

## YEŞİL MALZEME BAĞLAMINDA KERPIÇ

Muhammet Furkan AKBAŞ\*, Macit ASLAN\*\*, Ümit ARPACIOĞLU\*\*\*

### Öz

Mimarlık faaliyetlerinin icra edilmesi sırasında insana ve doğaya bıraktığı etkiler gün geçtikçe gözle görülür biçimde artmakta ve belirginleşmektedir. Uzun bir süre zarfında etkilerini göstermesinden dolayı kısa vadede çok hesaba katılmasa dahi ülkeler ve milletler geçmiş tecrübelerden çıkarılan dersler sonucunda birtakım tedbir ve önlemleri almayı ve bunları belli kriterler doğrultusunda tüm inşaa faaliyetleri için şart koşmayı gerekli görmüşlerdir. Buna paralel olarak, sürdürülebilir mimarlık, yeşil bina ve yeşil malzeme kavramları, mimarlık gündeminde yer edinmiş ve son yıllarda ön plana çıkan konulardan olmuşlardır. Bu bağlamda, yapı kültürümüzün önemli bir malzemesi olan toprak esaslı kerpiç, detaylı bir şekilde ele alınıp incelenmiştir. Sürdürülebilir ve ekolojik malzemelere verilen ulusal ve uluslararası sertifikaların kriterleri analiz edilip özgün bir tablo oluşturulmuş ve kerpicin bu kriterlere ne ölçüde uyum sağladığı tartışılmıştır. Bu doğrultuda, kerpiç malzemesinin yeşil malzeme kategorisine dahil edilme ihtimali sorgulanmış ve savunulmuştur. Geleneksel üretim teknikleriyle yapılan yapılar ve çağdaş üretim olanakları sayesinde inşa edilen çağdaş ve ekolojik yapılar da incelenerek kerpiç malzemenin olanakları ortaya çıkarılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Yeşil malzeme; Toprak esaslı malzeme; Kerpiç; Kerpiç üretim teknikleri

\* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, furkanakbas94@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5413-7892

\*\* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, macitaslan@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0169-5935

\*\*\* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, umit.arpacioglu@msgsu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8858-7499

Copyright© **Eksen** Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi (**Eksen Journal of Dokuz Eylul University Faculty of Architecture**)  
<https://dergipark.org.tr/en/pub/eksen>

Geliş Tarihi: 01.03.2022 Kabul Tarihi: 21.11.2022

## ADOBE IN THE CONTEXT OF GREEN MATERIAL

Muhammet Furkan AKBAŞ\*, Macit ASLAN\*\*, Ümit ARPACIOĞLU\*\*\*

### Abstract

*The effects of architectural practice on human beings and nature have increased and become more evident day by day. Even if it is not considered in the short term due to its effects over a long period of time, countries and nations have found it necessary to take certain measures as a result of lessons learned from past experiences and to stipulate them for all construction activities in line with certain criteria. In parallel, the concepts of sustainable architecture, green building, and green materials have also taken place in the agenda of architectural domain and have become prominent issues in recent years. In this context, soil-based adobe, which is an important material of our building culture, has been studied in detail. The criteria of national and international certificates related to sustainable and ecological materials were analysed and a specific table was created, to discuss the extent adobe meets these criteria. Accordingly, the possibility of including adobe material in green material category was argued and defended. Modern and ecological structures built with traditional production techniques and contemporary production possibilities are examined, and the possibilities of adobe material have been unfolded.*

**Keywords:** Green materials; Soil based material; Adobe; Adobe manufacturing techniques

\* Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, furkanakbas94@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5413-7892

\*\* Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, macitaslan@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0169-5935

\*\*\* Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, umit.arpacioglu@msgsu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8858-7499

Copyright© **Eksen** Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi (**Eksen Journal of Dokuz Eylul University Faculty of Architecture**)  
<https://dergipark.org.tr/en/pub/eksen>

Received: 01.03.2022 Accepted: 21.11.2022

## GİRİŞ

Sürdürülebilirlik kavramı mimarlık alanında uzun süredir üzerinde konuşulan ve yazılıp çizilen güncel bir konudur. Nitekim bu konuda halen yeterli bir bilinç sağlanmadığı görülmekte, mimari faaliyetlerin sonuçları ve doğaya bıraktığı etkiler üzerine yeterince aktif adımlar atılmamaktadır. Mimarlık insanlar için daha iyi hayat koşulları sunmak amacıyla olan bir bilgi ve uygulama alanı iken inşa faaliyetleri doğaya geri dönüşü olmayan zararlar vermektedir. Sonuçları, bugün olduğu gibi gelecekte de etkilerini göstermeye devam edecektir. Küresel ısınmanın artması, ozon tabakasının zarar görmeye devam etmesi ve soluduğumuz havanın gün geçtikçe kirlenmesi insanoğlu olarak doğal çevreye karşı yaptıklarımızla kendimizi ciddi bir sorgulamaya tabi tutmamızı gerektirmektedir. Bu olağan dışı duruma müdahale etme sorumluluğunu ise mimarların, mühendislerin ve inşa faaliyetlerinde olan diğer mesleklerin birlikte üstlenmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir mimarlık kapsamında, inşa faaliyetinin başından sonuna kadar her aşamada doğaya minimum düzeyde zarar vererek ve doğanın sunduğu imkânlardan en üst düzeyde faydalanarak insanlığın gerçek anlamda iyi koşullarda yaşamasına dönük çalışmalar yapılmaktadır. Yapı sektöründe kullanılan malzemeler hem üretim aşamalarında hem de yapıda kullanıldıkları süre zarfında ve doğaya terk edilmeleriyle son bulan hayat döngülerinde doğal çevreyi çok fazla etkilemektedirler. Bu anlamda ekolojik ve yeşil yapı malzemelerinin tercih edilmesi ve kullanımının teşvik edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde yeşil mimarlık ve yeşil malzeme adı altında bir yandan geleneksel ve yerel yapı malzemeleri iyileştirilerek güncel kullanım olanakları sorgulanmakta, diğer taraftan sürdürülebilir yeni yapı malzemeleri için çalışmalar devam etmektedir. Ömrü neredeyse insanlığın ilk yapı yapmaya başladığı zamana dek uzanan ve doğanın insanlığa cömertçe sunduğu toprak malzeme, taşıdığı birçok avantaj ve üstün nitelikleri ile bin yıllardır kullanılmaya devam edilmektedir. Kerpiç, elde edilmesi, üretiminde sanayi tesisleri gerektirmemesi, yapının yaşam döngüsünde çok düşük miktarlarda karbon salınımı yapması, ısı tutma kapasitesinin yüksek olması, insan ve çevre sağlığına olumsuz bir yönü olmaması ve geri dönüşümünün kolay olması gibi özellikleri sayesinde yeşil malzeme tanımına girebilecek kapasitededir.

Bu çalışmada, bir yandan sürdürülebilir mimarlıkta yeşil malzeme olarak kerpicin kullanımı sorgulanırken diğer yandan geleneksel ve çağdaş üretim teknikleri ortaya koyulmuş ve kerpiç malzeme kullanılarak yapılmış yapılar incelenerek, güncel kullanımı somut örnekler üzerinden analize tabi tutulmuştur.

## SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE YEŞİL MALZEME

### Sürdürülebilir Mimarlık

Teknolojinin sunduğu olanaklar dâhilinde yapı ve malzeme alanında da birçok aşama kaydedilmiştir. Fakat bu ilerlemeyle beraber çevre ve ekoloji açısından doğaya birçok zarar verildiği fark edilmiştir. Endüstri ve sanayi üretimi, malzemelerin elde edilmesinde kullanılan fosil yakıtların tükenmeye başlaması, bu malzemelerin doğada yok olma sürelerinin bir hayli uzun olması ve insan sağlığına olan zararları gibi nedenler insanları yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönlendirmiştir. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, malzemenin geri dönüşümü ve doğaya salınan karbonu azaltmaya dönük birçok çalışma yapılmakta ve bütün meslek dallarında olduğu gibi mimarlık alanında da konuyla ilgili araştırmalar ve incelemeler devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile üretiminde çok fazla enerji gerektirmeyen ve geri dönüşümü kolay olan yerel malzeme kullanımı da bir hayli önem arz etmektedir. Bu kapsamda, mimarlık alanında geleneksel ve yerel malzeme üretim tekniklerine olan ilgi son yıllarda gözle görülür oranda artmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı ilk defa Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun 1987 yılında yayınlamış olduğu "Ortak Geleceğimiz" isimli rapor aracılığı ile hayatımıza girmiştir. Sürdürülebilir mimarlık ise inşa faaliyetlerinde; malzeme, enerji, geliştirme alanı ve genel olarak ekosistem kullanımında zararlı çevresel etkileri minimize etmeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilir mimarlık bu anlamda yapısal çevrenin tasarımında enerji kaynaklarına ve ekolojik değerlere bilinçli bir yaklaşımı esas almaktadır. Bu anlamda, imar ve inşa faaliyetlerinin sürdürülebilir olması, içerisinde meydana geleceği doğal çevreye uyum sağlamasına ve

yapımında kullanılacak olan malzeme ve araçların minimum düzeyde enerji harcamasına bağlıdır. İnşa faaliyetinde yapının performansını ve dayanımını kötü etkilemeyecek tarzda düşük enerjili malzeme seçimi, ekolojik ve çevresel bir tutumdur. Enerji etkin bir yapı malzemesi olması için, bir malzemenin yaşam safhasını oluşturan her aşamada minimum enerji tüketmesi ve bunu tasarruflu harcaması gerekmektedir. Doğadan hammadde olarak elde edilmesi, işlenmesi, nakliyatı, yapıda kullanımı ve en nihayetinde ömrünün son bulmasına kadar geçen süre zarfında enerjiyi etkin bir şekilde kullanan malzemelerin tercih edilmesi, yapının enerji verimliliğini arttırmaktadır (Tekin, 2012).

### **Yeşil Malzeme ve Kerpiç**

İnsanlığın var oluşundan bugüne kadar malzemeler temel ihtiyaçların giderilmesi için bir araç olmuştur. İnsanoğlu barınma ihtiyaçlarını ilk çağlarda doğal oluşumlar kullanarak çözmüş ve malzemeyi doğada bulunduğu şekli ile kullanmıştır. İlerleyen dönemlerde insanların gelişen fikir ve algısıyla taşların yontulması, kerpiç üretimi, ahşabın işlenmesi ve bağlayıcı teknolojilerin yardımıyla kalıp tekniklerinin gelişmesinin de eklenmesiyle, karşılıklı etkileşimle gelişerek yol kat etmiştir. Bu yöntemle, tarihte insanın malzemeyle olan etkileşiminin artması, daha temiz ve konforlu alanlar inşa edebilmesine ve yaşam şekillerinin de değişmesine neden olmuştur (Yıldız & Seçkin, 2019).

Son yıllarda sürdürülebilir enerji etkin yapılarda yoğun olarak tercih edilen yerel malzemeler genellikle geleneksel yapılarda da sıkça kullanılan ahşap, taş, tuğla, kerpiç, kireç sıva, bitkisel kökenli malzemeler ve cam olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğadan elde edilen ve doğa ile uyum içerisinde olan toprak esaslı kerpiç malzeme, geçmişten günümüze inşa faaliyetlerinde kullanılmış olup 21. yüzyılda da çağdaş kullanım teknikleri ile özellikleri iyileştirilerek kullanılmaya devam edilmektedir. Bugün dünya nüfusunun yaklaşık % 40 gibi yüksek bir oranı hala kerpiç yapılarda yaşamaktadır. Kerpicin bu kadar yoğun tercih edilmesinin başlıca nedenleri, ekonomik ve kolay erişilebilir olması görülebilir. Fakat bu zorunlu nedenler olmasa dahi kerpiç, taşıdığı güçlü özellikleri ile betonarme ve çelik gibi yüksek maliyetli ve çevreye uzun vadede zararlı olan diğer malzemelere göre daha doğal ve özel bir malzeme olmaktadır. Ulaşılabilirliği, üretiminde yüksek teknoloji sanayi tesislerini gerektirmemesi, yaşam döngüsünde çok düşük miktarlarda karbon salınımı yapması, ısı tutma kapasitesinin yüksek olması, insan ve çevre sağlığına olumsuz bir yönü olmaması ve geri dönüşümünün kolaylığı gibi etmenler, kerpiç yapı malzemesinin sağladığı avantajlardan sadece bazılarıdır.

Ekolojik yapı tasarımı, yapıların az enerji harcaması ve yapı ömrünün sonunda malzemelerin geri dönüşümünün yapılabilmesi ile mümkündür. Sürdürülebilir kerpiç yapılar, doğal sisteme en üst düzeyde uyum sağlarken, yapı içerisinde de kullanıcılara konforlu ve sağlıklı bir ortam sunacak bir niteliğe sahiptir. Kerpiç malzemesinden oluşan yapıları çevreleyen dış kabuk, yapıda enerji verimliliği sağlayarak, doğal havalandırmaya imkân sağlamakta ve pasif havalandırma sistemlerini de içermektedir (Çavuş, Dayı, Ulusu ve Aruntaş, 2015). Tüm bu özellikleri ile kerpiç günümüzde hala ekolojik bir yapı malzemesi olarak büyük potansiyel taşımaktadır.

### **Sürdürülebilirlik Kriterleri Açısından Kerpiç Malzeme**

Sürdürülebilirlik kavramı, kendi içerisinde, sürdürülebilirliğin üç boyutu olarak ifade edilebilen ekonomi, çevre ve toplum kavramlarını barındırmaktadır. Yapılan tasarımların ve kullanılan malzemelerin bu üç kavramı karşılaması gerektiği, biri olmadan diğerinin olmayacağı ve kavramın yüzeysel kalacağı gerçeği göz ardı edilemez. Yeşil malzeme grubunda ele alınan kerpiç malzeme, sürdürülebilirlik kriterlerini karşılamaktadır. Kerpiç yapı malzemesi; yerel malzeme ve iş gücünün kullanılması, atık yönetimi ve geri dönüşüm gibi sürdürülebilirlik kavramının tanımı için kullanılan konuları kapsamakta, sürdürülebilirliğin ekonomi boyutunu bu bağlamda sağlamaktadır. Toprak malzeme; doğada rahatlıkla bulunabilmekte, her ne kadar günümüzde kerpiç ustalarının sayısı azalmış olsa da gerekli iş gücünün bölgesel karşılanması sayesinde yerel ekonomiye katkı sağlamakta ve malzemenin taşınması için herhangi bir lojistik desteğe ihtiyaç duymamaktadır. Atık yönetimi ve geri dönüşüm; sürdürülebilir mimarlık kavramının temellerini oluşturan enerji ve doğal kaynakların korunumu konularını kapsamakta, çevresel ve ekonomi boyutunda bu

kavramı desteklemektedir. Kerpiç malzeme, tamamen geri dönüşebilir olması, tekrar tekrar kullanım olanağı sunması ile ekonomik olarak sürdürülebilirlik kriterlerini karşılamaktadır.

