

**YAPIDA SIK KULLANILAN MALZEMELERİN EKOLOJİK OLARAK  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**MERVE KARTAL**

**IŞIK ÜNİVERSİTESİ  
2018**

**YAPIDA SIK KULLANILAN MALZEMELERİN EKOLOJİK OLARAK  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**MERVE KARTAL**

**Işık Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İç Mimarlık Yüksek Lisans  
Programı, 2018**

**Bu tez, Işık Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü'ne Yüksek Lisans (MA)  
derecesi için sunulmuştur.**

**IŞIK ÜNİVERSİTESİ  
2018**

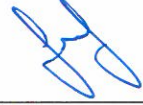
IŞIK ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İÇ MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YAPIDA SIK KULLANILAN MALZEMELERİN EKOLOJİK OLARAK  
DEĞERLENDİRİLMESİ

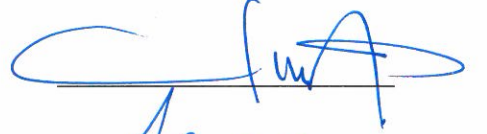
MERVE KARTAL

ONAYLAYAN:

Dr.Öğretim Üyesi Gülruh Koca Işık Üniversitesi  
(Tez danışmanı)



Prof.Dr. Adnan Uzun Işık Üniversitesi



Dr.Öğretim Üyesi Sibel Hattap Işık Üniversitesi



ONAY TARİHİ:

# ECOLOGICAL EVALUATION OF FREQUENTLY USED MATERIALS IN BUILDING

## **Abstract**

The construction sector is developing all over the world due to the increase in the population living, the development of the industry and the increase of urbanization. However, the amount of energy consumed during the production of building materials, the amount of carbon emissions released, and the amount of waste generated increase the environmental damage of building materials and building production. It has been estimated that more than 1/3 of the global CO<sub>2</sub> emissions originate from the building sector and thus are among the main causes of global climate change.

The most important of the measures to be taken in order to reduce the environmental impacts of constructions and to ensure sustainability in the construction sector is to increase the use of ecological building materials. Ecological building materials are low energy, low amount of waste, low toxic properties, low energy consumed during production and usage. For this purpose, important works have been done in recent years and trying to make frequently used building materials have ecological characteristics. It is also known that alternative organic building materials which are easily dissolved in nature are developed for this purpose.

In this study, ecological characteristics of commonly used materials, studies for improving the ecological properties of these materials, and alternative environmental materials with low environmental impact have been mentioned.

**Keywords:** Building Production, Energy, Ecology, Embedded Energy, Carbon Release

## YAPIDA SIK KULLANILAN MALZEMELERİN EKOLOJİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

### Özet

İnşaat sektörü yaşanan nüfus artışı, endüstrinin gelişimi ve kentleşmenin artmasından dolayı tüm dünyada gelişmektedir. Bununla birlikte, yapı malzemelerinin üretimleri sırasında harcanan enerji miktarı, açığa çıkan karbon salınımı ve atık miktarlarının fazla olması yapı malzemelerinin ve yapı üretiminin çevreye zararlarını artırmaktadır. Küresel anlamda CO<sub>2</sub> emisyonlarının 1/3'ünden fazlasının inşaat sektöründen kaynaklandığı ve bu nedenle küresel iklim değişikliğinin başlıca nedenleri olduğu tahmin edilmektedir.

Yapıların çevresel etkilerinin azaltılabilmesi ve inşaat sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için alınacak önlemlerden en önemlisi ekolojik yapı malzemelerinin kullanımlarının artırılmasıdır. Ekolojik yapı malzemeleri üretimleri ve kullanımları sırasında fazla enerji tüketmeyen, gömülü enerjisi düşük, atık miktarı az ve, toksik özelliği düşük malzemelerdir. Bu amaçla son yıllarda önemli çalışmalar yapılmakta, sık kullanılan yapı malzemeleri ekolojik özelliklere sahip hale getirilmeye çalışılmaktadır. Hatta doğada kolayca çözünen organik kökenli alternatif yapı malzemelerinin bu amaçla kullanılmak üzere geliştirildiği de bilinmektedir.

Bu çalışma kapsamında, yapıda sık kullanılan malzemelerin ekolojik özellikleri, bu malzemelerin ekolojik özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılan çalışmalar, çevresel etkisi düşük alternatif yapı malzemelerine değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Üretimi, Enerji, Ekoloji, Gömülü Enerji, Karbon Salınımı

## ÖNSÖZ

Yapıda sık kullanılan malzemelerin ekolojik özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılan çalışmalar ve çevresel etkisi düşük alternatif yapı malzemelerine değinilen bu çalışmamda, konunun ana hatlarını oluşturmam sırasında yardımcı olan, tezin yazılması sürecinde yardımlarını esirgemeyen Tez Danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gülru KOCA hocama, bu çalışmamda bana yol gösteren Sayın Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY, Sayın Prof. Dr. Nuran Yener hocama,

Bu çalışmamda büyük destek olan ailem. Çalışmamın tamamlanmasında bana gösterdikleri anlayış, sabır ve ilgi için annem Fatma Sevgül KARTAL ve Babam Sezai Cenap KARTAL'a ayrıca teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

<b>Abstract</b> .....	<b>iii</b>
<b>Özet</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>KISALTMALAR VE SEMBOLLER LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE</b> .....	<b>3</b>
2.1. Ekoloji .....	3
2.2. Malzemenin Tarihsel Gelişimi ve Değişimi .....	8
2.3. Ekoloji ve Sürdürülebilirlik Açısından Malzemelerin Değerlendirilmesi .....	13
2.3.1. Doğal Taşlar .....	16
2.3.1.1. Doğal Taş Tanımı ve Sınıflandırılması .....	16
2.3.1.2. Doğal Taş Üretim ve Kullanım Yeri .....	20
2.3.1.3. Doğal Taşın Ekolojik Özellikleri .....	20
2.3.2. Toprak Esaslı Malzemeler.....	21
2.3.2.1. Pişmemiş Toprak Esaslı Malzeme Kerpiç .....	22
2.3.2.2. Pişmiş Toprak Tanımı ve Sınıflandırılması .....	24
2.3.2.3. Pişmiş Toprak Üretim ve Kullanım Yeri .....	25
2.3.2.4. Toprak Esaslı Malzemelerin Ekolojik Özellikleri .....	26
2.3.3. Ahşap .....	29
2.3.3.1. Ahşap Tanımı ve Sınıflandırılması .....	29
2.3.3.2. Ahşap Üretim ve Kullanım Yeri .....	33
2.3.3.3. Ahşap Ekolojik Özellikleri.....	34
2.3.4. Beton .....	37
2.3.4.1. Beton Tanımı ve Sınıflandırılması .....	37

2.3.4.2. Beton Üretim ve Kullanım Yeri .....	40
2.3.4.3. Beton Ekolojik Özellikleri .....	42
2.3.5. Cam .....	45
2.3.5.1. Cam Tanımı ve Sınıflandırılması .....	45
2.3.5.2. Cam Üretim ve Kullanım Yeri .....	47
2.3.5.3. Camın Ekolojik Özellikleri .....	49
2.3.6 Metal .....	51
2.3.6.1. Metal Tanımı ve Sınıflandırılması .....	52
2.3.6.2. Metal Üretim ve Kullanım Yeri .....	53
2.3.6.3. Metal Ekolojik Özellikleri .....	54
2.3.7. Polimer Esaslı Malzemeler .....	56
2.3.7.1. Polimer Esaslı Malzemelerin Tanımı ve Sınıflandırılması .....	56
2.3.7.2. Polimerlerin Üretim ve Kullanım Yeri .....	57
2.3.7.3. Polimerlerin Ekolojik Özellikleri .....	59
2.3.8 Alternatif Yapı Malzemeleri .....	62
2.12. Türkiye’deki Yapı Üretim Oranları .....	65
<b>3. YAPIDA SIK KULLANILAN MALZEMELERİN EKOLOJİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI .....</b>	<b>67</b>
3.1 Gömülü Enerji .....	67
3.2. Karbon Salınımı .....	70
3.3. Geri Dönüştürülebilme ve Yeniden Kullanılma Özelliği .....	73
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>75</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>80</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>87</b>



## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1.</b> Tasarlanan Sistemin Yaşam Döngüsündeki Toplam Girdiler.....	7
<b>Tablo 2.2.</b> Malzemelerin Çevreye Etkisi.....	21
<b>Tablo 2.3.</b> Duvar Türlerinin Klimatolojik Özellikleri.....	27
<b>Tablo 2.4.</b> Toprak Esaslı Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları.....	29
<b>Tablo 2.5.</b> Farklı yapı malzemelerinin üretilmesiyle ortaya çıkan CO <sub>2</sub> emisyonları	36
<b>Tablo 2.6.</b> Ahşap Kökenli Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları.....	37
<b>Tablo 2.7</b> Avrupa’da toplam agrega içindeki geri kazanılan agrega yüzdeleri.....	44
<b>Tablo 2.8.</b> Çimento Esaslı Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları.....	45
<b>Tablo 2.9.</b> 2014 Sera Gazı Emisyonları.....	50
<b>Tablo 2.10.</b> Cam sektöründe mevcut en iyi teknikler.....	51
<b>Tablo 2.11.</b> Cam Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları.....	51
<b>Tablo 2.12.</b> Metal Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları.....	55
<b>Tablo 2.13.</b> Polimer Esaslı Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları.....	61
<b>Tablo 2.14.</b> Türk Yapısal çelik derneğinin Türkiye’deki Çelik Kullanımına Erişkin Raporu.....	66
<b>Tablo 2.15.</b> Yapıda Sık Kullanılan Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarlarına Göre Değerlendirilmesi.....	68
<b>Tablo 2.16.</b> Yapıda Sık Kullanılan Malzemelerin Karbon Emisyon Değerleri.....	72
<b>Tablo 2.17.</b> Çeşitli Yapı Malzemelerinin Atık Olarak Oranları.....	73
<b>Tablo 2.18.</b> Çeşitli Malzemelerin Yeniden Kullanılma Değerleri.....	74

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Malzemelerin Sınıflandırılması .....	14
Şekil 2.2. Yapıda Doğal Taş Kullanımı .....	16
Şekil 2.3. Doğal Taşların Sınıflandırılması.....	18
Şekil 2.4. Magmatik Taşlar.....	18
Şekil 2.5. Sedimenter (Tortul) taşlar.....	19
Şekil 2.6. Metamorfik (Başkalaşım) taşları .....	19
Şekil 2.7. Kerpiç Malzeme İle Üretilmiş Konut .....	23
Şekil 2.8. Kerpiç Tuğlalar .....	23
Şekil 2.9. Tuğla .....	25
Şekil 2.10. Ateş Tuğla.....	25
Şekil 2.11. Alkerle Oluşturulmuş Bir Yapı.....	25
Şekil 2.12. Ağacın Gövde Yapısı.....	30
Şekil 2.13. Ahşap Döşeme Kaplaması).....	32
Şekil 2.14. Ahşap Konstrüksiyon Yapı Üretimi .....	32
Şekil 2.15. Ahşap Döşeme Konstrüksiyonu .....	32
Şekil 2.16. Beton Döküm Aşaması .....	41
Şekil 2.17. Betonarme Yapı .....	41
Şekil 2.18. Cam .....	46
Şekil 2.19. Potalı Fırın .....	47
Şekil 2.20. Havuz Fırın.....	47
Şekil 2.21. Cam Lifi Üretimi .....	48
Şekil 2.22. Cam Lifi.....	48
Şekil 2.23. Çekme yöntemi ile metal üretimi .....	53
Şekil 2.24. Kompozit Malzeme .....	62
Şekil 2.25. Malzemelerin elde edilmesinden yok edilmesine kadarki süreç .....	67
Şekil 2.26. Sera gazı miktarları.....	70
Şekil 2.27. Atmosferik karbon miktarının insan kaynaklı kümülatif artış tablosu ....	71

## KISALTMALAR ve SEMBOLLER LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AIA	: American Institute of Architects
CH <sub>4</sub>	: Metan
cm	: santimetre
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
CO <sub>2</sub> /ton	: Karbondioksit / ton
GBCI	: Green Building Certification Institute
GDA	: Geri Dönüşüm Agrega
H <sub>2</sub> O	: Su
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning
Jkg/ °C	: Joule kg / santigrat derece
kg	: kilogram
kg/m <sup>3</sup>	: Yoğunluk birimi
LPG	: Liquefied Petroleum Gas
m	: metre
M.Ö.	: Milattan Önce
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
MJ	: Megajoule
MJ/kg	: Megajoule

mm	: milimetre
N	: Azot
Na <sub>2</sub> O	: Sodyum
NO	: Azotoksit
O <sub>2</sub>	: Oksijen
O <sub>3</sub>	: Ozon
OSB	: Oriented Strand Board
PbO	: Kurşunoksit
PE	: Polietilen
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PV	: Fotovoltaik
PVC	: Polivinilklorür
SiO <sub>2</sub>	: Silisyumoksit
SO <sub>2</sub>	: Kükürtdioksit
TCEB:	: Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı
yy	: yüzyıl

## 1. GİRİŞ

Yapı üretim işleri, doğal kaynakları tüketerek ve atık ortaya çıkararak çevre dengelerini negatif biçimde etkilemektedir. Yapı üretimi sırasında meydana gelen çevresel etkiler, yapılan uygulamanın toplam çevresel etkisini belirler. Yapının tasarımından yıkımına kadarki süreç “binanın yaşam döngüsü” olarak tanımlanmaktadır. Bina yaşam döngüsündeki yapının inşa edilme aşaması daha kısa sürmesine karşın, bu aşamadaki negatif etkiler yapıların toplam çevresel etkilerini önemli ölçüde artırmaktadır.

Dünyadaki nüfus artışı, göç ve ekonomik gelişme, yaşam alanına olan ihtiyacı arttırmaktadır. Sonuç olarak, kentsel ve endüstriyel alanlar genişlemekte ve yaşamsal alanın inşası sırasında doğal ortam kaçınılmaz olarak etkilenmektedir. Günümüzde inşaat sektörü tarafından kullanılan teknolojinin bir sonucu olarak, yüksek miktarda doğal kaynak ve enerji tüketimi gerekmekte, bunun yanı sıra çok sayıda zararlı madde içeren çok miktarda malzeme kullanılarak binalarda depolanmakta ve çeşitli çevresel sorunlara yol açmaktadır. İlerleyen yıllarda kentlerde daha fazla insanın hayatlarını sürdüreceği gerçeği, bu olumsuz çevresel etkileri azaltmayı amaçlayan “sürdürülebilir ve ekolojik yapı” kavramını ortaya çıkartmıştır.

Özellikle gelişmiş ülkelerde ekolojik yapı üretimine farklı yaklaşımlar getirilmekte ve bu konuda çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Buna göre; yapıların üretimi ve kullanımı sırasında harcanan enerjinin az olması, bu süreçte atık üretiminin az olması ve kullanılan malzemelerin yakın çevreden elde edilmiş olması, sağlığa zararlı özellikler barındırmaması ve doğal kaynakların tüketimine katkı sağlamaması aranan başlıca özellikler olarak karşımıza çıkmaktadır.

İnşaat sektörünün neden olduğu ekolojik sorunları çözmek için, üretimde oluşan sera gazı emisyonlarının, atıkların ve enerji miktarının azaltılması, bu amaçla yeni yöntemler geliştirilmesi gerekmektedir.

Son yıllarda bu amaçla benimsenen yöntemlerden biri enerji tüketiminin azalmasıdır. Enerji, üretim, işletme, ulaşım ve yıkım aşamalarında kullanılır. Kentsel mekânların inşası için inşaat faaliyetleri, enerji kullanımının tüm yönlerini içerir. Bu sebeple inşaat alanında en önemli eğilimlerden biri “enerji kullanımını azaltma”, “enerji verimliliğini artırma” ve “yenilenebilir olmayan fosil yakıt kökenli kaynaklardan vazgeçme” yönünde gelişmektedir.

Bir başka önemli nokta da inşaat süreçlerinin iyileştirilmesidir. İnşaat süresini kısaltmak, hata sıklığını azaltmak ve kalite güvencesinin sağlanabilmesi için inşaat yöntemlerini geliştirmek gerekmektedir. Ekonomik açıdan bakıldığında, bina işletme ve bakım maliyetlerini düşürmenin yanı sıra, inşaatın uzun bir süre için ödenebileceğini ve kullanılabilirliğini öngörmektedir.

Bu amaçla benimsenmesi gereken en önemli eğilim ise; “yenilenebilir hammaddelerin kullanımı” ve “doğaya zarar vermeyen yapı malzemelerinin üretiminin artmasıdır”. Çevre dostu yapı malzemelerinin üretimlerinin artırılabilmesi için; hammadde kaynağının, ürünün hazırlanma yöntemi ve teknolojisinin, kullanımına ilişkin sürecin ekolojik özelliklerinin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Malzemelerin, yapı bileşenlerinin ve atıkların yeniden kullanılması da yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışma, yapıda sık kullanılan malzemelerin üretim ve kullanım süreçlerinde çevreye olan etkilerini, sera gazı ve atık üretimine katkılarını içermekte, zararlarının en aza indirilmesi için son yıllarda tercih edilen alternatif malzeme türlerinin varlığına işaret etmekte ve ekolojik dengenin korunabilmesi için uygun malzemeleri ortaya koymaktadır.

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 2.1. Ekoloji

Ekoloji; Türk Dil Kurumu'nun sözlüğünde, canlıların ilişkilerini hem kendileri hem de çevreleri ile bireysel veya birlikte inceleyen bilimsel bir disiplin olarak ifade edilmektedir. Oxford'un İngilizce sözlüğünde ise ekoloji şunları tanımlar: bitki ve hayvan ekonomisi bilgisi, yaşam formları ve yetiştirildikleri ortamlar, canlı organizmaların ilişkileri ile ilgilenmektedir (Berber, 2012: 29).

İlk olarak 1866'da Alman biyolog Ernest Haeckel'in tanımladığı ekoloji kavramı, canlıların çevreyle olan ilişkisinin incelenmesi olarak tanımlanmıştır. Ekoloji kelimesi, "ikamet yeri" manasına gelen Yunanca "oikos" ve bilim veya söylem manasına gelen "logia" kelimelerinden türetilmiştir. Ekoloji, yerleşim ya da yurt söyleminin etimolojik anlamlarını içerir. Hayvanların veya bitkilerin çevresiyle bütün ilişkisi, ekolojinin ana konusudur (Adil, 2010: 4).

“Ekoloji” terimi kapsamında insan ve doğa bir bütün olarak değerlendirilmektedir. Çevre, insanları canlı tutan ve onları şemsiyesinin altında sürekli olarak muhafaza eden canlı ve cansız faktörlerin tümü olarak tanımlanmaktadır. Kıtaldan okyanuslara, göllerden nehirlere, yeraltı sularından atmosfere, mikro-organizmalardan insanlara ve bitkilere kadar tüm canlı ve doğal zenginlikler arasında son derece özelleştirilmiş bir ilişki ve etkileşim ağı vardır. Ekoloji, doğal varlıklar arasındaki bu karmaşık mekanizmanın altını çizen bilim dalıdır (Adil, 2010: 4).

İnsanların dünya üzerindeki nüfusunun artması ve yaşamlarına doğal kaynakları kullanarak devam etmeleri bitki ve hayvanlarla etkileşimlerini değiştirmiştir. Endüstri Devrimi'ne kadarki süreçte makul tüketim oranlarında devam eden yaşam, Endüstri Devrimi sonrasında yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynakların daha hızlı tüketilmesi, bu tüketim sırasında çevreye zararlı atıkların

ortaya çıkması gibi nedenlerden dolayı olumsuz tablolar ortaya çıkartmıştır. İnsan kaynaklı sera gazı emisyonlarının yol açtığı iklim değişikliği 21. yüzyılda dünyanın karşı karşıya kaldığı en büyük sorunlardan biri haline gelmiştir. Sera gazlarından karbondioksit en fazla salınım oranına sahip olmasından ötürü en zararlı gazlardan birisi olarak görülmektedir. Yapı malzemelerinin ve yapıların üretimi sırasında harcanan enerjinin ve doğal kaynakların fazla olması, yapı sektörünün küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi önemli ekolojik sorunlarla oldukça güçlü bir ilişkiye sahip olmasına neden olmaktadır.

Tüm dünyanın ortak problemi olan ve her sektörde farklı uygulamalarla azaltılmaya çalışılan ekolojik sorunların sebep olduğu olumsuz sonuçların gün yüzüne çıkmasıyla insanoğlu, bu sonuçları anlamaya ve temeline inmek için incelemeler yapmaya başlamıştır. “Ekolojik bilinçlenme” ismini verebileceğimiz bu farkındalık neticesinde çevre sorunlarının neticeye kavuşturulmasına yönelik çıkış yolları aranmaktadır.

Mevcut mekanların ekolojik dönüşümü bu tartışmanın önemli bir parçasıdır. Yapılı çevreyi şekillendiren diğer tasarım disiplinlerinde olduğu gibi, önemli tasarımlar iç tasarımın disiplinine yansır. Tasarım temelli disiplinlerdeki çevreci yaklaşımlar, 1970'lerde sosyo-politik bir söylemle ortaya çıktı. Bu yıllarda arı yeşili çabuk konsept ve tasarımın yeşermesi başladı. 1980'li yıllardan itibaren “yeşil tasarım m ve iyi ekolojik tasarım yan” kavramları ön plana çıkmış ve sürdürülebilir iç mimarlık kavramı çıkmıştır.

Sürdürülebilir iç tasarım sadece teknik, mimari, sosyal veya ekonomik bir bina yapım süreci değil; Uzun vadeli perspektiflere verilen önemi güçlendirerek mekansal analiz üretmeyi amaçlayan bir tasarım yaklaşımıdır. Çevre ile uzlaşmayı amaçlayan bu tasarım yaklaşımı, doğal kaynakları koruyan, kültürel ve tarihi kaynakları benimseyen bir tasarım ürünüdür. Ekolojik uzay tasarımı; Doğayla barışık olan tasarımların gerçekleştirilmesi olarak tanımlanır ve doğaya en az zarar verir. Ekolojik dengeyi korumak ve doğal kaynakların uygun şekilde tüketilmesini



sağlamak ve ekolojik alanları tasarlamak için tasarımcılara ve yatırımcılara rehberlik etmektedir (Yeang, 2006: 36).

Bu kapsamda “sürdürülebilir mimarlık” terimi de sıklıkla bahsi geçen önemli bir uygulamadır. Sürdürülebilirlik, insanlığın ihtiyaçlarını doğaya zarar vermeden, doğayla uyum sağlayarak karşılayabilen bir dengeyi tanımlamaktadır. AIA (American Institute of Architects) sürdürülebilirlik terimini “mevcut ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarının sorunsuz karşılanabilmesi için sosyal, ekonomik ve ekolojik sistemlerin dengelerinin düzenlenmesi” olarak tanımlamaktadır. Sürdürülebilir mimari tasarım sürecinde, olumsuz çevresel etkilerini en aza indirmek, mekânsal kaliteyi ve konforu en üst düzeye çıkarmak için çeşitli kriterler belirlenmiştir. Sürdürülebilir mimarlıkla ilgili ortaya konan çözümlerden bazıları; pasif tasarım stratejileri kullanılması, HVAC ve aydınlatma gibi çok fazla enerji ihtiyacı duyan sistemlerin daha az kullanılması, yapı içinde bulduğu bölgenin yerel iklim şartlarına uygun bir biçimde ve yakın çevreden edinilen malzemelerle tasarlanması gerekmektedir (Tatar, 2013: 148). Burada ortaya konan amaçların en önemlilerinden biri yapılarda kullanılan enerjiyi en alt seviyeye indirmektir. Bu amaçla güneş, rüzgâr gibi doğal kaynaklardan yararlanılarak; fosil bazlı enerji kullanımını azaltmanın yolları araştırılmakta ve geleceğin yenilenebilir enerji stratejisi olarak ‘sıfır’ enerjili binalar hedeflenmektedir.

