

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ ETKİN  
TASARIMIN YASAM DÖNGÜSÜ SÜRECİNDE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Endüstri Ürünleri Tasarımcısı Tuna ÖZÇUHADAR**

**Anabilim Dalı : MİMARLIK**

**Programı : ÇEVRE KONTROLÜ VE YAPI TEKNOLOJİLERİ**

**HAZİRAN 2007**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ ETKİN TASARIMIN  
YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜRECİNDE İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Endüstri Ürünleri Tasarımcısı Tuna ÖZÇUHADAR**

**502031720**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Vildan OK**

**Diğer Jüri Üyeleri: Prof.Dr. Zerrin Yılmaz (İ.T.Ü.)**

**Prof.Dr. Halit Yaşar Ersoy (M.S.Ü.)**

**HAZİRAN 2007**

## **ÖNSÖZ**

Destek ve katkılarından dolayı; aileme, arkadaşlarıma ve başta danışmanım Sayın Prof. Dr. Vildan OK olmak üzere Sayın hocalarıma çok teşekkür ederim.

İstanbul, Haziran, 2007

Tuna ÖZÇUHADAR

## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b>	<b>iv</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>v</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>ÖZET</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. YAPI SANAYİSİ VE YARATTIĞI SORUNLAR</b>	<b>3</b>
2.1. Sanayileşme ve Nüfus Artışının Küresel Etkileri	3
2.2 Yapı Sanayisinin Yarattığı Çevresel Sorunlar	4
2.3 Dünyada ve Ülkemizde Yapı Sanayisi	7
2.4 Yapı Sanayisinin Geleceği	10
<b>3. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI İLE YAPMA ÇEVRE İLİŞKİLERİ</b>	<b>12</b>
3.1 Sürdürülebilirliğin Tanımı	12
3.2 Sürdürülebilirliğin Kapsamı ve Önemi	13
3.3 Sürdürülebilirlik ve Tasarım	15
3.3.1 Sürdürülebilir Çevre için Tasarım Prensipleri	16
Tasarım süreçlerine sürdürülebilirlik kavramını dahil edebilmek için prensiplere, stratejilere ve yöntemlere ihtiyaç vardır.	16
3.3.2 Sürdürülebilir Tasarıma Örnek Olarak Pasif Güneş Evi	24
3.4 Sürdürülebilir Çevre ve Enerji Etkin Bina Standartları	26
3.5 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye	28
<b>4. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ (YDD)</b>	<b>31</b>
4.1. Sistemin Tanımı ve Sınırları	31
4.1.1. YDD Kullanım Alanları	32
4.1.2 Çevresel Performans Etiketleri ve YDD; Eko Etiketleme	32
4.2 YDD'nin Ortaya Çıkışı	34
4.3 YDD'nin Bileşenleri	36
4.4 Yaşam Döngüsü Enerji Analizi (YDEA)	38
4.5. Binaların Yaşam Döngüsü Boyunca Enerji Tüketimi	41
<b>5. YDD İLE ENERJİ ETKİN TASARIM ÖLÇÜTLERİNİN BELİRLENMESİ</b>	<b>49</b>
5.1 Sürdürülebilir Çevre için Tasarımda Sınırlayıcı ve Belirleyici Etkenler	49
5.1.1 Dünyada Binaların Enerji Verimliliğini Destekleyen Uygulamalar	50
5.1.2 Sürdürülebilir Çevre için Yapı Sertifikasyon Sistemlerinin Gerekliliği	51
5.2 Binaların Çevresel Etkilerini Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile Ölçen Yöntemler	52
5.2.1 BEES	53
5.2.2 BRE ve BREEAM	54
5.2.3 LEED Sertifikasyon Sistemi	55
5.2.3.1 LEED "Enerji ve Atmosfer" Başlığı	56
5.2.3.2 LEED ve YDD	57

5.3 Türkiye’de Binaların Enerji Performansına Yönelik Çalışmalar	58
5.3.1 Türkiye’de Binalarda Yapı Denetimi Mevzuatı	59
5.3.1.1 Enerji Verimliliği Kanunu	60
5.3.2 TSE Binalarda Isı Yalıtım Kurallarının (TS 825) Değerlendirilmesi	62
5.4. Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Yaklaşımı İle Değerlendirilmesi	62
<b>6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>66</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>69</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>74</b>