Kerpiç, hammadde olarak elde edilip çeşitli teknikler aracılığıyla yapıda kullanılacak hale dönüşene kadar ve bundan sonra da yapıda kullanım ömrü boyunca doğaya en az zarar veren malzemelerdendir. Yaşam safhasında doğaya çok az karbon salınımı yapmasıyla da çevre dostu olduğu rahatlıkla söylenebilir. Aynı zamanda yapıda kullanım ömrünü doldurduktan sonra tekrar geri dönüştürülebilir olmasıyla da avantajlı bir konumdadır. Kerpiç malzeme tek başına suya dayanıklı olmasa dahi yapıya koruyucu bir saçakla sağlam bir temel eklenmesiyle ve dış yüzeyine sıva uygulanmasıyla çevresel şartlara dayanıklı ve uzun ömürlü bir hale gelmektedir. Kerpiç yapı malzemesi, tarih boyunca birçok farklı toplum tarafından kullanılmış ve yapım aşamasında insanların bir araya gelerek kollektif çalışmalarına neden olduğundan, sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlamıştır. 9 bin yıldan fazla süredir bu malzeme her yerde kolayca bulunabildiğinden insanlar günlük hayatta kullandıkları eşyalardan inşa faaliyetine kadar birçok alanda kerpiçten yararlanmıştır. Kerpicin sosyal sürdürülebilirliğe katkısı olarak 1000 yıldan fazla süredir ayakta olan ve Batı Afrika, Mali'de bulunan dünyanın en büyük kerpiç yapısı Djenne Ulu camii örnek olarak verilebilir. Bölge halkı her yıl bir festival adı altında toplanarak caminin dış cephesini sıvamaktadır. Bu etkinlik sayesinde bir araya gelen yerli halk hem yapının dayanımını arttırmakta hem de sosyalleşerek toplumsal bağlarını güçlendirmektedir.

### **YEŞİL MALZEME BAĞLAMINDA KERPIÇ**

Günümüzde artan hava kirliliği, doğal enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve sonuç itibarıyla oluşan küresel ısınmadan dolayı, yenilenebilir enerji kaynaklarına ve yeşil malzeme olarak tanımlanan doğaya minimum oranda zarar veren malzemelere yönelim zorunluluk haline gelmektedir.

Yeşil malzeme bünyesinde bulunan kerpiç, Türkiye'nin hali hazırda konut stokunun büyük bir kısmını oluşturmakta ve bulunduğu bölgenin kültürel izlerini yansıtmaktadır. Yapının iç hava konforunu düzenleyen, ısı tutma özelliği olan ve nefes alabilirliği sayesinde kullanıcıya ferah bir yaşam alanı sunan kerpiç malzeme, zaman içerisinde çağdaş üretim tekniklerine yenik düşmekte ve yerini üretim ve kullanımda yüksek enerji tüketen betonarme yapım tekniğinin soğukluğuna bırakmaktadır. Bu durum hem sürdürülebilir yapım tekniği açısından hem de mevcut kültürün gelecek kuşaklara aktarımı konusunda riskler barındırmaktadır.

Geleneksel malzemelerin yerine çağdaş yapı malzemelerinin kullanımı yaygınlaşırken, bu malzemelerin çevre ve insan sağlığı üzerinde oluşturdukları etkiler de dikkate alınmalıdır. Geleneksel malzemelere örnek olan kerpiç, üretimden tüketimine kadar bütün aşamalarda en az enerji gereksinimiyle, ekosisteme duyarlı bir ekolojik yapı malzemesidir. Doğadan elde edilen killi toprak ile oluşturulan hem taşıyıcı hem de sıvama malzemesi olarak kullanılabilen, son derece ekonomik bir yapı elemanıdır. En eski çağlardan günümüze kadar asırlar boyu kullanılan kerpiç, özellikle kırsal bölgeler için gerek maliyetinin az olması gerek de üretim tesisi ihtiyacı duymaması, bunlara ek olarak ısı yalıtım değeri yüksek bir malzeme niteliğinden dolayı önemlidir. Her mevsimde, ek bir ısı yalıtım malzemesine ihtiyaç duymadan, yapının içindeki kullanıcıya en uygun yaşam koşullarını sağlamaktadır (Özgünler ve Gürdal, 2012). Son zamanlarda toprak malzemenin farklı formlarda ele alınması, suya dayanımının çeşitli bağlayıcılar ile artırılması ve kullanıcıların taleplerini karşılayacak noktaya gelmesi ile geleceğe dair sürdürülebilirlik bağlamında kullanımının yaygınlaşmasında olumlu izlenimler oluşmaktadır.

### **Geçmişten Günümüze Kerpiç**

Tarih boyunca barınma ihtiyacı insanoğlu için en temel gereksinimlerden biri olmuştur. Göçebe hayat süren insan ırkı, barınma ve korunma ihtiyacını, doğal olarak ortaya çıkmış olan mağara ve kovuk gibi mekanlarda sağlamıştır. Daha sonra neolitik dönem ile birlikte yerleşik hayata geçilmiş ve toprak işlenmiştir. Yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte insanoğlu barınma ihtiyacını doğada rahatlıkla elde edebileceği malzemeler ile gidermeye başlamış ve bu malzemelerin en başında toprak yapı malzemesi kullanılmıştır. İnsanın tarih boyunca binlerce yıldır süre gelen kerpiç malzeme ile olan ilişkisi, mimari bir kültür oluşturmuştur. Dünyada olduğu gibi Anadolu'da da önemli izler bırakmıştır (Arpacioğlu, 2006).

Yapı üretim süreci ve tekniklerinde yaşanan bütün gelişmelere rağmen dünyanın çeşitli yerlerinde yaşayan pek çok insan çeşitli sebeplerle hala toprak yapılarla yaşamını sürdürmektedir. Barınma ihtiyacını gidermedeki avantaj ve faydaları bakımından düşük gelirli insanlar için tercih oluşturan bu yapılar aynı zamanda sağlıklı ve konforlu yaşam sunma, doğanın korunması, enerji tasarrufu ve sürdürülebilirlik gibi konular nedeniyle yüksek gelir düzeyine sahip insanlar için de bir tercih nedeni olmuştur (Kafescioglu, 2017). Bulunduğu bölgede yöre halkı tarafından rahatlıkla ulaşılması, servis ömrünü tamamladıktan sonra ortaya çıkan atık malzemenin tekrar çevreyle uyumlu şekilde rahatça kullanılması gibi nedenlerden dolayı son yıllarda çok sayıda araştırmacı tarafından kerpiç malzemenin özelliklerinin iyileştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmalar, geleneksel yapı malzemesi olarak düşünülen kerpicing çağdaş bir yapı malzemesi olarak da kullanılabilceğini göstermektedir (Çavuş ve diğer., 2015).

## KERPIÇ YAPI MALZEMESİNİN GELENEKSEL ÜRETİM VE KULLANIM BİÇİMLERİ

Kerpiç, yapı malzemesi olarak birçok farklı biçimde kullanılagelmiştir. Anadolu ve Mezopotamya'da asırlar boyunca kullanımı sayesinde malzeme daha iyi tanınmış ve birçok farklı teknik kullanılarak hem güçlendirilmiş hem de dayanıklılığı arttırılmıştır. Bu teknikleri iyi çözümlenip anlamak ve bunları çağdaş teknolojinin sunduğu olanaklarla buluşturarak daha iyi hale getirmek önem kazanmaktadır.

### Kerpiç Tuğla Örgüsü ile Üretim Tekniği

Önceden hazırlanmış olan balçık hamuru, boşluğa mahal vermeyecek biçimde ahşap kalıpların içine sertçe vurulmaktadır. Mümkün olduğunca sıkıştırılıp üzerine basılarak kalıba iyice yerleşmesi ve gözeneksiz olması sağlanmaktadır. Dökme işlemi tamamlandıktan sonra dış formunu kazanmaya başlayan kerpiç bloklar kalıptan ayrılmakta ve kurumaya bırakılmaktadır (Şekil 1). Bu yöntemle genel olarak iki farklı boyutta blok üretilir. Bunlardan biri 6,5x12x12, diğeri ise 12x25x38 cm'dir.