Karbon salınımına yol açmayan ve “sıfır karbon” olarak da bilinen ‘yenilenebilir’ (tükenmeyen) kaynaklardan yararlanmak son yıllarda kullanılan önemli uygulamalardandır. Bu amaçla, rüzgar türbinleri, fotovoltaik (PV), küçük ölçekli hidroelektrik, biyokütle kazanlar vb. teknolojiler kullanılır. Fosil kaynaklarını geleneksel alternatiflerden çok daha verimli kullanan ve dolayısıyla daha az karbon emisyonu üreten düşük karbon kaynağı kaynakları, hava ve toprak kaynaklı ısı pompaları, kombine ısı ve enerji sistemleri ve benzerlerini içerir. Teknolojiler kullanılır. Isı ve enerji üretmek için, bu teknolojileri binalara yaklaşık% 20 oranında monte ederek binanın kullanımı sırasında ortaya çıkan karbon emisyonlarını ve enerji

maliyetlerini azaltmak mümkün olabilir. Ayrıca, bina kabuğunun ısı özelliklerini ve malzeme özelliklerini arttırarak, bina tarafından üretilen CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmak ve ısı kayıplarını sınırlamak mümkündür.

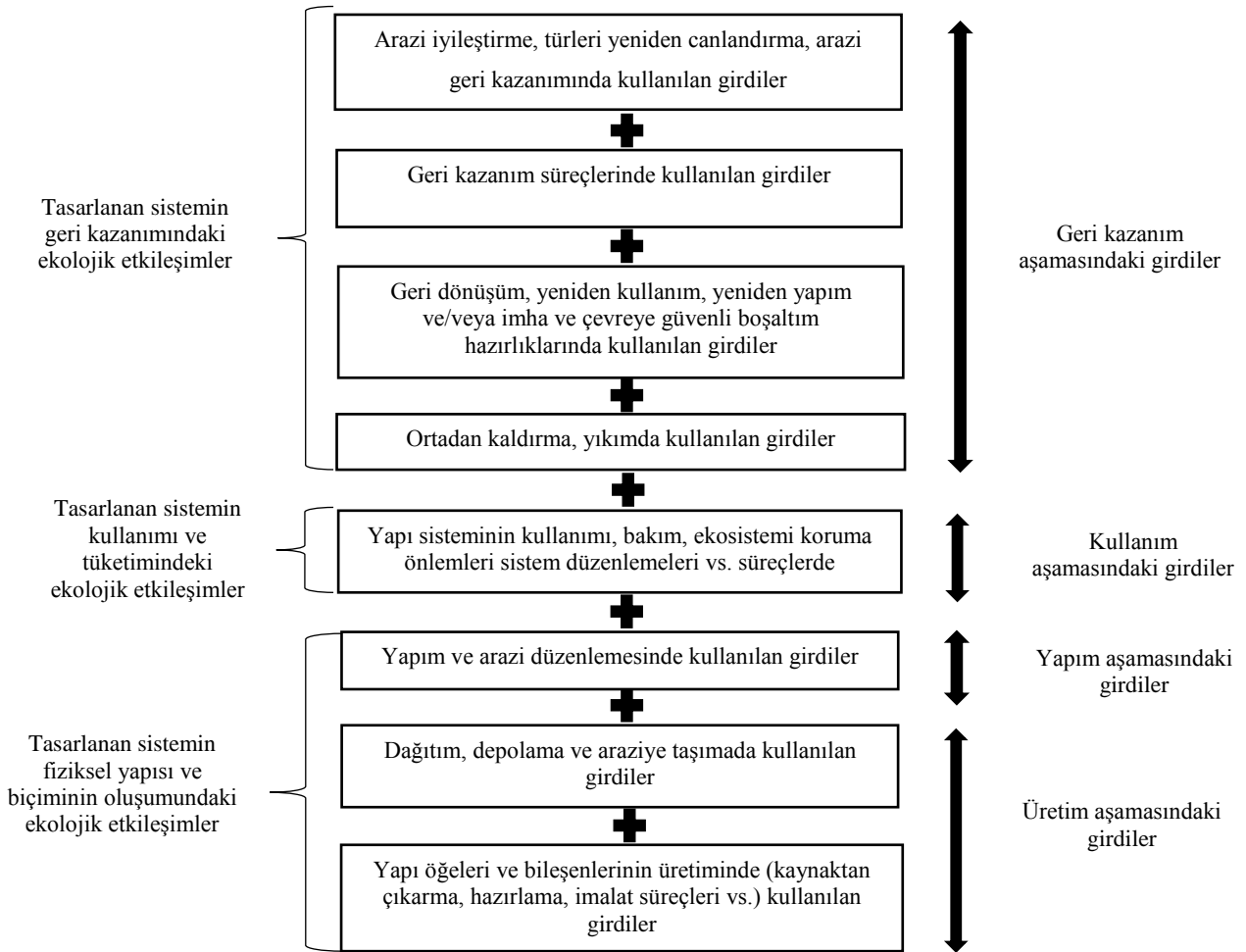
Gün ışığının faydalı kullanılmasının da sürdürülebilirlik için sağladığı faydalar vardır. Sürdürülebilir mimaride stratejik bir rol oynayan gün ışığının kullanımı, binalarda enerji tüketimini azaltır ve enerji tasarrufu sağlar. Bunun sonucunda, karbondioksit emilimi, zararlı gazların oluşumu ve küresel ısınma azalır (Tatar, 2013: 148-149). Amerika ve İngiltere gibi dünyada etkin bir role sahip ülkeler, enerji kullanımını optimize eden tedbirler ile konut ve işyeri kullanıcılarına daha az fatura ile ısınan mekânlar ve aynı zamanda, daha sürdürülebilir bir yaşam sunmaktadırlar (Çerçi ve Hoete, 2014: 223).

Sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaştırılabilmesi için önlem almak çözüm için yeterli olmamaktadır. Bu amaçla teknik personelin, bilim adamlarının bu konuyla alakalı yeni çalışmalar yapmaları, idareleri desteklemeleri, sonuçlarını değerlendirmeleri ve sınavdan geçmeleri önem arz etmektedir. Bu konuyla ilgili diğer bir önemli boyut ise, bu sürecin nasıl destekleneceğinin araştırılması ve çözümler üretilmesinin gerekliliğidir. Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma için küresel ısınmayı ve çevreye karşı duyarlı politikaları önleme kararlılığı ve buna bağlı olarak tüketimin azaltılmasına katkıda bulunma yönünde çalışmalar yapılması gerekmektedir. Her şeyden önce çevre problemi mimarlık eğitiminde daha etkin bir şekilde ele alınmalıdır. Çevresel verilerin mimari tasarımın ayrılmaz bir parçası olarak incelenmesi, eğitim sürecinde çevreye duyarlı tasarımların artırılması gereği daha sık vurgulanmalıdır (Oktay vd., 2011: 1).

Genel anlamda yapılar ve malzemeler de ekolojiye etki eden unsurlardır. Malzemelerin seçiminde, yapının yapılacağı yere yapısının toplanması, işlenmesi ve taşınması için tüketilecek toplam enerji dikkate alınmalıdır. Örneğin, madeni alüminyumdan çıkarmak ve kullanılabilir hale getirmek için gereken enerji çok yüksektir. Bununla birlikte, geri dönüştürülebilir bir materyal olan alüminyumun geri

dönüşüm sürecinde harcanan enerji çok daha azdır. Üretimde düşük enerji tüketen malzemenin seçimi, yapının tüm dünya üzerindeki çevresel etkisini büyük ölçüde azaltır (Zinzade, 2010: 12). Bu etkileri minimize etme ve bu unsurları değerlendirebilmek açısından malzemeleri de incelemek faydalı olacaktır.

**Tablo 2.1.** Tasarlanan Sistemin Yaşam Döngüsündeki Toplam Girdiler (Yeang, 2006: ).



## 2.2. Malzemenin Tarihsel Gelişimi ve Değişimi

Nesneler buldukları ortam ile sürekli bir iletişim sağlarlar. Bu iletişim neticesinde nesne ve çevre arasında büyük bir etkileşim görülür. Bu ilişkiler içerisinde insanlar doğal ortamda gerçekleştiremeyeceği eylemlerini gerçekleştirmek için yapay çevre oluştururlar. Bu yapay çevreler de yapılarıdır (Aykanat, 2014: 30).

İnsanlar yaradılışlarından itibaren malzemeye gerek duymuşlardır. Zihinsel bakımdan diğer canlılardan üstün olan insanoğlu, korunma, beslenme ve barınma için gerekli içgüdü ve kabiliyete sahip değildir. İnsanoğlu bu kusurlarını zihnini ve etrafındaki malzemeleri kullanarak çözmüştür. İnsanlık bugünkü seviyeye gelebilmek için uzun ve meşakkatli bir yoldan geçmiştir. Bu süreci anlayabilmek için dünyanın, insan yaşamının ve kültürünün süre içindeki evrimine bakmak gerekir; malzeme teknolojisindeki gelişimi insanın gelişiminden soyutlamak olanaksızdır (Akman, 2003: 30). Malzeme kullanımı tarihsel gelişim içinde gözden geçirildiğinde üç ana dönem göze çarpar;

- İnsanların doğada buldukları malzemeyi amaçlarına uygun olarak kullanmaya çalıştıkları dönem. Bu dönemde avlanma, savunma, kesme gibi amaçlar için araç olarak kullanıldığı anlaşılan birçok obje günümüze kadar gelmiştir.
- Malzemenin biçimlendirilerek kullanıldığı dönem. Bu dönemde doğadan elde malzeme hammadde olarak değerlendirilmiş, gelişen tekniklerle amaca uygun olarak şekillendirilip kullanılmıştır.
- Yeni malzemelerin üretildiği dönem. Endüstri Devrimi ile başladığı kabul edilen bilimsel gelişmeler ve bunun sonucunda oluşan teknolojik ilerlemeler sonucunda doğadan sağlanan hammaddeler belirli işlemlerden geçirilip kullanılmaya başlanmıştır.

Yapı malzemesi, ucuz ve kolay sağlanabilir olması halinde yaygın olarak kullanılabilir. Malzemenin ucuz olmasının yanında dayanıklı ve uzun ömürlü olması

da önemlidir. Kolay sağlanamayan malzemelerin kullanımı da kısıtlı olacaktır. Bugün yapı malzemelerinden beklenen diğer özellikler arasında; estetik açıdan da çeşitlilik sunması sayılabilir. Yapı materyalleri çeşitli özellik ve yapıdaki taş, kum, çakıl, ahşap gibi doğada var olan ve işlenmeden veya çok az işlenerek kullanılabilen malzemelerle birlikte; tuğla, beton, çelik vb. yarı veya tam işlenmiş yapay malzemeleri içerir (Shakouri, 2010: 1-2).

Geleneksel konut üretiminde genellikle konutun inşa edileceği bölgeden kolay temin edilebilen malzemeler kullanılmıştır. Ekonomik durumun el verdiği şartlar doğrultusunda başka bölgelerden de malzeme temin edilmiştir. Bölgelere göre değişen iklimsel faktörler bu malzemelerde çeşitliliği sağlamıştır. İç Anadolu'da bölgelerde ağırlıklı olarak kerpiç malzeme kullanılırken, kıyı bölgelerde genel olarak taş malzeme, yağışın bol olduğu bölgelerde ise ahşap malzeme yoğun olarak kullanılmıştır. Ancak endüstri devriminin ardından kentleşmenin hızlanması ile birlikte kent merkezlerinde yoğun bir yapılaşma başlamıştır. Bu yapıların üzerinde ise ağırlıklı olarak modern yapı malzemeleri kullanılmıştır. Modern yapı malzemelerinin yoğun kullanımı ise aşırı karbon salınımından dolayı ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. (Coşkun, 2013: 42).

Bunun engellenmesi ve ekolojik dengenin korunabilmesi için yapılan binaları çevresel olarak değerlendirme yöntemleri mevcuttur. Breeam (The Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) sertifika sistemi, dünyanın önde gelen ilk çevresel değerlendirme yöntemidir ve ilk kez İngiltere'de 1990 yılında BRE (Building Research Establishment) tarafından geliştirildiğinden bu yana dünya genelinde 200.000 bina Breeam değerlendirme sistemi ile sertifika almış, bir milyonun üzerinde bina değerlendirme için başvurmuştur. Breeam değerlendirme sistemi, tasarımını ve bina özelliklerini ayarlayan kabul görmüş performans ölçülerini kullanır. Kullanılan ölçüler, kriterlerin enerjiden ekolojiye geniş bir kategoride temsil edilir. Bu kategoriler; bina yönetimi, iç mekan sağlığı, enerji, su, ulaşım, malzeme, atık, arazi kullanımı, ekoloji ve çevre kirliliği konularından oluşur

(Anbarcı vd., 2012: 370).

Breem'in Amacı;

- Binaların yaşam döngüsünün çevre üzerindeki etkisini azaltmak,
- Binaların çevresel faydalarına göre tanınmasını sağlamak,
- Binalar için güvenilir bir çevre etiketi sağlamak ve
- Sürdürülebilir binalara olan talebi canlandırmak gibi ana başlıkları içerir (Anbarcı vd., 2012: 371).

Bu sertifikalarda yapılar;

- Üretildikleri arazinin özelliklerine göre
- Kendi enerjilerini üretebilme özelliklerine göre
- Atık suyu değerlendirme
- Doğal aydınlatmadan faydalanabilme
- Doğal havalandırmadan faydalanabilme gibi özelliklerine göre puanlanıyor ve buna göre bronz, gümüş ve altın sertifikalar elde ediyor.

Amerikan yeşil bina konseyi tarafından oluşturulan Leed sertifikası; Mevcut binalar, ticari iç mekanlar, okullar ve evler, inşaat halindeki yeni binalar ve büyük çapta yenilenen binalar da dahil olmak üzere her türlü bina için kullanılabilir. Leed sistemi; mahalle, perakende ve sağlık sistemi çalışmaları pilot aşamasındadır. Bugüne kadar Leed sisteminde 41.8 milyon metrekarelik bir inşaat alanı yer aldı. Leed, puan tabanlı bir sistemdir ve her bina projesi, belirli yeşil bina kriterlerini karşılamak için bir Leed puanı kazanır. Yedi Leed kredi kategorisinin her birinde, projeler belirli önkoşulları yerine getirmeli ve puan kazanmalıdır (Anbarcı vd., 2012: 372).

Amerika Birleşik Devletleri'nde Çevre Dostu Binalar Konseyi tarafından geliştirilen kriterlerin bir listesidir. 1998'den bu yana, LEED Sertifikalı binaların değerinin artırıldığı, işletme maliyetlerinin azaldığı ve sakinlere daha sağlıklı yaşam

koşulları sağlandığı çalışmalarının bir sonucu olmuştur. LEED Kriterleri altı ana başlık altında sınıflandırılmıştır (Url:<http://www.konutbul.net>):

- SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ (14 PUAN)

- İnşaat ve verimli toprak erozyonunun neden olduğu kirliliğin önlenmesi,
- Proje toplu taşıma alanlarına yakın merkezi bir konumdadır.
- Bisiklet park alanları ve çalışanlar için özel duş alanlarının varlığı,
- Çalışanlarının toplu taşıma ve motorsuz araç kullanımına teşvik edilmesi,
- İnşaatın, alt yapısı tamamlanmış bölgelerde yapılarak, yeşil alanların ve doğal hayatın korunması

- SU KAYNAKLARININ KULLANIMINDA ETKİNLİK (5 PUAN)

- Yağmur suyunun geri dönüşümü,
- % 40 su tasarrufu,
- Tuvaletlerdeki minimum su kullanımı,
- Ağ yükünün azaltılması, kaynakların korunması

#### ENERJİ VE ATMOSFER (17 PUAN)

- VRV Isıtma-Soğutma sistemi kullanılması,
- Binanın daha iyi ısı ve ışık alabilmesi için doğu ve güney yönüne göre tasarlanması,
- %30-%50 arasında enerji tasarrufu sağlanması,

- Güneş enerjisinden maksimum faydalanılması,
- HVAC sistemleri, bina otomasyon sistemi kullanılması,
- Aydınlatma ve güneşiği kontrolleri, sıcak su sistemleri, yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı,
- Tasarlanan binada enerji harcamalarının çevresel ve ekonomi etkileri düşünülerek azaltılmasının sağlanması,
- Minimum standartların üzerinde bir enerji verimliliğinin sağlanması,
- Yenilenebilir enerji kullanımının desteklenmesi.

- MALZEME VE KAYNAKLAR (13 PUAN)

- Kullanılan malzemelerin konfor ve kaliteden taviz vermeksizin doğal olması ve geri dönüştürülebilir atıkların toplanması,
- Bu atıklar için binada ayrı bir alan oluşturulması, kaynakların yeniden kullanılması ile hammadde tüketiminin en aza indirilmesi

- İÇ YAŞAM KALİTESİ (15 PUAN)

- Minimum iç hava kalitesini sağlamak,
- Alan dışındaki sigara içme alanlarının oluşumu,
- İnsanların farklı termal rahatlıklarını sağlamak,
- Aydınlatma sistemi grup gereksinimlerine göre ayarlanabilir.



## İNOVASYON (4+1 PUAN)

- LEED Kriterleri'ni önemli ölçüde aşan veya yeni kriterler getiren projelerin teşvik edilmesi,

- Projede çevresel katkı sağlayabilecek yeni uygulamalara yer verilmesi.

Bölgesel krediler, Leed Sertifikasyon sisteminin bir başka özelliğidir ve en iyi çevresel tasarım ve inşaat uygulamalarının belirlenmesinde yerel koşulların önemini kabul ederler. Puanların dağılımı enerji verimliliği ve CO<sub>2</sub> azaltan stratejilere dayanır. Her kredi iklim değişikliği, iç mekân kalitesi, kaynak tüketimi ve su kullanımı dâhil olmak üzere daha fazlasını da içeren 13 adet çevresel etki kategorisine sahip bir liste ile değerlendirilmektedir. Sertifikasyon, Yeşil Bina Sertifikasyon Enstitüsü (GBCI) tarafından bir ağ üzerinden, üçüncü kişilerin sertifikasyon işlemleri yönetilmektedir (Anbarcı vd., 2012: 372).

Bununla birlikte günümüzde özellikle bazı ülkelerde bu tip sertifikalar halkın dikkatini çekmek için bir pazarlama stratejisi olarak da görülmektedir. Yine de yapı üretiminde çevreye zararı azaltma yönünde bir çalışma olduğu için teşvik edilen uygulamalar olduğu söylenebilir.

Yapı malzemesi, insan tarafından yaratılmış ortamın oluşturmak için tek başına ve bütün olarak inşaatta kullanılan önemli bir unsurdur. Bu elemanların seçimi; hem mimari sürecin her bir bileşeni içindeki süreçlere dâhil olma hem de yapının fiziksel varlığının niteliklerinin belirlenmesinde etkilidir. Bu nedenle yapıda sık kullanılan malzemelerin irdelenmesi de önem taşımaktadır. (Aykanat, 2014: 30).

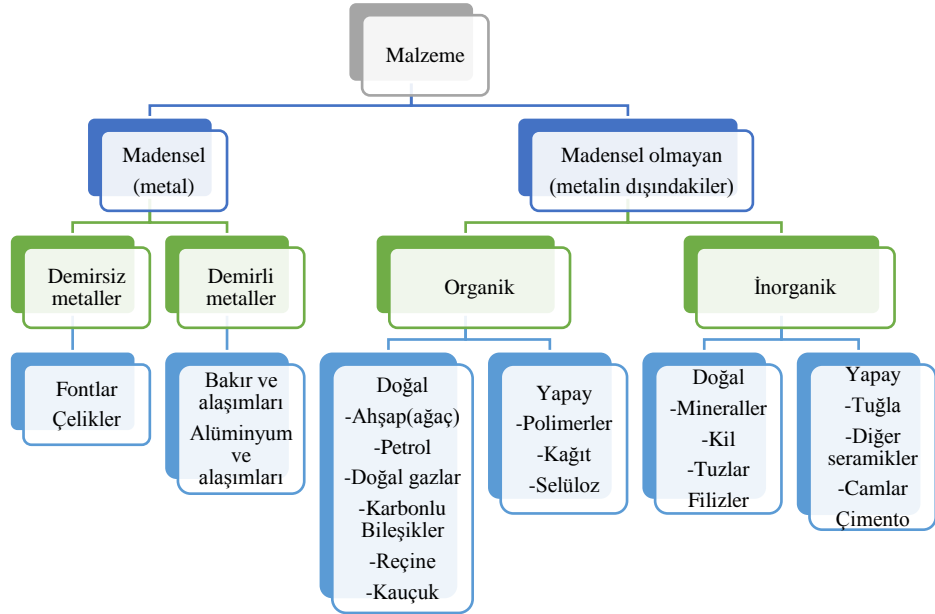
### **2.3. Ekoloji ve Sürdürülebilirlik Açısından Malzemelerin Değerlendirilmesi**

Sürdürülebilirlik ve ekolojik tasarım açısından malzeme oldukça önemli bir konudur. Yeang, (2006)'a göre, malzeme seçiminde yenilenebilir kaynaklar, üretim süreçlerinin çevresel etkisi, kimyasal salımlar, dayanıklılık, geri dönüştürülebilme

gibi konular dikkate alınmalıdır.

Malzemelerin sınıflandırılması farklı biçimlerde yapılabilir, fakat yapı sektöründe en yaygın sınıflandırma aşağıdaki gibidir (Aran, 2008: 1);

- Metaller
- Seramikler
- Polimerler
- Kompozitler
- Yarı iletkenler



**Şekil 2.1.** Malzemelerin Sınıflandırılması (Kaynak: Aran, 2008: 1)

Dünyadaki hızlı nüfus artışı, göç ve ekonomik gelişmeler geçmişte ağırlıklı olarak doğal yoldan elde edilen malzemelerin kaynaklarında bazı azalmalara, üretimleri sırasında gelişen teknoloji ise harcanan enerji ve karbonun artmasına yol açmıştır. Bununla birlikte malzemelerin tüketim miktarları da azımsanmayacak kadar fazladır. Gelecek yıllarda şehirlerde daha fazla insanın yaşamını sürdüreceği ve yaşam alanı ihtiyacı doğacağı için, oluşan bu olumsuz sonuçları engellemek adına

yapıların ekolojik olarak iyi özelliklere sahip olması sağlanmalı, yapı malzemelerinin de ekolojik özelliklerinin ve ekolojik alternatiflerinin iyi bilinmesi zorunludur.

Günümüzde sürdürülebilir, çevre dostu, ekolojik vb. birçok isimle ifade edilen yeşil binalar, girdilerin verimli ve en alt seviyede kullanıldığı ve iç ortam kalitesinin en lüks seviyede sağlandığı binalardır. Bu tip binaların arazi seçiminden başlamak üzere yaşam döngüsü çerçevesinde incelenmiş, çevresel ve sosyal sorumluluk anlayışıyla tasarlanmış olması gerektiği belirtilebilir. Bununla beraber; yapı tasarımının iklim verilerine uyumlu, ihtiyacından fazlasını tüketmeyen, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla oluşturulmuş, doğal ve atık üretmeyen malzemelerle üretilmiş olması gerekmektedir (Erdede ve Bektaş, 2014: 6-7).

Ekolojik yapı üretiminde dikkat edilmesi gereken bazı hususlar;

- Binalardan karbondioksit emisyonlarının azaltılması,
- İnşaat aşamasında çevresel hasarın azaltılması,
- İşletme giderlerinin azaltılması,
- Yenilenebilir enerjinin kullanım ve geliştirilmesini sağlamak,
- Yeşil çatı uygulaması ve yağmur suyunun biriktirilerek kullanılması
- Doğal ışık kullanımı
- Enerji tasarrufu
- Isıtma ve soğutma maliyetlerini azaltmak için izolasyon sistemleri
- Kullanıcılar için daha sağlıklı ve daha verimli bir ortam sağlanması
- Kentsel yaşam alanlarına değer katmak

Böyle değerlendirildiğinde yapı malzemelerinin yenilenebilir veya yenilenemez doğal kaynaklardan elde edilip edilmedikleri, üretimleri sırasında harcanan enerji ve ortaya çıkan karbondioksit miktarı, ortaya çıkan atıklar, kısacası ekolojik malzeme ve elemanların özellikleri oldukça önemlidir.

### 2.3.1. Doğal Taşlar

Doğal taşlar tarih öncesi dönemlerden bu yana kullanılan geleneksel yapı malzemelerindendir. Özellikle Endüstri Devrimi öncesinde yığma yapı üretiminde kullanılmış olan bu malzeme geçmiş dönemlerde ağırlıklı olarak çevreden elde edilerek elde şekillendirilip kullanılmıştır. Doğal taşlar günümüzde ise özellikle kaplam olarak kullanılmaktadır. Modern teknolojinin gelişimi sonucu dünyanın her yerinden ithal edilerek kullanılabilen malzeme yine teknolojik imkânlarla kesilerek şekillendirilmektedir.



