

Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri Üzerine Bir Araştırma

Aslı ÇÜÇEN^{1*}, Adem SOLAK²

^{1*} Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Burdur, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0091-8973),
aslicucen@gmail.com

² Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3911-190X),
asolak@mehmetakif.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 04.12.2022 ve Kabul Tarihi 06.01.2023)

(DOI: 10.35354/tbed.1214469)

ATIF/REFERENCE: Çücen, A., Solak, A. (2023). Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri Üzerine Bir Araştırma. *Teknik Bilimler Dergisi*, 13 (1), 1-8.

Öz

Yapı sektöründeki hızlı gelişmelere bağlı olarak dünya üzerindeki enerji kaynaklarının tüketim oranı ve çevresel kirlilik gün geçtikçe artmaktadır. Yapılı çevrenin doğaya verdiği olumsuz etkilerin, sürdürülebilirlik anlayışı kapsamında geliştirilmiş olan yapı malzemelerinin kullanımı ile azaltılacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda, teknolojik gelişmelerle birlikte yeni sürdürülebilir yapı malzemeleri arayışına girilmiş ve bu malzemelerin yapılarda kullanım alanlarının artırılması ortak hedef olmuştur. Bu çalışmada, sürdürülebilir yapı malzemelerinin ve kullanım olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında; sürdürülebilir yapı malzemeleri ve bu malzemelerin yapı sektöründe kullanımları örnek yapılar üzerinden incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda; sürdürülebilir yapı malzemelerinin yapılarda kullanılmasının, yapının sağlıklı, konforlu ve çevre dostu bir yapı olmasını sağlayarak yapının değer kazanmasında etkili olduğu, günümüzde var olan kaynakların verimli kullanılmasıyla çevresel ve ekonomik anlamda sürdürülebilirlik sağlanmasında önemli olduğu, yapım sistemlerindeki ilerlemeler doğrultusunda bu malzemelerin yapılarda kullanımında artış yaşandığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir yapı malzemeleri, Yapı sektöründe sürdürülebilirlik.

Research On Sustainable Building Materials

Abstract

The rapid development of the construction sector causes an increase on consumption of energy resources and environmental pollution day by day. It is estimated that the negative effects of the built environment on nature will be reduced by the use of building materials developed within the scope of the understanding of sustainability. With the development of technology, many new sustainable building materials have been sought and it has become a common goal to increase the area of use of these materials in construction sector. In this study, the aim is to investigate sustainable building materials and their possible uses. Scope of work; sustainable building materials and the use of these materials in the building sector are examined through sample structures. As a result of research conducted; it is concluded that the use of sustainable building materials in buildings is effective in making buildings healthy, comfortable and environmentally friendly, increases the value of buildings, important in ensuring environmental and economic sustainability, and there has been an increase in the use of these materials in buildings in line with the progress of the construction system.

Keywords: Sustainability, sustainable building materials, sustainability in the building sector.

1. Giriş

Sürdürülebilirlik kavramı en genel tanımıyla ürün ve hizmetlerin ekolojik dengeyi göz önüne alarak, çevresel kirliliğe neden olmayacak kaynakların kullanımı ile üretilmesi süreci anlamına gelmektedir. Bunun yanında, sürdürülebilirlik; çevresel, ekonomik ve sosyal bileşen olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır [1]. Çevresel bağlamda sürdürülebilirlik; doğal kaynakların ve kültürel mirasın korunmasında çevreye verilecek zararın en az düzeyde tutulmasıdır. Ekonomik anlamda sürdürülebilirlik; ülkelerin nüfus sayılarını koruyabilmek için gelir ve istihdam oluşturma çabalarıdır. Sosyal boyutta sürdürülebilirlik ise; eğitim, sağlık, güvenlik gibi sosyal ilkelerin toplumun tüm kesimlerine eşit olarak yararlanabilmeye devam edebilmeleridir.

Sürdürülebilirlik konusunda; Gilman [2]; toplumun kullanmaya devam ettiği kaynakların ilerleyen dönemlerde de sağlıklı bir şekilde kullanılabilmesi gerektiğini söylemiştir. Osso, Walsh ve Gottfried [3] yaptıkları çalışmada; sürdürülebilirliğin doğal ve yapay çevrenin korunarak, insanların ve kaynakların sürekli kılınmasını amaçladığını belirtmişlerdir. Tenikler [4] yaptığı çalışmada; sürdürülebilirliği çevresel bağlamda ele alarak doğal kaynakların sürekliliğinin devam etmesi olarak tanımlamıştır. Hoşkara [5] çalışmasında; 20. yüzyıl dünyasında ülkelerin var olan ekonomik sistemlerinin kullanılan enerji kaynaklarının, geliştirilen teknolojik ürünlerin, üretim ve planlamasının gelecek nesillere aktarılması yönünde politikaların geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Kaya [6]; sürdürülebilirliğin toplumların ve ekosistemin var olan kaynakları tüketmeden ve doğaya zarar vermeden sürekli olması gerektiğini vurgulamıştır. Başyigit, Alkayış ve Kartlı [7]; gelecek nesillere kendilerine yetecek kadar kaynak bırakmanın ancak doğru ve çevre bilinci yüksek projelerle gerçekleştirilebileceğini belirtmişlerdir.