**Şekil 1.** Örgü yöntemiyle kerpiç üretim aşamaları (a) Kalıplama işlemi; (b) Kurutma işlemi; (c) Kurutulmuş kerpiç  
(Kaynak: (a),(b),(c) Inspedia, 2020)

Kalıptan ayrılan kerpiç blokları, direkt güneşe maruz kalırsa çatlama olabileceğinden, üzerine bitkisel atıklar (ot, saz, saman) serpilmeğe ya da kum dökülmektedir. Kuruma işlemi devam ederken, kerpiç tuğlaları önce kılıcına oturtulmakta, daha sonra da dikine bırakılmaktadır. Kuruma tamamlandıktan sonra kerpiç tuğlalar bir sundurma ya da saçak altında saklanarak, tuğlaların bırakılacağı zemine, kum ya da benzer bir malzeme serpilmeğe. Saklanan yerin çevresine de gerekirse hendekler yapılarak olası hava yağışlarına karşı tedbir alınmaktadır. Kuruma işlemi bittikten sonra yapının bütün duvarları kerpiç tuğlalar ile örülebilmektedir. Bu yöntem, Anadolu'da en çok kullanılan kerpiç üretim metotlarından biridir.

### Dökme / Dövme Tekniği ile Kerpiç Üretimi

Çin Seddi yapılırken belli bir kısmının dökme / dövme kerpiç (sıkıştırılmış toprak) ile yapıldığı düşünüldüğünde, bu tekniğin ne kadar eski bir kullanıma sahip olduğu tahmin edilebilmektedir. Günümüzde çağdaş yapı malzemeleri ve yeni inşa teknikleri ile bu tekniğin kullanımı eskisi kadar yaygın olmamasına karşın, sürdürülebilir ve ekolojik mimari kapsamında bu teknik tekrar gündeme gelmiş ve üzerinde yeni çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

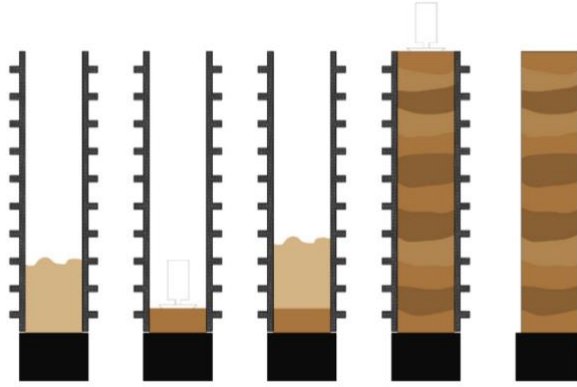
Dökme / dövme tekniği ile kerpiç duvar üretimi için önce ahşap kalıplar hazırlanmaktadır (Şekil 2). Duvar kalınlığına bağlı olarak (25-45 cm) ortalama 50-75 cm yüksekliğinde ve 500-665 cm kalınlığında ahşap kalıp yapılmaktadır. Ahşap kalıp yüksekliğinin 75 cm'yi aşması, taşıma ve montaj açısından zorluklar çıkaracağından uygun değildir. Kalıp levhalarının kalınlığının 3-4 cm ve suya karşı korunmuş (emprenye edilmiş) olması gerekmektedir. Çağdaş kerpiç yapım yöntemlerinde kalıp olarak ahşap yerine metal kullanımı sayesinde daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bu kalıbın içine kerpiç karışımı dökülerek karışım tokmaklanmakta ve sıkıştırılmaktadır. Böylece kalıbın içindeki boşluklar kapatılarak malzeme dayanımı artırılmış olmaktadır. Döküm esnasında kerpiç çamurunun kalıbın her tarafına eşit ve boşluk kalmayacak bir şekilde yayılması sağlanmaktadır (Şekil 3). Gerekirse kalıbın dökme ve dövme işleminden hasar görmemesi için kuşak ve gergiler aracılığıyla güçlendirilmektedir.

Duvar inşa edilmeden projede yer alan kapı ve pencere boşlukları tespit edilip dökme sırasında kalıplar buna göre yerleştirilmektedir. Gerektiği durumlarda, duvardaki açıklıkları sınırlandıran yerlere dikey latalar bırakılmakta ve bunlar daha sonra yerleştirilecek kapı ve pencerelerin çerçevesini belirlemiş olmaktadır. Duvar yükselirken her tarafta aynı seviyede olmasına dikkat edilmekte ve duvarın düz olması için gerekli tedbirler alınmaktadır. Eğer yeterli kalıp malzemesi varsa bütün duvarın tek seferde yükselmesi daha iyi sonuç vermektedir. Dökme ve dövme işlemine duvarın ortasından başlanarak köşelere gidilmektedir. Kalıbın içindeki kerpiç gerekli seviyeye ulaştığında sökülüp bir üst katman için tekrar montaj yapılmaktadır. Kalıbın içindeki kerpicing sertleşmesinden sonra, ahşap tahtalar yana ya da yukarı kaydırılarak dökme işlemi devam etmektedir. Kalıplar tekrar tekrar kullanılacağı için takılıp sökülürken hassas hareket edilmektedir. Duvar köşelerinde ve duvarların birleştii noktalarda hassas işçilik ve bağlantı detay çözümleri gerekmektedir. Ayrıca bu sistemle yapılan dış duvarlar belli noktalardan iç duvara entegre edilmekte ve buradaki bağlantı detayları kalıplarla birlikte düşünölmektedir.



**Şekil 2.** Dökme / Dövme tekniği geleneksel kerpiç duvar üretimi (**Kaynak:** Field Study of the World, 2017).

Geleneksel yöntemde dövme işlemi için kerpiç tokmakları kullanılmaktadır. Bunlar, dayanımı yüksek ağaçtan ya da demirden yapılabilmektedir. Yeni inşa tekniklerinde bu tokmakların yerine basınçlı dövme aletleri de kullanılmaktadır.



Şekil 3. Dökme / Dövme tekniği ile kerpiç duvar üretimi (Kaynak: Rammed Earth, 2015).

Dökme / dövme tekniği betonarme döküm sistemine benzemektedir ve maliyet olarak diğer kerpiç üretim tekniklerine göre daha avantajlı olmaktadır. Kalıp sisteminde iyi işçilik ve uygun detay çözümleri, büyük önem taşımaktadır (Şekil 4). Dövme tekniğinin diğer bir avantajı da tokmakla sıkıştırılmış kısımların ilk dayanımlarını kazanması ve bu sayede kurumalarını beklemek için çok fazla zaman kaybedilmemesidir.



Şekil 4. Dökme / Dövme tekniği ile üretilmiş kerpiç yapı örneği (Kaynak: Archdaily, 2019).

### Omurgalı Kerpiç Üretim Tekniği

Omurgalı kerpiç üretimi, dövme tekniğe benzer biçimde kalıplar kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 5). Bu sistemle yapılacak duvarda daha yoğun kıvamda bir kilin kullanılması gerekmektedir. Kalıbın iç kısmına enine ve boyuna ahşap çubuklar yerleştirilmektedir. Enine yerleştirilen ahşap örgü hatıl, düşeyde 35-60 cm aralıklarla bırakılmaktadır. Bu çubuklar 2-3 cm kalınlığından daha az olmakta ve bir arada hareket etmelerini sağlamak amacıyla ipler ya da ince dallarla birbirine bağlanmaktadır. Dikey omurga çubukları, bu



yatay örgüye bağlanmaktadır. Duvarın içinde kalan ahşap omurgalar, duvarda oluşacak çatlama ları ve rötreyi minimize ederek duvar dayanımını yükseltmektedir. Dikmeler yerleştirildikten sonra hamur kıvamındaki yoğun killi kerpiç kalıplara dökülerek tokmaklarla sıkıştırılmaktadır. Dikey olarak yerleştirilen ahşaplar, tokmaklamayı engellemeyecek biçimde yerleştirilmektedir.