Şekil 2.2. Yapıda Doğal Taş Kullanımı (Kaynak: URL 1)

#### 2.3.1.1. Doğal Taş Tanımı ve Sınıflandırılması

Doğal taşlar medeniyetin başlangıcından itibaren insanlar tarafından kullanılır. Varlığını avcı-toplayıcı topluluklardan başlayıp günümüze kadar koruyan doğal taşlar; taş barınaklar, yangın kontrolü, savaş mayınları ve taş baltaları, geri dönüşümlü öğütücüler, öğütme öğütücüler için değirmenler, dini ritüeller (mezarlıkların ve idollerin yapımında) ve birçok alanda kullanılmaktadır. Bugün hayatta kalan en önemli anıtsal binalar taştan yapılmıştır. Antik döneme ait dünyanın yedi harikasından, Artemis Tapınağı ve Halikarnas Mozolesi de doğal taştan

yapılmış önemli anıtsal yapılardır. Bu yapılarda kullanılan doğal taş malzemeler kilometrelerce uzaktan getirilip, yıllarca süren emekle inşa edilmişlerdir. Yollar, köprüler, meydanlar, anıtlar ve dikilitaşlar da doğal taşların yaygın olarak kullanılmasıyla elde edilen diğer yapılardır. Doğal taş masif halde kâgir yapılarda kullanılmasının dışında, bitirme malzemesi olarak da yapılarda kullanılmaktadır (Taşlıgil ve Şahin, 2016: 608).

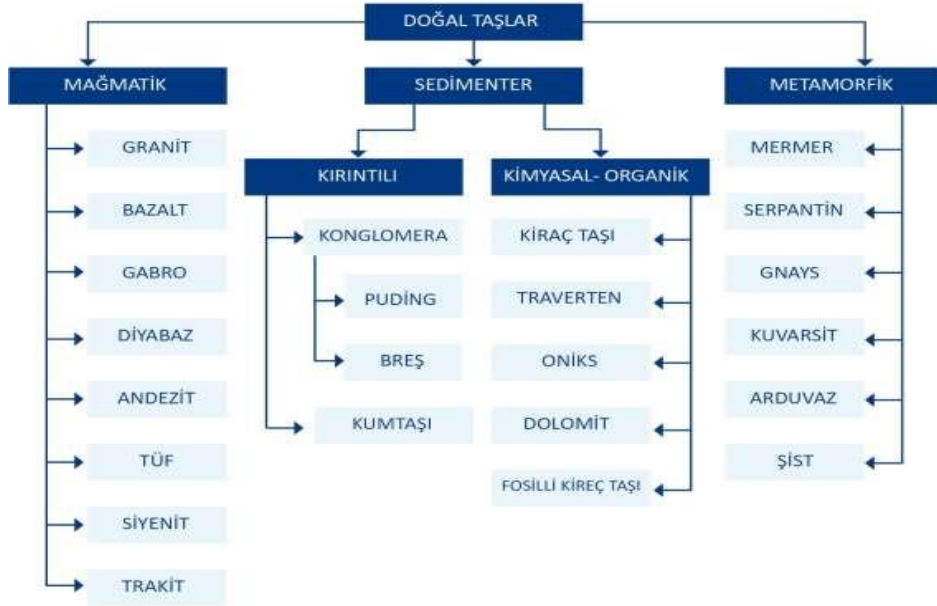
Osmanlı mimarisinde kireç taşı ve tüfler büyük ustalar tarafından kullanılarak han, cami ve medrese gibi önemli binaların dış ve iç dekorasyonunda kullanılmıştır. Ülkemizde Anadolu Selçuklularından itibaren kullanılan malzeme Türkiye'nin ilk yıllarında da İstanbul, İzmir ve Ankara gibi büyük metropollerde birçok binanın inşasında taş kullanılmıştır. Takip eden yıllarda teknolojinin gelişmesiyle beraber pek çok yapı malzemesi yaygın olarak bulunmaya başlamış ve taş kullanımı büyük oranda azalmıştır. Ekonomik olmalarının da etkisiyle bu yeni malzemeler, özellikle de beton, ilerleyen süreçte taşın yerini almıştır (Çelik, 2003: 4).

Türkiye'de çeşitli renk ve desenlerde mermer, kireçtaşı, traverten esaslı kireçtaşı, konglomera, breş ve magmatik kökenli yer almaktadır. Dünya pazarlarında beğeni toplayan doğal taş çeşitlerine ait rezervler Anadolu ve Trakya'da geniş bir alana yayılmıştır. Rezervlerin bölgelere göre dağılımı Ege Bölgesi'nde% 32, Marmara'da %26, İç Anadolu'da %11, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz Bölgesi'nde %31'dir. Yaklaşık 1.500 doğal taş ocağı, fabrikalarda yaklaşık 2.000 fabrika çalışanı, sektörde 9 bin orta ve küçük ölçekli atölye çalışması bulunmaktadır. Sektörde çalışan toplam kişi sayısı 300.000 civarındadır. En çok üretim yapan; Balıkesir, Afyon, Bilecik, Denizli ve Muğla'da toplam üretimin% 65'i yapılmaktadır (TCEB, 2016: 1).

Dünya yüzeyi kaya kitlerinden meydana gelmektedir. Minerallerse kaya kitlerinin içinde yer alan özellikleri değişmeksizin inorganik kimyasal elementler ya da kompleks bileşenlerdir. Yeryüzünde 2000'den fazla mineral mevcuttur. Bu minerallerden 20-30 tanesi taş oluşunu sağlama özelliğine sahiptir. Doğal taşlar tek

bir mineralden var olabileceği gibi birden fazla mineralden de meydana gelebilir (MEB, 2013: 2).

Taşlar oluşma koşullarına ve kökenlerine göre magmatik, tortul ve metamorfik taşlar olmak üzere üç gruba ayrılır.



Şekil 2.3. Doğal Taşların Sınıflandırılması (Kaynak: Taşlıgil ve Şahin, 2016)

Magmatik (volkanik) taşlar magmanın yeryüzünde veya yeryüzüne yakın yerlerde soğumasıyla oluşan taşlardır ve kendi içlerinde derinlik taşları, yarı derinlik taşları ve yüzey taşları olmak üzere üçe ayrılırlar. Sıklıkla yoğun, sert dayanıklı olan taşların bazıları da tuf gibi gevşek yapıda olabilmektedir.



Şekil 2.4. Magmatik taşlar (Kaynak: URL 1)

Tortul (sedimenter) taşlar yerkabuğunda oluşmuş olan mevcut taşlar zamanla çeşitli etkenler nedeniyle fiziksel ve kimyasal ayrışmaya uğrarlar. Ayrışmış olan taşların göl, akarsu havzası ve denizlerde depolanmasına tortullaşma (sedimantasyon) denir. Tortullaşan malzemelerin belirli süreçler sonucunda birbiriyle karışarak tabii bir bağlayıcı ile yeniden sertleşmesi sonucunda oluşan taşlara “tortul taşlar” denir. Tortul taşlar; kırıntılı (kumtaşı, çakıl taşı), kimyasal (kireçtaşı, traverten, oniks) ve organik (fosilli kireçtaşı, kömür) olmak üzere 3 ana gruba ayrılır. Tortul taşlar genellikle tabakalanma (katmanlaşma) gösterir ve içlerinde organik madde ve fosiller bulundurur (MEB, 2013: 6).



**Şekil 2.5.** Sedimenter (Tortul) taşlar (Kaynak: URL 2)

Başkalaşım taşları (metamorfik taşlar); magmatik ve tortul taşların sıcaklık, basınç, gerilme (stres basıncı) ve kimyasal aktivitesi olan sıvıların etkisi altında kalarak değişimleri sonucu oluşan taşlara denir. Mermer, gnays, şist, kuvarsit ve arduvaz başlıca başkalaşım taşlarıdır (MEB, 2013: 7).



**Şekil 2.6.** Metamorfik (Başkalaşım) taşlar (Kaynak: URL 3)

### **2.3.1.2. Doğal Taş Üretim ve Kullanım Yeri**

“Yapı taşları "çok genel bir terimdir ve bu nedenle inşaat sektöründe her türlü kayaçları tanımlamaktadır (Güneri, 2009: 4).

Doğal taşlar kayalık adı verilen oluşumlardan insan gücü veya mekanik yöntemlerle çıkarılır. Günümüzde insan gücünden çok mekanik yöntemlerle taş çıkarılmaktadır. Özellikle Endüstri Devrimi öncesinde doğal taşlar tel testeresi, tel halat, kama yöntemi gibi insan gücüne dayanan yöntemlerle elde edilirken, Endüstri Devrimi'nin ardından teknolojik gelişmelerin de artması sonucu kanal açma makineleriyle veya patlayıcı maddeler yardımıyla elde edilmeye başlanmıştır. Doğal taşlar yapıda kâgir duvar örmek amacıyla, iç veya dış mekânda kaplama malzemesi olarak sık kullanılmaktadır.

### **2.3.1.3 Doğal Taşın Ekolojik Özellikleri**

Tüm yapı malzemelerinde olduğu gibi doğal taşların üretiminde de geleneksel yöntemlerden uzaklaşılarak modern tekniklerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Geçmişte taşların elde edilmesi ve şekillendirilmesi için tel testeresi, tel halat, kama gibi insan gücüyle çalışan yöntemler kullanılırken günümüzde bu amaçla kanal açma makineleri ve patlayıcılar kullanılmaktadır. İnsan gücü ile uygulanan yöntemler çevresel herhangi bir olumsuzluğa yol açmamasına rağmen, kanal açma makinesi taşta zayıflığa neden olmakta, patlayıcılar ise taş ocaklarının etrafındaki çevrenin tahribatına, hayvanların doğal yaşam alanlarının bozulmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte taşların yüzeylerinde asit ve kumla yapılan bazı uygulamalar da yine çevreye zararlıdır.

Yurtdışında, özellikle de ABD’de yapı üretimi sırasında kapsamlı sürdürülebilirlik çalışmaları yapılmakta, malzeme ve elemanın sürdürülebilirlikle ilgili özellikleri tespit edilmektedir. Örneğin ABD’nin Kaliforniya eyaletinde her yapı malzemesi üç aşamalı bir inceleme geçirdikten sonra uygulanabilir olduğuna karar verilmektedir.



Buna göre ilk aşamada malzeme ile ilgili genel teknik bilgiler, iç mekân hava kalitesine olan etkileri, hammaddelerinin özellikleri, geri dönüşümlü malzeme kullanımına ilişkin bilgiler elde edilmektedir. Bunun ardından malzemenin özellikleri ile ilgili yeterli bilgiye ulaşılamadığı düşünülürse, daha kapsamlı incelemeler yapılmakta, bu kapsamda da standartlar, yönetmelikler incelenmektedir.

İkinci aşamada elde edilen bilgilerin kesinliği standartlara uygun gerçekleştirilen çeşitli testlerle incelenmektedir.

Üçüncü aşamada ise malzemelerin seçilmeleri halinde çevreye olan etkilerinin sayısal değeri tablolar ve matrisler yardımıyla belirlenmektedir. Burada malzemenin yenilenemeyen bir doğal kaynak olmasının, tükenmesinin insan varlığına etkilerinin, kullanımının iç mekân ve genel çevreye olan etkilerinin göz önünde bulundurulması ile oluşturulmuş bazı tablolar kullanılmaktadır.

**Tablo 2.2.** Malzemelerin Çevreye Etkisi (Kaynak: URL 3, URL 4)

	Gömülü enerji MJ/kg	Yoğunluk Kg/m <sup>3</sup>	Özısı J/kg/°C
<b>Granit</b>	3.58	2500-3000	809
<b>Tüf</b>	1.64	1700-2500	885
<b>Kum</b>	0.10	1500	805
<b>Çakıl</b>	0.10	1700	800

### 2.3.2. Toprak Esaslı Malzemeler

Toprak tarih boyunca çok kolay ulaşılabilmesi sebebi ile yapıda en sık kullanılan malzemelerden biri olmuştur. Doğal olması, hafif olması, kolay şekillendirilebilmesi, ekonomik olması, ısı ve ses yalıtım değerlerinin çok iyi olması da tercih edilmesindeki etkiyi artıran diğer olumlu özellikleridir. Toprak yapıda pişmemiş halde ve pişmiş halde kullanılabilir. Kerpiç olarak adlandırılan pişmemiş toprak esaslı malzeme kırsal kesim dışında yapıda son yıllarda yaygın olarak kullanılmamasına rağmen, pişmiş toprak esaslı malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle ısı özelliklerinden dolayı yapıyı atmosferle ayıran

kısımlarda kullanılan malzeme bu anlamda vazgeçilmezdir.

Toprak esaslı yapı malzemelerinin hammaddesi olan kil, “ayırışma kuşağı” adı verilen ve yeryüzü ile yeraltı su seviyesi arasında yer alan kuşaktaki mineral ve kayaların birtakım fiziksel ve kimyasal değişiklikler geçirmesi sonucunda oluşur. Bu mineral ve kayalar, sıcaklık değişimleri, su, rüzgâr, donma çözünme ve bitkiler gibi etkenlerin etkisi sonucunda parçalanırlar. Kil oluşumuna neden olan etkenler, toprağın yer kabuğu içindeki yeri, iklimsel değişkenler, topografik durum, bitki örtüsü, ana maddelere ilişkin etkenler ve zamandır (Çiçek, 2002: 2).

İnsanlık tarihinin bilinen ilk yapı malzemesinin kil olduğu milattan önceki tarihlerden günümüze kalan Çatalhöyük ve Erika Antik Kenti ve Babil Kulesi kalıntılarına bakıldığında açıkça görülmektedir. Çatalhöyük ve Erika Antik Kentlerinde olduğu gibi ilk kullanımlar güneşte kurutulmuş kerpiç elemanlar şeklindedir. Kerpiçin dayanıklı olmaması, dış hava koşullarından çabuk etkilenmesi killi toprağın pişirilmesini gerektirmiştir. Babil Kulesi pişmiş tuğlanın sistemli ve düzenli kullanıldığı ilk bina olarak kabul edilir (Yıldırım, 2018: 2).

### **2.3.2.1. Pişmemiş Toprak Esaslı Malzeme Kerpiç**

Kerpiç olarak adlandırılan pişmemiş toprak esaslı malzemeler tarih boyunca en sık kullanılan malzemelerden biri olmuştur. Bunun en önemli nedeni malzemenin kolay elde edilip, kolay şekillendirilmesi ve ekonomik olmasıdır. Kerpiç üretiminde öncelikle toprağın kalitesi incelenmeli ve eğer düşük kalitedeyse iyileştirilmelidir. Toprağın granülometrisinin incelenmesi, dinlendirilmesi ve eğer gerekliyse içine çimento, kireç gibi başka katkıları eklenmesi malzemenin özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılan yöntemlerdir (Koca G., Malzeme, 5. ders notu)

Kerpiç yapılacak toprak iyileştirildikten sonra, su ve çeşitli bitki lifleri ile karıştırılarak çamur haline getirilir. İç yüzeydeki kurumanın dış yüzeydeki kurumaya eşit olmaması çatlamalara neden olacağı için bitki lifleri eklenerek homojen bir karışım hazırlanmalıdır. Hazırlanan çamur, tuğla formunda kalıplara yerleştirilip,

sıkıştırılır. Sıkıştırılan çamurun üstü düzgünce bir tahta ile düzeltilir ve fazla çamur atılır. İmkân varsa malzeme önce gölgede, ardından da güneşte kurutulur. Kerpicingin her tarafının kuruması için güneşe bakan yüzleri zamanla değiştirilerek çabuk kuruması sağlanır. Malzemenin dayanımı için homojen kuruması oldukça önemlidir.

Kerpiç genellikle ana ve kuzu olarak iki farklı boyutta üretilir ve tuğla gibi örülerek uygulanır. Kerpicingin en büyük dezavantajı rüzgâr ve su gibi çevresel etmenlere dayanıklı olmamasıdır. Bu özelliği iyileştirmek için çimento sıvalı kerpiç tuğla, uçucu kül çamur tuğlası üretimi üzerine araştırmalar devam etmektedir. (Sarıbyık, t.y: 7).



**Şekil 2.7.** Kerpiç malzeme ile üretilmiş konut (Kaynak: URL 5)



**Şekil 2.8.** Kerpiç Tuğlalar (Kaynak: URL 5)

### **2.3.2.2. Pişmiş Toprak Tanımı ve Sınıflandırılması**

Pişmiş toprak yapı malzemeleri seramik olarak anılmakta ve binlerce yıldan beri kullanılmaktadır. Seramik en basit tarifıyla çok yüksek sıcaklıkta pişirilmiş toprak demektir. Genellikle kil, kaolin, vb. malzemelerin yüksek sıcaklıkta pişirilmesiyle meydana gelir. Bu nedenle de pişmiş toprak esaslı malzeme olarak bilinir.

Seramikler üretim tekniklerine, boşluk yapılarına ve yapısal kullanım alanlarına göre sınıflandırılırlar. Buna göre yapısal kullanımda yapılan en yaygın sınıflandırma; boşluklu, yarı boşluklu ve boşluksuz seramikler şeklinde yapılan sınıflandırmadır. Buna göre; boşluklu seramikler kullanılan kilin çalışma derecesinden daha düşük bir ısı derecesinde pişirilmesiyle elde edilir. Isı geçirme kabiliyetleri yüksek, dayanımları ise daha düşüktür. Boşluksuz seramikler ise kullanılan kilin camlaşma derecesine kadar pişirilmiş malzemelerdir. Bu nedenle ısı geçirme kabiliyetleri düşük, dayanımları ise daha yüksektir.

Pişmiş toprak tuğla modern yapı malzemelerinin kullanımının başladığı döneme kadar yığma yapılarda vazgeçilmez bir malzeme olmuştur. Günümüzde bu malzemelerden elde edilen ürünler, çoğunlukla betonarme yapıların duvar ve döşemelerinde dolgu malzemesi olarak, ayrıca puzolanik çimento ürünleri ile deprem riski az olan bölgelerde sınırlı yükseklikte yığma yapılarda kullanılmaktadır (Çiçek, 2002: 1).



**Şekil 2.9.** Tuğla (Kaynak: URL 6)



**Şekil 2.10.** Ateş Tuğla (Kaynak: URL 6)

### **2.3.2.3. Pişmiş Toprak Üretim ve Kullanım Yeri**

Pişmiş toprak esaslı malzemeler killi toprağın farklı hammaddelerle karıştırılıp pişirilmesi ile elde edilir. Malzemeye sahip olduğu özelliklerin büyük kısmını bünyesinde barındırdığı kil verir. Kil yapısındaki ısıyı uzun süre koruyarak sağlığa uygun ısı geçişi sağlayan bir malzemedir. Bu da elde edilen malzemenin yalıtım özelliklerinin iyileşmesini sağlar.

Seramik malzeme üretiminde kilin seramik malzeme haline gelebilmesi için

başlıca dört üretim aşaması bulunmaktadır. Hamurun hazırlanması, şekillendirilmesi, kurutulması ve pişirilmesinden oluşan bu süreç sonucunda kil sert, deforme olmayan ve belirli mekanik, fiziksel ve kimyasal niteliklere sahip bir malzeme haline gelir. Üretim sırasında malzemenin özelliklerini ortaya koyan aşama pişirme sıcaklığıdır. Daha düşük sıcaklıklarda pişirilen malzeme daha boşluklu olurken, daha yüksek sıcaklıkta pişirilmiş malzeme daha az boşlukta sahip olur.

Seramikler duvar malzemesi olarak (ana malzeme olarak (örgü, tuğla), kaplama malzemesi olarak, kaplamalı panel olarak, sert plaka olarak, döşeme malzemesi olarak, taşıyıcı sistem malzemesi olarak ve çatı malzemesi olarak ve çatı malzemesi olarak (kiremit) olarak kullanılmaktadır. Hammaddelerin bolluğu, kolay işlenmesi, basit üretimi, nispeten düşük maliyeti, kullanım kolaylığı vb. gibi özellikleri malzemenin kullanım alanlarını artırmaktadır (Çalışkan, 2016: 5).

#### **2.3.2.4. Toprak Esaslı Malzemelerin Ekolojik Özellikleri**

Kerpiç doğal ve sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Bunun yanında ısı ve ses yalıtım özelliği de bulunmaktadır. Ancak kerpiç genel olarak bazı kusurlar ihtiva etmektedir. Bunlardan bazıları; basınç dayanımı düşük, suya karşı dayanımı zayıf ve birim hacim ağırlığı yüksektir. Bu nedenlerden dolayı ülkemizde kırsal bölgelerde geleneksel bir yapı malzemesi olarak kalmıştır. Bu dezavantajları gidermek ve bugüne kadar kerpiç toprağının özelliklerini geliştirmek için yapılan çalışmalar maliyetlerin yüksekliği, yöresel koşullara uyumsuzluk ve ileri teknoloji gerektirmesi gibi nedenlerle kısmen başarılı olmuştur. Ancak bu tür çalışmalar halen devam etmektedir (Çavuş vd., 2015: 190).

Alker (alçılı kerpiç), uygun kerpiç toprağına % 10-20 arasında alçı katılmış bir kerpiç türüdür. Fiziksel ve mekanik özellikleri normal kerpice göre daha üstündür. Alker'e katılan alçının çabuk priz yapması, kalıptan çıktığı sırada yeterli sağlamlık kazanmasını sağlar. Uygulamada, kurutma için işçilik ve zaman sarfına ve kurutma alanı ayrılmasına gerek kalmadan kullanıma olanağını kazandırır. Alçının çabuk priz yapması kilin kuruma sırasında normal olarak yapacağı büzülme ve

kurumanın dengeli sağlanamadığı zamanlarda bünyede oluşacak çatlama ve biçim değişmelerini önler (Acun ve Gürdal, 2003: 73).

**Tablo 2.3.** Duvar Türlerinin Klimatolojik Özellikleri (Kaynak: Acun ve Gürdal, 2003)

	Harman Tuğlası	Delikli Tuğla	Beton Blok	Hafif Beton Blok	Alker
İç Yüzey Sıcaklık Derecesi	12,44	13,70	9,68	14,85	16,80
Isı Biriktirme Kapasitesi	75,24	54,34	110,00	57,60	139,8
Faz Ötelemesi	4,50	4,47	4,03	13,58	29,00
Soğuma Süresi	14,29	12,82	13,97	17,28	66,68



**Şekil 2.11.** Alkerle Oluşturulmuş Bir Yapı (Kaynak: URL 7)

Pişmiş toprak esaslı malzemelerden boşluklu yapıya sahip olanlar, modern yapı üretiminde en fazla kullanılan malzemelerden biridir. Öncelikle bu tip malzemelerde sıklıkla kil ve şist gibi toksik özellik barındırmayan doğal malzemeler bulunmaktadır. Bununla birlikte kiremit ve tuğla gibi boşluklu yapıya sahip pişmiş toprak esaslı malzemeler atıkların değerlendirilmesi için de uygun üretim süreçlerine sahiptir. Boşluklu yapıya sahip pişmiş toprak esaslı malzemelerin çevresel etkileri ile

ilgili en önemli endişe malzemelerin üretim süreçlerinde harcanan fosil kökenli yakıt miktarının ve ortaya çıkan sera gazı miktarının fazla olmasıdır. Bununla ilgili Yunanistan'da yapılmış olan bir çalışmada, kullanılan enerji kaynaklarının büyük kısmının fosil kökenli olduğuna değinilmektedir.

Bir diğer problem ise bu tip malzemelerin üretimleri sırasında düşük kaliteli yakıt tüketilmesi nedeniyle yüksek miktarda atmosfer kirleticisi partikül oluşmasıdır. Pişmiş toprak esaslı yakıtlar yüksek oranda sülfür barındırdığı için ciddi miktarda SO<sub>2</sub> ve NO oluşumuna yol açmaktadır. Bu problemlerin ortadan kaldırılabilmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Bu amaçla yapılan en kapsamlı çalışmalardan biri, pişirilmemiş killi toprak tuğla üretimidir. Güneş altında pişirilmiş malzeme olarak da ifade edilebilecek bu tip malzemeler, günümüzde pişirilerek elde edilen malzemelerden daha az enerji tüketilerek üretilmekte, buna bağlı olarak da daha az karbon salınımına yol açmaktadır. Pişirilmemiş toprak esaslı tuğla malzemelerin en önemli dezavantajı olan suya karşı dayanıksız oluşu ise içine az miktarda eklenen kireçle giderilebilmektedir. Bu tuğlaların dayanımı nispeten az olsa da bu konuda gelecek vadede çalışmalar yürütülmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda pişirilmemiş killi malzemenin çevresel etmenlere oldukça yüksek dayanım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Yüksek sıcaklıkta pişirilerek elde edilen boşluklu toprak esaslı malzemenin gömülü enerjisi 4187 MJ iken, pişmemiş killi malzemenin gömülü enerjisi 657 MJ'dür. Bununla birlikte yüksek sıcaklıkta pişirilerek elde edilen boşluklu toprak esaslı malzemenin karbon salınımı 202 kg CO<sub>2</sub>/ton iken, pişmemiş killi malzemenin karbon salınımı 41 kg CO<sub>2</sub>/tondur (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 402).



