması
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması
- Hızla yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemelerin kullanılması
- Geri kazanılabilir malzemelerin kullanılması
- Dayanıklı yapı ürünlerinin ve malzemelerinin kullanılması
- Geri kazanılmış yapı malzemelerinin ve bileşenlerinin yeniden kullanılması
- Gömülü enerjisi düşük malzemelerin kullanılması, şeklinde açıklanabilir (Karadayı vd., 2017; Tekin, 2012: 52).

Gelecek nesillerin de bu gezegende yaşamasını sağlamak amacıyla sürdürülebilir mimari ve sürdürülebilir bina kavramları önem kazanmıştır. Sürdürülebilir mimari, çevresel sistemlerle uyumlu çalışan mimariye, çağdaş ve disiplinler arası bir yaklaşım sunarak enerji kaynaklarını bilinçli ve ekonomik kullanmayı amaçlamaktadır (Arslan ve Gülşeker, 2018). Bu anlayış çerçevesinde ekolojik yapıların ve doğal ürünlerin kullanımını son yıllarda mimari tasarımlarda kendini göstermeye başlamıştır. Ön plana çıkan doğal malzemeli yapılar hem çevreci hem sağlıklı hem de ekonomik olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Bu bağlamda, geleneksel bir malzeme olan bambunun da günümüz yapılarında kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle sağlam, çevre dostu ve ekolojik tanımıyla bambu, çağdaş tasarımlarda gelişen teknoloji ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Çalışma, yeşil çelik olarak adlandırılan ve sürdürülebilir mimarilerin oluşturulmasında son yıllarda dikkat çekici bir malzeme olma eğilimindeki bambunun, sahip olduğu olanaklar ile mimarideki kullanımının önemini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışma kapsamında bambu bitkisinin genel yapısı, yetiştirilmesi, kullanım alanları ve mimarideki uygulamaları ile ilgili literatür bilgisi verilmiştir. Bu derleme çalışmasında sürdürülebilir bir malzeme olan bambunun mimaride kullanımı çağdaş yapı örnekleri üzerinden değerlendirilmiş ve günümüz mimari tasarımlarında sağladığı avantajlar anlatılmıştır.

Sürdürülebilir Malzeme "Bambu"

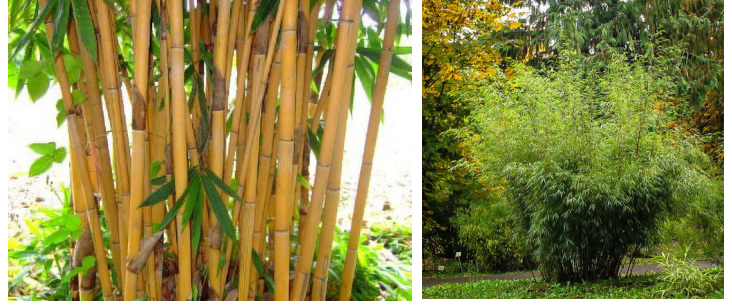
Japonya'da dürüstlüğü, Çin'de uzun ömrün, Hindistan'da dostluğun sembolü kabul edilen bambunun; sürdürülebilir ve yenilenebilir malzeme olarak mimaride kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır. Bambu, Avrupa ve Kuzey Amerika hariç dünya üzerinde her kıtada doğal yetişmektedir. Dünya üzerinde 1200'den fazla türü bulunan bambular, yaklaşık 14 milyon hektardan fazla alan kaplamakta olup, bunun %80'i Güneydoğu Asya'nın tropikal bölgelerinde bulunmaktadır (Toksoy ve Var, 2002: 76), (Görsel 2).

Bambu bitkisi, yetiştiği bölgelerin kültüründe önemli yer tutmasının yanında yapı malzemesi olarak da binlerce yıldır kullanılmaktadır. Günümüzde hala kadim bilgilerle inşa edilen bambu yapılar görmek mümkündür. Japonya'da, 200 yıllık, Vietnam'da Quang Nam'da 100 yıllık geçmişe sahip bambu evleri vardır (Vietnam Heritage, 2011).



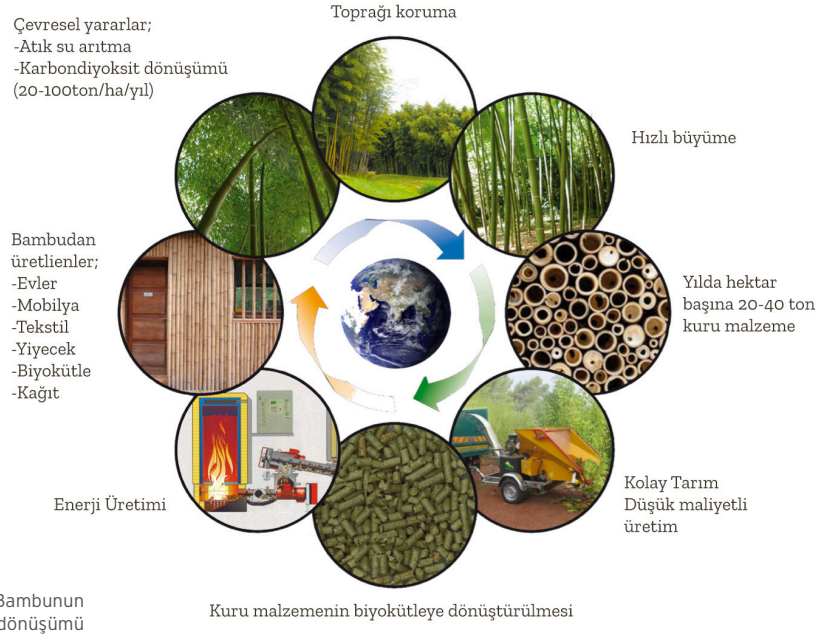
Görsel 2. Dünyada bambunun yetiştiği bölgeler

Bambuların ne tür bir bitki olduğuna dair tartışmalar yıllar önce başlamış ve halen devam etmektedir. Birçok botanikçi farklı görüş ve önerilerde bulunarak bambuları sınıflandırmaya ve çeşitli bitki grupları altında adlandırmaya çalışmıştır (Numata, 1979). Soderstom ve Calderon bambuları, "ağaç otlar", "odunsu bambusu otlar" ve "otsu bambular" şeklinde üçe, görünüşlerinden dolayı ise bambuları uzun ve bodur bambular olarak ikiye ayırmıştır (1979: 161). "Odunsu bambumsu otlar," tarımı yapılan ve endüstriyel alanda kullanılan bambulardır. Bu bambulara aynı zamanda "ağaç otlar" da denilmektedir (Görsel 3). "Otsu bambumsu otlar" ise adından da anlaşılacağı gibi gerçekten sapları odunlaşmayan gövdelere sahip bambulardan oluşur (Watanabe, 1986: 94-98).