Günümüzde, artan çevre kirliliğinin engellenmesi ve enerji kaynaklarının korunumunun sağlanabilmesi amacıyla, yapıların inşa sürecinde de sürdürülebilirlik kavramı önem kazanmıştır. Yapı malzemelerinin, kaliteli, fiziksel ve termal performansı iyi olan, estetik ve uygun maliyetli malzemeler olmasına özen gösterilmesinin yanında özellikle çevre ve insan sağlığına zarar vermeyen, gerekli sürdürülebilirlik kriterlerini karşılayabilen malzemeler olması beklenmektedir. Bu kapsamda, doğal ve yapay çevredeki enerji kaynaklarının devamlılığının sağlanması olarak tanımlanan sürdürülebilirlik kavramı yapı malzemeleri üzerinde de etkin olmaktadır [8].

Sürdürülebilir yapı; yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerinin herhangi bir değişime uğramadan, malzeme miktarında azalma olmadan, yapının kullanım sürecinin devam edebilmesidir [9]. Sürdürülebilir yapı malzemeleri ise; üretim ve kullanım aşamalarında enerji tüketimini en az düzeye indirgeyen, hammadde üretimi, işlenmesi, kullanılması, bakım ve onarım aşamalarında ortaya çıkabilecek atıkların çevre ve insan sağlığına yönelik zararlı etkisi olmayan yapı malzemeleridir [10]. Sürdürülebilir yapı malzemeleri, insan ve çevre sağlığına zararlı bileşen içermeme, geri dönüşümü yapılarak tekrar kullanılabilme, yerel kaynaklardan kolaylıkla temin edilebilme gibi özelliklere sahiptirler.

2. Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri

2.1. Sıkıştırılmış Toprak

Sıkıştırılmış toprak, nemli hale getirilmiş toprağın kalıplar içerisine yerleştirilip sıkıştırılması ile elde edilen malzemedir. Sıkıştırma işlemi ilk dönemlerde, geleneksel tokmaklar aracılığı ile yapılmıştır. Ancak günümüzde pnömatik sistemler kullanılarak geliştirilmiş olan dinamik tokmaklar kullanılmaktadır. Kalıp içerisine yerleştirilmiş olan toprak, sıkıştırma işleminden sonra kalıptan çıkarılarak uygun koşullar altında kurumaya bırakılmaktadır [11].

Sıkıştırılmış toprak genellikle bu malzeme kullanılarak inşa edilecek olan yığma yapıların duvarlarını oluşturmak için kullanılmaktadır. Bunun yanında zemin, çatı, döşeme ve mobilya uygulamalarında da kullanımı tercih edilen bir malzeme olduğu bilinmektedir [12,13].

Sıkıştırılmış toprak yapım tekniği, doğaya verilen zararın en az seviyede tutulabildiği, doğadan elde edilen malzemelerin kullanıldığı çevre dostu bir yapım tekniğidir. Kullanılacak toprak seçiminde toprağın tarım toprağı olmamasına dikkat edilmektedir. Bu yapım yönteminde mevcut kaynaklar etkin kullanılmakta ve malzeme en yakın bölgeden temin edilmektedir [14].

Sıkıştırılmış Toprak malzeme kullanılarak inşa edilen örnek yapı olarak Nk'Mip Desert Kültür Merkezi Şekil 1'de [15] gösterilmiştir



Şekil 1. Nk'Mip Desert Kültür Merkezi

Mimar Brady Dunlop tarafından tasarlanmış olan yapının inşa süreci 2006 yılında tamamlanmıştır. 1115 m2 alana sahip olan yapı Kanada'da bulunan bir kültür merkezidir. Yapının bünyesinde Aborjin Kültürü'nün sergilenmekte olduğu açık ve kapalı sergileme mekanlarının yer alması, yapıyı tarihsel ve kültürel bağlamda önemli kılmaktadır.

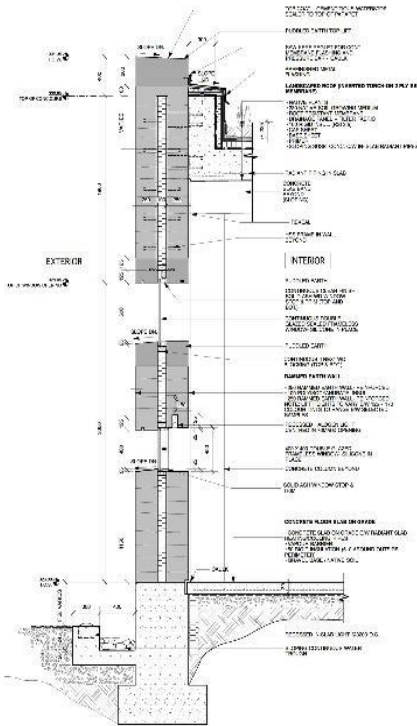
Yapının duvarları bölgenin iklim koşullarından kaynaklı sıcaklık değişimlerini dengelemesi için yalıtımlı olarak tasarlanmıştır. 25 cm'lik iki duvar arasına 10 cm'lik yalıtım katmanı yerleştirilmesi ile elde edilen duvar toplam 60 cm kalınlığa, 80 m uzunluğa ve 5,5 m yüksekliğe sahiptir. Ayrıca duvarın yapımında yerel malzeme kullanımına önem verilmiştir. Duvar malzemesi olarak, bölgeden temin edilen toprak malzeme ve çimento karışımı kullanılmıştır. Hazırlanan karışım içerisine bölgenin doğal dokusuna da zarar vermemek için toprak rengini sağlayacak renk verici katkı maddeleri eklendikten sonra

sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir [16]. Duvar içerisine yerleştirilmiş olan 10 cm'lik ısı yalıtım katmanı sayesinde gün boyunca güneşten elde edilen ısı depolanarak, yapı iç ve dış mekânı arasında oluşan ısı kaybı engellenmektedir. Böylelikle iç mekânda istenilen konfor koşulları sağlanmaktadır. Duvarda kullanılan toprağın tamamen doğal bir malzeme olması nedeniyle yapı, çevre için herhangi bir olumsuz etki yaratmamaktadır.

Yapıda yer alan sıkıştırılmış toprak duvar ve sıkıştırılmış toprak duvar detayı Şekil 2 [17] ve Şekil 3 'te [18] gösterilmiştir.



Şekil 2. Sıkıştırılmış Toprak Duvar



Şekil 3. Sıkıştırılmış Toprak Duvar Detayı

2.2 Bambu

Sürdürülebilir özellikte bir malzeme olan bambu, genellikle Asya ülkelerinde yetişmektedir. Bambu bitkisinin 121 farklı cinsi ve yaklaşık 1600 adet alt türü bulunmaktadır. Bambu bitkisi yetiştiği ortam koşullarına bağlı olarak 35 m yüksekliğe kadar ulaşabilmektedir. Ancak bambular ağaç veya çalı grubunda sınıflandırılmamakta dünyada yer alan en hızlı büyüyen çim olarak kabul görmektedir [8,19].

Bambu bitkisi günde yaklaşık 10-13 cm uzayarak kısa süre içerisinde 25-30 metre uzunluğa sahip olabilmektedir. Bambu bitkisi, tropik ve subtropik iklimin hâkim olduğu, 3500 m'ye kadar olan yüksekliğe sahip ve sıcaklık değerinin 8.8- 36 0C arası olduğu ortam koşullarında daha sağlıklı büyüme göstermektedir [20].

Dairesel ve boşluklu bir yapıya sahip olan bambu bitkisinin gövdesi uzama gösterdikçe gövdenin çapı ve kalınlığının azalması bitkinin mukavemetinde artış olmasını sağlamaktadır. Bambu içerisinde bulunan lignin maddesi 6-8 yıl içerisinde artış göstermektedir. Bu da bitkiyi sertleştirerek odunsu hale gelmesini sağlamakta ve yapı malzemesi olarak kullanımına imkân tanımaktadır [21].

Bambunun hafif ve boşluklu bir malzeme olması kullanıldığı yapıların depreme karşı dayanıklı hale gelmesine yardımcı olmaktadır [22, 23]. Bambu bitkisi kullanılarak inşa edilecek yapılarda süneklik düzeyini arttırmak için bambuların bağlantıları yüksek mukavemetli cıvatalar ile sağlanmaktadır [24].

Bambunun hücrelerinin boşluklu yapıda olmasından dolayı hücre içerisinde bulunan hava miktarı fazladır. Bu hava, bambu bitkisinin yalıtım özelliklerinin iyi olmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda bambunun yoğunluğunun ve yüzeyinde bulunan silikat maddesinin fazla olması bambuyu yangına dayanıklı bir malzeme haline getirmektedir. Ayrıca bambu kullanılarak inşa edilecek yapıların yangına dayanımının daha artırılmak istendiği durumlarda, yapının inşası sırasında bambunun içerisine su doldurulabilir. Bu da yapının yaklaşık 400 0C'ye kadar olan sıcaklıklara dayanım gösterebilmesini sağlamada etkili bir yöntem olmaktadır [20].

Bambu malzemesi için Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından 2004 yılında standart belirleme çalışmalarına başlanmıştır. Bu doğrultuda, bambu malzemesine özgü olarak ISO 22157 standardı [25] geliştirilmiş ve halen 2019 yılındaki revize edilmiş hali kullanılmaktadır. Bu standartta; bambunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinin ilkeleri açıklanmaktadır. Ancak bambu malzeme ile ilgili bazı belirsizlikler bambunun yapı malzemesi olarak kullanımını kısıtlamaktadır.

Bambu malzeme ile inşa edilmiş olan yapılara örnek olarak Panyaden Uluslararası Spor Salonu Şekil 4'te [26] gösterilmiştir.