**Tablo 2.4.** Toprak Esaslı Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları (Kaynak: URL 3, URL 4)

	Gömülü enerji MJ/kg	Yoğunluk Kg/m <sup>3</sup>	Özısı J/kg/°C
Pişmiş toprak, tuğla ve fayans	4,50	2243	927
Pişmiş kil, vitrifiye seramik malzemeler	10,00	2400	1050
Porselen banyo armatürleri	27,50	2200	1096
İçi boş tuğla duvar	2,96	1200	927
Delikli tuğla duvar	2,85	1600	927
Masif tuğla duvarcılık	2,86	1800	927

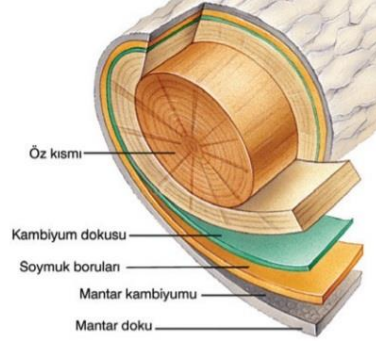
### 2.3.3. Ahşap

Ahşap canlı bir organizma olan ağacın meydana getirdiği, lifli, homojen ve anizotrop bir dokuya sahip organik esaslı bir yapı malzemesidir. Farklı alanlarda kullanılma imkânı, çeşitliliği ve estetik görünümü ile geçmişten günümüze yapı sektöründeki en önemli malzemelerden biri olmuştur. Doğadan elde edilmesinin ardından biçilerek şekillendirilen malzeme yapıda pek çok farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır.

#### 2.3.3.1. Ahşap Tanımı ve Sınıflandırılması

Tarih öncesi dönemden bu yana yapı üretiminde farklı şekillerde kullanılan ahşap organik bir malzeme olan ağaçtan elde edilir. Karmaşık bir organizma olan ağacın metabolizması dal, gövde ve kök olmak üzere üç ana kısımdan oluşur. Dallar havadan karbondioksiti alarak şeker oluşumunu gerçekleştirir. Gövde ağacın yapısal gücünü verir, mineral ve besin deposu olarak görev yapar. Kökler ise ağacın toprakla ilişkisini sağlayıp su ile mineralleri topraktan alır. Ahşabın elde edildiği kısım olan gövdenin yapısı incelendiğinde hücrelerin kabuk ve diri odun arasında bulunan kambiyum tabakası tarafından oluşturulduğu görülür. Bahar aylarında hücre üretimine başlayan kambiyum tabakasının oluşturduğu yeni hücreler ağacın dış kısımlarında diri odun adı verilen kısmı, içte kalan daha yaşlı ve ölü hücreler ise öz odun kısmını oluşturur. Diri odun yaşayan hücrelerden oluşması nedeniyle çevresel

etmenlere daha açıktır, öz odun kısmı ise ölü hücrelerden oluşmuştur ve kimyasal yapısı değiştiği için çevresel etmenlere karşı daha dayanıklıdır (Koca G., Malzeme, 8. ders notu)



**Şekil 2.12.** Ağacın Gövde Yapısı (Kaynak: URL 8)

Ağacın yapısı mikroskopla incelendiğinde; traheid, trahe, paransim, lifler ve öz ışını olmak üzere beş farklı hücre tipi bulunduğu görülür. Bu hücre dizilimindeki farklılıklara göre ağaçlar iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlar olmak üzere iki farklı gruba ayrılır. İğne yapraklı ağaçlar daha basit bir hücre yapısına sahiptir. Ahşabı sıklıkla homojen yapıda, düzgün lifli ve hafif olan iğne yapraklı ağaçlar özellikle yapısal ahşap olarak kullanılmaktadır. Yapraklı ağaçlar ise daha karmaşık bir hücre dizilimine sahiptir ve bu nedenle görsel olarak çok fazla alternatife sahiptir. Yapraklı ağaçlar sıklıkla mobilya endüstrisinde ve kaplama olarak kullanılmaktadır. Hücresel yapıdaki bu farklılıklar ahşabın dayanım ve çalışma değerlerinin değişmesinde de etkilidir.

Ahşabın davranışlarını etkileyen en önemli özelliği organik kökenli oluşudur. Ahşabın çalışması ve bozulması tamamen malzemenin organik kökenli oluşundan kaynaklanmaktadır. Ahşabın çalışması davranışlarını önemli ölçüde etkileyen bir özelliktir. Ahşap tamamen su ile yaşayan organik bir canlı olan ağaçtan elde edilir. Bu neden ahşap suyu seven hidrofilik özelliktedir. Bulduğu ortamda su ve su

buharı fazla bulunuyorsa bünyesine su çeker, eğer ortamda su ve su buharı az bulunuyorsa kendi bünyesindeki su buharını ortama verir. Bunun sonucunda da ahşap bünyesinde genleşme ve daralmalar oluşur. Bu olaya ahşabın çalışması adı verilir ve ahşabın yapıdaki davranışını önemli ölçüde etkileyen bir özelliktir.

Ahşabın bozulması özellikle yapısal ahşaptaki en önemli problemlerdendir. Diğer yapı malzemelerindeki bozulmalardan çok sık bahsedilmezken ahşapta bu konu özellikle gündeme gelmektedir. Ahşap organik bir malzeme olmasından dolayı çevresel etmenlerden çok fazla etkilenir ve bünyesinde performansla ilgili sorunlar oluşabilir. Malzemelerde genel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulma olmak üzere 3 farklı bozulma görülür. Fiziksel bozulma genellikle günlük sıcaklık değişimi, güneş ışınları, vb. çevresel sebeplerden dolayı oluşan yüzey çatlağı gibi ufak değişikliklerdir. Koşulları çok fazla değişmeyen ahşap malzemede fiziksel bozulma sıklıkla gözardı edilebilir seviyede gerçekleşir. Kimyasal bozulma ise çeşitli kimyasal maddeler sonucunda ahşabın kimyasal yapısında gerçekleşen bozulmalar olarak ifade edilebilir. Ahşap çok sayıda kimyasala dayanım gösteren bir malzemedir, fakat bazı kuvvetli tuzlar, alkali ve sodyum karbonat gibi maddeler ahşabın yapısını bozar. Ahşapta yaşanan en önemli bozulma ise biyolojik bozulmadır.

Biyolojik bozulma ahşabın bünyesinde uygun nem ve sıcaklık değerlerinde organizma oluşumu olarak ifade edilebilir. Doğa tüm varlıkları kendisine geri döndürme çabasıdadır ve bu nedenle her organik malzemede zamanla çeşitli biyolojik bozulma işaretleri görülebilir. Ahşap mantar, böcek, yosun, alg, liken gibi çok sayıda mikroorganizmanın etkisinde kalabilir ve bazı durumlarda bu bozulma fark edilemeyebilir. Yapısal ahşabın zarar görmesini engelleyebilmek için iç mekânlarda ortamın sıcaklık ve nem değerlerinin çok fazla değişiklik göstermemesine dikkat edilmelidir. Malzemenin yüksek dayanıma sahip türlerden seçilmesi ve yüzeyinde mikroorganizmalara karşı önlemler alınması da önerilebilir.



**Şekil 2.13.** Ahşap döşeme kaplaması (Kaynak: URL 9)



**Şekil 2.14.** Ahşap konstrüksiyon yapı üretimi (Kaynak: URL 9)



**Şekil 2.15.** Ahşap döşeme konstrüksiyonu (Kaynak: URL 9)

### 2.3.3.2. Ahşap Üretim ve Kullanım Yeri

Ahşap tarih öncesi dönemden bu yana sahip olduğu olumlu özelliklerden dolayı yapı üretiminde kullanılmaktadır. Ahşabın yapıda tercih edilmesinin nedenlerinden bazıları, kolay bulunması, kolay elde edilmesi, kolay şekillendirilmesi, hafif olmasına rağmen yüksek dayanım değerlerine sahip olması, sıcak bir yüzey özelliğine sahip olması ve görünüm alternatiflerinin çok olması olarak ifade edilebilir. Ahşabın mekanik özellikleri diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında orta seviyelerde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte ahşabın çekme ve basınç dayanımı değerleri birbirine yakın olduğu için yapısal kullanımda alçak katlı yapılarda yüzyıllardır güvenle kullanılabilir.

Ahşap barınma amaçlı olarak insanlık tarihinin başlangıcından bu yana kullanılmıştır. Ahşabın ilk kullanımının ince fidelerin bir araya getirilmesi ile elde edilen çadırlar olduğu tahmin edilmektedir. Bu dönemde insanlar çevrede yaygın olarak bulunan ağaç türlerini kullanarak, kendi geleneklerine göre yapı üretimi gerçekleştirmiştir. Endüstri Devrimi'ne kadarki süreçte ahşabın; yarı kâgir yapı üretiminde, kütük ev üretiminde ve ahşap iskeletli sistemlerde kullanıldığı görülmektedir. Endüstri Devrimi'nin ardından özellikle sürdürülebilir ormancılık yapılan ABD, Kanada ve Kuzey Avrupa gibi ülkelerde taşıyıcı sistemde ahşap kullanımı devam etse de dünyanın pek çok yerinde ahşap yerini modern yapı malzemelerine bırakmıştır. Buna rağmen ahşabın mobilya ve kaplama üretimindeki kullanımı devam etmiştir.

Ahşap malzeme yapıda masif ve kompozit halde bulunabilir. Farklı pek çok sektörde ve yüksek miktarda ahşap kullanımı doğal kaynakların tüketilmesi gibi problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle de son yıllarda ahşabın kompozit halde kullanılması yaygınlaşmıştır. Ahşabın daha ufak boyutlara ufaltılıp polimer malzemelerle tekrar bir araya getirilmesi ile oluşturulan malzemelere ahşap kompozitler adı verilir. Kompozit ahşap malzemeler ahşabı çalışma değerlerini azaltması, çevresel etmenlere dayanımını artırması ve ahşap zayıflığını azaltması gibi

nedenlerle son yıllarda çok fazla tercih edilmektedir. Ahşap kompozitler ahşap boyutu, kullanılan polimer cinsi ve üretim şekline bağlı olarak farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bu amaçla en fazla kullanılan polimer türleri; ahşap lif ve yonga levhalar, OSB (oriented strand board) ve kontrplaktır.

Doğal ahşap günümüzde nispeten pahalı bir malzemedir ve istenilen büyük ebatlarda temin edilemeyebilir. Bu nedenle dış tabaka olarak daha estetik görünümlü malzemeler kaplanarak hem ekonomiklik hem de estetiklik sağlanabilir (Ersoy, 2001: 86).

Ahşabın yapıdaki kullanım alanları aşağıdaki gibidir;

- Yapıda iskelet taşıyıcı sistem üretiminde; (kütük ev, yarı kâgir yapılar Safranbolu evleri, vb.), ahşap taşıyıcı sisteme sahip yapılar.
- Doğrama üretimi
- Kaplama üretimi, kompozit polimer kökenli malzemelerle oluşturulmuş panolar, çimento kökenli malzemelerle oluşturulmuş panolar
- Bölücü duvar üretimi
- Döşeme konstrüksiyonu ve döşeme kaplaması üretimi

### **2.3.3.3. Ahşap Ekolojik Özellikleri**

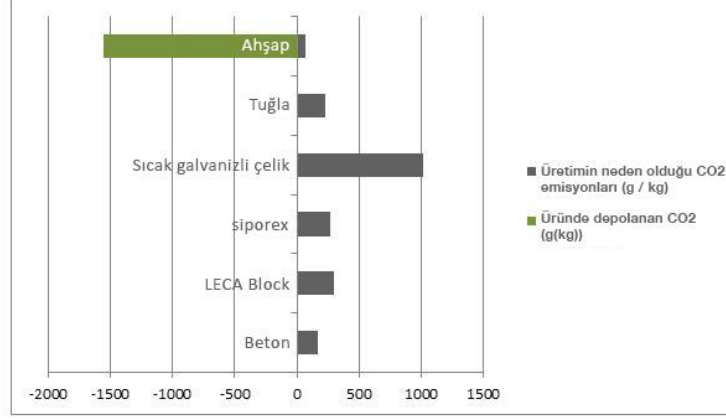
Ahşap çevresel olarak değerlendirildiğinde; yenilenebilir bir kaynaktır, düşük gömülü enerjiye sahiptir, üretimi sırasında açığa çıkan karbon miktarı azdır. Bununla birlikte ahşabın bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Ahşap üretimi için kontrollü olarak gerçekleştirilmeyen uygulamalar sonucun ciddi seviyelerde orman tahribatı gerçekleşmektedir. Araştırmalara göre dünyadaki karbon salınımının %17,3'lük bir kısmının orman tahribatından kaynaklandığı görülmektedir. Düzenli ekim ve kontrollü kesim yapılmayan dönemlerde ahşabın yoğun olarak kullanılması sonucu kaynak tüketimine bağlı bazı problemlerin ortaya çıktığı, özellikle tropik ve balta girmemiş ormanlarda ciddi küçülmeler yaşandığı, bu tip ormanların tükenme

tehlikesi ile karşı karşıya kaldığı görülmüştür. Günümüzde dünya çapındaki balta girmemiş ormanların sadece %8'lik bir kısmı korunabilmektedir. Bu tip problemlerin ortadan kaldırılabilmesi için ormancılığın sürdürülebilir olması gerekmektedir (Binggeli C., ASID, 2007). Kontrollü olarak elde edilmeyen ahşap malzemeler ayrıca doğal yaşam alanlarına zarar vermekte ve asit yağmurlarına da neden olmaktadır (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 404).

Ahşap üretiminin sürdürülebilir hale getirilebilmesi için; yeterli miktarda ve geniş bir çeşitlilikte doğal yolla oluşmuş ağaç yetiştirilmesi gerekmektedir. Bu süreçte ayrıca toprağın, suyun, havanın ve tüm ekosistemin sağlığının korunması da zorunludur. Bu şekilde oluşturulan ormanlarda sertifikalı ahşap üretimi yapılarak kontrolsüz kesimin önüne geçilmesi de mümkündür (Binggeli C., ASID, 2007). Sertifikalı ahşap üretimi son yıllarda orman tahribatının ve biyolojik çeşitliliğin azalmasının önüne geçmek amacıyla uygulanan bir yöntemdir (Rametsteiner, Simula, 2003). Böylelikle olgunlaşmamış ve diri odunu fazla olan ağaçların ahşaba dönüştürülmesi engellenerek üretilen ahşabın kalitesi de artırılmaktadır. Bu şekilde oluşturulan ormanlarla ABD, Kanada ve Kuzey Avrupa'da yoğun ahşap kullanımına rağmen kaynak tüketimi problemi yaşanmamaktadır.

Ahşabın yeniden kullanımına yönelik uygulamalar yapılması da ekolojik olarak oldukça önemlidir. Ormanlar dünyanın karbon döngüsünde oldukça önemli bir role sahiptir. Fotosentezle ağaçların atmosferden aldıkları CO<sub>2</sub>'yi O<sub>2</sub>'ye dönüştürmeleri çevresel anlamda oldukça önemlidir. Bununla birlikte kontrolsüz ağaç kesimi, kullanılmayan, kaderine terk edilmiş veya yakılma suretiyle ortadan kaldırılmaya çalışılan ahşap malzeme karbon salınımına neden olmakta ve çevreye zarar vermektedir (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 404).

**Tablo 2.5.** Farklı yapı malzemelerinin üretilmesiyle ortaya çıkan CO<sub>2</sub> emisyonları  
(Kaynak: URL 10)



Günümüzde sık kullanılan modern yapı malzemelerinden tuğla, beton, çelik ve plastiğin gömülü enerjisi oldukça olmasına rağmen ağaçlar ahşaba dönüştürülürken daha az enerji tüketimine neden olur. Ağaçların fotosentez sırasında bünyelerinde karbonu hapsetmeleri de karbon salınımına daha az katkıda bulunmalarına neden olur (Arntzen, 1994).

Ahşap malzemeden kaynaklanan bir diğer çevresel problem de özellikle kompozit ahşap üretiminde ve yüzey koruyucu uygulamalarda kullanılan kimyasallar nedeniyle ortaya çıkan zararlı uçucu gazlardır. Zararlı uçucu gaz oluşumu özellikle iç mekân hava kalitesini ciddi oranda düşürmekte, malzemenin insan sağlığına doğrudan zarar vermesine neden olmaktadır. Buna ilişkin problemlerin ortadan kaldırılabilmesi için çevresel etkisi daha az olan kimyasalların kullanımı ve ahşabın ısıtılma işlemine tabi tutulması son yıllarda yaygınlaşan uygulamalar haline gelmektedir (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 402).

Bahsedilen bu gibi olumsuzluklara rağmen ahşabın gömülü enerjisi ve karbon salınımı değerleri diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Bu nedenle yapısal olarak kullanımının artırılması tavsiye edilebilir. Borjesson ve Gustavsson'un gerçekleştirdiği bir araştırmada, ahşap ve betonla oluşturulmuş çok



katlı iki yapının neden olduğu karbon salınımı miktarları karşılaştırılmıştır. Araştırma orman alanlarının kullanımı ve yaşam döngüsü değerlendirmesi kriterlerini de göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak ise; beton bir yapının üretiminde gerekli olan enerji girdisinin ahşap bir yapınınkinden %60-80 oranında fazla olduğu ortaya konmuştur. Buna benzer pek çok araştırmanın sonucu da yukarıdakine benzerlik göstermekte, bu nedenle de ahşap yapı üretimi desteklenmektedir (Börjesson - Gustavsson, 2002).

**Tablo 2.6.** Ahşap Kökenli Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları (Kaynak: URL 3, URL 4)

	Gömülü enerji MJ/kg	Yoğunluk Kg/m <sup>3</sup>	Özısı J/kg/°C
Ilıman iklimlerde odun	3.00	600	2400
Tropikal ağaç	3.00	800	2900
Lamine ahşap	7.69	465	2200
Ahşap, kontrplak	5.00	600	2400

#### 2.3.4. Beton

Beton farklı alanlardaki değişik gereksinimlere cevap veren nitelikte yüzyılın en önemli malzemelerinden biridir. Özellikle yüksek dayanım değerlerine sahip olması ve uzun ömürlü olması nedeniyle tercih edilen malzeme Endüstri Devrimi'nin ardından yaygınlaşmasına rağmen dünyada en yaygın kullanılan iskelet taşıyıcı malzemesidir. Dünyada her yıl 10 milyar ton beton üretimi gerçekleştirilmektedir (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 402).

##### 2.3.4.1. Beton Tanımı ve Sınıflandırılması

Beton teknolojisinin tarihi 1850'ye kadar uzanmaktadır ancak betonarme yapılar 19. yüzyılın başlarında önem kazanmaya başlamıştır. Takip eden yıllarda, betonun uzun vadeli davranışında, döküm tekniğinde, ekipman kalitesinde devamlılık, kalite kontrol deneyleri, betonda ekonomi, yeni malzemeler, katkı

maddeleri, iş planlaması yönetimi ve ekonomisinde büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Bununla birlikte gelişen teknoloji ile kullanılabilir özel beton türleri geliştirilmiştir. Betonun taze yapısı, istenilen formda kolayca üretilmesini sağlar. Bu kalite, yapı taşlarıyla yapılmayan birçok yapı elemanının üretilmesini mümkün kılmıştır.

- Düşük dayanımlı betonlar:  $20 \text{ N/mm}^2$ 'nin altındaki basınç dayanımlı betonlar.
- Normal dayanımlı betonlar:  $20 - 40 \text{ N/mm}^2$  arasında basınç dayanımlı beton.
- Yüksek dayanımlı betonlar:  $40 \text{ N/mm}^2$ 'den daha yüksek bir sıkıştırma mukavemeti olan betonlar.

Beton bağlayıcı, agrega ve suyun birleşimiyle oluşan, başlangıçta plastik kıvama sahip olan, sonrasında ise sertleşip dayanıklı bir kütle halini alan yapı malzemesi olarak tanımlanır. Bu amaçla kullanılan malzemeler zaman içinde değişmiş ve gelişmiş, Endüstri Devrimi'nin ardından kullanılmaya başlayan formülü ise malzemeyi yapı üretiminde en sık kullanılan malzemelerden biri haline getirmiştir. Eski dönemlerde Romalılar kireç ve agrega kullanarak beton olarak tanımlanabilecek kütleler üretmişlerdir. Günümüze kullanılan beton ise agrega, çimento ve sudan elde edilmektedir (Koca G., Malzeme, 4. ders notu).

Agrega yapı malzemelerinin oluşturulmasında kullanılan taneli malzemeye verilen addır. Bu amaçla kullanılan malzemeler çeşitlilik göstermektedir, bununla birlikte agrega olarak en sık kullanılan malzemeler kum ve çakıldır. Tuğla kırığı, yüksek fırın cürufu gibi başka malzemelerin üretim süreçlerinde ortaya çıkan yan ürünler de agrega olarak kullanılabilir. Yapı üretiminde sıklıkla kullanılan kaba agrega "çakıl", ince agrega ise "kum" dur. Agreganın betonun mutlak hacminin sıklıkla %70'lik kısmını oluşturur. Betondaki çimento oranı %10, suyun oranı ise %20'dir. Gerektiğinde bu karışıma çimento ağırlığının %5'inden fazla olmamak kaydıyla katkı maddeleri de ilave edilebilir.

Çimento betonun sahip olduğu yapıya kavuşmasındaki en etkili bileşendir.

Bağlayıcı malzemeler içinde durabilitesi en fazla olan çimento ilk olarak 19. yüzyılda kullanılmıştır. 19. yüzyılın ilk çeyreğinde İngiliz bir duvar ustası tarafından üç birim kalker ve bir birim kil karıştırılarak yüksek sıcaklıkta pişirilen malzeme daha sonra toz haline getirilip su ile karıştırılarak kullanılmıştır. Bu malzemeye suni Portland çimentosu adı verilmektedir. İlerleyen dönemlerde malzemenin içindeki kil ve kireç oranları değişmiş, elde edilen betonun özelliklerinin değiştirilebilmesi için içine farklı katkıları da eklenmiştir. Günümüzde çok farklı çeşitte çimento türü bulunmaktadır.

Beton basınç dayanımı yüksek bir yapı malzemesidir, yani yapılarda normalde duvar gibi basınca çalışan elemanların üretiminde kullanılması uygundur. Bununla birlikte bir malzemenin yapı malzemesi olarak uygun özelliklere sahip olabilmesi için çekme dayanımının da belirli bir seviyede olması gerekmektedir. Betonun içine çelik çubuklar eklenerek çekme dayanımı değeri yükseltilmiş, elde edilen bu yeni malzeme ise betonarme olarak adlandırılmıştır. Betonarme ilk olarak Roma medeniyetinde kullanılmış bir yapı malzemesidir. 3. yy'da Roma yakınlarında inşa edilen Caracalla Hamamı'nda betonla birlikte bronz gergiler kullanıldığı bilinmektedir. Bilinen haliyle yapısal anlamda ilk kullanımı ise ilk kez Belçikalı bir mimar olan Auguste Perret tarafından gerçekleştirilmiştir.

Basınç dayanımı oldukça yüksek olan malzemenin sınıflandırılması da bu özelliğine göre yapılmaktadır. Normal bir çimento hamurundan elde edilen malzeme belirli şekildeki kalıplar içerisine dökülüp kürünü alması (28 gün) beklendikten sonra basınç dayanım değerleri ölçülerek yapılan sınıflandırmaya göre malzemenin 1 mm<sup>2</sup>'nin taşıyabileceği yük belirlenir ve buna göre beton BS12, 20, 30, .... vb. şeklinde sınıflandırılır. Ülkemizde 1999 yılında yaşanan deprem felaketinin ardından yapılan yeni yönetmeliklere göre artık yapılarda BS30 ve üzeri beton kullanımı zorunlu hale getirilmiştir.