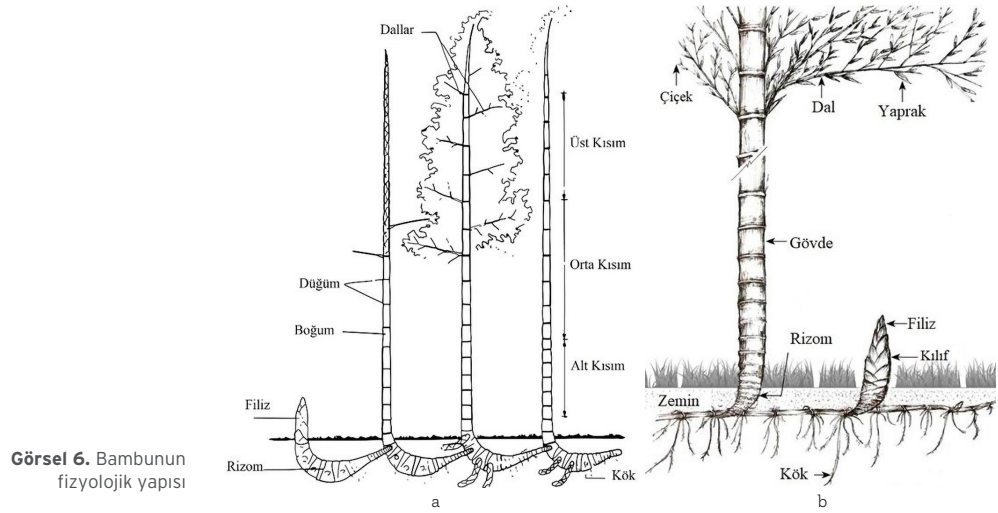


Görsel 3. Odunsu bambu

Bambu, günde 30 cm uzadığı 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 (Bambum). Hızla yenilebilir ve tekrar kullanılabilirliği, dayanıklı ve düşük gömülü enerjiye sahip olması gibi özellikleriyle bambu; %100 doğal bir malzeme ve aynı zamanda enerji etkin bir malzemedir. Üretiminden binaya hazır hale gelmesine kadar fazla enerjiye ihtiyaç duymaz. Bambu, ormanlaşmayı hızlandırdığı için gelecekteki kereste alternatifi kabul edilmektedir. Türlerine göre bambu, 1-5 yıl içinde hasat edilebilir. Bambunun toprağı koruma, hızlı büyüme, kuru madde üretimi, biokütle dönüşüm (enerji üretimi), su arıtma ve CO2 dönüşümüne ait döngüsel bir diyagram Görsel 4'te gösterilmektedir. Bu döngüde, bambu bir yandan enerji üretirken diğer yandan enerjiyi geri kazandırır (Kampinga, 2015: 15).



Görsel 4. Bambunun geri dönüşümü



Görsel 6. Bambunun fizyolojik yapısı

Bambunun hafif ve içinin boş olması, depreme karşı dirençli (ağırlığına göre yüksek sertliğe sahip) olmasını sağlamaktadır (Janssen, 2000: 77). Modern bambu yapıları, genellikle daha az kırılğan ve daha yüksek mukavemetli civatalı bağlantılar gerektirir. Bununla birlikte, sismik tasarım ilkelerinin çivi gibi lokal sünek bağlantılar ile birlikte uygulandığı durumlarda, daha iyi depreme dayanıklılık ve genel yapı sünekliği elde edilebilir, (Kaminski vd., 2016: 42). Bambunun rüzgâr nedeniyle eğilme direnci, gövde yüksekliğinde sabit kalır. Üstte (kabuğa yakın) damarlar azalır ve selüloz damarlarının yerini alır. Bu da eğilme dayanımına karşı direnci artırır.

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), 2004 yılında bambuların mekanik özellikleri ile dünya çapında bir yapı malzemesi olması için standart belirleme çalışmalarına başlamıştır. Bu kapsamda bambu malzeme için ISO 22157 standardı, eğilme, çekme, kesme dayanımı ve dayanıklılığının nasıl belirlenmesi gerektiğini açıklayan bir standart olarak düzenlenmiştir. Bambunun sahip olduğu mekanik özellikleri geleneksel ahşaptan iki-üç kat daha yüksektir. Ancak bambu ile ilgili yasal düzenlemeler ve standartların belirsizliği bambunun yaygın kullanımını kısıtlamaktadır (Bamboo Import Europe, 2016), (Tablo 1).

Tablo 1. Strüktür-İç Mimarlık Proje İlişkisine Ait Değerlendirmeler

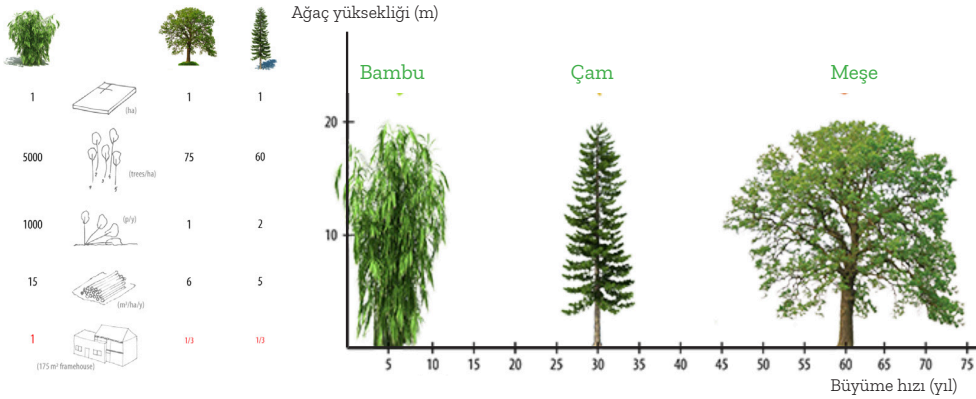
Özellikler	Bambu	Ahşap (Ladin)	Beton	Çelik (st 37)
Basınç Dayanımı (N/mm ²)	62-93	43		140
Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	76-276	68		140
Elastisite Modülü (N/mm ²)	20.000	11.000	25.000	210.000
Kesme Dayanımı (N/mm ²)	20	7		92
Çekme Dayanımı (N/mm ²)	148-384	9	30	160
Gömülü Enerji Btu/cu.ft	Minimum (İthal edilmediği sürece)		42-96.000	91.618
Yenilenme Kapasitesi/yıl	80-300% (28.000-50.000 lb./dönüm)	3-6% (16.000 lb./dönüm-çam)	Yok	Yok
Olgunlaşma Zamanı	7-9 yıl	60-80 yıl	-	-
İlk Hasattan Sonrası Olgunlaşma Zamanı	1 yıl	60-80 yıl	-	-
Şekil Özellikleri	Basınç ve eğilmede, verimli içi boş silindirik şekli sayesinde bir katı cisimden 1,9 kat daha güçlüdür.	Ahşap sağlamdır çünkü aynı yük taşıma kapasitesini elde etmek için daha fazla ağırlık gerekir.	Çekme bölgesine takviye yapıldığında kompozit olarak en iyisidir.	En küçük kesitte çalışabilen ve çekmede en verimlisidir.

Bambu, ahşap benzeri bir maddedir. Kuru halde hücre boşlukları, bilinen en düşük iletkenlerden biri olan hava ile doludur. Bu lifli yapı ve sıkışan hava nedeniyle bambu mükemmel bir yalıtım özelliğine sahiptir (López, 2003). Bambunun yüzeyinde bulunan silikatın fazla olması ve bambunun yoğunluğunun fazla olması, yangına dayanıklı bir malzeme olmasını sağlar. Ayrıca yangına dayanıklılığı içerisinde su doldurulmasıyla artırılabilir. Su ile doldurulduktan sonra 400°C

sıcaklığa dayanabilir (Nowak ve Ansari, 2013: 10). Bambu, yavaş ve öngörülebilir bir oranda kömürleşmesi ve aynı zamanda zayıf bir ısı iletkeni olması nedeniyle ateşteki keresteye benzer şekilde davranır, böylece kömürleşmiş tabakanın arkasındaki bambu neredeyse hasarsız kalır (Kaminski vd., 2016: 42).