Şekil 4. Panyaden Uluslararası Spor Salonu

Tayland'da bulunan Panyaden okulunun spor salonu olan yapı, Chiangmai Life Architects tarafından tasarlanmıştır. Yapının inşa süreci 2017 yılında tamamlanmıştır. Yapı 782 m2 alana ve 300 kişilik kullanım kapasitesine sahiptir. Yapının form oluşumunda Budist öğretinin ve Tayland'ın simgesi haline gelen lotus çiçeğinden esinlenilmiştir. Panyaden okulunun temel ilkelerinden biri olan yeşil okul anlayışı kapsamında spor salonunun yapımında sıfır karbon ayak izi hedeflenmiştir. Bu bağlamda yapının inşasında tamamen doğal ve sürdürülebilir bir malzeme olan bambu kullanımı tercih edilmiştir [20]. Yapının statik projesinde de bambu kiriş sistemi kullanılmıştır. Bu sistem ile yapıda 17 m'lik açıklık herhangi bir çelik malzeme kullanılmadan sadece bambu kullanımı ile geçilmiştir. Bambu malzemenin daha dayanıklı hale gelebilmesi için kimyasal katkı maddeleri kullanılmadan doğal bir mineral olan boraks tuzu ile işleme tabi tutulmuştur. Doğal bir malzeme olan bambunun, günümüz mühendislik teknolojileriyle bir arada kullanılması yapıyı bölgedeki rüzgâr ve deprem gibi dış etkilere karşı dayanıklı hale getirilmiştir. Yapının kullanım ömrünün en az 50 yıl olduğu öngörülmektedir [20,27].

Yapıda bambu malzemenin kullanımı ve bambu kiriş sistemi Şekil 5 [28] ve Şekil 6'da [29] gösterilmiştir.



Şekil 5. Bambu Kiriş Sistemi



Şekil 6. Bambu Kiriş Sistem Detayı

2.3 Miselyum

Ökaryotik mikroorganizmalar olan mantarlar karasal özellikteki ekosistemlerde selülozik yapıdaki biyokütleleri parçaladıktan sonra karbonu geri dönüştürerek maddelerin ve besinlerin geri dönüştürülmesinde etkin rol oynamaktadır.

e-ISSN: 2146-2119

Miselyum, mantardan elde edilen, son yıllarda bilinirliği artan çevresel ve ekonomik olarak sürdürülebilir özellikte olan bir malzemedir. Miselyum kullanımı biyolojik olarak bozulabilme göstermesi düşük maliyetlerle elde edilebiliyor olması gibi avantajlara sahip olmasından dolayı tercih edilmektedir [30].

Miselyum üretiminde ilk olarak mantarların sağlıklı bir şekilde gelişim gösterebilmeleri için substrat maddesi namlendirilmektedir. Daha sonra namlenen substrat ihtiyaca uygun büyüklükte öğütme işleminden geçirilmektedir [31]. Yüksek sıcaklık değerlerinde veya basınçlı cihazlar yardımıyla substratın sterilizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Miselyum sporları kalıp içerisinde bulunan lignoselülozik yapıdaki malzeme içerisine homojen olarak dağıtılmaktadır. Bu dağıtma işleminden sonra miselyum uygun koşullar altında büyümeye bırakılmaktadır. Yeterli büyümenin gerçekleşmesinden sonra elde edilen malzeme uygun sıcaklık altında kurutulmaktadır [32].

Keten veya saman gibi substrat üzerinde yetiştirilen miselyumlar, doğal lif ve misel hücrelerinden oluşan kompozit özellikteki malzemelerdir. Miselyumların zayıf bir dolgu malzemesi yapısında olması ve biyolojik üretim sürecinin uzun zaman alması bazı alanlarda yaygın olarak kullanılabilirliğini sınırlı hale getirmektedir.

Miselyum ile elde edilmiş yapılara örnek olarak HIY-FI yapısı Şekil 7'de [33] gösterilmiştir.



Şekil 7. HIY-FI

Mimar David Benjamin tarafından tasarlanan yapı, 2014 yılında New York'ta gerçekleşen bir müzik festivalinde ziyaretçilerin dinlenme mekânı olarak kullanabildikleri, geçici olarak inşa edilmiş olan dairesel formda bir kuledir. Yapının üretiminde çevreci ve sürdürülebilir bir malzeme olan miselyum kullanımı tercih edilmiştir. Yapıda kullanılan miselyum, ecovative isimli mantar türünün atık mısır sapları üzerinde yetiştirilmesi ile elde edilmiştir. Üretilen miselyum, dikdörtgen şeklindeki kalıplara alınarak miselyum tuğlalarının üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapı, miselyum tuğlaların üst üste dizilmesiyle inşa edilmiştir. Yapıda yaklaşık olarak 10.000 adet tuğlanın kullanıldığı bilinmektedir. Yapı işlevini tamamladıktan sonra sökülen tuğlalar toprak üzerine bırakılmış ve 60 gün içerisinde doğada çözüldükleri gözlemlenmiştir [30].

Yapıda kullanılan miselyum tuğlanın üretimi ve tuğlanın detay görünümü Şekil 8 [34] ve Şekil 9'da [35] gösterilmiştir.



Şekil 8. Miselyum Tuğlası Üretimi



Şekil 9. Miselyum Tuğla Detay Görünümü

2.4 Kerpiç

Sürdürülebilir bir yapı malzemesi olan kerpiç üretiminde ilk olarak kum, silt, kil gibi malzemeler agrega ve bazı organik malzemeler ile bir araya getirilip karıştırılmaktadır [36]. Elde edilen bu karışım kalıplarda şekillendirildikten sonra güneşte kurutulmaktadır. Kurutma işleminin sonunda basınç dayanımı ve su direnci tuğladan daha düşük malzeme elde edilmektedir. Kerpiğin temel malzemeleri kum ve kildir. Bu malzemelere ilave olarak; eğilme dayanımı ve dayanıklılığını arttırmak ve rötre oluşumunu engellemek amacıyla lifli yapıda bir malzeme olan saman eklenmektedir [37].