#### 2.3.4.2. Beton Üretim ve Kullanım Yeri

Betonun tercih edilmesindeki en önemli etken, kalıbı oluşturulabilen her formda üretilebilmesidir. Mimarın tasarladığı yapının taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları inşaat mühendisleri tarafından belirlenip kolon ve kirişlerin kesit boyutları, kullanılacak olan beton sınıfı, çelik çubuk çapı gibi önemli detaylar belirlenir. Önceden oluşturulmuş kalıplara çelik çubuklar yerleştirilerek beton dökülür. Beton üretimi sırasında yukarıda bahsedilen bileşenler olan agrega, çimento ve su belirli oranda karıştırılır. Beton karışımının homojenliği oldukça önemlidir. Bu nedenle beton eğer şantiyede hazırlanmadıysa beton mikserlerinde sürekli olarak döndürülerek ve homojenliği korunarak şantiyeye iletilir. Bunun ardından da kalıplara dökülerek yerine yerleştirilir.

Betonun dayanım değerlerinin yüksek olması içindeki boşluk miktarının az olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle döküm sırasında betonun içindeki havanın çıkarılabilmesi için malzemede bir titreşim yaratılır. Betonun özelliklerini önemli ölçüde etkileyen ilk günlerdeki yerleştirme ve sıkıştırma dikkatli ve doğru bir şekilde yapılmalıdır. Sıkıştırma (titreşim), betonun kalıbın tüm taraflarını doldurduğu, ekipmanın beton ile sıkıca sarıldığı ve betondaki havanın çıkarıldığı işlemdir. Bu işlemler sonucunda daha yoğun ve geçirimsiz beton elde edilir. Uygulama sırasında titreşim yoğunluğuna ve miktarına dikkat edilmelidir. Aşırı titreşim, betonda ayrışmaya neden olur ve tamamlanmadığında meydana gelmez.

Betonun kürlenmesi de oldukça önemlidir. Betonun kürlenmesi yerleştirildikten ve sıkıştırıldıktan hemen sonra başlar. Bu aşamada beton yeterli nem ve sıcaklıkta tutulur. Bunun için betonun sürekli sulanması, su geçirimsiz malzemelerle kaplanması ya da kimyasal kürlenme bileşikler uygulanarak betonun güneş ve rüzgârdan korunması gerekir. Sıcak havalarda betonun aşırı su kaybından korunmaması durumunda çatlaklar oluşur ve en önemlisi hidrasyon için gerekli olan su kaybolur. Yapılan laboratuvar çalışmalarında, kuru ortamda bulunan betonun nemli ortamdaki betona göre % 50 daha az direnç gösterdiği tespit edilmiştir.

Sıcaklık ve rüzgâr, betonun hızla su kaybetmesine neden olarak betonda çatlaklara ve mukavemet ve hizmet ömrünün azalmasına neden olur (Ünsal ve vd, 2008: 4-5).

Kullanımı arttıkça malzeme ile ilgili teknolojik gelişmeler de hızla gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta daha ufak açıklıkların geçilmesi için kullanılan malzeme, günümüzde geniş açıklıkları geçmede, kabuk tasarımlarında kullanılmaktadır. Özellikle kabuk tasarımları üzerinde çalışan ABD’li mimar Eero Saarinen’in beton kullanarak gerçekleştirdiği kabuk tasarımları malzemenin inşaat mühendisliği bilgilerinin en üst seviyede kullanıldığı örnekler olarak ifade edilebilir.

Beton bu gibi ayrıcalıklı örnekler dışında yapının her yerinde karşımıza çıkan bir malzemedir. Buna göre beton yapıda; iskelet taşıyıcı sistemlerde, kaplama malzemesi olarak, dolgu ve yalıtım malzemesi olarak, prekast ve prefabrike yapı malzemeleri olarak karşımıza çıkmaktadır.



**Şekil 2.16.** Beton Döküm Aşaması (Kaynak: URL 11)



**Şekil 2.17.** Betonarme Yapı (Kaynak: URL 12)

### 2.3.4.3. Beton Ekolojik Özellikleri

Beton sahip olduğu pek çok avantaj nedeniyle Endüstri Devrimi'nin ardından kullanımını sürekli artan bir yapı malzemesi haline gelmiştir. Yüksek dayanım değerlerine sahip malzeme uzun ömürlü, çevresel etmenlere ve yangına dayanımı yüksek, kolay üretilebilir ve ekonomiktir. İstenilen formda üretilebilen bu malzeme ayrıca içine agrega olarak bazı geri dönüştürülmüş veya atık malzemeler eklenerek de üretilebilmektedir. Böylelikle çevresel olarak olumsuz özelliklere sahip atıklar kullanılabilirdiği gibi yenilemeyen hammaddelerin tüketimi de engellenebilmektedir.

Bahsedilen bu gibi olumlu özelliklerine rağmen betonun içinde barındırdığı malzemelerin üretim süreçlerine bağlı olarak çevreye ciddi olumsuz etkileri bulunmaktadır. Malzemenin içinde barındırdığı çimentonun üretim sürecinde yüksek miktarda enerji tüketilmekte ve karbon salınımı gerçekleşmektedir.

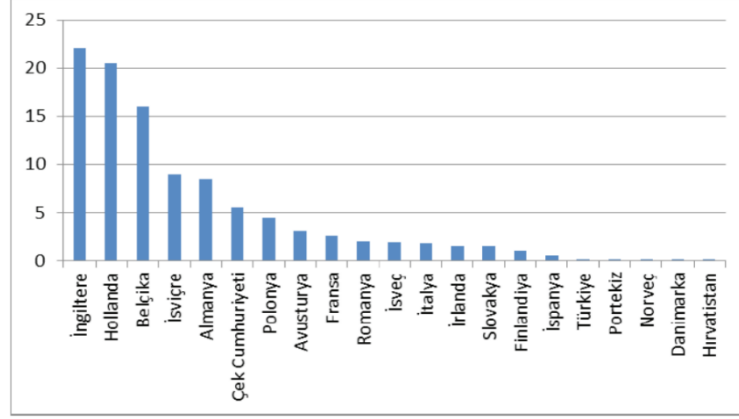
Beton sanayi her yıl 10 milyar ton taş ve kum, 10 milyar ton su tüketmekte ve önemli oranda doğal kaynak tüketimine yol açmaktadır. Dünyadaki karbon salınımının %7'lik miktarının çimento ve beton sanayinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Dünya nüfusundaki artış ve betonun kullanım oranlarının bu seviyelerde kalacağı öngörüldüğünde ise bu oranın çarpıcı biçimde artacağı düşünülmektedir. Beton üretimi sırasında sadece CO<sub>2</sub> ortaya çıkmamakta, CO (karbon monoksit), SO (sülfür oksit) ve NO (nitrojen oksit) gibi çok sayıda farklı hava kirletici partikül de ortaya çıkmakta ve bu hava kirleticiler de hem insan sağlığını hem de yapı sağlığını tehlikeye atmaktadır. Atmosferde yoğun miktarda bulunan bu kirleticiler yağmurlarla toprak ve suya ulaşabilmekte ve toprakla su sağlığına olumsuz etkileyebilmektedir. Suyu karışan bu atmosferik kirleticiler suyun pH seviyesini etkileyerek asidik özellik kazanmasını böylelikle de suda yaşayan canlıların yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Beton yapıların yıkımı ve ortadan kaldırılması sırasında ortaya çıkan çevresel problemler de oldukça fazladır. Beton yapılar toplam yapı yıkımlarının %70'lik kısmını oluşturmaktadır ve yıkım sırasında hem hava hem de su kirliliğinin arttırmaktadır.

Betonun ekolojik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla çimento üretim sürecinde kullanılan malzemelerin enerji girdilerinin ve çevresel kirliliğe katkıların azaltılabilmesi için önemli çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalar özellikle malzemenin dayanım değerlerinin artırılması üzerindedir. Böylelikle malzemenin kesit boyutları azaltılarak kullanılan hammadde miktarı azaltılabilir. Habert and Roussel'in Fransa'da yürüttüğü araştırmanın sonucuna göre; yüksek dayanımlı beton kullanımıyla azaltılan malzeme miktarına bağlı olarak %30 oranında az karbon salınımı gerçekleştiği ortaya konmuştur.

Betonun sürdürülebilirliğini ve ekolojik özelliklerini iyileştirmek için uygulanan diğer yöntemler aşağıdaki gibidir;

- Çimentonun kalsine edilmiş marn gibi daha az uygulanmış başka bağlayıcılarla değiştirilmesi,
- Su azaltıcı katkı maddeleri kullanılarak betonda çimento miktarının azaltılması,
- Uzun mesafelerde reaktif olmayan agregalar yerine uygun bağlayıcı kombinasyonları kullanılarak neredeyse alkali silika reaksiyonu için eşit duyarlı agregalar kullanımı,
- Geri kazanılmış agrega ile beton üretimi,
- Yerel malzemelerle beton üretimi

**Tablo 2.7.** Avrupa’da toplam agrega içindeki geri kazanılan agrega yüzdeleri  
(Kaynak: Demir, 2009)



İktisadi Yönetim Anketi'nin Avrupa’da betonun geri dönüştürülerek kullanımı üzerine yaptığı çalışmaya göre; doksanlı yıllarda Belçika’da %80, Almanya’da %60, Danimarka ve Finlandiya’da %40, Hollanda ve İsveç’te %20 civarındaki kısımları geri dönüştürülerek kullanılabilmiştir. 2002 yılı verilerine göre ise, Danimarka, Almanya ve Hollanda’da bu atıklarının %80’ den fazlası, Finlandiya, İrlanda ve İtalya’da %30 ile %50 arası, Lüksemburg’ta ise %10’u geri dönüştürülerek kullanılmıştır (Demir, 2009: 106).

Atık betondan elde edilen geri dönüşüm agrega (GDA) ile yapılan çalışmalarda, agreganın kalitesinin, elde edildiği atık betonun kalitesine bağlı olduğu belirtilmektedir. Karışımın çimento macunu ile iyi bir yapışma sağladığı, daha düşük bir yoğunluğa, aşınma kaybına ve su emme oranının normal agregadan daha yüksek olduğu da vurgulanmıştır. Ayrıca, GDA ile elde edilen betonun basınç dayanımı ve elastiklik modülünün, su / çimento oranı, çimento miktarı, agrega kalitesi, betondaki beton miktarı ve çimento adobe agrega yapışması ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Demirel ve Seventekin, 2015: 43)



**Tablo 2.8.**Çimento Esaslı Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları (Kaynak: URL 3)

	Gömülü enerji MJ/kg	Yoğunluk Kg/m <sup>3</sup>	Özısı J/kg/°C
Çimento	7.00	1800	801
Harç M-40/a	1.00	2000	850
Harç M-80/a	1,34	2000	850
Beton H-150	0.99	2400	658
Beton H-175	1.03	2400	65
Beton H-200	1.10	2400	658
Betonarme% 2 çelik miktarı	1.64	2500	661
Hafif beton 600 Kg/m <sup>3</sup>	1.31	600	658
Gözenekli beton 400 Kg/m <sup>3</sup>	3.71	400	610
Fiber çimento (sentetik ve ahşap elyaflı)	9.00	470	750
Ahşap elyaflı beton	450	1800	0.080

### 2.3.5. Cam

Cam kullanımındaki öncelikli amaç iç mekân ve dış mekân arasındaki bağlantıyı kurarken iç mekânın çevresel etmenlere karşı korunabilmesidir. Bununla birlikte Endüstri Devrimi'nin ardından cam modernliğin bir sembolü olarak kabul edilmiş ve kullanımı hızla artmıştır. Günümüz metropollerinde özellikle yüksek yapılarda en fazla kullanılan malzeme haline gelmiştir.

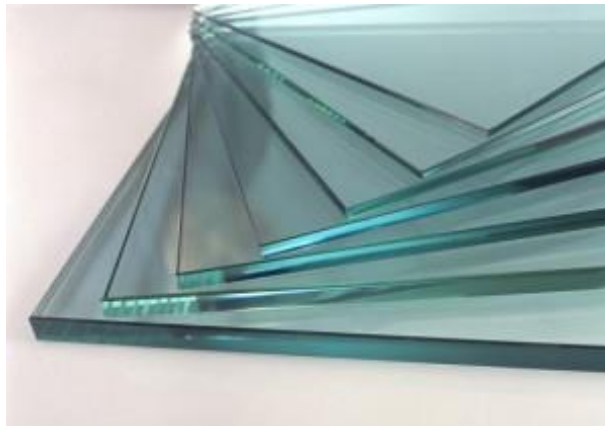
#### 2.3.5.1. Cam Tanımı ve Sınıflandırılması

Cam ani soğutulmuş alkali ve toprak alkali metal oksitleriyle diğer bazı metal oksitlerin çözünmesinden oluşan akışkan ve saydam bir malzemedir. İşlenirken sert ve durgun bir etki bırakan cam, temel olarak bir sıvı olarak kabul edilir. Camı diğer maddelerden ayıran özellik, erime noktası değil; yumuşama noktasına sahip oluşudur. Bu, camın belirli bir sıcaklıktan sonra çeşitli şekillerde oluşturulabilmesini sağlar (Uçkan ve Yelda, 2008: 97)

Camın bulunuşunun MÖ 3000'li yıllara dayandığı bilinmektedir. Dönemin ünlü tarihçisi Pliny'nin yazılarında bir ticaret gemisindekilerin kıyıya çıkarak ateş yaktıkları, ateşin içinde cam bileşenleri bulunduğu ve ateş kalıntılarının arasında cam

kalıntıları olduğu ifade edilmektedir. İlk olarak cam ustalarının yaptığı süs eşyalarının üretimi ile başlayan cam üretimi, gelişmiş medeniyetlerin olduğu dönemde kurumsallaşmış, Endüstri Devrimi'nin ardından ise bir sanayi haline dönüşmüştür. Kurumsallaşmış camcılığın Mısır ve Mezapotamya'da geliştiğinden bahsedilebilir. Malzeme o dönemlerde yaygın olmasına rağmen pahalı olduğu için sadece zenginlerin ulaşabildiği özelliktedir. Endüstri Devrimi'nin ardından ise cam sanayi ortaya çıkmış ve yapısal cam daha fazla miktarlarda üretilebildiği için yapı üretiminde daha fazla oranda kullanılabilmeye başlanmıştır. Endüstri Devrimi'nin sembolü olan Londra'daki Crystal Palace cam kullanımının ve modern yapı üretiminin ilk ve önemli örneklerinden biri olarak sayılabilir. (Ersoy, 2001: 64)

Farklı amaçlarla kullanılacak çeşitli cam türleri vardır. Bu camlar içinde yapısal olarak en sık karşılaşılan türler; sodakalsik camı ve kurşun camıdır. Sodakalsik camı, kum, soda ve kireç karışımından oluşur ve üretilen camların %90'ının sodakalsik camı olduğu ifade edilebilir. Kolayca eritilebilen ve ucuz olan bu cam türü özel işlev gerektiren haller dışında her yerde kullanılabilir. Sodakalsik camındaki kirecin yerini PbO (kurşun oksit) aldığında elde edilen cam türü kurşun camıdır. Kurşun oksit camları özellikle zararlı ışınların bir taraftan diğer tarafa geçirilmesini engellemek için kullanılır. Bu nedenle röntgen odası, vb. mekânların duvar boşlukları için üretilir.



**Şekil 2.18.** Cam (Kaynak: URL 13)

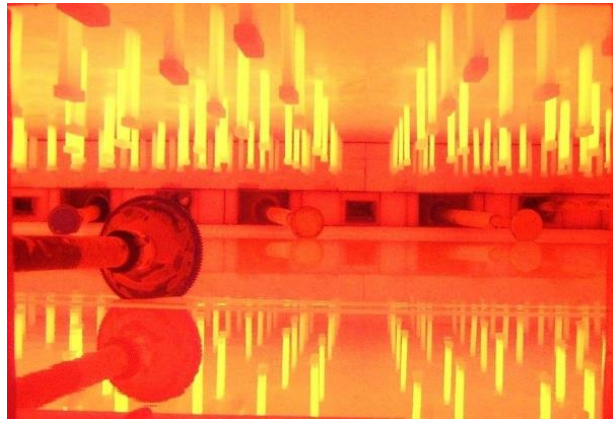
### 2.3.5.2. Cam Üretim ve Kullanım Yeri

Camın birleşiminde; oksitler, eriticiler ve stabilizatörler olmak üzere üç ana hammadde vardır. Ağ oluşturarak camlaşma özelliğine sahip olan oksitler arasında en sık kullanılanı  $\text{SiO}_2$  yani bilinen adıyla kumdur. Eriticiler oksitlerin erimelerini kolaylaştırmak için kullanılan ve onların erime sıcaklığını düşüren hammaddelerdir. Bu amaçla en sık kullanılan madde  $\text{Na}_2\text{O}$  yani sodadır. Sabitleştiriciler ise camın dayanım değerlerini iyileştirmek için kullanılan hammaddelerdir. Bu ana bileşenlerin dışında cama çeşitli özellikler kazandırmak için başka bileşenler de eklenebilir. (Ersoy, 2001: 64)

Üretim sırasında öncelikle hammaddeler belirli oranlarda bir araya getirilir. Ardından eritilir, şekillendirilir ve tavlama işlemi yapılır. Eritme işlemi iki farklı yöntemle gerçekleştirilir. Eğer süs eşyası, aydınlatma amaçlı kandil, vb. ufak boyutlu bir eşya üretilecekse potalı fırınlarda eritme yapılır. Yapısal cam üretiminde havuz fırınlar kullanılmaktadır. Havuz fırınlar erimiş camın kendisinden daha yoğun ve erime sıcaklığı daha düşük olan bir başka erimiş sıvı üstüne kontrollü bir şekilde eritilip yüzdürülmesi prensibi ile çalışmaktadır.



Şekil 2.19. Potalı Fırın



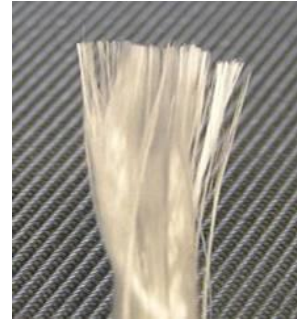
Şekil 2.20 Havuz Fırın

Farklı yöntemlerle şekillendirilebilen cam malzemenin yapı üretiminde sık kullanılan çeşitleri sıklıkla yüzdürme, lif haline getirme veya köpük haline

getirmedi. Yüzdürme yönteminde malzeme havuz fırınlarda şekillendirilir. Birbirine paralel iki yüzeye sahip geniş yüzeyli cam parçalarının (pencere camı) üretiminde kullanılır. Cam lifi cam eriyiğinin bilyalar içindeki ince deliklerden akıtılarak dışarıdaki soğuk hava ile karşılaştığında ani soğuması ile oluşturulur. İnşaat sanayinde özellikle yalıtım malzemesi, beton vb. içine eklenen katkıları, polimer esaslı malzeme ile kaplanarak küvet vb. banyo ekipmanları ve tekne üretiminde kullanılan cam lifi özellikle son yıllarda farklı alanlarda kullanılabilir. Cam köpüğü ise camın karbon gazıyla işlem görmesi ile elde edilir. Yanmazlık, hafiflik ve yüksek seviyede yalıtım özelliklerine sahip bu malzeme genellikle ısı ve ses yalıtımı amaçlı olarak kullanılmaktadır.



**Şekil 2.21** Cam Lifi Üretimi



**Şekil 2.22** Cam Lifi

Tavlama işlemi ise camın kırılmasına neden olan gerilmelerin ortadan kaldırılması için yapılan işlemdir. Kırılgan bir malzeme olan camın tehlikeli bir şekilde kırılmasını engellemek için camın kontrollü soğutulması olarak tanımlanabilir.

Bahsedilen yöntemle üretilip istenilen hale getirilen cam sıklıkla pencerelerde kullanılmaktadır. Başlangıçta sadece çevresel etmenlerden korunmak için basit camlarla doldurulan duvar boşlukları teknolojinin gelişmesinin ardından daha gelişmiş cam türleriyle tamamlanmaya başlanmıştır. Bu amaçla günümüzde; güneş

kontrol camı, hava tabakalı cam, temperli ve lamine cam gibi türler sık kullanılmaktadır. Cam malzeme pencere camlarının dışında duvar örgüsünde cam tuğla olarak ve U camı olarak, ayrıca kaplama malzemesi olarak kullanılabilir. Döşemede kaplama malzemesi olarak kullanılabilen malzeme son yıllarda çatıda kiremit olarak da karşımıza çıkabilmekte, hatta yüksek yapılarda tüm cephenin giydirilmesinde de tercih edilmektedir.

### **2.3.5.3. Camın Ekolojik Özellikleri**

Konut ve ticari binaların sürdürülebilir olmasında pencereler çok önemlidir. Gün ışığının sağlanması, havalandırma, hava koşullarına karşı koruma ve akustik yalıttan sorumludurlar. Camın yüksek ısı iletkenliği nedeniyle, bina ve çevre arasında istenmeyen ısı kazanımı veya kaybı meydana gelir. Enerji tasarrufu ve pencere sürdürülebilirliğini geliştirmek için güneş kontrol camlarının kullanımı; hava tabakalı cam kullanımı; çift veya üçlü camda cam paneller arasındaki boşluğun ayarlanması gibi çeşitli yollar vardır. Güneş kontrol camları, güneş ısısı kazanımından sorumlu olan dalga boylarında ışınların iletimini manipüle ederek pencerelerin ısıl özelliklerini iyileştirir.

Hava tabakalı camlarda da hava tabakası kalınlığının ayarlanması ve havanın düşük ısı iletkenliğine (argon veya kripton) sahip olan gazlarla yer değiştirmesi enerji kayıplarını önemli ölçüde azaltır (Lampert ve Mark, 1970: 112). Doğramaların sahip olduğu özellikler de malzemenin çevresel özelliklerine etki eder. Genel olarak, ahşap çerçeveler alüminyum veya plastik olanlara göre daha iyi bir ısı yalıtımı sağlar. Dahası, ahşap çerçevelerin düşük gömülü enerji, onları alüminyum, uPVC, çelik ve alüminyum doğramalara göre daha sürdürülebilir kılar (Joseph ve McNally, 2010: 17).

Bunların dışında pencerelere bağlı bir elektrik alanı kurularak oluşturulan ve “akıllı pencere” olarak da adlandırılan pencere sistemleri de ekolojik olarak tercih edilebilir özelliklere sahiptir. Bu sistemlerde elektrik akımı sadece sistemin açılıp

kapanmasında kullanılmaktadır dolayısıyla bir enerji tüketimi söz konusu değildir. Sistem güneşin konumuna ve geliş miktarına bağlı olarak rengini değiştirebilir, yansıtma özelliğini artırabilir ve ısı girişini kontrol edebilir özelliktedir (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 406).

Cam sektöründe, CO<sub>2</sub> emisyonları enerji tüketimi ve hammadde kullanımından kaynaklanmaktadır. Cam üretim sürecinde enerji yoğun bir şekilde tüketilmekte ve özellikle eritme işleminde kullanılan enerji toplam enerji ihtiyacının% 75'inden fazlasını oluşturmaktadır. Ayrıca, kalker, dolomit ve soda külü gibi karbonatlı hammaddeler üretim sırasında kullanılır ve CO<sub>2</sub> emisyonları kalsinasyon işlemi sırasında açığa çıkar. Cam üretimindeki artışla birlikte emisyon seviyelerinde bir artış gözlenmektedir (Karahan, Bahar ve Zeybekoğlu 2017).

**Tablo 2.9.** 2014 Sera Gazı Emisyonları (Kaynak: Karahan, Bahar ve Zeybekoğlu 2017)

Faaliyet Alanı	Kapsam 1			Kapsam 2	Toplam
	Hammadde Kaynaklı CO <sub>2</sub> Emisyonları	Fosil Yakıt Kaynaklı CO <sub>2</sub> Emisyonları	Toplam Kapsam 1	Elektrik Kullanımından Kaynaklanan CO <sub>2</sub> Emisyonları	Toplam CO <sub>2</sub> Emisyonları
Düzcem	277.600	636.900	914.600	165.800	1.080.400
Cam Ev Eşyası	40.000	271.700	311.700	109.800	421.500
Cam Ambalaj	135.200	314.600	449.700	159.300	609.000
Kimyasallar	381.400	1.526.300	1.907.700	93.100	2.000.800

Cam sektöründe emisyon miktarının azaltılması amacıyla kullanılan enerji kaynaklarının iyileştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır.