Bambular kullandıkları yerlerde genellikle mikro-organizma ve böceklerin saldırısına maruz kalır. Bu sebeple bambuların kullanım süreleri, biyolojik bozulma oranları ile belirlenir. Ahşaba kıyasla bambuların doğal dayanımları düşüktür. Gövdeler kınkanatlılar ve termitler gibi böceklerin saldırılarına maruz kalır. Liflerin çığlaşma noktaları üzerine kahverengi kırmızı, beyaz kırmızı, hafif kırmızı renklerde mantarlar oluşur ve bunlar da bambuların gövdelerini tahrip eder. Bambu gövdelerinin dayanıklılığı genelde iklimsel şartlara ve çevreye bağlıdır. Toprakla temas halindeyken, hiçbir koruma önlemi almadan kullanılan bambuların ortalama yaşam süresi, 1-3 yıl arasındadır (Hsuing, 1986: 4-10). Bambu yapısının hizmet ettiği süre içinde, biyolojik bozulmaya karşı dayanıklılığı düşük olduğundan, kimyasal koruma yöntemleri ile bambu strüktürlerinin dayanıklılığı yükseltilmektedir (Liese, 1986: 11-16).

Meşe gibi sert ağaçlar, hasat yapılmadan olgunlaşması en az kırk yıl alır. Sert ağaçların yerine geçen bambunun çok yönlülüğü ormanların korunmasına katkı sunmaktadır. Bambu yetiştiği orman alanlarından başka kentleşme oranının en yüksek olduğu yerlerde de yetişmektedir (Görsel 7), (Kampinga, 2015: 11). Artan kaynak kıtlığı göz önüne alındığında bu durum çok büyük bir öneme sahiptir. Geleceğin malzemeleri, bambu lifleri ve ağaç kombinasyonundan oluşabilir. Bunlar ve daha birçok neden, yetiştiği bölgelerin kültüründe önemli yer tutan bitkinin yapı kültüründe binlerce yıldır kullanılmasını sağlamıştır.



Görsel 7. Bambunun diğer ağaç türleri ile karşılaştırılması

Mimaride Bambu

Sürdürülebilir yapılar günümüzde her zamankinden daha değerlidir. Sorumsuzca yapılan şehir planları, artan hava kirliliği ve küreselleşen ekonomik kriz mimarlık için yapım süreçlerini yeniden düşünme gereksinimini doğurmaktadır. Bambu gibi doğal malzemelerin kullanımı ve akıllı modüler sistemlerle birleşmesi, strüktüre her yönde büyüme/çoğalma imkânı sunmaktadır (Frearson, 2015), (Görsel 8).



Görsel 8. Bambu strüktür sistemler

Tamamen sürdürülebilir bir kaynak olan bambu, Uzakdoğu'nun geleneksel yapılarında binlerce yıldır kullanılmaktadır. Büyük çaplı bambu türleri hafif ama dayanıklı gövdeleri sayesinde konut yapımı için çok uygun bir malzemedir. Geçmişte Asya'da, özellikle Güneydoğu Asya'da bütün köyler tamamen bambudan inşa edilmiştir. Siam kentinin yarısı bambu sandalların üzerinde suda yüzen evlerden oluşmuştur ("Traditional Thai House", 2013). Bir bambu ev, geleneksel ahşap çerçeveli binalardan daha uzun süre dayanır. Japonya'da bambu yapıların 200 yıllık bir geçmişi vardır. Vietnam'da, işlenmemiş bambu direklerle inşa edilen bambu yapıları 50 yaşın üzerindedir (Görsel 9).

Görsel 9. Uzakdoğu geleneksel bambu evleri



Günümüzde "ekolojik mimari" ve "sürdürülebilir mimari" kavramları gitgide değer kazanmaktadır ve bu kavramlar doğaya en uygun, zararsız, yerel, geri dönüştürülebilir ve yenilenebilir olma özelliklerini kullanmayı savunmaktadır. Bu bağlamda bambu malzemesi de sahip olduğu nitelikler ile adeta biçilmiş bir kaftandır. Ekolojik mimarlık içinde bambu, gelişen teknoloji ile birlikte sınırsız bir tasarım anlayışı ile günümüz yapılarında kullanılmaya başlanmıştır. Birinci Uluslararası Bambu Mimarlık Bienali, bu sağlam, çevre dostu ve sürdürülebilir malzemenin çağdaş tasarımda kullanılmasının mümkün olduğunu göstermiştir. En iyi sürdürülebilir yapı malzemelerinden biri olan bambu, uzun zamandır mimaride kullanılmasının yanında günümüz mimarisinin sınırlı sayıdaki yapılarında da birincil yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır.

MATERYAL VE METOT



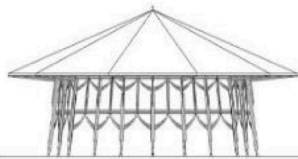
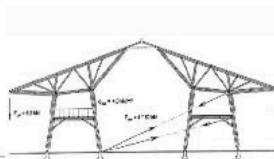
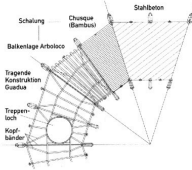
Son yıllarda ekolojik mimaride bambu malzemenin kullanımında geriye dönüş yaşanmaktadır. Bunun en önemli etkeni, ortaya çıkan teknolojilerin bambuyu daha dirençli hale getirmesidir. Bu bağlamda bambu mimaride sınırsız esnek tasarımlar sunarken yapılara da farklı ve alışılmamış bir deneyim katmaktadır. Çalışmada ekolojik bir malzeme olan bambunun sağladığı avantajlar ve mimaride kullanımı ile ilgili yazılı ve görsel kaynak taraması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada sürdürülebilir mimarlık anlayışı içinde değerlendirilen ve literatürde yer almış farklı işleve sahip 10 adet bambu yapı analiz edilmiştir. İncelenen örneklerde yapı malzemesi ve elemanı olarak bambunun yapılarda hangi amaçla ve nerelerde kullanıldığı irdelenmiştir.