## KISALTMALAR

<b>3R</b>	Reduce, Reuse, Recycle
<b>BEES</b>	Building for Environmental and Economic Sustainability (ABD)
<b>BRE</b>	Building Research Establishment
<b>BREEAM</b>	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
<b>ÇED</b>	Çevresel Etki Değerlendirmesi
<b>CPD</b>	Construction Products Directive (AB)
<b>ÇRD</b>	Çevresel Risk Değerlendirmesi
<b>CORRIM</b>	The Consortium for Research on Renewable Industrial Materials
<b>CSD</b>	Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu
<b>CSIRO</b>	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
<b>Defra</b>	Department for Environment, Food and Rural Affairs
<b>DPT</b>	Devlet Planlama Teşkilatı
<b>EnEV</b>	Almanyada Enerji Tasarrufu Yönetmeliği
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency (ABD)
<b>ERA</b>	Environmental Risk Assessment
<b>GATT</b>	General Agreement on Tariffs and Trade
<b>IETC</b>	International Environmental Technology Centre
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>KAKS</b>	İnşaat Emsali, İnşaat Yoğunluğu
<b>LEED</b>	The Leadership in Energy and Environmental Design (ABD)
<b>NIST</b>	National Institute of Standards and Technology (ABD)
<b>REPA</b>	Resource and Environmental Profile Analysis
<b>SETAC</b>	The Society for Environmental Toxicology and Chemistry
<b>SFA</b>	Substance Flow Analysis
<b>SBN</b>	İsveç yapı standartları
<b>TAKS</b>	İmar planı üzerinde yazılı taban alanı katsayısı o imar adasındaki imar parselinde yapılacak inşaatın toprak üzerinde kaplayacağı en büyük bina sahasını gösterir.
<b>TSE</b>	Türk Standartları Enstitüsü
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme
<b>USGBC</b>	US Green Building Council (ABD)
<b>WCED</b>	World Commission on Environment and Development
<b>WSchVO</b>	Almanya ısı koruma uygulama standartları
<b>YDA</b>	Yaşam Döngüsü Analizi
<b>YDD</b>	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
<b>YDEA</b>	Yaşam Döngüsü Enerji Analizi
<b>YDED</b>	Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi
<b>YDT</b>	Yaşam Döngüsü Tasarımı
<b>YDY</b>	Yaşam Döngüsü Yaklaşımı

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1</b>	Ekolojik Etki Kategorileri	6
<b>Tablo 3.1</b>	Tasarım Hedef ve Stratejilerinin Yaşam Döngüsü Yaklaşımı ile Belirlenmesi	20
<b>Tablo 3.2</b>	Emisyonların Sektörel Dağılımı, 2000 yılı	28
<b>Tablo 3.3</b>	Hidro Hariç Yenilenebilir Enerji Üretimi(Mtep)	29
<b>Tablo 4.1</b>	TS EN ISO 14040-14043 Serisini Oluşturan Çevre Yönetimi Standartları	35
<b>Tablo 4.2</b>	YDD Aşamaları	37
<b>Tablo 4.3</b>	Yapı Malzemeleri Üretimi İçin Gereken Enerji (Birincil Enerji)	42
<b>Tablo 4.4</b>	Bazı Yapı Malzemelerinin Ömrü	43
<b>Tablo 4.5</b>	Temel Yapı Malzemelerinde Birincil Enerji	44
<b>Tablo 4.6</b>	Duvar Malzemelerinde Birim Başına Enerji Değerleri	44
<b>Tablo 4.7</b>	Binanın yapım ve yıkımı sırasında çeşitli işlemlerde kullanılan enerji	44
<b>Tablo 4.8</b>	Çeşitli Nakliyat Tiplerine Göre Enerji Kullanımı (Birincil Enerji)	45
<b>Tablo 4.9</b>	Yapı Malzemelerinin Üretim ve Nakliyesinde Enerji	45
<b>Tablo 4.10</b>	Farklı Yapı Malzemelerinin Gömülü Enerjileri	46
<b>Tablo 4.11</b>	Yaşam Döngüsü aşamalarında örnek konutların enerji kullanımı	46
<b>Tablo 4.12</b>	Örnek olarak verilen 3 eve ait gerekli bilgiler	47
<b>Tablo 4.13</b>	Örnek olan üç evin yaşam döngüsü boyunca enerji tüketimi	48
<b>Tablo 4.14</b>	Kullanım döneminde hesaplanan ısıtma, sıcak su ve elektrik enerjisi	48
<b>Tablo 5.1</b>	Binaların Çevresel Etkilerini Ölçen Araçlar	52
<b>Tablo 5.2</b>	LEED Enerji ve Atmosfer	57
<b>Tablo 5.3</b>	Enerji Etkin Bina Tasarımının Yaşam Döngüsü Süreçlerinde İncelenmesi	65

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 3.1</b>	Mimaride Sürdürülebilir Tasarım ve Kirliliğin Önlenmesi için Kavramsal Çatı	22
<b>Şekil 3.2</b>	Kaynak Akışının Girdi ve Çıktıları	23
<b>Şekil 3.3</b>	Bina Yaşam Döngüsü Geleneksel Modeli	23
<b>Şekil 3.4</b>	Sürdürülebilir Bina Yaşam Döngüsü	24
<b>Şekil 4.1</b>	YDD Bileşenleri	36
<b>Şekil 4.2</b>	Binanın Yaşam Döngüsü Boyunca Geçirdiği Evreler	41