**Tablo 2.10.** Cam sektöründe mevcut en iyi teknikler (Kaynak: Karahan, Bahar ve Zeybekoğlu 2017)

	İyileştirme Alanı	MET
ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI	Ergitme Teknikleri	Rejeneratif fırınlar (yüksek kapasite) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arkadan ateşlemeli</li> <li>• Çapraz ateşlemeli</li> </ul> Konvansiyonel reküperatif fırınlar (orta-düşük kapasite) Oksi-yakıt ergitme (orta-düşük kapasite) Elektrikle ergitme (orta-düşük kapasite, özel cam) Kombine fosil yakıt/elektrikle ergitme Kesikli hammadde ergitme Isı kaybını engellemek için fırın izolasyonu Yanma kontrol tekniklerinin uygulanması <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fırın sıcaklığı</li> <li>• Besleme miktarı</li> <li>• Hava akışı</li> <li>• Yakıt/hava oranını</li> <li>• Alevin vb. izlenmesi</li> </ul>
	Yanma/Yakma Teknolojileri	Glas Flox yüksek sıcaklık yakma sistemi (yeni teknoloji) Oksi yakıtlı fırınlarda cam kırığı (Atık Cam Kullanımı) ve Yarı-Mamül Ön Isıtıcıları (yeni teknoloji) Daldırılmış Yanma/Ergitme Teknolojisi (yeni teknoloji)
	Atık Cam/Cam Kırığı Kullanılması	Proses esnasında hatalı üretim veya kalite kontrolden geçmeyen ürünlerin tekrar ergitilerek hammaddeye eklenmesi Atık camların toplanması
	Enerjinin Geri Kazanımı	Atık ısı kazanlarının kullanılması Rejeneratif veya reküperatif fırınların kullanılması Mümkün olduğunda kojenerasyon tesislerinden gelen güç ve buharın kullanılması Potansiyel atıkların yeniden kullanılması

**Tablo 2.11.** Cam Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları (Kaynak: URL 3, URL 4)

	Gömülü enerji MJ/kg	Yoğunluk Kg/m <sup>3</sup>	Özısı J/kg/°C
Cam	19,00	2500	843

### 2.3.6 Metal

Endüstri Devrimi'nin en önemli sembollerinden biri kabul edilen ve günümüz modern yapı üretiminde en sık kullanılan malzemelerden biri olan metal yapı malzemeleri homojen ve boşluksuz yapısı, yüksek dayanım özellikleri ve yeniden kullanılabilme gibi özelliklerinden dolayı sıklıkla yüksek yapı üretiminde taşıyıcı sistem elemanı olarak kullanılmaktadır.

### 2.3.6.1. Metal Tanımı ve Sınıflandırılması

Metal malzemeler, insanlar tarafından çok eski yıllardan beri bilinen ve günümüzde mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Düzgün bir hücre dizilimine sahip olan metaller sahip oldukları bu özellik nedeniyle boşluksuz ve homojen bir bünye yapısındadır. Basınç ve çekme dayanımı değerleri, ısı, ses ve elektrik iletkenliği yüksek olan metaller özellikle taşıyıcı sistem malzemesi olarak sık kullanılırlar. Endüstri Devrimi'ne kadar üretimleri çok kolay olmadığı için çok yaygın kullanılmayan metaller Endüstri Devrimi'nin ardından 19. yy'da endüstriyel üretime kavuşmuş ve yapısal olarak yaygın kullanılmaya başlanmıştır. İlkçağlarda odun kömürü ile yakılan demir ve bakır filizlerinden elde edilen malzeme yapısal olarak kenet ve boru üretimlerinde, kaplama üretiminde kullanılmıştır. 13. yüzyılda dökme demirin bulunmasıyla daha yaygınlaşan malzeme 19. yüzyılın ardından ise günümüzdeki kullanımına kavuşmuştur.

Metaller kimyasal etmenler karşısındaki davranışlarına göre soy metaller, yarı soy metaller ve soy olmayan metaller olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

- Soy metaller; kimyasal etmenlerden az zarar gören, oda sıcaklığında ve yüksek sıcaklıkta oksitlenmeyen, değişikliğe uğramayan metallerdir. Altın, gümüş, platin gibi metaller bu gruba dâhildir.
- Yarı soy metaller; oda sıcaklığında değişikliğe uğramayan, çok ısıtıldığında oksitlenen metallerdir. Nikel, kalay, krom ve bakır bu gruptadır.
- Soy olmayan metaller, oda sıcaklığında ve nemli ortamda oksitlenen metallerdir. Demir, kurşun ve çinko bu gruptaki metallerdir.

Metaller yüksek mukavemete sahip olmalarına rağmen; oksijen, su ve su buharının varlığında malzeme yapısında bazı değişiklikler ortaya çıkar. Korozyon olarak adlandırılan bu olay bakırda yüzeyde patina oluşturarak sadece görsel bir değişikliğe yol açarken, demirde paslanmaya, kütle ve mukavemet kayıplarına yol açar. Malzemenin bu gibi değişikliklere karşı korunabilmesi ve dayanım değerlerinin



iyileştirilebilmesi için alaşım olarak kullanımı daha yaygındır. Metallerin birbiri içinde eritilerek karıştırılmasına ve özelliklerinin iyileştirilmesine alaşım adı verilir.

### 2.3.6.2. Metal Üretim ve Kullanım Yeri

Doğada pek çok metal türü bulunmasına rağmen yapıda yaygın olarak kullanılan metal türleri; demir, bakır, alüminyum ve çinkodur. Kurşunun da oransal olarak kullanımı azalsa da çok uzun ömürlü olmasından dolayı eski dönemlerden bu yana bu anlamda önemli bir metal türüdür.

Metaller cevherden elde edildikten sonra kavurma, redüksiyon ve elektroliz işlemleri ile kullanılabilir hale getirilirler. Kavurma işlemi metaller içindeki sülfürü uzaklaştırmak amacıyla yapılan bir işlemdir. Bunun ardından uygulanan redüksiyon veya redükleme işlemi malzemenin içindeki oksijen miktarını azaltmak için yapılır. Malzemenin içindeki diğer saf olmayan parçacıklardan uzaklaştırmak için uygulanan elektroliz işleminde ise çözelti doldurulmuş bir kap içine ham ve saf iki metal çubuk daldırılır ve çözeltiliye elektrik verilerek ham metal çubuktaki saf olmayan maddeler uzaklaştırılır. Böylelikle saflaştırılan metaller çekme, ekstrüzyon, presleme ve çekme gibi yöntemlerle şekillendirilerek piyasaya sunulur.



Şekil 2.23. Çekme yöntemi ile metal üretimi

Metallerin yapıdaki kullanım yerleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Taşıyıcı sistem
- Kaplama elemanı
- Döşeme elemanı (taşıyıcı sistem, kaplama)
- Asma tavan konstrüksiyon
- Çatı kaplama
- Doğrama

### **2.3.6.3. Metal Ekolojik Özellikleri**

Metaller ekolojik olarak değerlendirildiğinde çevresel etkilerinin azımsanamayacak kadar çok olduğu görülmektedir. Metallerin cevherden işlenmeye başlanmasından itibaren ağır metallerin atmosfere yayıldığı ifade edilebilir. Yüzyıllar boyu düşük miktarlarda atmosfere salınan ağır metaller sanayileşmenin ardından çok daha yüksek miktarlarda salınmaya başlamış, su döngüsü ile toprağa ve suya ulaşarak tüm doğada kirlenmelere yol açmıştır. Özellikle güçlü endüstri bölgelerinde bu kirlilik kendini daha belirgin şekilde göstermekte, zehirlenme gibi sonuçlara yol açmaktadır. Ağır metal çok yaygın olarak kullanılmasına ve bazen bazı kavram karmaşalarına yol açmasına rağmen aslında doğada yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha yüksek metaller olarak ifade edilebilir. Yapısal metal üretiminde kullanılan alüminyum hariç tüm metaller de bu gruptadır. Ancak yoğunluğa bağlı olarak yapılan bu sınıflandırma bu metallerin biyolojik olarak canlılara etkisini anlatmaktan oldukça uzaktır. Zaten bu bahsedilen metallerin tümü canlı organizmalarda belirli seviyelerde bulunmak zorundadır. Bu gruba yaşamsal metal adı verilir. Örneğin bakır tüm canlılarda kan hücrelerinde bulunmak zorunda olan bir metal türüdür. Bunun dışında yaşamsal olmayan metal grupları ise insan hücrelerine biyolojik olarak oldukça hasar verir ve canlı organizmaların bu metallere karşı korunması gerekir.

Bu nedenle özellikle metal üretimleri sürecinde atıkların doğaya karışmasına karşı en üst seviyede önlemler alınması zorunludur. Aksi takdirde özellikle insan

yaşamı için vazgeçilmez olan suyun yapısına kolaylıkla ulaşabileceği için bu maddeler sağlığa ciddi zararlar verebilir. Yapısal metaller arasında özellikle kurşunun zehirleyici yapıda bir ağır metal olduğu ifade edilebilir. Bu metalle doğrudan temas etmek kurşun zehirlenmelerine yol açmaktadır, ancak günümüzde gelişen sanayileşme sonucu ciddi miktarda kurşun kullanımı vardır. Özellikle benzinin içine kurşun eklenmesinin ardından kurşunlu benzin kullanan her otomobil atmosfere belli oranda kurşun salınımına yol açmakta ve dolayısıyla ekolojiye zarar vermektedir. Yapısal olarak yukarıda da bahsedildiği gibi kurşun kullanımı zorunlu haller dışında oldukça azalmıştır. Ancak zararlı ışınların yayılımını engellemek için duvarların içine bir katman olarak kurşun plakaların eklenmesi özellikle röntgen cihazı bulunan sağlık merkezlerinde yaygın uygulamalardır.

**Tablo 2.12.** Metal Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları (Kaynak: URL 3, URL 4)

	<b>Gömülü enerji MJ / kg</b>	<b>Yoğunluk Kg / m</b>	<b>Özısı J / kg / ° C</b>
<b>Ticari çelik (% 20 geri dönüştürülmüş)</b>	35,00	7861	502
<b>% 100 geri dönüştürülmüş çelik (teorik)</b>	17,00	7861	502
<b>Paslanmaz çelik</b>	54,00	7916	460
<b>İlk kez kullanılan alüminyum</b>	215,00	2750	1005
<b>% 100 geri dönüştürülmüş alüminyum (teorik)</b>	23,00	2750	1005
<b>Ticari alüminyum (% 30 geri dönüştürülmüş)</b>	160,00	2750	1005
<b>İlk kez kullanılan bakır</b>	90,00	8900	419
<b>Ticari bakır (% 20 geri dönüştürülmüş)</b>	70,00	8900	419
<b>Titanyum% 6 Al,% 4 V</b>	45,00	4456	

Metaller yenilenemeyen bir kaynak olmalarından ve üretim süreçlerinde yüksek miktarda enerji tüketimine yol açtıklarından dolayı da ekolojik olarak olumsuz özelliklere sahiptir. Bu nedenle doğal kaynaklarının tüketilmesinin önüne geçilebilmesi için malzemenin geri dönüştürülerek kullanımı yaygındır. Böylelikle hem üretim sürecinde harcanan enerjiden tasarruf edilmekte, hem de yenilenemeyen doğal kaynakların tüketimi kontrol altına alınabilmektedir. Bu şekilde ayrıca

malzemenin sürdürülebilir özelliği de artırılmaktadır. Bununla birlikte metal üretiminde son yıllarda üretim yöntemlerinde elektrikli fırınların kullanımı da yaygınlaşmaya, böylelikle malzemenin gömülü enerjisi azaltılmaya çalışılmaktadır.

### **2.3.7. Polimer Esaslı Malzemeler**

Polimer esaslı malzemeler karbonun organik veya inorganik elementlerle oluşturduğu monomer adı verilen bağların kopartılarak polimer adı verilen uzun zincirli yapıları oluşturması ile elde edilir. Tanımından da anlaşılacağı gibi polimerler tamamen yapay olarak elde edilen malzemelerdir. Çevresel etmenlere karşı dayanımları oldukça yüksek olan bu malzemeler son yıllarda ekonomik olmaları sebebiyle yapının her yerinde kullanılabilirlerdir.

1957’de Richard Hamilton, Marvin Goody ve Prof. Albert Dietz tarafından polimer malzemedan üretilen konut; “Geleceğin Evi”, 1968’de Jean Maneval tarafından tasarımı yapılan “Bulle”, Wally Byams’ın 1980’lerde tasarladığı, seri üretime uygun yaşama birimi “Airstreams”, 2001 yılında Werner Aisslinger tarafından tasarlanan LoftCube, 2004 yılında Mimar Marcin Panpuch’ın tasarımı polikarbonat malzemedan yapılmış kara ve su üstü için tasarlanmış üç katlı ev, Herve Delaby ve Paul Burchill tarafından karavandan esinlenerek geliştirilen polimer esaslı malzemedan yapılan konut prototipi, gezici, portatif mimarinin malzeme teknolojisiyle geliştirilmiş özellikli örnekleridir (Eriç, 2002: 66).

#### **2.3.7.1. Polimer Esaslı Malzemelerin Tanımı ve Sınıflandırılması**

Yüksek moleküler ağırlıklı bileşiklerin, yani makromoleküllerin varlığı, 1920’lerde Hermann Staudinger tarafından önerilmiştir ve son 80 yılda polimerler günlük hayatımızın hemen hemen her safhasında kullanılmaya başlanmıştır. Üstün özelliklerinden dolayı polimerik malzemelerin kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Polimerlerin ana avantajları, hafiflikleri, korozyon direnci ve kolay işlenebilme özellikleridir. Polimerler yapı malzemesi olarak da büyük bir öneme sahiptir. Bugün dünyada üretilen polimerlerin yaklaşık %30’u inşaat

mühendisliği ve inşaat sektöründe kullanılmaktadır. (Okay, 2003: 2).

Polimerler sıklıkla petrol rafinerilerinde kullanılan ham petrolün işlenmesi sonucu arta kalan malzemelerden elde edilir ve ilk üretildiklerinde toz, reçine ve granül halde olabilir. Doğadaki diğer mineral ve hammaddelerden de elde edilmesi mümkün olan malzemenin çok farklı türleri bulunmaktadır ve dolayısıyla sınıflandırılması da çok kolay değildir.

Polimerler sıklıkla ısıl davranışlarındaki farklılığa göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırmaya göre polimerler; termoset ve termoplastikler olmak üzere iki farklı gruba ayrılır. Termoset plastikler sadece polimerleşme sırasında şekillendirilebilen, ısıtıldıklarında yumuşamayan, belirli bir sıcaklıktan sonra ise bozunmaya başlayan plastik türleridir. Termoplastikler ise oda sıcaklığında katı özellik gösteren ancak yüksek sıcaklıklarda yumuşayan hatta eriyen özelliktedir. Polietilen, polipropilen ve polistren bu gruptaki polimer türleridir. Bu nedenle termoplastik türleri sıcaklık ile şekillendirilebilirler, ancak kullanım yerlerindeki sıcaklığa bağlı olarak kullanım alanları kısıtlanabilir. Bu süreçte plastik kökenli malzemelerin büyük kısmı ayrıca zararlı gaz oluşumuna da neden olurlar.

Polimerlerin yapıda tercih edilmesinde etkili olan en önemli özelliği çevresel etmenlere dayanımının yüksek olması ve üretiminin kolay olmasıdır. Günümüzde yapıda en sık kullanılan polimer türleri; fenolikler, polietilen, polivinil klorür, polipropilen, polikarbonat, epoksi, polyester gibi türlerdir.

### **2.3.7.2. Polimerlerin Üretim ve Kullanım Yeri**

Sentetik polimerler birbirini tekrarlayan uzun zincirlerden oluşur. Bu malzemeler sıklıkla ham petrolden elde edilen petrokimyasal maddelerle oluşturulur. Ham petrol birbirinden farklı tipte hidrokarbondan oluşur ve hidrokarbonlar ise sadece hidrojen ve karbon molekülleri içerirler. Polimer üretimi sırasında bu moleküller arasındaki bağlar ayrışsal damıtma yöntemi ile birbirinden ayrılır

(Thompson ve Thompson, 2013: 21).

Petroldeki bağların kırılması ile monomer elde edilmesi yöntemlerinden biri etilen ve propilen üretiminde kullanılan parçalanma yöntemidir. Bu polimerleşme örneğinde ilk aşamada monomerler iki ayrı reaktör tankına yerleştirilir. İkinci aşamada monomerler birleştirilir ve ısıtılarak sürekli olarak karıştırılır. Bu aşamada polimer zincirleri oluşmaya başlar, 12-24 saatlik bir zaman aralığında ise karışım içindeki su buharlaşarak koyulaşmaya başlar. Üçüncü aşamada ise malzeme kalıptan çekilerek kesilir ve 30 saatlik bir süre boyunca kurutulur (Thompson ve Thompson, 2013: 21).

Polimer esaslı malzemelerin oransal olarak küçük bir kısmı da biyolojik kökenli plastiklerdir. Bazı durumlarda mısır, buğday ve pirinçten elde edilen biyolojik kökenli polimerler de üretilebilir. Bu özellikteki malzemeler yenilenebilir biyokütlelerden elde edilir, petrol kökenli polimerlerden daha az enerji gerektirir ve çoğu doğada tamamen çözünebilir. Bu amaçla bazen nişasta, bazen de bakteriyel fermantasyon kullanılır. Nişasta patates, mısır, buğday ve pirinç gibi bitkilerde doğal olarak bulunur. Bu tipte üretimin ilk aşamasında bitki hasat edilir ve yıkanır. İkinci aşamada bitki parçalanıp ufaltılarak sulu ortama yerleştirilir. Bu işlem bitkinin hücrelerinde parçalanmaya yol açar ve nişastayı ortaya çıkarır. Püre haline gelen bu karışım bir süre sonra çökelir ve posa, su, nişasta birbirinden ayrılır. Üçüncü aşamada ise karışım sürekli olarak yıkanır ve nişasta içindeki saf olmayan maddeler ayrıştırılarak tamamen saflaştırıldıktan sonra kurutulup beyaz bir toza dönüşmesi sağlanır (Thompson ve Thompson, 2013: 21). Biyolojik kökenli polimerlerin özellikleri petrol kökenli polimerlerle benzerlik gösterir fakat üretilmelerinde kullanılan enerji miktarı %20-30 daha azdır. Üretim yöntemleri de çok farklı değildir. Bununla birlikte biyolojik kökenli polimerler doğada çözünebilme özelliğine sahiptirler (Thompson ve Thompson, 2013: 21).

Polimerlerin sahip oldukları en önemli özellik çevresel etmenlere karşı dayanımlarının yüksek olmasıdır. Polimerler ayrıca, kolay işlenebilir, esnek ve

ekonomiktir. Malzemenin ekonomik ve dayanıklı olması görece pahalı olan malzemelerin yerini almasında en önemli etmendir. Bu nedenle yapısal anlamda oldukça kısa sürede çok fazla alanda kullanılmaya başlanmıştır. Polimer esaslı malzemeler yapıda;

- İç ve dış cephe kaplama elemanı,
- Sandviç pano,
- Döşeme kaplaması
- Asma tavan ve gergi tavan olarak,
- Doğrama
- Sıva ve
- Yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır.

### **2.3.7.3. Polimerlerin Ekolojik Özellikleri**

Polimerlerin üretimi çevresel olarak oldukça zararlıdır. Polimerlerin üretim sürecinde ciddi miktarda fosil yakıt tüketilmekte, üretim, kullanım ve imha süreçlerinde önemli oranda ağır metal atmosfere salınmakta ve atık oluşmaktadır (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010:411). Bu polimerlerin büyük kısmı oldukça dayanıklı bir yapıya sahip olduklarından, uzun bir süre doğada bozulmadan kalabilmekte ve kullanılmayan plastikler, dünyamızda atık sorunu açısından tehlike oluşturmaktadırlar. Plastik poşetler ele alındığında, yılda yaklaşık olarak 1 trilyon polietilen (PE) poşet harcanmaktadır. Kütle olarak 4 milyar tona karşılık gelen bu miktarın, toplam plastik kullanımının %2'sini kapsadığı bilinmektedir.

Polimerlerin çevresel etkilerinin azaltılabilmesi için son yıllarda uygulanan yöntemler; malzemenin yeniden kullanımı/geri dönüştürülmesi ve sürdürülebilir özelliklere sahip yeni ürünler üretilmesi olarak ifade edilebilir. Günümüzde tüm dünyada polimerlerin ekolojik özelliklerinin iyileştirilebilmesi için geri dönüşüm desteklenmektedir. Bununla birlikte ülkemizdeki atıkların çoğu mevzuata uygun olarak geri dönüştürülememektedir. Bu duruma yol açan birçok idari, mali ve teknik

neden vardır. Geri dönüştürülemeyen polimerler; enerji elde etmek için yakılmakta, depolanmakta ya da çöp olarak doğrudan doğal çevreye bırakılmaktadır. Polietilen (PE), polipropilen (PP) ve polistiren (PS) gibi doğaya bırakılmakta olan polimerler, suya karışabilmektedir. Yılda yaklaşık 5 milyar ton plastiğin, okyanusa karıştığı hesaplanmış ve bu rakamın bir saatte yaklaşık olarak 600 kg plastiğe karşılık geldiği hesaplanmıştır (Yoruç ve Uğraşkan, 2017: 318-319).

Artan çevre bilinciyle birlikte, son yıllarda çevreyi daha az kirleten, daha az kalıcı etki bırakan ürünler ve üretim yöntemlerine de ilgi artmıştır. Doğal polimerler, geri dönüşümlü polimerler ve kompozit polimerler bunlardan bazılarıdır. Özellikle kâğıt, fındık, kenevir, pamuk gibi doğal lif takviyeli kompozitlerin üretimi ile ilgili araştırmalar arttıkça bunların ekstrüzyon işlemi sonrasında kullanıma yönelik yapılacak kanal açma, delik delme gibi talaşlı imalat özelliklerinin belirlenmesi de gerekmektedir (Kuzu, 2011: 2).

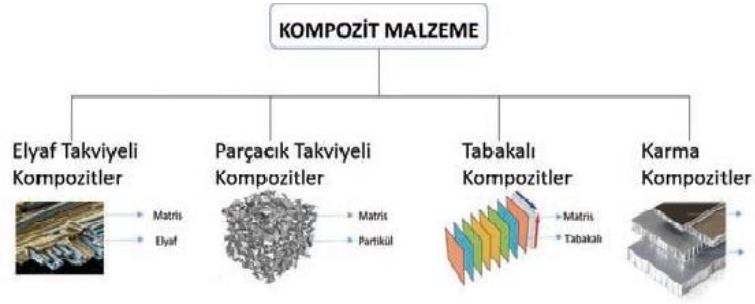
Bununla birlikte, tüm dünyada son yıllarda güçlendirilmiş polimer kompozitlerin üretimi ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Farklı katkı maddeleri (alüminyum, çelik, cam, seramik, vb.) ile birleştirilerek elde edilen bu tip malzemelerin mekanik özellikleri ve geri dönüştürülebilirlik özellikleri daha fazladır. Bu amaçla yapılan bir araştırmada ahşap liflerle güçlendirilmiş (biyolojik kökenli) kompozit polimer malzeme geleneksel yöntemle üretilmiş polimerle karşılaştırılmış ve sonuç olarak biyolojik kökenli kompozit polimerin; daha ucuz, daha az yoğun, mekanik ve kimyasal özellikleri daha güçlü olduğu görülmüştür. Düşük yoğunlukta olduğu için çevresel açıdan da daha az zararlı bir malzeme olduğu söylenebilir. Konuyla ilgili farklı kaynaklar bu tip malzemelerin yapısal bütünlükleri ile ilgili bazı sorunların ortaya çıkabildiğini ifade etmektedirler. Buna göre kalıplama ve üretim sırasında sonradan kolaylıkla düzeltilemeyecek çatlaklar oluşabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için kendi kendini onaran polimer esaslı malzemelerin üretimi üzerinde bazı çalışmalar bulunmaktadır (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 411).



Binada kullanılan polimer malzemelerin gaz emisyonunun etkileri değişkenlik göstermektedir. Gaz emisyonları düşük sıcaklıklarda, yaşam konforunu azaltırken, yangın gibi yüksek sıcaklıklarda insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu zararları azaltmak amacıyla uçucu organik bileşikler hakkında ülkemizdeki ilk çalışma, 1986'da yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'dir. Bu yönetmelikle birlikte havaya ve ortama salınan ve insan sağlığını olumsuz etkileyen organik gaz ve buhar emisyonlarına sınırlama getirilmesi istenmiştir. Örneğin çatı kaplama malzemesi olarak çok fazla kullanılan polikarbonatlar, özellikle alifatik hidrokarbon ve polisiklik aromatik hidrokarbon emisyon etmektedir. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar çevre kirliliğine neden olmaktadır (Yatağan ve Erdem, 2014: 4).