BULGULAR

Çağdaş Bambu Yapılar

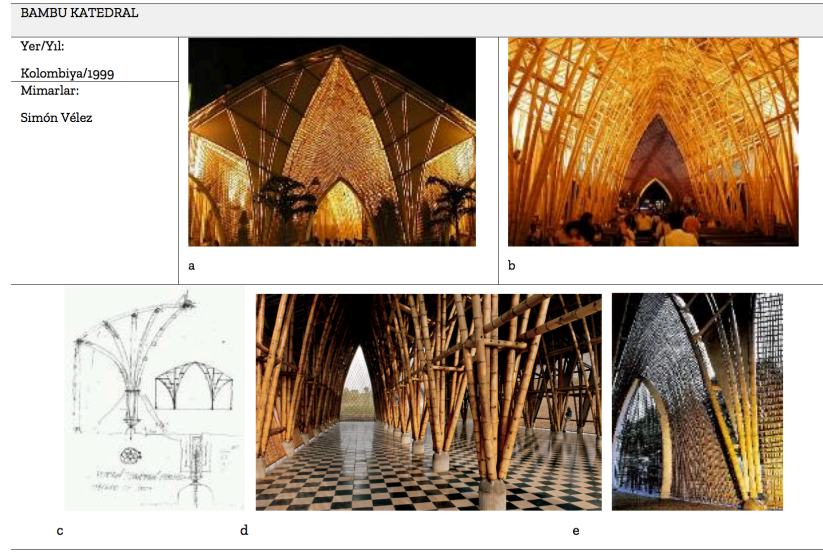
Sürdürülebilir bir malzeme olan bambunun yapılarda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bambunun kullanım alanının özellikle Güneydoğu Asya'da olmasının yanı sıra, son yıllarda dünyada bambu yapıların yaygınlaştığı görülmektedir. Çalışmada incelenen yapı örneklerinde, bambunun boyutsal yapısı, hafifliği, dayanıklılığı ve tasarımcıya sağladığı esnek tasarım anlayışı değerlendirilmiştir. Örnek yapıların Tablo 2-11'de değerlendirmeleri yapılmıştır.

Tablo 2. Manizales Pavyonu

MANIZALES PAVYONU		
Yer/ Yıl: Kolombiya/2000 Mimarlar: Simón Vélez, Marcelo Villegas		
		
c	d	e

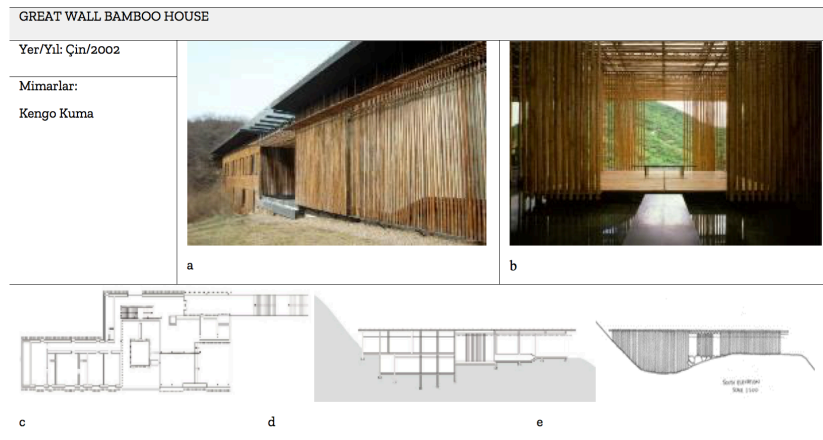
Simon Velez ve Marcelo Villegas tarafından inşa edilen pavyon, bambu yapının aşırı ağırlığa dayanabilecek şekilde tasarlanabileceğini göstermek için inşa edilmiştir. İki pavyon tasarlanmıştır. Birincisi, bu büyük yapının daha katı standartlara rağmen Almanya'da da inşa edilebileceğini göstermek için Kolombiya'nın Manizales kentinde inşa edilmiştir. Ağırlıktan kaynaklanan deformasyonlardan ve gerilme dâhil çeşitli testlerden sonra, bu inşaatın Almanya'da gerekli standartları karşıladığı ve bu sayede 2000 yılında Hanover Expo için inşa edilebileceği sonucuna varılmıştır. Manizales'teki pavyon bugün hala varlığı korumaktadır. Bambu yapıların en önemli özelliği depremlere dayanma kabiliyetidir. Bambu yenilenebilir bir malzeme olarak, beton ve ahşaplar gibi diğer malzemelerle birlikte kullanılırsa, beklenen ve hatta bazen daha fazla ağırlığa dayanabilmektedir. Birçok yenilikçi mimar, mühendis, bilim adamı ve doğa bilimcisi için bambu, çağdaş mimarinin en önemli malzemelerinden biri sayılmaktadır (Zeri, 2014).

Tablo 3. Bambu Katedral



Bambu katedral, 1999'daki Kolombiya depreminden sonra mimar Simón Vélez tarafından depremzedeler için beş haftada inşa edilmiştir. Bambudan inşa edilen kilise, malzemesinin hafifliği, mukavemeti ve esnekliği ile halka ek bir güvence hissettirmiştir. Simón Vélez, bambuların yükleri yarı gömülü kolonlar gibi toprağa iletmekten sorumlu sivri kemerlerle biçimlenen bambu yapı tasarlamıştır. Kaplanmamış bambuların birleşmesi yapının konstrüksiyonunu ortaya koymaktadır (Noto, 2013).

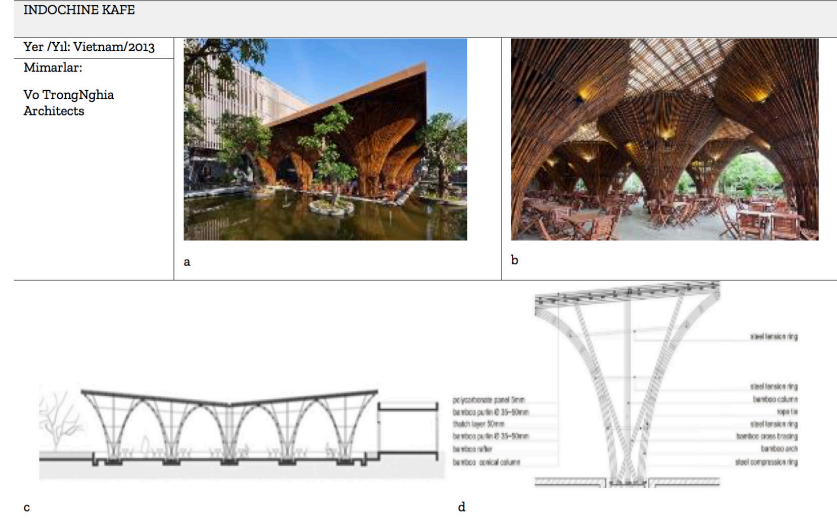
Tablo 4. Great Wall Bamboo House



Kengo Kuma tarafından ve Çin Seddi'ne bitişik ormanda tasarlanan yüzlerce konutta, yerel malzeme bambu kullanılmıştır. Bu projenin temel düşüncesi

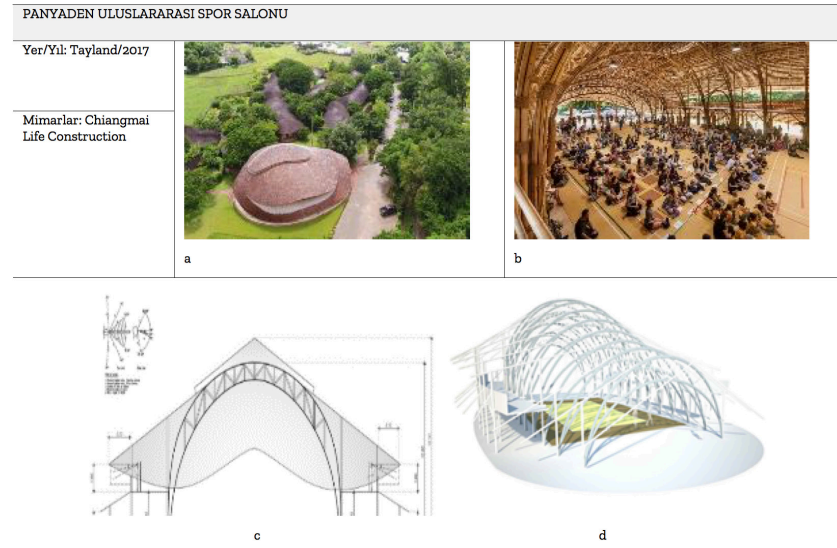
orijinal coğrafi özellikleri olduğu gibi bırakmak ve yerel üretilen malzemeleri mümkün olduğunca kullanmaktır. Yapının duvarları bambudan oluşan filtreler şeklinde tasarlanmıştır. Ana malzeme olan bambunun seçilmesinde en önemli etken malzemenin naifliğinin büyüleyici bulunmasıdır. Dış kabukta bulunan bambu filtre, ışık ve rüzgârın geçmesine izin vermektedir (Kuma, 2019).