## **SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ ETKİN TASARIMIN YAŞAM DÖNGÜSÜ SÜRECİNDE İNCELENMESİ**

### **ÖZET**

Yapı sanayisinin yarattığı ekonomik, sosyolojik ve çevresel problemlerin bedelini insanlar, ülkeler ile birlikte gezegenimizdeki tüm canlılar ödemektedir. Bu olumsuz etkilerin en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılabilmesi için dikkate alınması gereken konuların başında toplam enerji tüketiminin miktarı ve kaynağı gelmektedir.

Bu çalışmada tükettiği büyük miktarlardaki enerji sebebiyle yapı sanayisi, bina ölçeğinde ele alınmıştır. Binaların toplam enerji tüketimindeki rolleri nedeniyle, tasarımcıların ürünlerini ve üretim yöntemlerini yeniden gözden geçirmeleri istenmektedir. Bunun için “Yaşam Döngüsü Değerlendirme” metotlarından faydalanılması gerekliliği, gerekçeleri ile açıklanmaya çalışılmaktadır. “Beşikten mezara” olarak da adlandırılan yaşam döngüsü yaklaşımının neden sürdürülebilir çevre için tasarım yapan tasarımcıların yol göstericisi olduğu açıklanmaya çalışılmaktadır.

Birinci bölümde problemin belirlenmesi ve problemi ortaya çıkaran etkenlerin tanımlaması yapılmaktadır. Ayrıca dünyada ve ülkemizde yapı sanayisinin durumu ve geleceği farklı bakış açılarıyla ele alınmak istenmiştir.

İkinci bölümde sürdürülebilirlik kavramının tanımı yapılarak önemi vurgulanmaya çalışılmıştır. Aşırı enerji ve kaynak tüketiminin doğurduğu sonuçlar incelenmiştir. Doğal döngülerin gezegendeki yaşam için ne kadar önemli olduğunu, tasarımcının bunları bir avantaja çevirebileceğine vurgu yapılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, onu oluşturan bileşenleri ile birlikte tanıtılmak istenmiştir. Sürdürülebilir çevre için yapılan tasarımlarda kullanılan bir yöntem olarak, diğer yaklaşımlara olan üstün tarafları açıklanmaya çalışılmıştır.

Son bölümde ise tasarımı sınırlayan ve belirleyen etkenler belirtilmiştir. Çevresel performansın ölçülmesi için çok yönlü bakışıyla ve geniş kapsamıyla Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi kullanan sertifika sistemleri, standartlar ve bu yöntemleri uygulayan organizasyonlar tanıtılmıştır. Dünyada enerji verimliliğini destekleyen uygulamaların ardından Türkiye’de konuya yönelik çalışmalar ele alınmıştır. Binalarda enerji verimliliğine yönelik TS825, Isı Yalıtım Yönetmeliği, yeni çıkan Enerji Verimliliği Kanunu ve AB ile uyum sürecindeki çalışmalar incelenmiştir. Bir binanın enerji etkin tasarlanması için dikkate alınması gereken konular Yaşam Döngüsü Yaklaşımıyla kullanım öncesi, kullanım, kullanım sonrası dönemlerinde incelenmek üzere bir tablo oluşturulmuştur. Tablo, yaşam döngüsü fazları boyunca bir binanın enerji tüketimini tasarım kararları ile azaltmaya yönelik hazırlanmıştır. Tabloda yeralan yönlendirmeler ile binanın kullanım dönemi ısıtma/soğutma enerjisi başta olmak üzere yaşam döngüsü boyunca tükettiği tüm enerjinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak sürdürülebilir çevre için binaların Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile değerlendirilmesi gerekliliği ortaya konmuştur.

## **DEFINING ENERGY EFFICIENT DESIGN CRITERIA WITH THE HELP OF LIFE CYCLE ASSESSMENT TO ACHIEVE SUSTAINABLE DESIGN**

### **SUMMARY**

All the living creatures and people of our planet earth have to pay for the economic, sociological and environmental problems created by the construction industry. One of the most important things that has to be paid attention to is the amount of energy consumption and energy resources.

In this study, the construction industry is taken into consideration because of its huge amount of energy consumption, and it is examined at the level of building. The designers and architects should think twice about their designs and methodologies of design just because of the role of the buildings with their total energy consumption. The reasons why designers should benefit from Life Cycle Assessment methods are explained. The reasons of the necessity to use LCA with "From Cradle to Grave" point of view for the designers who design for the Sustainable Environment is tried to be explained.