**Tablo 2.13.** Polimer Esaslı Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarları (Kaynak: URL 3, URL 4)

	Gömülü enerji MJ/kg	Yoğunluk Kg/m <sup>3</sup>	Özısı J/kg/°C
<b>Akrilikler</b>	105.00	1140	1000
<b>Birincil polietilen (PE)</b>	77.00	80-960	2276
<b>Geri dönüştürülmüş polietilen (PE)% 70'den fazla</b>	0.09	80-960	2276
<b>Yeni üretilen polipropilen (PP)</b>	80,00	890	1939
<b>Geri dönüştürülmüş polipropilen (PP)% 70'den fazla</b>	24.00	890	1939
<b>Plastik boya (su bazlı)</b>	20.00	1035	2152
<b>Birincil PVC</b>	80,00	1200	1265
<b>Geri dönüşümlü PVC (% 70'den fazla)</b>	2.10	1200	1265
<b>PTFE (Teflon)</b>	295.00	2100	1180
<b>Plastik (ABS)</b>	74.00	1150	1475
<b>Polikarbonat</b>	85,00	1200	1265
<b>Epoksi reçine</b>	137,00	1200	800
<b>Polyester reçinesi</b>	115,00	1170	850
<b>Silikon</b>	91.00	1249	189



Şekil 2.24. Kompozit Malzeme (Kaynak: Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010)

### 2.3.8 Alternatif Yapı Malzemeleri

Yenilenemeyen doğal kaynakların hızla tükendiği günümüzde yüksek gömülü enerjiye ve karbon salınımına, toksik özelliklere sahip modern yapı malzemelerinin yerini düşük gömülü enerji ve karbon salınımına sahip ve tercihen çevreden elde edilmiş (yerel) malzemelere bırakması zorunludur. Sık kullanılan yapı malzemeleri ile karşılaştırıldıklarında bu malzemeler; düşük toksisiteye, sera gazı salınımına ve atmosfer kirlenici partiküllere sahip olmalarının yanı sıra, aynı zamanda uzun ömürlüdürler. Büyük kısmı doğada çözünebilir ve zararlı yan ürün üretmemeye özelliğine de sahip olan bu malzemeler biyolojik kökenli ve toprak kökenli malzemeler olmak üzere iki farklı grupta incelenmektedir (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 411).

Biyolojik kökenli alternatif yapı malzemelerinin büyük kısmı bitki ve hayvansal kökenli yenilenebilir organik bileşenlerden elde edilmektedir. Bu malzemeler; tarımsal ürünler ve artıklar, hayvansal artıklar ve orman ürünleri olarak ifade edilebilir. Bu konuda yapılan literatür araştırmalarında bahsedilen biyolojik kökenli alternatif malzemeler; bambu, saman balyası, tarımsal artıklar ve bitki tohumu yağlarıdır. Dev otlar grubunda sayılan bambu özellikle Latin Amerika, Asya ve Afrika gibi tropik bölgelerde bol miktarda yetişmektedir. Bambu mükemmel

mekanik özellikleri, hafifliği, esnekliği, hızlı yetişmesi ve görece daha ekonomik olması gibi nedenlerden dolayı özellikle kendiliğinden yetiştiği bölgeler için sürdürülebilir bir malzeme kabul edilmektedir. Son yıllarda bambu özellikle iç mekân bitirme malzemelerinin üretiminde çok sık tercih edilen bir malzemedir. Özellikle lamine döşeme kaplama malzemelerinin, panoların ve lif levhaların üretiminde kullanılmaktadır (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 411).

Bambunun Avrupa'da yapı üretiminde kullanılabilirliğini inceleyen bir araştırmanın sonuçlarına göre; malzeme diğer sık kullanılan yapı malzemeleriyle karşılaştırıldığında çok daha iyi çevresel özelliklere sahiptir. Bambuyla ilgili en önemli sorun olarak kabul edilen ve malzemenin dairesel formundan kaynaklanan köşe birleşimlerindeki problem ise malzemenin lamine edilmesi ile çözülebilmektedir. Lamine edilmiş bambu kullanılarak üretilen bir ahşap taşıyıcı sistem örneği ile ilgili yapılan araştırmada, malzemenin geleneksel ahşap kullanımından daha az miktarda malzeme gerektirdiğini ortaya koymuştur. Bambu kullanılarak inşa edilen bir yapıda 1 hektarlık alandan elde edilen bambu kullanılmaktadır. Geleneksel ahşapla daha fazla miktarda malzeme tüketimi olmaktadır (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 411).

Bununla birlikte bambunun genel performansının azalmasına neden olan bazı olumsuz özellikler olduğundan bahsedilebilir. Bambu gövdesi ufak bir müdahale işleminin ardından bile çatlayabilir, ıslandığında kaygan bir gövdeye sahip olur, çevresel etmenler karşısında ahşapla benzer özellikler göstererek mikroorganizma saldırısına maruz kalabilir. Bu gibi problemlere karşı malzemenin güçlendirilmesi için çalışmalar devam etmektedir (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 411).

Saman balyaları da son yıllarda bu amaçla kullanılması önerilen malzemelerdendir. Yeni araştırmalar ve teknolojiler, evlerin çevreden elde edilebilen yerel malzemelerle yapılabileceğine dikkat çekmektedir. Bir yapının duvarlarını oluşturmak için kullanılabilen saman balyaları, beton, alçı, sıva ve fiberglas gibi diğer yapı malzemelerinin yerine geçebilmektedir. Uygun sızdırmazlık

sağlandığında, saman balyaları sıcak veya soğuk iklimlerde yüksek yalıtım düzeyleri sağlar ve hızla yenilenebilen bir malzeme olmasından dolayı sürdürülebilir özelliktedir.

Kenevir Beton, kenevir bitkisinin odunsu iç liflerinden yaratılan beton benzeri bir materyaldir. Kenevir lifleri, güçlü ve hafif beton benzeri şekilleri oluşturmak için kireç ile bağlanır. HempCrete bloklar oldukça hafiftir ve bloğu taşımak için kullanılan enerjiyi önemli ölçüde azaltır ve en önemlisi kenevirin kendisi hızla büyüyen, yenilenebilir bir kaynaktır.

Sönmüş kireç, kil, kerpiç ve sıkıştırılmış toprak gibi toprak kökenli malzemeler de alternatif yapı malzemeleri olarak önerilmektedir. Bu tip malzemelerin modern yapı malzemelerinin alternatifi olarak kullanılabilmesi amacıyla son yıllarda toprağın karakterizasyonu, üretim süreci ve test edilmesi ile ilgili pek çok araştırma yürütülmektedir. Prefabrike kerpiç bloklardan elde edilen bir duvarın modern yapım sistemlerinde kullanımı ile ilgili bir araştırmanın sonucuna göre; 50 cm kalınlıktaki bir kerpiç duvarın 9 cm'lik ısı yalıtım malzemesi ile aynı seviyede ısının tutulmasında faydalı olduğu belirlenmiştir (Joseph ve Tretsiakova-McNally, 2010: 411).

Geleneksel ve sıkıştırılmış kerpiç blokların basınç dayanımlarının değerlendirildiği bir diğer çalışmada, blokların mekanik özelliklerinin üretim süreci ve malzeme içindeki su miktarıyla ilintili olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte sıkıştırılmış kerpice göre daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu ortaya konmuştur. Toprak kökenli malzemelerin de suya doyduklarında dayanımlarını kaybetmeleri, rüzgâr ve yağın yağmur etkisiyle yüzeylerinde kütle kaybı oluşması, düşük boyutsal kararlılığa sahip olma gibi bazı önemli dezavantajları bulunmaktadır. Bunların önüne geçmek için de araştırmalar yürütülmektedir.

## 2.12. Türkiye'deki Yapı Üretim Oranları

Türkiye'de inşaat sektörü, Cumhuriyet dönemindeki gelişim süreciyle başlamıştır. İnşaat alanında ilk önemli adımlar 1920'li yıllarda, ileride başkent olacak Ankara'da atılmıştır. Yarı kâgir yapı üretimiyle gerçekleştirilen inşaatlarda ahşap, kerpiç ve doğal taş gibi malzemeler kullanılmıştır.

1970'li yıllardan itibaren betonarme yapı üretimi yaygınlaşmaya başlamış, bunun sonucunda özellikle büyük kentlerde ciddi bir dönüşüm gerçekleşmiştir. Geleneksel yapı malzemelerinin kullanımı ile üretilen yığma yapılar başlangıçta sadece şehirlerde terk edilmiş, ilerleyen dönemde ise kırsal bölgelerde bile oransal olarak azalmıştır. Böylelikle betonarme yapılar ülkenin her yerinde en yaygın kullanılan taşıyıcı sistem malzemesi haline gelmiştir. (Url:<http://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2017/09/13.pdf>).

1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinin ardından ise özellikle İstanbul ve çevresinde tekrar bir yenilenme ve dönüşüm süreci başlamıştır. Mevcut betonarme yapılar Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen özelliklere uygun yapılmak üzere yıkılarak yeniden inşa edilmeye başlanmış, bu süreçte çelik konstrüksiyonlu yapılar da inşaat sektöründe sayıca artmaya başlamıştır. Çelik hafif, deprem dayanımı yüksek ve sökülüp takılarak yeniden kullanılabilme özelliğine sahip bir malzemedir. Buna bağlı olarak da; özellikle ticari yapıların üretimindeki kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Buna rağmen çelik yapılar ekonomik olmamaları, teknik bilgiye sahip ekip sayısının azlığı gibi nedenlerle oransal olarak yurtdışındaki seviyelere ulaşamamaktadır. TUCSA'nın (Türk Yapısal Çelik Derneği) 2009 yılına ait "Yapısal Çelik Sektörü Raporu"nda Türkiye'deki çelik malzeme kullanımına ilişkin olarak aşağıdaki oranlar verilmektedir. (Url:<https://www.tucsa.org/images/yayinlar/sunumlar/Turkiyede-Yapısal-Celik-Sektorunun-Durumu.pdf>)

**Tablo 2.14.** Türk Yapısal çelik derneğinin Türkiye’deki Çelik Kullanımına Erişkin Raporu

<b>Yapı türü</b>	<b>TR</b>	<b>EU</b>
<b>Genel Pazar payı</b>	%3-5	%30-40
<b>Endüstriyel</b>	%30-35	%40-60
<b>Ticari</b>	%15-20	%40-60
<b>Çok katlı</b>	%3-5	%20-40
<b>Köprü</b>	10%	%15-20
<b>Enerji tesisi</b>	%70-80	%70-80

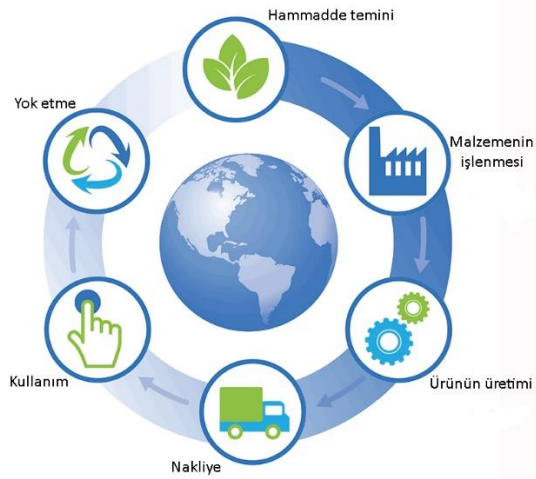
Ülkemizde inşa edilen yapılarda kullanılan malzemeleri oransal olarak ifade eden güvenilir istatistikler bulunmamaktadır. Bununla birlikte oransal olarak her türlü yapının üretiminde betonarme taşıyıcı sistemin ağırlıklı olarak kullanıldığı görülmektedir. Çelik sektörde kendisine yer bulmaya çalışmasına rağmen yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı kullanım oranları fazla artmamaktadır. Ahşap kullanımı ise oldukça azalmıştır. Anadolu geleneğinde özellikle kırsal bölgelerde geçmişten günümüze yaygın olarak kullanılmış malzeme yerini kırsal bölgelerde bile betonarmeye bırakmış durumdadır. Son yıllarda bazı özel projelerde az katlı konutların üretiminde karşımıza çıkan ahşap malzeme sektörde ekonomik olmaması ve yangına dayanımının düşük olması gibi sebeplerle kendine yer bulamamaktadır. Bununla birlikte ahşap yapı üretimi özellikle Kuzey Amerika ve Kuzey Avrupa’da az katlı yapıların üretiminde en sık kullanılan yapı malzemesidir.

### 3. YAPIDA SIK KULLANILAN MALZEMELERİN EKOLOJİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Yapı malzemelerinin çevreye olan etkilerinin değerlendirilmesinde farklı faktörler etkilidir. Bu faktörlerden en önemlileri ise yenilenemeyen doğal kaynakların tüketimine yol açması nedeniyle malzemenin gömülü enerji miktarı, küresel ısınma gibi geri dönüşü mümkün olmayan sorunlara yol açtığı için karbon salınımı miktarı ve yenilenemeyen doğal kaynakların tamamen tüketilmesini engelleyebilmek için malzemelerin geri dönüşürülme imkânı olarak ifade edilebilir. Buna bağlı olarak yapıda sık kullanılan malzemelerin ekolojik özellikleri değerlendirilmek istendiğinde bu özelliklerine göre incelenmelidir.

#### 3.1 Gömülü Enerji

Gömülü enerji karşımızdaki herhangi bir ürünün ham madde aşamasından gördüğümüz hale gelene kadar geldiği yolda ona harcanan enerjiyi tanımlar. Bir ürünün yaşam döngüsünün belirli bir noktasındaki enerjiye ek olarak üretim ve taşıma için harcanan tüm enerji miktarıdır (Kızıl, 2006: 95).



Şekil 2.25. Malzemelerin elde edilmesinden yok edilmesine kadarki süreç (Kaynak: URL 3)

Gömülü enerji malzemenin üretim sürecinde şu kısımları içerir:

- Yapı malzemesi üretimine katılan enerji,
- Malzeme dağıtımında tüketilen enerji,
- Yapım sırasında harcanan enerji ve
- Yapının yıkılması ve imhası için gereken enerji.

Bu aşamalarda; elektrik, kömür, doğal gaz, LPG gibi çeşitli enerji türleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kullanılan bu enerji türleri çoğunlukla yenilenemeyen özellikteki doğal kaynaklardır. Bu sebeple hem doğal kaynakların tüketilmesinin önlenmesi hem de bu enerji kaynaklarından dolayı ortaya çıkacak sera gazı salınım miktarlarının azaltılabilmesi için gömülü enerji miktarının düşük olması oldukça önemlidir.

Yapıda sık kullanılan çeşitli malzemelerin gömülü enerji miktarları Tablo 2.15 'de görülmektedir.

**Tablo 2.15.** Yapıda Sık Kullanılan Malzemelerin Gömülü Enerji Miktarlarına Göre Değerlendirilmesi (Kaynak: URL 3, URL 4)

	Malzeme türü	Gömülü enerji MJ/g	Malzeme kökeni		Malzeme türü	Gömülü enerji MJ/g	Malzeme kökeni
1	PTFE (Teflon)	295,00	Polimer	26	Lamine ahşap	7,69	Ahşap
2	İlk kez kullanılan alüminyum	215,00	Metal	27	Çimento	7,00	Çimento, harç, beton
3	Ticari alüminyum (% 30 geri dönüştürülmüş)	160,00	Metal	28	Ahşap, kontrplak	5,00	Ahşap
4	Epoksi reçine	137,00	Polimer	29	Pişmiş toprak, tuğla ve fayans	4,50	Toprak
5	Polyester reçinesi	115,00	Polimer	30	Ahşap elyafı beton	4,50	Çimento, harç, beton
6	Akrilikler	105,00	Polimer	31	Gözenekli beton 400 Kg / m3	3,71	Çimento, harç, beton
7	Silikon	91,00	Polimer	32	Granit	3,58	Doğal taş
8	İlk kez kullanılan bakır	90,00	Metal	33	Ilıman iklimlerde odun	3,00	Ahşap
9	Polikarbonat	85,00	Polimer	34	Tropikal ağaç	3,00	Ahşap
10	Yeni üretilen polipropilen (PP)	80,00	Polimer	35	İçi boş tuğla duvar	2,96	Toprak



11	Birincil PVC	80,00	Polimer	36	Masif tuğla duvarcılık	2,86	Toprak
12	Birincil polietilen (PE)	77,00	Polimer	37	Delikli tuğla duvar	2,85	Toprak
13	Plastik (ABS)	74,00	Polimer	38	Geri dönüşümlü PVC (% 70'den fazla)	2,10	Polimer
14	Ticari bakır (% 20 geri dönüştürülmüş)	70,00	Metal	39	Tüf	1,64	Doğal taş
15	Paslanmaz çelik	54,00	Metal	40	Betonarme% 2 çelik miktarı	1,64	Çimento, harç, beton
16	Titanyum% 6 Al,% 4 V	45,00	Metal	41	Harç M-80 / a	1,34	Çimento, harç, beton
17	Ticari çelik (% 20 geri dönüştürülmüş)	35,00	Metal	42	Hafif beton 600 Kg / m3	1,31	Çimento, harç, beton
18	Porselen banyo armatürleri	27,50	Toprak	43	Beton H-200	1,10	Çimento, harç, beton
19	Geri dönüştürülmüş polipropilen (PP)% 70'den fazla	24,00	Polimer	44	Beton H-175	1,03	Çimento, harç, beton
20	% 100 geri dönüştürülmüş alüminyum (teorik)	23,00	Metal	45	Harç M-40 / a	1,00	Çimento, harç, beton
21	Plastik boya (su bazlı)	20,00	Polimer	46	Beton H-150	0,99	Çimento, harç, beton
22	Cam	19,00	Cam	47	Kum	0,10	Doğal taş
23	% 100 geri dönüştürülmüş çelik (teorik)	17,00	Metal	48	Çakıl	0,10	Doğal taş
24	Pişmiş kil, vitrikiye seramik malzemeler	10,00	Toprak	49	Geri dönüştürülmüş polietilen (PE)% 70'den fazla	0,09	Polimer
25	Fiber çimento (sentetik ve ahşap elyaflı)	9,00	Çimento, harç, beton				

Elde edilen verilere göre yapıda sık kullanılan malzemelerin gömülü enerjileriyle ilgili olarak şunlar ifade edilebilir;

- Üretimi sırasında en fazla gömülü enerjiye sahip malzeme türleri polimer ve metal kökenli malzemelerdir.
- Cam, çimento ve işlem görmüş çimento esaslı malzemeler (fibrobeton, elyaflı ve gözenekli beton) orta seviyelerde gömülü enerjiye sahip malzemelerdir. Yüksek

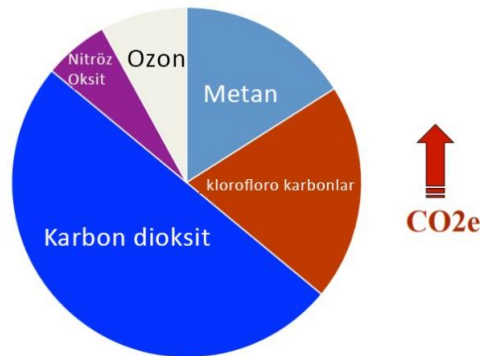
ısıda üretilen toprak kökenli malzemeler (porselen, vitrifiye, vb.) ile kompozit ahşap malzemeler (lamine ahşap, kontrplak), de yine orta seviyede gömülü enerjiye sahip malzemelerdir.

- Doğal taş, ahşap, harç ve beton yapı malzemeleri ise düşük gömülü enerjiye sahip malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Bununla birlikte, geri dönüştürülerek elde edilen polimerlerin gömülü enerjilerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir.

### 3.2. Karbon Salınımı

Sera gazları, atmosferde bulunan ve en çok ısı tutma özelliğine sahip olan bileşiklerdir. Güneşten gelen ışınların yeryüzünü aşırı ısıtıp soğutmasını engelleyen bu gazlar yeryüzündeki ısının bir kısmını tutarak ısı kaybına engel olurlar. Atmosferin, ışığı geçirme ve ısıyı tutma özelliği sayesinde toprağın ve suların sıcaklığı dengede kalır. Böylece nehir ve okyanusların donması engellenmiş olur. Bu şekilde oluşan, atmosferin ısıtma ve yalıtma etkisine ise “sera etkisi” denir.

Dünya'da sera etkisine neden olan gazlar %36-70 su buharı ( $H_2O$ ), %9-26 karbondioksit ( $CO_2$ ), %4-9 metan ( $CH_4$ ) ve %3-7 ozon ( $O_3$ )dur. Sera gazlarının bir kısmı kendi kendine oluşurken, bir kısmı da insanlar tarafından üretilir. Bu gazların aşırı üretilmesinden dolayı da atmosferde tutulan ısı miktarı artar ve dolayısıyla dünya gereğinden fazla ısınır.



Şekil 2.26. Sera gazı miktarları (Kaynak: URL 14)

Bu gazlardan özellikle CO<sub>2</sub> gelişmiş ülkelerde daha fazla oluşmakta ve karbon salınımı olarak adlandırılmaktadır. CO<sub>2</sub> salınımı kabaca canlıların solunum yoluyla oluşturduğu CO<sub>2</sub> miktarı olarak ifade edilebilmekle birlikte; dünyada yakıt tüketimi karbon salınımının en önemli sebebidir. Özellikle teknolojik gelişmelerin ardından artan sanayi faaliyetleri, taşıtlarda kullanılan yakıtlar sonucun önemli miktarda karbon salınımı gerçekleşmektedir. Karbon salınımı küresel iklim değişikliğinin en önemli sebebidir.



**Şekil 2.27.** Atmosferik karbon miktarının insan kaynaklı kümülatif artış tablosu  
(Kaynak: URL 14)

Günümüzde en sık kullanılan yapı malzemeleri olan çimento ve çeliğin üretimi sürecinde de yüksek miktarda karbon salınımı olmaktadır. Her ikisinin üretimi için de yüksek sıcaklık gerekmektedir ve bu ısının yaratılması için de fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Artan kentleşme sonucu bu hammaddelerin çok yüksek miktarlarda kullanılmasından dolayı da havaya bırakılan karbon miktarı gün geçtikçe artmaktadır.

Yapıda sık kullanılan çeşitli yapı malzemelerinin neden olduğu karbon salınımı miktarları Tablo 2.16'da görülmektedir. Tabloda görülen karbon tutma miktarı malzemenin karbonu bünyesinde tutabilmesine ilişkin değerleri içerir ve sadece ahşap malzemeye özgüdür. Ahşap malzeme elde edildiği ağaç organik

kökenli olduğu ve fotosentezle karbonu bünyesine hapsetme özelliğine sahip olduğu için karbon salınımına daha az katkıda bulunmaktadır.

**Tablo 2.16.** Yapıda Sık Kullanılan Malzemelerin Karbon Emisyon Değerleri  
(Kaynak: URL 3, URL 4)

	Malzeme türü	Karbon ayakizi miktarı (CO <sub>2</sub> eg/kg)	Karbon tutma miktarı (CO <sub>2</sub> g/kg)	Malzeme kökeni
1	Poliüretan	4200	-	Polimer
2	Paslanmaz çelik	3778	-	Metal
3	Polistren	3300	-	Polimer
4	Cam yünü	3148	-	Cam
5	Alüminyum levha	2980	-	Metal
6	Alüminyum profil	2264	-	Metal
7	Polietilen	2130	-	Polimer
8	Alçı levha	1967	-	Doğal taş
9	Flot cam	1230	-	Cam
10	Bakır boru	981	-	Metal
11	Bakır levha	973	-	Metal
12	Kontrplak	718	1188	Ahşap
13	HDF	661	1436	Ahşap
14	MDF	652	1417	Ahşap
15	Seramik karo	613	-	Toprak
16	Gazbeton	442	-	Çimento, harç, beton
17	Lif levha	425	1531	Ahşap
18	Sunta	409	1564	Ahşap
19	Alçı sıva	243	-	Doğal taş
20	Hafif beton	240	-	Çimento, harç, beton
21	OSB	208	1692	Ahşap
22	Kurutulmuş ahşap (yapraklı ağaç)	167	1636	Ahşap
23	Lif boyutuna getirilmiş ahşap	152	1638	Ahşap
24	Prekast beton	121	-	Çimento, harç, beton
25	Kurutulmuş ahşap (iğne yapraklı ağaç)	119	1637	Ahşap
26	Lamine ahşap	109	1730	Ahşap
27	Yeni kesilmiş ahşap	49	1182	Ahşap
28	Mıcır	14	-	Doğal taş
29	Çakıl	3	-	Doğal taş
30	Alçıtaşı	3	-	Doğal taş
31	Kum	2	-	Doğal taş

Elde edilen verilere göre yapıda sık kullanılan malzemelerin karbon ayak izleriyle ilgili olarak şunlar ifade edilebilir;

- Metal, cam ve polimer kökenli malzemelerin karbon salınımına katkısının oldukça fazla olduğu görülmektedir.