Şekil 5. Omurgalı kerpiç üretim tekniği ile yapılan geleneksel bir yapı (Kaynak: Shutterstock, 2020).

### Ahşap Taşıyıcı Kerpiç Üretim Sistemi

Yapının taşıyıcı kısmını ahşap iskeletin oluşturduğu sistemdir. Düşeyde ahşap dikmeler, yatayda ise ahşap taban ve kirişlemeler kullanılmaktadır (Şekil 6). Yük, ahşap elemanlar aracılığıyla aktarılır. Ahşap iskelet arasına kerpiç tuğlalar örülerek duvar doldurulmaktadır. Sistem tamamlandıktan sonra açık bırakılabilmekte ya da üzerine sıva yapılarak korunabilmektedir. Anadolu'da ahşap taşıyıcı kerpiç dolgulu bu sisteme çok sık rastlanmaktadır. Genellikle birden fazla kat adedi olan yapılarda kullanımı söz konusudur. İçerisine kerpiç dolgu yapılarak inşa edilen ahşap konstrüksiyon, dolgu malzemenin sağladığı enerji yutma özelliği ve ahşap konstrüksiyonun verdiği süneklik ve enerji yayımı sayesinde depreme karşı da dayanıklılığı olan bir yapım sistemidir.



Şekil 6. Ahşap taşıyıcı kerpiç dolgu sistemi ile yapılmış bir konut örneği (Kaynak: World All Details, 2020).

## DÜNYADAN VE TÜRKİYE'DEN TASARIM ÖRNEKLERİ

### Rauch Evi (Avusturya, 2008)

Avustralya'nın Voralberg bölgesinde 2008 yılında Martin Rauch tarafından tasarlanan konutta, konumu ve karakteri ile topografya eğimine ve peyzaj bağlamına önem verilmiştir (Şekil 7). Monolitik bu yapı, heykelsi bir blok şeklinde sıkıştırılmış toprak duvar tekniği ile oluşturulan ekolojik bir yapıdır. Dış kullanımda sıkıştırılmış toprak, ışık haslığı ile ayrı bir etki oluşturmakta, kuruma aşamasından sonra doğal renklerini koruyarak orijinal tonunu değiştirmemektedir. Yapının cepheleri renk değişikliğine uğramadan uzun zaman direnç gösterirken, yüzey parlaklığı zaman içerisinde artmaktadır. Dış duvarlarda kullanılan tokmaklı toprak, ek bağlayıcılarla stabilize edilmemekte ve bu yüzden nem ve hava şartlarına karşı korunmaktadır. Sıkıştırılmış toprak duvarlar, iç mekânda sıcaklık ve havadaki nem dengesi açısından son derece önemlidir. Sıcaklık zirvesini ve havadaki nem içeriğini azaltarak kullanıcıya nitelikli bir iç mekân sunmaktadır (Lehmtonerde-1,2021).



Şekil 7. Rauch Evi (Kaynak: Lehm Ton Erde, 2021).

### Feldkirch Hastanesi (Avusturya, 1993)

Hastane olarak kullanılan bu yapı, 1993 yılında Avusturya'nın Feldkirch bölgesinde tamamlanmıştır. Aynı zamanda ana giriş olarak da kullanılan galerisi ile dikkat çekmektedir. 180 metre uzunluğundaki galeride 6 m. yüksekliğindeki sıkıştırılmış toprak duvar, iklimsel düzenleyici işlevi görmektedir ve güneşe bakan eğimli cam cephe ile zıtlık oluşturmaktadır. Bu koridor, birçok birimi birbirine bağlamakta ve hastaların yürüyüş yapabileceği bir kış bahçesi işlevi görmektedir. Yapının planlama aşamasında yarışmaya açılan bu kısım, Martin Rauch tarafından tasarlanmıştır. Sıkıştırılmış toprak duvar, iklimsel düzenleyici işlevi görebilen giriş koridoruna etkin ve teknik bir estetik sunmaktadır (Lehmtonerde-2,2021). İç mekân kalitesini düzenleyen sıkıştırılmış toprak blok, toprağın dinlendirici etkisi ile hasta psikoloji açısından da olumlu etki yaratmaktadır. Enerji açısından güneş ışığı ile ısınan sıkıştırılmış toprak blok, trombe duvarı işlevi görmektedir, gün içerisinde depoladığı bu ısıyı, gece saatlerinde yapının iç mekanına aktarmaktadır (Şekil 8).



şekil 8. Feldkirch Hastanesi (Kaynak: Lehm Ton Erde, 2021).

#### Biyo Kadıovacık Evi (İzmir, 2019)

İnsana ve çevreye saygılı yapılaşmanın örneğini ortaya koymak üzere yapı biyolojisi ve ekolojisi ilkelerince tasarlanan Biyo Kadıovacık Evi, ikisi konut, biri ofis olmak üzere, üç bağımsız birimli 226 m<sup>2</sup> alana oturan tek katlı bir yapıdır. Yapı Biyolojisi ve Ekolojisi Enstitüsü'nün ofisinin de yer aldığı bu yapı, And Akman ve Mehmet şenol tarafından tasarlanmıştır (şekil 9,10). Yapının tasarlanan biçim ve yönelimi, cephelerinin konumuna göre ısı depolama ve yalıtımını sağlayan farklı dış duvar çözümleri, pencere açıklıkları ve çatı uygulamaları sayesinde, bina yazın kendini serin tutabilirken, kışın da minimum yapay iklimlendirme ile sıcak kalma performansı göstermektedir (Akman ve şenol, 2019).



şekil 9. Biyo Kadıovacık Evi (Kaynak: Akman ve şenol, 2019).



şekil 10. Biyo Kadiovacık Evi (Kaynak: Akman ve şenol, 2019).

Taşıyıcı sistem olarak uzun ömrü ve depreme dayanımı nedeniyle, ahşap karkas duvarlarda, kerpiç üzerine toprak siva ve daha sonra kil boya olacak şekilde tamamen ekolojik bir yapım tekniği kullanılmıştır. Yapının iç hava koşullarını iyileştirme özelliği, nefes alabilirliği, yapı malzemelerinden kaynaklı zararlı gaz açığa çıkarmaması, ısı depolama kapasitesi ve ekolojik değerleri nedeniyle hem duvar dolgusu hem de i yüzey sıvası olarak toprak kullanılmıştır. i havanın nem oranı da yine toprak duvar ve siva ile dengelenmektedir. Dış duvara hem su ve ısı yalıtımı hem de nefes alabilirlik özelliği sağlayan perlit bazlı siva uygulanmıştır. Yapının kuzeydoğu cephesinde kerpiç malzemeye ek olarak, ısı yalıtım özelliğinden dolayı, şekil 11 ve şekil 12’de grldğu gibi, saz kamışı kaplaması uygulanmıştır. Özellikle güney cephesinde, ısı depolama özelliğinden ve depoladığı ısıyı gece saatlerinde yapının iç mekanına aktarmasından dolayı, yalnızca kerpiç kullanılmıştır (Akman ve şenol, 2019).



şekil 11. Saz kamışı ve kerpiç (Kaynak: Akman ve şenol, 2019).