Tablo 5. Indochine Kafe



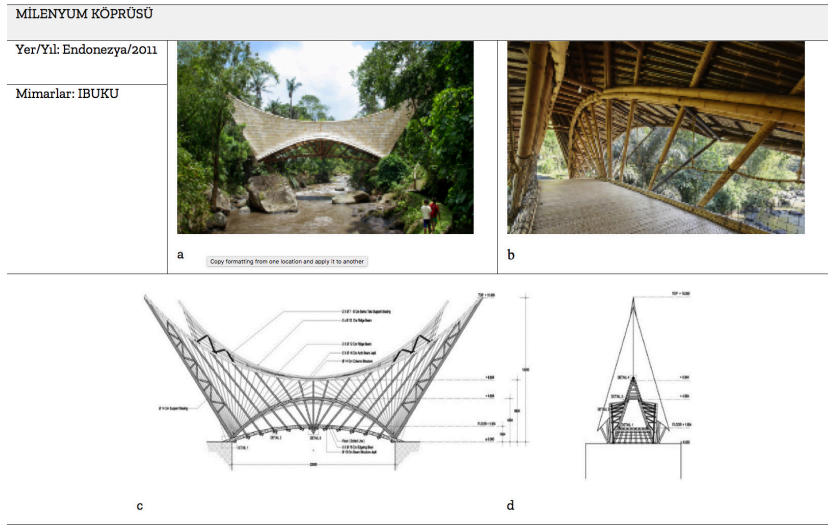
Yapının ana çatısı 15 ters koni şeklinde birimlerden oluşan taşıyıcı bambularla desteklenmiştir. Tek bir çivi kullanmadan tamamen bambudan oluşturulmuştur. Kubbeli yapıya ve göz kamaştırıcı bir çatı penceresine sahiptir. Doğal bir katedrale benzemektedir. Yapı, geleneksel Vietnam bambu dokuma teknikleri kullanılarak dokunmuş ve yerel bir çalı bitkisi ile kaplanmıştır. Yukarı doğru genişleyen sütunların biçimi, Vietnam'da balıkçılık için kullanılan sepetten esinlenilerek tasarlanmıştır. Bambu sütunlarını, bambu ormanında olma izlenimi veren iç kabuk oluşturmaktadır (ArchDaily, 2013a).

Tablo 6. Panyaden Uluslararası Spor Salonu



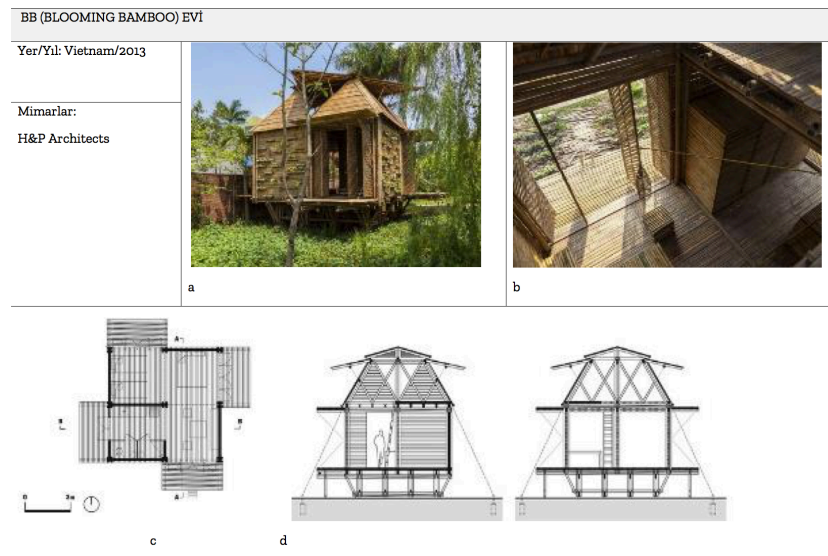
Panyaden Spor Salonu'nun organik tasarımı, günümüz teknolojisi ile doğal bir malzemeyi bir araya getirmiştir. Yenilikçi yapısal tasarım, çelik takviyeleri ve bağlantıları olmayan 17 metreyi aşan yeni geliştirilen prefabrikte bambu kafesleri ile oluşturulmuştur. Spor Salonu'nun karbon ayak izi sıfırdır. Yaş bambunun boraks tuzuyla işleminden geçirilmesiyle yapı oluşturulmuştur. Böylece bambu salonunun ömrünün en az 50 yıl olması beklenmektedir (Castro, 2021; Rogers, 2017).

Tablo 7. Milenyum Köprüsü



Milenyum Köprüsü, 23 metre uzunluğa sahip Asya'nın en uzun bambu köprülerinden biridir ve etkileyici bir çatı mimarisinden esinlenilerek bir manda boynuzu şeklinde tasarlanmıştır. 70 m² taban alanına sahip köprü, sarı ve siyah bambu türlerinin karışımıyla inşaa edilmiş ve yapımı sekiz ayda tamamlanmıştır. Yeşil mimari ile ilgili modern fikirleri ve geleneksel bambu kullanımlarını bir araya getirme amacıyla tasarlanan projede, bambunun beton ve çeliğe göre yenilenebilir alternatif bir malzeme olduğu gösterilmiştir (Castro, 2019).

Tablo 8. Bb (Blooming Bamboo) Evi



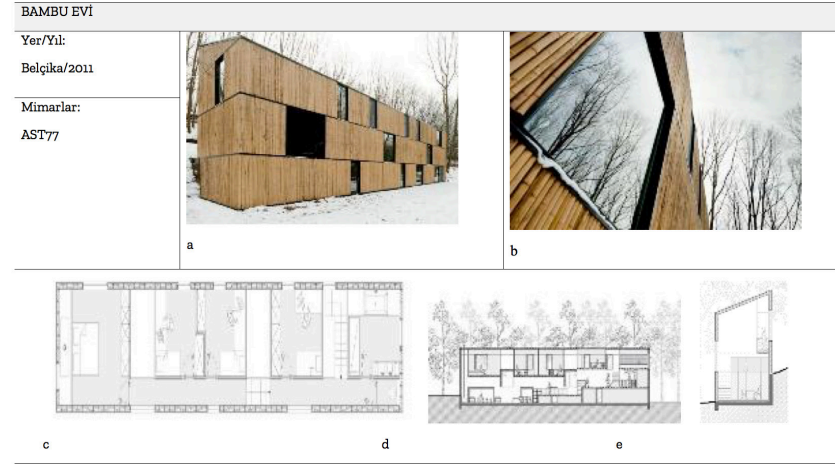
BB Home, Vietnam'ın şiddetli ve yağmurlu hava olaylarına karşı insanların barınma sorunlarına karşı çözüm olması için tasarlanmıştır. Blooming Bamboo Home'un duvarları, zemini ve çatısında sıkıştırılmış bambu kamışı ve bambu lif levhaları ile hindistancevizi yaprakları kullanılmıştır. Zemin, sele karşı yerden yükseltilmiştir. Duvarlar, binayı havalandırmak için dışa katlanabilmekte, ayrıca tavanın bölümleri, hava durumuna bağlı açık veya tamamen kapalı olabilmektedir. Yerel yapı, 25 günde monte edilebilir ve çeşitli yerel iklimlere ve alanlara adapte olacak şekilde tasarlanmıştır (Davis, 2013; ArchDaily, 2013b).