- Pişmiş toprak, gazbeton, işlem görmüş doğal taş ve kompozit ahşap malzemelerin karbon salınımına orta seviyede katkısı olduğu görülmektedir.
- Fazla kimyasal veya yapay katkı barındırmayan kompozit ahşaplar, masif ahşap malzemeler, doğal taşlar ve betonların ise düşük karbon salınımına yol açtığı ifade edilebilir.
- Bununla birlikte ahşap kökenli malzemeler kimyasal, tutkal, vb. yapay katkı barındırmaları halinde bile karbon tutma özelliğine sahip oldukları için yine de çevreye en az zarar veren malzeme durumundadır.

### 3.3. Geri Dönüştürülebilirlik ve Yeniden Kullanılabilirlik Özelliği

**Tablo 2.17.** Çeşitli Yapı Malzemelerinin Atık Olarak Oranları (Kaynak: Yeang, 2006)

Malzeme türü	Atık (%)
Ahşap	27,4
Asfalt, beton, tuğla, toprak	23,3
Kuru duvar	13,4
Çatı malzemesi	12,0
Karma	11,9
Metal	8,8
Kâğıt	2,7
Plastik	0,5

Son yıllarda bu amaçla yapılan çalışmalar “sökülebilir tasarım” anlayışını benimsemektedir. Sökülebilir tasarım tasarımdan yıkım aşamasına kadar yapı sektöründe pek çok şeyi değiştirebilir niteliktedir. Yapı sektöründe bu şekilde değerlendirilebilecek başlıca yapı malzemeleri metal ve ahşap malzemelerdir. Ortaçağda Kuzey Avrupa’da yüzyıllar boyunca inşaattan inşaata ahşap iskeletlerin taşınarak yeniden kullanıldığı bilinmektedir (Yeang, 2006).

Malzemelerin geri dönüştürülerek kullanımı da yaygın bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılardan yıkım sırasında elde edilen malzemelerin yeniden işlem görerek tekrar kullanımı hem kaynak tüketimini, hem de bu süreçte ortaya

çıkacak atık ve sera gazı salınımı miktarlarını azaltmakta fayda sağlamaktadır. Tablo'da 2000 yılına ait ABD'deki malzeme üretim ve geri kazanımlarına ilişkin bazı bilgiler bulunmaktadır.

**Tablo 2.18.** Çeşitli Malzemelerin Yeniden Kullanılma Değerleri (Kaynak: Yeang, 2006)

Malzeme	Üretilmiş	Geri kazanılmış	Geri kazanımın
Toplam atık	231,9	69,9	30,1
Kâğıt, karton	86,7	39,4	45,4
Cam	12,8	2,9	23,0
Metaller	18,0	6,4	35,4
Plastik	24,7	1,3	5,4
Kauçuk, deri	6,4	0,8	12,2
Tekstil	9,4	1,3	13,5
Ahşap	12,7	0,5	3,8

Buna göre malzemelerin sökülerek yeniden kullanımı ve geri dönüştürülerek yeniden kullanımı ile ilgili olarak;

- Ahşap ve metal kökenli yapı malzemeleri son yıllarda yaygınlaştırılmaya çalışılan sökülebilir tasarım çalışmalarında tercih edilebilecek özellikte malzemelerdir.
- Cam ve metal kökenli malzemeler ise geri dönüştürülerek yeniden kullanım olanağına sahip malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kaynakların hızla tükenmekte olduğu son yıllarda, kullanılan enerji miktarındaki hızlı artış ve bunun sonucunda ortaya çıkan ekosistem dengesinin bozulması, çevreyi korumaya yönelik bazı önlemlerin alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Enerji verimliliği, doğal kaynakların makul miktarlarda kullanımı ve çevreye daha az zarar veren malzemelerin kullanımı ABD ve Avrupa'da küresel ölçekte mal ve hizmet alımının ve küresel iklim değişikliğinin ardından enerji krizleri ve sera gazı emisyonları ile birlikte karar alma sürecinde önemli bir faktör haline gelmiştir.

Buna yönelik olarak yapılan çeşitli düzenlemeler bulunmaktadır. Bu düzenlemelerden başlıcası enerji korunumunun sağlanabilmesi için ortaya konan Kyoto Protokolü'dür. 1997 yılında Türkiye'nin de imzaladığı protokol 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Protokolün ana prensibi doğaya zarar verebilecek uygulamaların yeniden gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesi olarak tanımlanabilir.

##### Protokolün ana maddelerinden bazıları:

- Endüstriden, motorlu taşıtlardan, ısıtmadan kaynaklanan sera gazı miktarını azaltmaya yönelik mevzuat yeniden düzenlenecek,
- Atmosfere bırakılan metan ve karbon dioksit oranının düşürülmesi için alternatif enerji kaynaklarına yönelinecek,
- Fosil yakıtlar yerine örneğin bio dizel yakıt kullanılacak,
- Çimento, demir-çelik ve kireç fabrikaları gibi yüksek enerji tüketen işletmelerde atık işlemleri yeniden düzenlenecek,
- Güneş enerjisinin önü açılacak, nükleer enerjide karbon sıfır olduğu için dünyada bu enerji ön plana çıkarılacak,
- Fazla yakıt tüketen ve fazla karbon üreten daha fazla vergi alınacak şeklindedir.

Bu amaca hizmet eden daha küçük ölçekli uygulamalar yapıların bazı çevresel kriterlere göre inşa edilmesini kapsamaktadır. Bu alanda pek çok ülkenin ortaya koyduğu uygulamalar olmasına rağmen son yıllarda Leed ve Bream gibi sertifika sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip sertifika sistemlerinde bazı ana kriterler belirlenmekte ve yapılar bu kriterlere göre belirlenen bir puan sistemine göre değerlendirilmektedir. Bu kriterler; sürdürülebilir arazi, su kaynaklarının kullanımında, enerji ve atmosferi kullanımında, malzeme ve kaynak kullanımında ve oluşturulan iç mekândaki hava kalitesinde etkinlik gibi ana başlıkları içermektedir.

Bu anlamda değerlendirildiğinde yapının enerji korunumuna önem verilerek tasarlanmasının dışında kullanılan malzemelerin enerji performansı, karbon salınımı değerleri, yeniden kullanılabilme veya geri dönüştürülebilme özellikleri de önem kazanmaktadır.

Yapıda sık kullanılan yapı malzemelerinin gömülü enerjileriyle ilgili olarak;

- Üretimi sırasında en fazla gömülü enerjiye sahip malzeme türleri polimer ve metal kökenli malzemelerdir.
- Cam, çimento ve işlem görmüş çimento esaslı malzemeler (fibrobeton, elyaflı ve gözenekli beton) orta seviyelerde gömülü enerjiye sahip malzemelerdir. Yüksek ısıda üretilen toprak kökenli malzemeler (porselen, vitrifiye, vb.) ile kompozit ahşap malzemeler (lamine ahşap, kontrplak), de yine orta seviyede gömülü enerjiye sahip malzemelerdir.
- Doğal taş, ahşap, harç ve beton yapı malzemeleri ise düşük gömülü enerjiye sahip malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Bununla birlikte, geri dönüştürülerek elde edilen polimerlerin gömülü enerjilerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Elde edilen verilere göre yapıda sık kullanılan malzemelerin karbon ayak izleriyle ilgili olarak şunlar ifade edilebilir;

- Metal, cam ve polimer kökenli malzemelerin karbon salınımına katkısının oldukça fazla olduğu görülmektedir.



- Pişmiş toprak, gazbeton, işlem görmüş doğal taş ve kompozit ahşap malzemelerin karbon salınımına orta seviyede katkısı olduğu görülmektedir.
- Fazla kimyasal veya yapay katkı barındırmayan kompozit ahşaplar, masif ahşap malzemeler, doğal taşlar ve betonların ise düşük karbon salınımına yol açtığı ifade edilebilir.
- Bununla birlikte ahşap kökenli malzemeler kimyasal, tutkal, vb. yapay katkı barındırmaları halinde bile karbon tutma özelliğine sahip oldukları için yine de çevreye en az zarar veren malzeme durumundadır.

Malzemelerin sökülerek yeniden kullanımı ve geri dönüştürülerek yeniden kullanımı ile ilgili olarak ise şunlar ifade edilebilir;

- Ahşap ve metal kökenli yapı malzemeleri son yıllarda yaygınlaştırılmaya çalışılan sökülebilir tasarım çalışmalarında tercih edilebilecek özellikte malzemelerdir.
- Cam ve metal kökenli malzemeler ise geri dönüştürülerek yeniden kullanım olanağına sahip malzemeler olarak karşımıza çıkarlar.

Bu üç önemli kriter bazında yapılan değerlendirmelere göre; metal, cam ve polimer kökenli malzemelerin çevresel etkilerinin oldukça fazla olduğu görülmektedir. Polimer kökenli malzemelerin gömülü enerjileri düşük olmasına rağmen, çok yüksek karbon salınımı değerine sahip olmaları, kullanımları ve yok olmaları sırasında sağlığa zararlı atıklar oluşturmaları çevresel anlamda en zararlı yapı malzemeleri arasında gösterilmelerine neden olmaktadır. Son yıllarda bu malzemelerin üretim süreçlerinde bazı düzenlemeler yapılmaya başlanmıştır. Buna göre, bu malzemelerin üretim süreçlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmaya başlanması söz konusudur. Benzer şekilde ortaya çıkan atıkların sağlığa zararsız olmasına çalışıldığı da ifade edilebilir. Bu amaçla son yıllarda pek çok polimer türünün üretimi kontrol altına alınmaya başlanmıştır. Bu polimerlerin ortaya çıkardığı uçucu organik bileşikler ise denetlenerek kullanıldığı mekânın iç mekân hava kalitesinin iyileştirilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır.

İşlem görmüş çimento kökenli malzemeler (fibrobeton, elyaflı ve gözenekli beton), pişmiş toprak, işlem görmüş doğal taşların (asit ve kumla yüzeyleri işlenmiş olan malzemeler) ise çevresel etkilerinin orta seviyede olduğu görülmektedir. Son yıllarda çimento kökenli olan türlerinde üretim süreçlerinde diğer malzemelerin üretim sürecinde ortaya çıkan yan ürün veya atıklar eklenmeye başlanmıştır. Kompozit ahşap kökenli malzemeler de aslında orta seviyede çevresel etkilere sahip malzemelerdir, ancak kimyasal katkıları ve tutkal barındırmalarına rağmen karbon salınımına sağladıkları katkıdan ötürü çevresel etkileri göz ardı edilmektedir. Pişmiş toprak kökenli yapı malzemelerinin üretim süreçlerinde daha az enerji tüketimine yol açan farklı yöntemler geliştirilmekte ve çevreye daha uyumlu alternatif ürünler kullanılmaya başlanmaktadır. Doğal taşların da daha az işlem gören türlerinin tercih edilmesi tavsiye edilmektedir.

Ahşap kökenli malzemeler, işlem görmemiş doğal taşlar, harçlar ve beton ise düşük çevresel özelliklere (düşük gömülü enerji ve karbon salınımı değerlerine) sahip malzemelerdir. Bununla birlikte bu malzemelerden beton ve harçların barındırdığı çimento daha zararlı çevresel etkiye sahip olmasından ötürü çevresel özellikleri iyileştirilmeye çalışılmakta ve agrega olarak da çeşitli üretimlerde ortaya çıkan yan ürünler ve çeşitli atıklar kullanılmaya başlanmıştır. Doğal taş ve ahşap malzemelerin kullanımı ise desteklenmektedir. Bu malzemelerden özellikle ahşap düzenli ekim ve kontrollü kesim yapılarak sürdürülebilir bir malzeme olması ve ahşaba dönüştürüldüğünde bile karbonu bünyesinde hapsedme özelliğinden dolayı son yıllarda özellikle desteklenen bir malzeme türü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sürdürülebilirlik anlamında bir diğer değerli uygulama ise malzemelerin yeniden kullanımı ve geri dönüştürülerek kullanımınıdır. Ahşap yeniden kullanılabilme özelliği açısından da en verimli malzemelerden biridir. Bu açıdan önemli bir diğer malzeme ise metal kökenli malzemelerdir. Geri dönüştürülebilme özelliği açısından iyi özelliklere sahip malzemeler ise metal ve polimer kökenli malzemelerdir. Bu anlamda değerlendirildiğinde; metaller yüksek gömülü enerjiye sahip olmalarına ve

yüksek karbon salınımına yol açmalarına rağmen yeniden kullanılabilme özelliklerinden dolayı sürdürülebilir malzemelerdir denilebilir.

## KAYNAKÇA

- Acun, S., Gürdal, E.** (2003). Yenilenebilir Bir Malzeme: Kerpiç ve Alçılı Kerpiç. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 427(5), 71-77.
- Adil, S.** (2010). Ekolojik Kentleşme Ve Toplu Konutlarda Ekolojik Planlama Yaklaşımının Başakşehir 4. Etap Örneğinde İncelenmesi, Doktora Tezi Bahçeşehir Üniversitesi FEB, İstanbul, Türkiye.
- Akman, M. S.** (2003). Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 426(4), 30-36.
- Anbarcı, M., Giran, Ö., Demir, İ. H.** (2012). Uluslararası Yeşil Bina Sertifika Sistemleri ile Türkiyedeki Bina Enerji Verimliliği Uygulaması. *Engineering Sciences*, 7(1), 368-383.
- Aran, A.** (2008). Mal 201- Malzeme Bilgisi. 2007-2008 Bahar Ders Notları, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul, Türkiye.
- Arntzen, C.** (1994). *Encyclopedia of Agricultural Science*, Academic Press, 4(1), 549-561, Orlando, USA.
- Aykanat, A.** (2014). Yapı Hasarları Açısından Doğru Malzeme Seçimini Sağlayan Kuramsal Tasarım ve Yapım Modeli. *Artium*, 2(1), 29-42.
- Berber, F.** (2012). Ekolojik Malzemenin Tasarımdaki Yeri ve Ekolojik Malzemeyle Mimari Konut Tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, Türkiye.
- Binggeli, C.** (2007). *Metaterials for Interior Environments* . Published by JohnWiley & Sons, Inc, 339, Hoboken, New Jersey, USA.

- Börjesson L., Gustavsson, A.** (2002). Embodied energy in buildings : wood versus concrete. *Journal of Energy policy*. 30(3), 249-255.
- Coşkun, M.E.** (2013). Türk Evlerinde Yapı Malzemeleri ve Yapım Teknikleri. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye.
- Çalışkan, F.** (2016). Seramik Malzemeler Dersi. Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya, Türkiye.
- Çavuş, M., Dayı, M., Ulusu, H., ve Aruntaş, Y.** (2015). Sürdürülebilir Bir Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç, Adobe As A Sustainable Building Material. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, *Sustainability Symposium*, 2(2), 184-192, Ankara, Türkiye.
- Çelik, M. Y.** (2003). Dekoratif Doğal Yapı Taşlarının Kullanım Alanları ve Çeşitleri. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 42(1), 3-15.
- Çerçi, S., Hoete, A.** (2016). Binalarda Düşük ve Sıfır Karbon (Lzc) Teknolojilerinin Uygulanabilirliği ve Londra ‘Shoreditch İstasyonu’örneği. *Metu Journal Of The Faculty Of Architecture*, 31(2).
- Çiçek, Y. E.** (2002). *Pişmiş Toprak Tuğla, Bimsbeton, Gazbeton ve Perlitli Yapı Malzemelerinin Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Demir, A., Seventekin, N.** (2009). Kitin, kitosan ve genel kullanım alanları. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(2), 92-103.

- Demirel, Y. K., Tezdogan, T., Kellett, P., Khorasanchi, M., Incecik, A., Turan, O.** (2015). Full-scale unsteady RANS CFD simulations of ship behaviour and performance in head seas due to slow steaming. *Ocean Engineering*, 97, 186-206.
- Erdede, S. B., Bektaş, S.** (2014). Ekolojik Açıdan Sürdürülebilir Taşınmaz Geliştirme ve Yeşil Bina Sertifika Sistemleri. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 1-12.
- Eriç, M.** (2002). *Yapı Fiziği ve Malzemesi*, Literatür Yayıncılık, 2. Baskı, 376, İstanbul, Türkiye.
- Ersoy, H. Y.** (2001). *Kompozit malzeme*. Literatür Yayıncılık, 227, İstanbul, Türkiye.
- Güneri, S.** (2009). *Doğal Taşların Teknik Özelliklerine Göre Kullanım Alanlarının ve Uygulama Parametrelerinin Belirlenmesi* Doktora Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Joseph, P., & Tretsiakova-McNally, S.** (2010). Sustainable non-metallic building materials. *Sustainability*, 2(2), 400-427.
- Karahan, H., Bahar, E., Zeybekoğlu, U.** (2017). Standart Süreli Maksimum Yağış Şiddetleri için Trend Analizi: Doğu Karadeniz Bölgesi için Bir Uygulama, 7. Kentsel Altyapı Sempozyumu 2015, 225-362, Trabzon2017, Türkiye.
- Kızıl, A.** (2006). Gömülü Sistem Tabanlı, Uzaktan Erişilebilen ve Güncellenebilen Elektrik Enerjisi Kalite Analizörü, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü ,Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

- Koca, G.** (2010). Yapı Malzemesi Ders Notu. Işık Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Koca, G., As, N.** Çatıda Ahşap Kullanımı, 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu  
2– 3 Haziran 2016 Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fındıklı-  
İstanbul, Türkiye .
- Kuzu, A.** (2011). Araştırmaların planlanması. *AA Kurt (Editör), Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Nobel Akademik Yayıncılık,1, 20-46, Ankara, Türkiye.
- Lampert, M. A., Mark, P.** (1970). Current injection in solids, Academic Press, 491, London, England.
- Milli Eğitim Bakanlığı** (2013) Doğal Taşları Sınıflandırma ve Tespit Etme. İnşaat Teknolojisi, Ders Notu,100.
- Milli Eğitim Bakanlığı** (2013). Cam Türleri ve Camı Oluşturan Oksitler. Seramik ve Cam Teknolojisi, Ders Notu, 43.
- Okay, O.** (2003). Polimerik Malzemelerin Bugünü ve Yarını.İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü, 9, İstanbul,Türkiye.
- Oktay, Y., Zhang, J., Khvorostov, I., Hong, J. S., Vergnes, L., Nuebel, E., Jung, H. J. Vd.** (2011). UCP2 regulates energy metabolism and differentiation potential of human pluripotent stem cells. *The EMBO journal*, 30(24), 4860-4873.
- Rametsteiner, E., & Simula, M.** (2003). Forest certification—an instrument to promote sustainable forest management?. *Journal of environmental management*, 67(1), 87-98.

- Sarıbıyık, M.** Topraktan Yapılan Yapı Malzemeleri. Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Ders Notu, 67, Sakarya, Türkiye.
- Shakouri, N.** (2010). Tarihsel Süreç İçinde Peyzaj Tasarım ve Uygulama Çalışmalarında Yapı Malzemelerinin Kullanımının İrdelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye.
- Taşlıgil, N., Şahin, G.** (2017) Yapı Malzemesi Olarak Kullanılan Türkiye Doğal Taşlarının İktisadi Coğrafya Odağında Analizi. Die Analyse Der Als Baumaterial Genutzten Und In Der Türkei Natürlich Vorkommenden Steine, Innerhalb Der Wirtschaftsgeographie. Marmara Coğrafya Dergisi, 33, 607-640, İstanbul, Türkiye.
- Tatar, E.** (2013). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Çalışma Mekanlarında Gün Işığı Kullanımı İçin Bir Öneri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 147-162, Isparta, Türkiye.
- Thompson, F. M. L.** (2013). *English landed society in the nineteenth century*. Routledge , 390.
- Türkiye Cumhuriyeti-Ekonomi Bakanlığı** (2016). Doğal Taş Sektörü, Sektör Raporları, İhracat Genel Müdürlüğü.
- Ünsal, A., Şen, H., Müh, İ., Müh, K. Y., Başkanlığı, T. A. D.** (2008). Beton ve Beton Malzemeleri Laboratuvar Deneyle. *TC Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü*.
- Yatağan, S., Erdem, S.** (2014). Çatıda Kullanılan Polimer Kökenli Malzemenin Yüksek Sıcaklıkta Hasar ve Gaz Emisyonuna Göre Analizi. *7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, 3-4 Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş –



İstanbul,Türkiye.

**Yeang, K.** (2006). *Ekotasarım: ekolojik tasarım rehberi*. Yem Yayın,472, İstanbul, Türkiye.

**Yelda, B., Uçkan, O.** (2008). Cam Tarihine Genel Bir Bakış, Anadolu Sanat Dergisi, 19, 97-110.

**Yıldırım, E.** (2018). Kil Esaslı Yapı Malzemelerinin Çatı ve Cephelerde Geçmişten Günümüze Sürdürülebilir Kullanımı. 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı 12 - 13 Nisan 2018 İstanbul Kültür Üniversitesi / Bakırköy – İstanbul, Türkiye.

**Yoruç, A. B. H., Uğraşkan, V.** (2017). Yeşil Polimerler ve Uygulamaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 318-337, Afyon, Türkiye.

**Zinzade, D.** (2010). *Yüksek Yapı Tasarımında Sürdürülebilirlik Boyutunun İrdelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü), İstanbul, Türkiye.

#### **İNTERNET KAYNAKLARI**

**URL 1:** pxhere.com, erişim tarihi: 07.01.2018

**URL 2:** justinfozone.blogspot.com, erişim tarihi: 15.01.2018

**URL 3:** www.tectonica-online.com, erişim tarihi: 02.02.2018

**URL 4:** www.vtt.fi, erişim tarihi: 07.07.2018

**URL 5:** http://www.bahcedenhaber.com, erişim tarihi: 05.06.2018

**URL 6:** www.yukseltuglakiremit.com, erişim tarihi: 06.08.2018

**URL 7:** v3.arkitera.com, erişim tarihi: 25.03.2018

**URL 8:** http://www.yenibiyoloji.com, erişim tarihi: 23.07.2018

**URL 9:** <http://www.ahsap.org>, erişim tarihi: 17.05.2018

**URL 10:** [www.woodproducts.fi](http://www.woodproducts.fi), erişim tarihi: 22.04.2018

**URL 11:** [www.emlakdanismanlari.com](http://www.emlakdanismanlari.com), erişim tarihi: 15.05.2018

**URL 12:** <http://www.insaatofis.com>, erişim tarihi: 10.07.2018

**URL 13:** <http://www.yorsancam.com>, erişim tarihi: 12.03.2018

**URL 14:** [www.aso.org.tr](http://www.aso.org.tr), erişim tarihi: 18.06.2018

## ÖZGEÇMİŞ

Merve KARTAL, 17 Temmuz 1990'da İstanbul'da doğdu. Özel Ata Kolejinden 2008 yılında mezun oldu. 2013 güz döneminde FMV Işık Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık Bölümünden mezun oldu. 2018 yılında FMV Işık Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İç Mimarlık Yüksek lisans programını tamamladı. 2012-2013 yılları arasında Kuvantum Mobilya Aksesuarları ( Mobilya tasarım ve imalat sorumlusu), Yüksel İnşaat Dekorasyon (Kalyon ASL Ortaklığı Vatan Caddesi Vergi Dairesi şantiye alanı ince işler sorumlusu), Hedef Kentsel Toplu Yapı Yönetimi ve İşletme Hizmetleri A.Ş (Brandium A.V.M şantiyesi plotaj ekibi. Mimari, elektrik, mekanik projelerin sunumu. Mağazalar içerisinde uygulanan projelerin kontrolü ve takibi) gibi projelerde İç Mimar olarak görev aldı. 2013-2017 yılları arasında F.M.V Işık Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi İç Mimarlık Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev aldı. İç Mimar olarak serbest tasarım faaliyetlerine devam etmektedir.