Kerpiç malzemenin özellikleri kullanılan toprağın cinsine, su ve lif miktarına ve kurutma yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte genellikle birim hacim ağırlığı 1.2-1.6 g/cm², basınç dayanımı 3-20 kgf/cm² ve suda çözülme süresi 25-40 dk arasındadır [38].

Kerpiç malzemenin Anadolu'da Neolitik dönem yerleşimlerinden itibaren kullanıldığı bilinmektedir. Ancak bu malzeme kullanımı genellikle geleneksel köy yerleşimlerinde ilkel bir malzeme olarak tercih edilmiştir. Yerel kaynaklardan kolay temin edilebilen, ekonomik ve sağlıklı olan, üretimi sırasında enerji tüketimine ihtiyaç duymayan ve atmosfere zararlı gaz salınımına sebebiyet vermeyen kerpiç; günümüzde sürdürülebilir yapı malzemelerine karşı duyulan ilginin

artmasıyla birlikte çağdaş yapıların inşasında da tercih edilen malzemelerden biri haline gelmiştir.

Kerpiç yapılar örnek olarak Ricola Bitki Merkezi Şekil 10'da [39] gösterilmiştir.



Şekil 10. Ricola Bitki Merkezi

İsviçre'de bir bitki işleme merkezinin tesisi olan yapı, Mimar Herzog ve De Meuron tarafından tasarlanmıştır. Monolitik blok halinde tasarlanan yapı; bitkilerin tek bir yapıda işlenebilmesi amacıyla inşa edilen bir endüstri yapısıdır. Yapı, bitkilerin işlenmesi için gerekli makinelere hareket alanının sağlanabilmesi için dikdörtgen formda tasarlanmıştır. 2014 yılında inşa süreci tamamlanan yapının duvarlarında bölgeden temin edilen topraktan elde edilmiş kerpiç malzeme kullanılmıştır. Bu malzeme bitki üretim tesisi için gerekli olan iklim koşullarının sağlanmasında etkili olmaktadır. Hazırlanan toprak karışım içerisine, yapıyı rüzgâr ve yağmur gibi dış etkilere karşı koruyabilmek için volkanik tüf ve kireç malzemeleri ilave edilmiştir [16]. Yapıda kullanılan toprak malzemenin nem miktarını da dengelemesinden dolayı, enerji tüketimini sınırlandırmakta ve kullanıcı konforunu en üst düzeye çıkartarak sürdürülebilir bir etki kazandırmaktadır.

Ricola Bitki Merkezi 'nin yapımında kullanılan kerpiç blok duvar Şekil 11'de [40] gösterilmiştir.



Şekil 11. Ricola Bitki Merkezi Kerpiç Blok Duvar

2.5 Ahşap

Geçmiş dönemlerden itibaren mimari yapılarda sıklıkla kullanılan yapı malzemelerinden biri olan ahşabın; yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilir olması, geri dönüşümünün yapılabilmesi ve üretimi, kullanımı ve geri dönüşüm aşamalarında çevreye zararlı herhangi bir etki göstermemesi nedeniyle sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak nitelendirilmesi mümkündür. Ahşap malzeme üretimi sırasında ağaç kesilip kurutulduktan sonra kullanım amacına göre gerekli işleme aşamalarından geçirilmektedir. Ahşap malzeme kullanılarak üretilen ürünlerde kullanılacak olan ağacın türü; ahşap malzemenin yoğunluğu, dayanımı, mukavemeti, akustik, termal ve fiziksel özellikleri ve dokuları üzerinde farklı etkilere neden olduğundan malzeme performansında doğrudan etkin olmaktadır. Bu doğrultuda, ahşap malzeme ile inşa edilecek olan yapıların gerekli dayanım ve konfor şartlarını sağlayabilmesi açısından kullanılacak olan ağacın özelliklerinin bilinerek seçilmesi önem taşımaktadır [41].

Ahşap malzemeler; kolay temin edilebilen, ekonomik, sağlıklı, doğal, hafif ve ısı yalıtım performansı iyi olan malzemeler olmasının yanı sıra ahşap malzeme üretimi ve işlenmesi süreçlerinde diğer malzemelere göre daha az enerji kullanımına gereksinim duyulması, mevcut enerji kaynaklarının korunmasını ve bu enerji kaynaklarının kullanımı sırasında oluşan çevre kirliliğinin sınırlandırılmasında etkili olmaktadır. Ahşap malzeme üretiminde herhangi bir çevresel kirliliğe neden olunmadığı gibi ahşap yapıların inşa sürecinde de çevresel etki en

az seviyede tutulmaktadır. Ahşap malzemeler yapılarıdaki kullanım sürecini tamamladığında; yeniden kullanıma uygun olanlar başka amaçlarla tekrar değerlendirilirken, yeniden kullanıma uygun olmayan malzemeler ise yakıt olarak kullanılabilir [42].