Güneydoğu yönüne yerleştirilmiş fotovoltaik paneller ile evin ısınma ihtiyacını karşılayacak elektriğin üretilmesi sağlanmaktadır. Üretilen bu doğru akım, iç mekân yüzeylerini kaplayan toprak sıvanın içine yerleştirilmiş rezistanslı borularla duvar yüzeyleri üzerinden evi ısıtmaktadır. Yaz mevsiminde iç mekânlarda serinliğin kendiliğinden sağlanması amacı ile, cephelerde +3,50 kotundan geçen bant pencereler hem havalandırma hem ışıklık işlevi görmektedir. Her cephedeki pencere açıklıkları ve yükseklikleri buna göre belirlenmiştir. Güney, güney doğu ve güney batı duvarlarının ısı depolama kapasitesinin yüksek olarak tasarlanması ve pencerelerden kaynaklanan sera etkisi sayesinde, bölgedeki kış aylarında güneşli gün sayısının çokluğundan yararlanılarak, iç mekânlarda konfor sıcaklığına erişilmektedir. Pasif mimari çözümlerle yapının ısınma ve soğutması için gereken enerjiyi sifira indirgemek amaçlanmıştır (Akman ve şenol, 2019).



**şekil 12.** Biyo Kadiovacık Evi Kuzey Cehesi (**Kaynak:** Akman ve şenol, 2019).

## DEĞERLENDİRME ve YÖNTEM

Bu çalışmada, öncelikle sürdürülebilirlik kavramı ele alınarak, mimarlık alanındaki etkileri ve yansımaları ortaya çıkarılmış ve genel bir değerlendirme yapılmıştır. Daha sonra, sürdürülebilir mimarlık bağlamında yeşil ve ekolojik binalar ve bunların en temel unsurları olan yeşil malzemeler konusu irdelenmiştir. Malzemenin yapı sektöründe çok büyük bir pay kapladığı düşünöldüğünde, yeşil bina tasarımından söz edildiğinde, kaçınılmaz olarak yeşil malzemenin ne olduğu ve bu tür malzemelerin nasıl geliştirilebileceği de söz konusudur. Bu, işverenler, kullanıcılar ve tasarımcılar için uzun vadede büyük önem arz ederek doğal çevreyle uzlaşan bir duruş olacaktır. Toprak esaslı kerpiç malzeme bin yıllardır kullanılmakta olup günümüzde de dünyanın farklı yerlerinde değişik tekniklerle inşa faaliyetlerinde tercih edilmektedir. Doğal bir malzeme olarak çevreye kullanım ömrü süresince neredeyse hiç zarar vermemekte ve kullanımı sonlandıktan sonra da geri dönüşümü mümkün olmaktadır. Bunların yanı sıra pek çok olumlu niteliği olan toprak esaslı kerpiç, yeşil malzeme kategorisinde yer alma niteliğine sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmada, kerpicin yeşil malzeme kategorisine dâhil edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Kerpicin geçmişten günümüze devam eden farklı üretim tekniklerine de ışık tutularak, malzemenin çağdaş mimarlıkta ne gibi kullanım olanaklarına yol açabileceği, örnekler üzerinden sorgulanmıştır. Farklı coğrafyalarda farklı yöntemlerle üretilen kerpiç yapıların, günümüzün çağdaş yapılarındaki potansiyeli, örnekler üzerinden somutlaştırılarak, gelecekte nasıl bir yol haritası izlenmesi gerektiğine dair ipuçları verilmiştir.

Çalışmanın kalanında, ekolojik malzemelere verilen, dünyada ve ölkemizde geçerli sertifikalar (LEED, BREAM, EPD, CRADLE TO CRADLE, ENERGYSTAR, HPDs) genel çerçevede incelenmiş olup bunların kerpiç malzeme ile ne ölçüde uyuluğu, özgün bir tabloya işlenerek ortaya çıkarılmıştır.

EPD Çevresel Ürün Beyanları, uluslararası bir sertifika sistemi olan EPD (Environmental Production Declaration), malzemelerin Yaşam Döngüsü Analizi (LCA = Life Cycle Assessment) kapsamında doğaya verdiği etkinin özgür bir denetleme ve şeffaf bir tescillendirme ile karşılaştırılabilir bir raporlama hizmeti sunmasıdır. Bu raporlar, uluslararası çapta ISO 14025 ve Avrupa yapı malzemeleri için EN 15804 kriterleri ile uyumlu biçimde gerçekleştirilmektedir. Hali hazırda EPD, 26 ülkede çalışmalarını sürdürmektedir. Bu sertifika sistemi dâhilinde olan bir malzemenin çevre dostu olduğu çıkarımı yapılamamaktadır. Ancak, malzemenin üretim kademesinden son kullanımına kadar, tüm çevresel bilgileri kapsadığından, kullanıcı dostu ve şeffaf bir bilgilendirme sunan bir doküman özelliği taşımaktadır. Bu anlamda, malzemenin hammaddesinin elde edilmesi, enerji tüketimi ve verimliliği, materyal ve kimyasal içeriği, doğaya verdiği emisyonlar ve çevresel atık oluşumu gibi birçok standart ile emisyon üretimini ve ekolojik ayak izini takip etmektedir.

Cradle to Cradle Product Program (Beşikten Beşiğe Sertifikasyonu), Cradle to Cradle sertifikası malzeme üretici ve tasarımcıları ile devam eden ilerleme kademesinde, malzemeyi farklı kategoriler altında değerlendirmektedir:

- Sağlıklı malzeme,
- Malzeme geri dönüşümü,
- Yenilenebilir enerji ve karbon yönetimi,
- Su yönetimi,
- Sosyal sorumluluk.

Malzeme, bu kategorilerin her birinde ayrıca değerlendirilerek, Basic (temel), Bronze (Bronz), Silver (Gümüş), Gold (Altın) ya da Platinum (Platin) derecelerinden birini almaktadır. Malzemeye verilecek toplam başarı ise farklı farklı değerlendirmelerden alacağı en düşük başarı ile temsil edilmektedir. İki yılda bir, üretici firma, malzemenin iyileştirildiğine dair beyanda bulunmakta ve doğrulanırsa ürün tekrar sertifika almaya hak kazanmaktadır. Amaç, malzemenin sürdürülebilirlik haritasını ortaya çıkarmak ve malzemenin kullanım ömrü dolduktan sonra nasıl geri dönüştürüleceğine dair çözümler sunmaktır. Bu sayede, kullanım ömrü tamamlanmış bir malzeme, dönüşüm sürecine tabi tutularak, yeni bir malzemenin hammaddesi olmaktadır. Benzer biçimde, malzeme iyi olarak nitelendirilmese bile, içinde barındırdığı kötü özelliklerini, örneğin doğaya ve insan sağlığına zararlı içerikler, atık üretimi ve fazla miktarda su kullanımı gibi etkenlerin minimuma indirgenmesini ve bunların iyileştirilmesini üretici firmadan talep edip teşvik etmektedir.

Energy Star, dünya üzerinde enerji verimliliği alanında başta gelen gönüllü bir programdır. Çevre Koruma Kurumu (Environmental Protection Agency) ve Amerika Enerji Bakanlığı (U.S. Department of Energy) ile birlikte 1992 yılında kurulmuştur. Energy Star, Amerika Birleşik Devletleri'nde geçerli olmakla birlikte, bir ürünün enerji etkin olup olmadığının işaretidir. Bir ürünün Energy Star markası alabilmesi için programın tüm gerekliliklerini yerine getirmesi gerekmektedir. Türkiye'de bu program Tuv Súd (Teknik Denetim Kurumu) tarafından yürütülmektedir. Programın genel amacı, enerjiyi etkin kullanan malzemeler ve uygulamalar aracılığıyla müşteriye ekonomik olarak yararlı olmak, para tasarrufu yapmak, doğal çevreyi korumak ve iklim değişikliği ile oluşan sera etkisini azaltıp minimuma indirmektedir.