Tablo 9. Pasif Ev



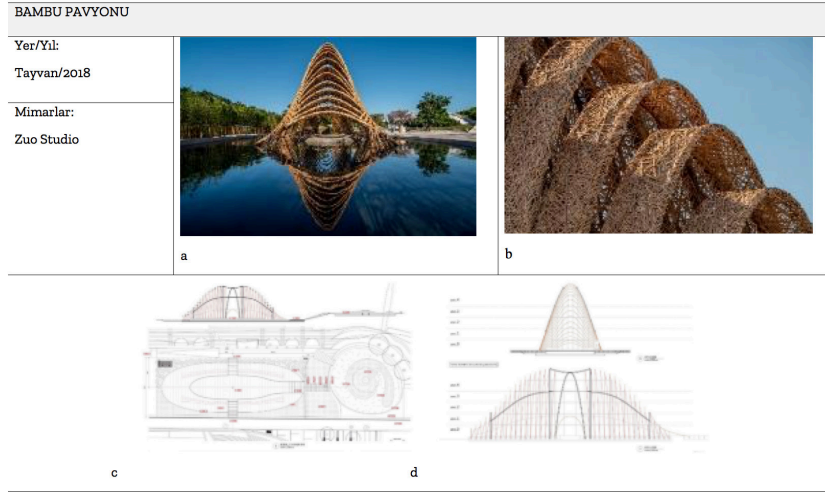
Bu yapı, Fransa'da en iyi enerji etkin bina tanımı ile Avrupa'daki PHI "Passiv Haus Institut" sertifikasını alan ilk konuttur. İşlem görmemiş bambudan yapılmış açık renkli bambu çubuklar, masif ahşap panellerden yapılmış yapının iskeletini sarmaktadır. Zamanla grileşen bu kaplama, bölgedeki tipik ahırların duvar dokusundan ilham alınarak yapı cephesinde kullanılmıştır. Fotovoltaik panellerin kullanılması ile yapının enerji etkinliği arttırılmış ve bambunun yapıda kullanımı ile sürdürülebilirliğe katkı sağlanmıştır (ArchDaily, 2010).

Tablo 10. Bambu Evi



Önceden var olan bir binanın üzerine yapılan konut; eğimli zemin, eğimli tavan sayesinde inşa edildiği araziye ekstra bir anlam kazandırmıştır. Bambu çubuk panellerinin dış kaplaması sadece estetik bir işleve sahip değil, aynı zamanda havalandırma sistemine de yardımcı olmaktadır. Ayrıca evin etrafındaki ağaçların yoğunluğu iç mekânın yaz aylarında daima serin olmasını sağlamaktadır. Yerden ısıtma ve duvarların yalıtımı, binanın kışın ısınmasını kolaylaştırarak enerji tüketimini düşük tutmaktadır (ArchDaily, 2012; Mutti, 2013).

Tablo 11. Bambu Pavyonu



Bambu pavyonunun ana yapısı, çelikten ve moso türü bambu ve dokuma için kullanılan daha ince bambu parçalarından oluşmaktadır. Üç yıl boyunca yetiştirilen bambu bitkisi (yaklaşık 30 metre uzunluğunda), bambu pavyonunun yapımında kullanılmıştır. Tayvan kültürünün bir sembolü olarak inşa edilen yapı, yerel malzemeler ve zanaat kullanılarak yeşil, düşük karbonlu, geleneksel ve yenilikçi bir bakış açısıyla tasarlanmıştır (Shuang, 2018; Block, 2019).

Çalışmada incelenen yapı örneklerinde, bambunun boyutsal yapısı, hafifliği, dayanıklılığı ve tasarımcıya sağladığı esnek tasarım anlayışı değerlendirilmiştir. Buna göre örnek yapılarda dayanıklılık en önemli kriter iken, yapı açıklıklarına göre bambunun esnekliği ve sahip olduğu boyutsal yapı değişkenlikleri de önemli tasarım kriterleri arasında yer almıştır (Tablo 12).

Tablo 12. Yapı örneklerinin değerlendirilme kriterleri

Örnek Yapı	Boyutsal Yapı	Hafiflik	Dayanıklılık	Esneklik
Manizales Pavyonu				
Bambu Katedral				
Great Wall Bamboo House				
Indochine Kafe				
Panyaden Uluslararası Spor Salonu				
Milenyum Köprüsü				
Bb (Blooming Bamboo) House				
Pasif Ev/Fransa				
Bambu Evi/Belçika				
Bambu Pavyonu				

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bambu, günümüz çağdaş yapılarında, yapı malzemesi ve elemanı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojinin sağladığı imkânlar ve bambunun sahip olduğu mekanik ve fiziksel özellikler bu malzemenin yapı alanındaki kullanımını gün geçtikçe daha da arttırmaktadır. İncelenen örneklerde bambunun, teknolojinin sağladığı imkânlarla oluşturulan teknik detaylarla, farklı form ve konstrüksiyonlarda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu yapılarda bambunun boyutsal yapısı, dayanıklılığı, hafifliği ve esnekliğinin sağladığı avantajlar farklı işlevlerde de malzemenin kullanılabilirliğini göstermiştir. Bambunun sahip olduğu özellikleri dikkate alındığında, ahşap, beton, çelik gibi malzemelere alternatif sürdürülebilir ekolojik bir malzeme olarak kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Günümüzde yapılan çalışmalar, giderek enerjiyi etkin kullanma prensibiyle oluşturulmaktadır. Enerjiyi etkin ve verimli kullanma amacı güden bu tasarım

kuramı malzeme seçimini de önemli kılmaktadır. Enerji etkin malzemeler, çağdaş malzemelerle ilgili karşılaşılan tüm zorluklara karşı bir çözüm niteliğindedir. Bu malzemeler, hammadde elde edilmişinden, yok edilmişine kadar enerjisi en verimli şekilde kullanmayı amaçlamaktadır. Yerel, geri dönüştürülebilir, gömülü enerjisi düşük, yenilenebilir ve dayanıklı malzemelerin kullanılması yapılar da enerjinin korunumunu arttırmaktadır. Yapılı çevrelerin oluşturulmasında ekolojik mimarlık anlayışı, gün geçtikçe gelişen teknolojiyle birlikte varlığını daha çok göstermektedir. Çevresel yaklaşım modeli içinde bambu, yapı-yaşam döngüsünün her aşamasında enerjiyi az ve verimli kullanmasıyla sürdürülebilirliğe önemli katkı sağlamaktadır. Bambunun teknolojinin sağladığı olanaklar ve sahip olduğu özelliklerle yeni yapı ve yapım sistemlerinde kullanılması, sürdürülebilir mimaride çevresel malzemelerin kullanımını daha da etkili hale getirecektir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Tüm yazarlar metnin yazılmasına ve makalenin son halinin oluşturulmasına eşit oranlarda katkıda bulunmuştur.