Ahşap malzeme ile üretilmiş olan yapılar; sağlıklı, çevreci, depreme karşı dirençli ve estetik yapılardır. Bunun yanında ahşap malzemenin heterojen ve anizotrop bir malzeme olmasından dolayı malzeme üzerinde oluşan değişimlerin her doğrultuda aynı olmaması, ses yalıtımını sağlayamaması, dış etkilere kolay etkilenebilen bir malzeme olması gibi bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Bu olumsuz özellikleri dikkate alınarak bakım ve koruma uygulamaları modern yöntemlerle yapıldığında ahşabın gelecekte de sürdürülebilir yapı tasarımında kullanılmaya devam edecek malzemelerden biri olmaya devam edeceği düşünülmektedir.

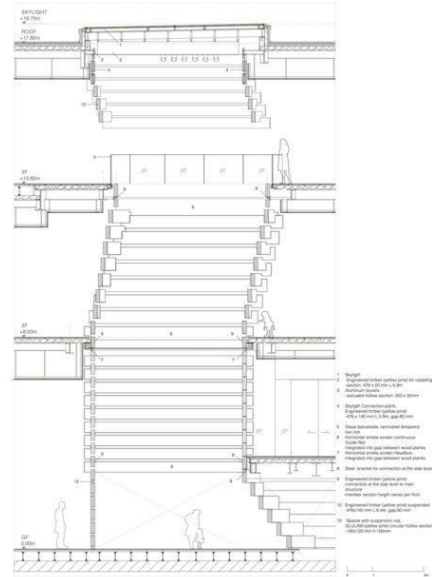
Ahşap malzemenin yapılarda kullanımına örnek olarak Odunpazarı Modern Müze (OMM) Şekil 12'de [43] gösterilmiştir.



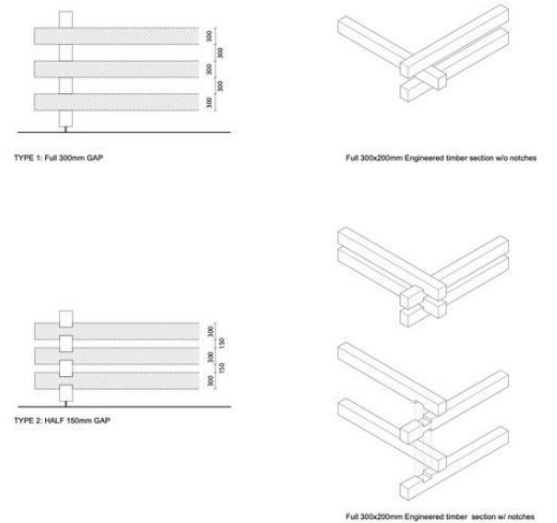
Şekil 12. Odunpazarı Modern Müze (OMM)

Kengo Kuma & Associates mimarlık ofisi tarafından tasarlanan yapının inşa süreci 2019 yılında Eskişehir'de tamamlanmıştır. Yapı, UNESCO Dünya Kültür Mirası Geçici Listesi'ne girmeye hak kazanmış olan geleneksel Osmanlı mimarisinin yapısal özelliklerinden izler taşıyan ahşap konutların yoğun olarak bulunduğu Odunpazarı ilçesinde tarihi bölge içerisine konumlandırılmıştır [44]. Dikdörtgen formlu kütlelerin üst üste dizilmesi anlayışıyla tasarlanan yapıda durağanlık kırılarak dinamik etki kazandırılmıştır. Yapının bulunduğu bölgede ahşap malzemenin yoğun olarak bulunmasından dolayı yapı tasarımında ahşap malzeme kullanımı ön planda tutulmuştur. Yapıda masif ahşap yapı elemanları iç içe geçirildikten sonra köşe noktalardan bağlantıları sağlanmıştır. Yapının dış cephe ve iç mekân tasarımlarının büyük bir bölümünde yer tutan ahşap malzemeler bölgenin tarihsel ve kültürel belleğini modern bir anlayışla yansıtmakla birlikte yapının sürdürülebilirliğine de olumlu etki kazandırmaktadır.

Yapının sistem kesiti ve ahşap elemanların birleşim detayı Şekil 13 [45] ve Şekil 14'te [46] gösterilmiştir.