HPDS (Health Product Declarations) Sağlıklı Ürün Beyanları sertifikası, kar amacı olmayan, müşteriye esas alan bir kuruluştur. Açık, şeffaf ve yenilikçi malzeme üretim zinciri oluşturmak istemektedir. HPD ekibi, malzemenin içeriğini ve sağlıklı olmayan koşulları doğru biçimde raporlamak için açık bir standart formatı oluşturmaktadır. Fakat kullanım ömrü, analizi ve üretilirken tüketilen yan malzemelerden doğan olası sağlık değerlerini, eğer sonuç üründe gözlenmiyorsa ele almamaktadır. Bu deklarasyonun son hedefi, malzeme içeriği ve bu içerikte sağlığa zarar vermesi olası bileşenleri açıkça ortaya koymaktır.

LEED, 1998 yılında ABD Yeşil Binalar Konseyi tarafından oluşturulan Leed Sertifika Sistemi, yapılarda toplum ve çevre sağlığına duyarlı olarak sürdürülebilir yerleşim yeri tasarımı, doğa ile dost malzeme seçimi, suyun etkin kullanımı, enerji etkinliği ve iç hava kalitesi gibi ölçütleri temel alarak oluşturulmuş dünyada en bilinen yeşil yapı sertifika programlarından biridir.

BREEAM, 1990 yılında İngiltere’de bulunan BRE (Building Research Establishment) tarafından geliştirilen BREEAM (Building Research Establishment’s Environmental Assessment Method) sertifika sistemi, yapı çevre için dünyanın ilk sürdürülebilirlik derecelendirme şemasıdır ve Birleşik Krallık’ta yapı tasarımı, inşaat ve kullanım aşamalarında sürdürülebilirliğin ciddi bir şekilde ele alınmasında katkıda bulunmuştur. BREEAM, uluslararası operatörler, değerlendiriciler ve endüstri profesyonellerinden oluşan büyük bir organizasyon ile dünyada hemen hemen her yerde uygulanabilecek uluslararası bir standarttır.

Tablo 1’de görüldüğü gibi, kerpiç yapı malzemesi, uluslararası ölçekte sürdürülebilir malzemelere verilen sertifikaların standartlarına büyük ölçüde uyum sağlamakta ve yeşil malzeme statüsünde kabul edilebilecek bir yapıya sahiptir.

	LEED	BREEAM	EPD	CRADLE TO CRADLE	ENERGYSTAR	HPDS	KERPİÇ MALZEME		
							Çok Verimli	Verimli	Verimsiz
CO <sub>2</sub> Salınımının Azaltılması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
İnşaat Sırasındaki Kirliliğin Önlenmesi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
NOx Emisyonunun Azaltılması		✓					✓		
Yalıtım Malzemelerinin Küresel Isınmaya Etkilerinin Azaltılması		✓	✓		✓	✓	✓		
Sürdürülebilir Malzeme Seçimi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Geri Dönüştürülebilir Malzeme Seçimi	✓	✓		✓	✓		✓		
Bina İskeletinin ve Kabuğunun Yeniden Kullanımı	✓	✓	✓			✓		✓	
Yöresel Malzeme Temini	✓						✓		
Akustik Performans		✓	✓		✓	✓		✓	
Düşük Uçucu Organik Bileşenli Malzeme Kullanımı	✓						✓		
İç Mekan Hava Kirliliğinin Önlenmesi	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
Yangın durumunda emniyet			✓		✓	✓	✓		
Su yönetimi	✓	✓		✓					✓
Gürültüye karşı koruma		✓	✓			✓		✓	
Sosyal uygunluk				✓			✓		
Malzeme yönetimi	✓	✓		✓			✓		
Malzeme sağlığı	✓	✓		✓			✓		
İnsan sağlığına duyarlılık	✓	✓		✓	✓	✓	✓		
Ekonomik					✓		✓		
Zaman tasarrufu					✓		✓		

**Tablo 1.** Sürdürülebilir malzeme kriterleri ve kerpiç (Kaynak: Çalışma kapsamında yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

EPD (Environmental Production Declaration), diğer adıyla ‘Yaşam Döngüsü Analizi’, malzemelerin üretim aşamasından kullanım ömrünün sonuna kadar çevreye olan duyarlılığına ve kimyasal yapısına bakılarak verilen bir sertifika olması bakımından, kerpiç malzemesine de büyük ölçüde uyum standartlara sahiptir.

Cradle to Cradle (Beşikten Beşiğe Sertifikasyonu) sertifikasının ise malzemenin sağlıklı olmasına, geri dönüşümünün mümkün olmasına, yenilenebilir olmasına, karbon salınımının düşük olmasına ve sosyal etkilere karşı şeffaf bir tutum sergilemesine bağlı olarak değerlendirme yaptığı göz önünde tutulursa, kerpicin de bu kriterleri çoğunlukla sağladığı kolayca görülebilmektedir. Kerpiç, bu sistemde kriterleri bütünüyle sağlamasa bile sertifikanın farklı derecelendirme ve değerlendirme (Platin, Altın, Bronz, Temel) seviyelerinden birine sahip olacak kapasitededir.

Energystar sertifikası ise esas olarak bir malzemenin enerji etkin olup olmadığının göstergesidir. Türkiye’de de Tuv Súd tarafından yürütülen bu program genel olarak malzemenin enerji tasarruflu olmasına, ekonomik olmasına, doğal çevreye duyarlı olmasına, sera gazı salınımının düşük olmasına bağlı olarak verilen bir belgedir. Kerpicin de tüm bu özelliklere sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda toprak esaslı bu malzemenin Energystar sertifikasını da rahatlıkla alabileceği görülmektedir.

Malzemenin içeriğinin insan sağlığına ve doğal çevreye duyarlı olmasına ve üretiminde oluşan yan ürünlerin de çevreye minimum zararlı olmasına bağlı olarak verilen HPDs sağlıklı ürün beyannamesi, kerpicin de kolayca dâhil olabileceği bir beynamedir.

Dünyaca bilinen sertifika sistemi Leed, malzemenin çevre dostu olmasını, suyu tasarruflu kullanmasını, enerji etkin olmasını ve kullanıldığı yapının iç hava kalitesini olumlu yönde etkilemesini göz önünde tutan bir yol izlemektedir. Kerpiç de tüm bu özellikleri bünyesinde barındırdığı için bu sertifikaya dâhil olması kaçınılmazdır.

BREEAM sertifika sistemi, yapı ve yapı malzemelerinin çevreye olan etkilerini tasarım, inşa ve kullanım kademelerinde denetlemekte ve değerlendirmektedir. Kerpiç malzeme, üretim, kullanım ve kullanım ömrü sonunda geri dönüştürülebilme özelliği ile, BREEAM sertifikasının tüm gerekliliklerini karşılayabilecek kapasitede bir malzemedir.

Toprak esaslı kerpiç malzeme, binlerce yıldır kullanılan yerel bir malzeme olması, çevreye hemen hemen hiçbir zararlı etkisinin bulunmaması, kolay erişilebilirliği ve ucuzluğu, ısı tutma kapasitesinin yüksekliği, karbon salınımının minimum düzeyde olması, insan sağlığını tehdit eden unsurları bünyesinde barındırmaması, farklı iklim koşullarında konfor şartlarını kullanıcılara sağlaması ve yaşam döngüsünün sonlarında geri dönüştürülerek tekrar kullanılabilmesi gibi özellikleri ile yeşil malzeme kategorisine dâhil edilebilecek bir yapıdadır.