Çatışma Beyanı

Makalenin hazırlanmasında yazarlar arasında, makalede adı geçen kurum ve kuruluşlarla "herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır".

Etik Kurul Beyanı

Etik kurul onayı gerektiren bir çalışma değildir.

KAYNAKÇA

Akwada, D. R., Akinlabi, E. T. (2016). Economic, social and environmental assessment of bamboo for infrastructure development. 5th International Conference on Infrastructure Development in Africa, South Africa, (1-12).

ArchDaily. (2010, 28 October). *Passive house / Karawitz architecture*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/84165/passive-house-karawitz-architecture> (09.09.2020).

ArchDaily. (2012, 20 December). *Low Energy Bamboo House / AST 77 Architecten*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/306183/low-energy-bamboo-house-ast-77-architecten> (05.02.2021)

ArchDaily. (2013a, 27 June). *Kontum Indochine Café / Vo Trong Nghia Architects*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/392710/kontum-indochine-cafe-vo-trong-nghia-architects> (02.01.2018).

ArchDaily. (2013b, 26 September). *Bb Home / H&P Architects*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/431271/bb-home-h-and-p-architect>, BbHome/ (09.09.2020).

Arslan H. D., Gülşeker, E. (2018). Evaluation of sustainable education buildings on samples. S. Fırat, J. Knithia, A. Abu-Tair (Eds.), *Proceeding of 3th International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2017)*, 1(6), (pp. 296-308). Springer International Publishing AG, ISBN: 978-3-319-63709-9.

Bamboo Import Europe. (2016, 15 November). *Mechanical Properties for Bamboo*. Bambooimport. <https://www.bambooimport.com/en/what-are-the-mechanical-properties-of-bamboo> (15.11.2020).

Bamboogrove. *Bamboo Benefits*. Bamboogrove. <https://www.bamboogrove.com/bamboo-benefits.html> (11.03.2021).

BambuBuild. (2021, July 11). *The durability of bamboo*. BambuBuild. <http://bambubuild.com/en/the-durability-of-bamboo/> (11.07.2021).

Bambum. *Neden Bambu?* Bambum. <http://www.bambum.com.tr/bambu/neden-bambu/> (11.03.2021).

Bilgiç, B. (2017, February 10). *Bambu Bahçe*. Arkitera. <http://www.arkitera.com/haber/28222/bambu> (10.02.2021).

Block, I. (2019, September 05). *Zuo Studio builds arching bamboo pavilion over water in Taiwan*. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2019/09/05/bamboo-pavilion-zuo-studio-taiwan/> (11.10.2021).

Castro, F. (2019, December 28). *The millenium bridge/IBUKU*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/884632/the-millenium-bridge-ibuku> (02.01.2018).

- Castro, F. (2021, September 05). *Bamboo sports hall for panyaden international school / Chiangmai life construction*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/877165/bamboo-sports-hall-for-panyaden-international-school-chiangmai-life-construction> (05.10.2021).
- Cole, R. J., Kernan, P. C. (1996). Life-cycle energy use in office buildings. *Building and Environment*, 31, 307-317.
- Davis, A. (2013, 25 September). Blooming bamboo home by H&P Architects. *Dezeen*. <https://www.dezeen.com/2013/09/25/blooming-bamboo-house-by-h-and-p> (09.09.2020).
- Erdoğmuş, İ. (2005). Yapıda kullanılan malzemenin sürdürülebilirlik kapsamında oluşum enerjisi açısından incelenmesi [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Frearson, A. (2015, October 19). Penda unveils vision for bamboo city made from interlocking modular components. *Dezeen*. <https://www.dezeen.com/2015/10/19/penda-future-vision-for-bamboo-city-interlocking-modular-components/> (10.02.2021).
- Gezer H. (2011). Malzemenin gizil güçlerinin mimariye katkısı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 201(2), 97-118.
- Hsuing, W. (1986). Research and development of production and utilization. XVIII. IUFRO World Congress, *Bamboo Production and Utilization*, (4-10), Ljubljana, Yugoslavia.
- Janssen, J. (2000). *Designing and building with bamboo*. Technical Report No: 20, Technical University of Eindhoven, The Netherlands.
- Karadayı, T., Yüksel İ., Tunçbiz, İ. (2017). İlkokul Binalarının Ekolojik Açıdan İyileştirilmesi: İstanbul Tuzla Tapduk Emre İlkokulu Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 22-33.
- Karahan, A., Öktem, T., Seventekin, N. (2006). Doğal bambu lifleri. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(4), 236-240.
- Karahasan, Z. (2020, 20 Dec). *Küçük Köyün Çağdaş Tasarımlı Bambu Yapıları*. Yeşil Odak. <https://www.yesilodak.com/kucuk-koyun-cagdas-tasarimli-bambu-yapilari> (13.04.2020).
- Kaminski S., Lawrence A. and Trujillo, D. (2016). Structural use of bamboo. Part 1: Introduction to bamboo. *The Structural Engineer*, 94(8), 40-43.
- Kampinga, C. (2015). Bamboo, the building material of the future! <https://www.scribd.com/document/524806475/CoenKampinga-4037138-ResearchPaper>
- Krawczuk, K. (2013). *Bamboo as sustainable material for future building industry*. 7th Semester Bachelor Dissertation, Bachelor of Architectural Technology and Construction Management, KEA, Denmark.
- Kuma, K. (2019, 28 Jan). *Bamboo house commune by the great wall / Kengo Kuma & associates*. Archeys. <https://archeyes.com/commune-great-bamboo-wall-kengo-kuma-associates/> (08.04.2020).
- Liese, W. (1985). *Bamboos-Biology, Silvics, Properties, Utilization*, Deutsches Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) G.m.b.H., Eschborn, Germany.
- Liese, W. (1986). Characterization and utilization of bamboo. XXIII IUFRO World Congress, *Proceedings of The Production and Utilization of Bamboo and Related Species*, (11-16), Ljubljana, Yugoslavia.
- Mutti, R. (2013, 12 February). Bamboo house. *Klatmagazine*. <https://www.klatmagazine.com/en/architecture-en/bamboo-house-necessary-132/41510> (02.01.2018).
- Noto, D. (2013, 4 June). *The man who went 'bamboo'*. The City Paper. <https://thecitypaperbogota.com/features/the-man-who-went-bamboo/3890> (5.04.2021)
- Nowak, M. A. ve Ansari, I. (2013). *Bambooklet: A Guide to Bamboo, Subtropical Cities: Design Interventions for Changing Climates*. Association of Collegiate Schools of Architecture (ACSA), Fort Lauderdale, USA.
- Numata, M. (1979). *The ecology of Grasland and Bambooland in the World*. Dr. W. Junk by Publishers the Hague, Boston, London.
- Rogers, S. A. (2017, August 14). Bold bamboo: 8 dramatic organic structures by Chiangmai life architects. *Weburbanist*. <https://weburbanist.com/2017/08/14/bold-bamboo-8-dramatic-organic-structures-by-chiangmai-life-architects/> (02.01.2018).
- Shuang, H. (2018, December 28). *Bamboo pavilion / ZUO STUDIO*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/905690/bamboo-pavilion-zuo-studio> (10.10.2020).