Şekil 13. Sistem Kesiti



Şekil 14. Ahşap Birleşim Detayı

3. Sonuç

Bu çalışmada, sürdürülebilir yapı malzemeleri ve bu malzemeler kullanılarak inşa edilmiş olan yapılar araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda; yapılarda sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanılmasının yapının daha sağlıklı, konforlu, estetik olmasını sağladığı, bu malzemelerin yapının; dayanım, dayanıklılık, fiziksel, termal ve akustik özelliklerini iyileştirdiği, tamamen doğal olan bu malzemelerin insan sağlığına ve çevre kirliliğine neden olmadığı, üretim ve kullanım aşamalarında az miktarda enerjiye ihtiyaç duymasına bağlı olarak var olan enerji kaynaklarının korunmasında etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Günümüzde teknolojik ilerlemelerle birlikte sürdürülebilir yapı malzemeleri konusunda akademik ve sektörel anlamda yapılacak olan çalışmalarda artış görülmesinin küresel iklim değişikliğini önlemede de etkili olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Tufan, M.Z., Özel, C. (2018). Sürdürülebilirlik Kavramı ve Yapı Malzemeleri İçin Sürdürülebilirlik Kriterleri. Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi, 2(1), 9-13.
- [2] Gilman, R. (1992). Sustainability By Robert Gilman from the 1992 UIA/AIA Call for sustainable community solutions.
- [3] Osso, A., Walsh, T. and Gottfried, D. (1996). Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design,
- [4] Tenikler, G. (2001). İzmir Körfezi'nde Sürdürülebilir Gelecek İçin Kıyı Yönetimi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [5] Hoşkara, E. (2007). Ülkesel Koşullara Uygun Sürdürülebilir Yapım İçin Stratejik Yönetim Modeli. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- [6] Kaya, T.O. (2018). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Önemi. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray.
- [7] Başığit, C., Alkayış, M. H. ve Kartlı, M.İ. (2020). Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri Kullanımının Çevresel Etkileri. The 5th International Symposium on the Environment and Morals, 530-539, Online/ Turkey.
- [8] Aydın, Ö. ve Bayraktar Marangoz, D. (2022). Mimaride Sürdürülebilir Malzeme "Bambu". Bodrum Journal of Art and Design, 1(1),77-94.
- [9] Nicholson, L. (2004). Integrating Sustainable Building Design and Construction Principles into Engineering Technology and Construction Management Curricula. Annual Conference.
- [10] Sayar, Z., Gültekin, A.B. ve Dikmen, Ç.B. (2009). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Ahşap ve PVC Doğramaların Değerlendirilmesi, 5. Uluslararası İleri Teknoloji Sempozyumu (İATS'09), 13-15 Mayıs, Karabük, 2067-2072.
- [11] Hall, M., Djerbib, Y. (2004). Rammed Earth Sample Production: Context, Recommendations and Consistency. Construction and Building Materials, 18 (4), 281-286.
- [12] Gramlich, A. N. (2013). A Concise History of the use of the Rammed Earth Building Technique Including Information on Methods of Preservation, Repair and Maintenance. Doctoral dissertation, University of Oregon.
- [13] Alibeyoğlu, R. N. ve Ökten, M. S. (2021). Sıkıştırılmış Toprak Yapılar Üzerine Bir İnceleme. The Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 11 (3), 1036-1057.
- [14] Windstorm, B., ve Schmidt, A. (2013). A Report of Contemporary Rammed Earth Construction and Research in North America. Sustainability, 5(2), 400-416. <https://doi.org/10.3390/su5020400>
- [15] Nk'Mip Desert Kültür Merkezi https://images.adsttc.com/media/images/537a/b7fe/c07a/8094/6d00/0047/large_jpg/Nk_Mip_278d.050.jpg?1400551399 Erişim Tarihi:16.06.2022.
- [16] Perker, Z. S., Akkuş, K. (2019). Toprak Yapı Malzemesi ile Mimarlık: Çağdaş Uygulamalar Üzerine Bir Değerlendirme. Online Journal of Art and Design, 7(4), 160-172.
- [17] Sıkıştırılmış Toprak Duvar https://images.adsttc.com/media/images/537a/b751/c07a/8021/2100/0051/large_jpg/Nk_Mip_278d.008.jpg?1400551215 Erişim Tarihi:16.06.2022.
- [18] Sıkıştırılmış Toprak Duvar Detayı https://images.adsttc.com/media/images/537a/b897/c07a/80d8/5900/004c/large_jpg/Rammed_Earth_Wall_Section-White.jpg?1400551559 Erişim Tarihi:16.06.2022.
- [19] Krawczuk, K. (2013). Bamboo as Sustainable Material for Future Building Industry. KEA-Københavnss Erhvervsakademi.
- [20] Bayraktar Marangoz, D. (2021). Sürdürülebilir Yapı Malzemesi ve Yapı Elemanı Olarak Bambunun Kullanımına Yönelik Bir Model Önerisi: Doğu Karadeniz Örneği. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- [21] Karahan, A., Öktem, T., Seventekin, N. (2006). Doğal bambu lifleri. Tekstil ve Konfeksiyon, 16(4), 236-240.
- [22] Janssen, J. J. (2000). Designing and building with bamboo (pp. 130-133). Netherlands: International Network for Bamboo and Rattan.
- [23] Demirel, E. (2018). Bambu Malzeme Davranışına Bir Model Olarak Kabuk Strüktür Tasarım ve Şekil Optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [24] Kaminski S., Lawrence A. and Trujillo, D. (2016). Structural use of bamboo. Part 1: Introduction to bamboo. The Structural Engineer, 94(8), 40-43.