## SONUÇ

İnsan yaşamının en temel içgüdülerinden biri olan korunma içgüdüsünü karşılamak adına inşa edilen barınma mekanları, milyonlarca yıl süre gelen teknolojik gelişmelerin de etkisiyle çeşitli formlarda karşımıza çıkmakta ve özünde aynı amaca hizmet etmektedir. Doğal kaynakların hızla tüketilmesi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan problemler, tüketim anlayışımızda olduğu gibi yapı üretim biçimlerinde de son dönemde birtakım gelişmelerin yaşanmasına, ekolojik yapı üretim anlayışının ön plana çıkmasına sebep olmuştur. Doğal yapı malzemelerinden uzaklaşarak endüstriyel yapı malzemelerinin tercih edilmesi, doğaya geriye dönüşü olmayan zararlar vermektedir. Bu nedenle, yapı üretiminde kolaylıkla ulaşılabilen, geri dönüşebilen, doğa ile uyumlu ve minimum zarar veren yeşil malzemelere olan talep artmaktadır.

Sürdürülebilir mimari ve yeşil malzeme konuları bağlamında, doğa ile uyumlu malzemelerin başında toprak malzeme gelmektedir. Çeşitli katkı ile binlerce yıldır yapı üretim alanında yaygın bir şekilde kullanılan toprak malzeme, endüstri devrimiyle birlikte yerini doğaya zarar veren malzemelere bıraksa da ekolojik bilincin oluşmasıyla birlikte yeniden ele alınmakta ve çeşitli üretim kültürü ve teknikleriyle yeniden öne çıkmaktadır. Bu bağlamda birtakım deneyler yapılmaktadır. Yapılan deneylerden birinde, toprak malzemenin yeniden kullanımındaki kalıp teknolojisi ile malzemenin mekanik dayanımı iki katına çıkarılmaktadır. Bir diğerinde ise, yeteri kadar dayanıklı olmayan toprak malzemenin suya karşı olan dayanımını arttırmak için suya kireç gibi uyumlu malzemeler katılarak kerpiğin performansı arttırılmaktadır. Suya karşı dayanımını arttırmak ve suyun kerpiçle etkileşimini azaltmak için 50 cm taş su basman üzerine kerpiç kullanmak, çatıya saçak eklemek ve kerpiç üzerine sıva yapmak gibi çeşitli mimari çözümler de söz konusudur.

Günümüz toprak yapı örneklerine bakıldığında, toprak malzeme, endüstriyel üretim tekniği birikimiyle doğaya zarar vermeyecek biçimde ele alınabilmektedir. Biyo Kadiovacık Evi örneği incelendiğinde, saz kamışı gibi geleneksel yalıtım malzemeleriyle birlikte, endüstriyel üretim yöntemi ile oluşturulan sıkıştırılmış toprak paneller bir arada kullanılmıştır. Feldkirch Hastanesi örneğinde ise, giydirme cephenin iç kısmında kalan sıkıştırılmış toprak duvar, modern üretim teknikleri ile üretilmiş yapı ile bütünleşmektedir. Sıkıştırılmış toprak duvar, yapının iç hava konforunu düzenlerken, aynı zamanda doğal malzemenin algısal ferahlığı ve sıkıştırılmış toprağın katmanlı yapısı ile görsel anlamda da iç mekan kalitesini arttırmaktadır.

Toprak yapı malzemesi gibi doğal yapı malzemeleri; geri dönüşebilir olması, modern üretim tekniğiyle harmanlanabilir olması, enerji verimliliği, minimum atık ve mimari sürdürülebilirlik açısından son derece önemlidir. Geleneksel toprak yapı kültürünün korunması ve günümüzün teknolojisiyle yeniden ele alınması ile, geçmiş birikimimizin yok olmasının önüne geçilip kullanıcı gereksinimlerine karşılık veren bir anlayışla geleceğe aktarılması ihtiyaç duyulan sürdürülebilirlik kavramını da karşılayacaktır. Teknolojideki son



gelişmeler, konvansiyonel düşüncenin aksine, toprak yapı malzemesinin mimaride önemli bir malzeme grubu olarak ön plana çıkabileceğini kanıtlar niteliktedir.

## KAYNAKÇA

- Acun Özgünler, S., ve Gürdal, E. (2012). Dünden bugüne toprak yapı malzemesi: Kerpiç. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, (9), 29–37.
- Akman A. ve Şenol M. (2019). Biyo Kadıovacık Evi Kataloğu.
- Archdaily. (2019). *Dökme / Dövme tekniği ile üretilmiş kerpiç yapı örneği* [Fotoğraf]. Web adresinden 23 Ocak 2021 tarihinde erişildi: <https://www.archdaily.cn/cn/915501/da-di-de-se-cai-zou-jin-jia-na-qi-te-de-hang-tu-qiang>
- Arpacioğlu, Ü. (2006). Geçmişten günümüze kerpiç malzeme üretim teknikleri ve güncel kullanım olanakları. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi*, 15–17.
- Çavuş, M., Dayı, M., Ulusu, H. ve Aruntaş, Y. (2015). Sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak kerpiç-Adobe as a sustainable building material, *2nd International Sustainable Buildings Symposium*, 28-30 May 2015, Turkey, Ankara.
- Field Study Of The World. (2017). *Dökme / Dövme tekniği geleneksel kerpiç duvar üretimi* [Fotoğraf]. Web adresinden 20 Ocak 2021 tarihinde erişildi: <https://www.fieldstudyoftheworld.com/rammed-earth-construction-future-ecocenter/>
- Insapedia. (2020). *Örgü yöntemiyle kerpiç üretimi* [Fotoğraf]. Web adresinden 20 Ocak 2021 tarihinde erişildi: <https://insapedia.com/kerpic-nedir-kerpic-kullanim-alanlari-ve-yapi-elemanlari/>
- Kafescioglu, R. (2017). *Çağdaş yapı malzemesi toprak ve alker*. İstanbul: İtü Vakfı Yayınları.
- Lehmtonerde-1. (2021). Rammed Earth Wall. Web adresinden 19 Ocak 2021 tarihinde erişildi: <https://www.lehmtonerde.at/en/products/product.php?aID=70>
- Lehmtonerde-2. (2021). LKH Feldkirch Hospital. Web adresinden 21 Ocak 2021 tarihinde erişildi: <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pid=17>
- Lehm Ton Erde (2021). *House Rauch* [Fotoğraf]. Web adresinden 15 Şubat 2021 tarihinde erişildi: <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pid=7>
- Lehm Ton Erde (2021). *Feldkirch Hospital* [Fotoğraf]. Web adresinden 15 Şubat 2021 tarihinde erişildi: <https://www.lehmtonerde.at/en/projects/project.php?pid=17>
- Rammed earth. (2015). *Dökme / Dövme tekniği ile kerpiç duvar üretimi* [Fotoğraf]. Web adresinden 21 Ocak 2021 tarihinde erişildi: <https://esdrammedearth2015.wordpress.com/2015/09/05/78/>
- Shutterstock. (2020). *Omurgalı kerpiç üretim tekniği ile yapılan geleneksel bir yapı* [Fotoğraf]. Web adresinden 23 Ocak 2021 tarihinde erişildi: <http://shutterstock.puzzlepix.hu/kep/1288699345>
- Tekin, Ç. (2012). Enerji etkin yapılarda malzeme kullanımı. *Yeşil Bina Dergisi*, 1–6.
- World All Details. (2020). *Ahşap taşıyıcılı kerpiç dolgu sistemi ile yapılmış bir konut* [Fotoğraf]. Web adresinden 28 Ocak 2021 tarihinde erişildi. [https://www.worldalldetails.com/Pictureview/5097-Lesser\\_Known\\_Turkey\\_Safranbolu\\_Traditional\\_house\\_view.html](https://www.worldalldetails.com/Pictureview/5097-Lesser_Known_Turkey_Safranbolu_Traditional_house_view.html)
- Yıldız, B., ve Seçkin, N. P. (2019). Mimaride malzemelerin algısal farklılıklarının değerlendirilmesi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6–14.