Tekin, Ç. (2012). Enerji etkin yapılarda malzeme kullanımı. *Yeşil Bina Sürdürülebilir Yapı Teknolojileri Dergisi*, 14, 46-52.

Toksoy, D., Var, M. (2002). Karadeniz Bölgesinde çay tarımında yaşanan sorunların çözümünde alternatif bir ürün olarak bambu. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 72-79.

Traditional Thai house. (2013, October 04). In *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Traditional_Thai_house (20.05.2021).

Uchimura, E. (1978). The ecological distribution and characteristic of some Philippine bamboos. *Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute*, 301, 118-131.

Uchimura, E. (1986). The Present State and Prospect of Bamboo Resources in Japan. *XVIII, IUFRO World Congress*, Ljubljana, Yugoslavia, Bamboo Production and Utilization, 89-93.

Vietnam Heritage. (2011, July). An ancient bamboo house and its loyal inhabitants. *Vietnam Heritage*. <http://vietnamheritage.com.vn/an-ancient-bamboo-house-and-its-loyal-inhabitants/> (30.12.2021).

Watanabe, M. (1986). A proposal on the life form 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.

Wong, K. (2004). *Bamboo The Amazing Grass*. University of Malaya, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Kuala Lumpur, Malaysia.

Zeri. (2014, 11 August). *ZERI Pavilion for EXPO 2000*. Zeri Foundation. http://www.zeri.org/ZERI/Home_files/ZERI%20PAVILION%202012.pdf (10.02.2021).

GÖRSEL KAYNAKÇASI

Görsel 1: Trusty, W. B., Meil, J. K. (t.y.). Building life cycle assessment: Residential case study. https://www.researchgate.net/profile/Jamie_Meil/publication/237808823 (20.04.2021).

Görsel 2: Kelchner, S. A. (2013). Higher level phylogenetic relationships within the bamboos (Poaceae: Bambusoideae) based on five plastid. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 67(2), 404-413. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790313000626> (30.12.2021).

Görsel 3 a: The Tree Center. *Bamboo trees*. The Tree Center Plant Supply Co. <https://www.threetreecenter.com/evergreen-trees/bamboo-trees/> (27.01.2022).

Görsel 3 b: The Tree Center. *Hardly clumping bamboo*. The Tree Center Plant Supply Co. <https://www.threetreecenter.com/hardy-clumping-bamboo> (27.01.2022).

Görsel 4, 7: Kampinga, C. A. (2015). *Bamboo, the building material of the future! An experimental research on glueless lamination of bamboo* [Master Thesis, Delf University of Technology]. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:7e094c1f-342d-4b6d-a62a-aa4ae6783953> (06.11.2021).

Görsel 5: Minke, G. (2016). *Building with bamboo design and technology of a sustainable architecture*. Birkhäuser. <https://www.copyrightbookshop.be/en/shop/building-with-bamboo/> (27.12.2021).

Görsel 6 a: Vergara, E. (2014, March 19). *Cómo unir las varas de Bambú*. *Arcdaily*. www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-345367/en-detalle-las-union-es-en (20.03.2020).

Görsel 6 b: Painting Valley. *Bamboo tree sketch*. Painting Valley. <https://paintingvalley.com/bamboo-tree-sketch> (20.03.2020).

Görsel 8: BambuBuild. *Home*. Bambubuild. <https://bambubuild.com/en/home-v1> (11.07.2021).

Görsel 9: Traditional Thai house. (2013, October 04). In *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Traditional_Thai_house (20.05.2021).

Tablo 1: Deboer D., Bareis K. (2000). *Bamboo Building and Culture*. Unpublished, USA.

Tablo 2 a, b, c, d, e: Zeri. (2014, August 11). *Zeri Pavilion for Expo 2000*. Zeri. http://www.zeri.org/ZERI/Home_files/ZERI%20PAVILION%202012.pdf

Tablo 3 a, b, e: Noto, D. (2013, 4 June). *The man who went 'bamboo'*. *The City Paper*. <https://thecitypaperbogota.com/features/the-man-who-went-bamboo/3890> (5.04.2021).

Tablo 3 c: Padron, J. S. (2012). *El Arquitecto Simón Velez y el Bambú*. *Arquitectura Critica*. <http://www.arquitecturacritica.com.ar/2012/09/el-arquitecto-simon-velez-y-el-bambu.html> (28.12.2021).

Tablo 3 d: Pousaz, L. (2013). *A la découverte de l'architecte du bambou*. EPFL. <https://actu.epfl.ch/news/a-la-decouverte-de-l-architecte-du-bambou/> (22.11.2021).

Tablo 4 a, b, c, d, e: The Owner Builder Network. (2013, June 17). *Commune by the great wall near Biejing China -Kengo Kuma and Associates*. The Owner Builder Network. https://theownerbuildernetwork.co/bamboo_house_kengo_kuma/ (28.12.2021).

Tablo 5 a, b: Oki, H. (2013, June 23). *Kontum Indochine Café / Vo Trong Nghia Architects*. Archdaily. <https://www.archdaily.com/392710/> (02.01.2018).

Tablo 5 c, d: Makwana, K. (2018). *The bamboo swing*. Cept Porftolia S 2018. <https://portfolio.cept.ac.in/2018/S/fa/material-and-design-expression-1005-b-spring-2018> (02.01.2018).

Tablo 6 a, b, c, d: Cossi, A. (2021, September 05). *Bamboo sports hall for panyaden international school/Chiangmai life construction*. Archdaily. <https://www.archdaily.com/877165/> (05.02.2021).

Tablo 7 a, b, c, d: Castro, F. (2019, December 28). *The millenium bridge/IBUKU*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/884632/the-millenium-bridge-ibuku> (02.01.2018).

Tablo 8 a, b, c, d: Davis, A. (2013, 25 September). *Blooming bamboo home by H&P Architects*. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2013/09/25/blooming-bamboo-house-by-h-and-p> (09.09.2020).

Tablo 9 a, b, c, d: ArchDaily. (2010, October 28). *Passive House / Karawitz Architecture*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/84165/passive-house-karawitz-architecture> (09.09.2020).

Tablo 10 a, b, c, d, e: ArchDaily. (2012, December 20). *Low Energy Bamboo House / AST 77 Architecten*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/306183/low-energy-bamboo-house-ast-77-architecten> (05.02.2021).

Tablo 11 a, b: Block, I. (2019, September 05). *Zuo Studio builds arching bamboo pavilion over water in Taiwan*. Dezeen. <https://www.dezeen.com/2019/09/05/bamboo-pavilion-zuo-studio-taiwan/> (11.10.2021).

Tablo 11 c, d: Shuang, H. (2018, December 28). *Bamboo pavilion /ZUO STUDIO*. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/905690/bamboo-pavilion-zuo-studio> (10.10.2020).