- [25] ISO (International Organization for Standardization) 22157. (2019). Bamboo structures — Determination of physical and mechanical properties of bamboo culms — Test methods.
- [26] Panyaden Uluslararası Spor Salonu <https://galeri3.arkitera.com/var/albums/Haber-02/2017/08/16/chiangmai-life-architects-bamboo-sports-hall-panyaden-international-school-thailand-designboom-02.jpg.jpeg> Erişim Tarihi:18.06.2022.
- [27] Castro, F. (2021). Bamboo sports hall for panyaden international school / Chiangmai life construction. <https://www.archdaily.com/877165/bamboo-sports-hall-for-panyaden-international-school-chiangmai-life-construction> Erişim Tarihi: 18.06.2022.
- [28] Bambu Giriş Sistemi <https://galeri3.arkitera.com/var/albums/Haber-02/2017/08/16/chiangmai-life-architects-bamboo-sports-hall-panyaden-international-school-thailand-designboom-06.jpg.jpeg> Erişim Tarihi:18.06.2022.
- [29] Bambu Giriş Sistem Detay <https://galeri3.arkitera.com/var/albums/Haber-02/2017/08/16/chiangmai-life-architects-bamboo-sports-hall-panyaden-international-school-thailand-designboom-04.jpg.jpeg> Erişim Tarihi:18.06.2022.
- [30] Sertkaya, S. N. ve Tokuç, A. (2020). Yaşayan Yapılar: Miselyum ve Mimarlık. M. Dal içinde, Geleneksel ve Çağdaş Mimari Yapılar Üzerine Akademik Çalışmalar (s.3-27). Ankara: İksad Yayınevi.
- [31] Elsacker, E., Vandeloock, S., Brancart, J., Peeters, E., De Laet, L. (2019). 'Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates', PLOS ONE, 4(7), e0213954.
- [32] Jones, M. (2019). Waste-derived Mycelium materials for non-structural and semi-structural applications. Doctoral dissertation, RMIT University.
- [33] HIY-Fİ Görseli [https://src.holcimfoundation.org/img/e66cf31d-e9ab-487f-ba0c-33c40b95187f/h\(true\)/c\(738-1.33333333333333-85.625-14.375-13.1720430107527\)/a15glfusnyhyfi-01.jpg](https://src.holcimfoundation.org/img/e66cf31d-e9ab-487f-ba0c-33c40b95187f/h(true)/c(738-1.33333333333333-85.625-14.375-13.1720430107527)/a15glfusnyhyfi-01.jpg) Erişim Tarihi:19.06.2022.
- [34] Miselyum Tuğlası Üretimi <https://urbannext.net/wp-content/uploads/2017/07/007-4.jpg> Erişim Tarihi:19.06.2022.
- [35] Hyfi Binası yakın görünüm <https://www.inexhibit.com/wp-content/uploads/2014/07/hy-fi-yap-2014-MoMA-ps1-02.jpg> Erişim Tarihi:19.06.2022.
- [36] O'Grady, C. R., Luke, C., Mokrišová, J. and Roosevelt, C. H. (2018). Interdisciplinary Approaches to Understanding and Preserving Mudbrick Architecture in Regional and Diachronic Contexts. *Cogent Arts & Humanities*, 5(1), 1553326. <https://doi.org/10.1080/23311983.2018.1553326>
- [37] Binici, H., Durgun, M.Y. ve Yardım, Y. (2010). Kerpiç Yapılar Depreme Dayanıksız Mıdır? Avantajları ve Dezavantajları Nelerdir?. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(2), 3-9.
- [38] Eriç, M., (1980). Kerpiç Eski Eserlerin Onarımı ve Korunmasında Bir Araştırma. 3.Uluslararası Kerpiç Koruma Sempozyumu, Ankara.
- [39] Ricola Bitki Merkezi https://images.adsttc.com/media/images/5562/7dc3/e58e/ce07/f900/030e/large_jpg/portada_Ricola_Kraeuterzentrum_Construction_25.jpg?1432518076 Erişim Tarihi:21.06.2022.
- [40] Ricola Bitki Merkezi Kerpiç Blok Duvar https://images.adsttc.com/media/images/5562/7ef2/e58e/ce19/1b00/02c8/large_jpg/Ricola_Kraeuterzentrum_Construction_17.jpg?1432518379 Erişim Tarihi:21.06.2022.
- [41] Kartal, B. (2015). Yapılarda Ahşap Kullanımı ve Çağdaş Yapı Teknolojisinde Ahşap Kullanımı. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [42] Frühwald, A., & Pohlmann, K. M. (2002). Nachhaltiges Bauen Mit Holz Herausgegeben Von Der Deutschen Gesellschaft Für Holzforschung-Innovations-Und Service Gmbh, München: Informationsdienst Holz. Online Verfügbar http://www.koehldorfner.de/dl/wir/nachhaltiges_bauen_mit_holz.pdf.
- [43] Odunpazarı Modern Müze <https://www.arkitektuel.com/wp-content/uploads/2019/09/odunpazarı-modern-muze-9.jpg> Erişim Tarihi:22.06.2022.
- [44] Kızıllıkan, G. & Yeşildal, Ö. (2021). Tarihi Dokuda Çağdaş Kültür Yapısının Görsel Etki Değerlendirmesi: Odunpazarı Modern Müze Örneklem Alanı. *İDEALKENT*, 12 (32), 471-491. DOI: 10.31198/idealkent.691338
- [45] Sistem Kesiti <https://www.arkitektuel.com/wp-content/uploads/2019/09/odunpazarı-modern-muze-sistem-kesiti-1-452x640.jpg> Erişim Tarihi:22.06.2022.
- [46] Ahşap Birleşim Detayı <https://www.arkitektuel.com/wp-content/uploads/2019/09/odunpazarı-modern-muze-sistem-kesiti-1-452x640.jpg> Erişim Tarihi:22.06.2022.