At the first part, the problem is pointed out and the reasons for the problems are explained. The construction industry's current situation in the world and in our country and its future is discussed from different points of view.

At the second part, the sustainability concept is defined and its importance is tried to be explained. The results of the extreme energy and resource consumption are explored. The importance of the natural cycles for the existence and well being of all the living organisms in our planet is clarified and the designer's role to make advantage out of these cycles is underlined.

The third part is about LCA, Life Cycle Assessment is introduced with its components. Its advantageous sides are tried to be explained compared to other approaches as a method used at design for sustainable environment.

At the last chapter, the factors that limit and determine the design process are expressed. The energy efficiency practices in the world, the standards, certificate systems and organizations which measure the environmental performances of buildings using LCA method are introduced. The situation in Turkey is examined through TS825 standard, Heat Isolation Regulation, the new Energy Efficiency Law and the adaptation process with the EU. The life cycle approach with the pre-occupancy, occupancy and after occupancy phases are taken into account to create a table for the energy efficient design of a building. The table is intended to help taking energy efficient design decisions in order to minimize the energy use of a building through its whole life cycle. By taking the energy efficiency tips into consideration during the design process, the whole energy used by a building through its life cycle can be minimized, especially the energy used by the heating/cooling systems can be reduced at considerable amounts. As a result, the importance of the necessity of the Life Cycle Assessment for the buildings to achieve Sustainable environment is clearly defined.

## 1. GİRİŞ

Gezegeneimizin tarihine bakıldığında, insan etkisi ile küresel iklim değişikliğinin bugünkü kadar hızlı gerçekleştiği bir dönem olmamıştır. İklimin değişmesi ile yaşanacak kargaşa, yaşamın her alanını etkileme potansiyel tehlikesini barındırmaktadır. Fakat maalesef insan faaliyetleri ile ortaya çıkan sera gazı emisyonları ve buna bağlı olarak iklimin değişmesi herkesin ana gündemi değildir. Siyasi, ekonomik ve bilimsel kavramların birlikte ele alınarak yeni hassas bakış açılarının oluşturulması gerekmektedir. İklim değişikliği ile beraber sıklıkla ortaya çıkan sel, kuraklık gibi doğal afetler bu konunun bir an önce anlaşılmasını ve önlemler alınması gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Bu kavrayışı mümkün kılacak siyasi kararlılığa ve bilimsel çalışmalara ihtiyaç vardır.

Dünya Gayrisafi Milli Hasıla'nın (GSM) %10'unu, iş alanlarının %7'sini oluşturan yapı sanayisi doğal kaynakların yarısını, enerjinin ise %40'ını tüketmektedir [1].

İklim değişikliği sorununun temelinde yatan sera gazlarından Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), Metan (CH<sub>4</sub>), Diazot monoksit'in (N<sub>2</sub>O) insan etkinlikleri sonucu ortaya çıkan küresel ısınma etkisi içindeki paylarının sırasıyla %50, %18 ve %6 olduğu tahmin edilmektedir [2]. Yaşadığımız ve çalıştığımız binalar, yollar, köprüler, hava alanları, limanlar vb. ile hayatımızın derinlemesine içinde olan bu endüstrinin tükettiği enerji ile yaydığı sera tesiri yaratan gazların salımının iklim değişikliğindeki rolü büyüktür.

Birleşmiş Milletler sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedefleyen Kyoto Protokolü ile sera tesiri olan gazların salımlarının sınırlandırılması için uğraşmaktadır. Sürdürülebilir çevre için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerektiği ortadadır. Kısa vadede, bugünkü modern hayatın alışkanlıkları gereği harcanan enerji miktarının tümüyle karşılanması sadece yenilenebilir kaynaklarla mümkün olmayacaktır. Enerjinin korunumu ve enerjinin verimliliği gibi kavramların önemi daha da artmaktadır.

Uluslararası sözleşmelerin yönlendirdiği politikalar gibi, üretici ve tüketicinin sorunun aciliyetinin farkına varması ve üretim, tüketim alışkanlıklarını değiştirmesi de çok önemlidir. Tasarımcıların planlamalarını, ortaya çıkacak ürünün harcayacağı kaynaklar itibarıyla iyi tartması ve ürünün gezegenimize maliyetinin ne olacağını gözardı etmemesi gerekmektedir. Modern dünyada ihtiyaç olarak tanımlanan yaşam

biçimleri ve beraberinde gelen hızlı tüketim, doğal kaynakların kendilerini yenileyebilecek zamanı bulamadan bitirilmelerine ve tamamen yokolmalarına neden olmaktadır.

Ürünlerin doğal çevreye olan maliyetlerine bakış altında biraz karmaşık bir konudur. Yaşam döngüsü yaklaşımı ile “beşikten mezara” her aşamada bu maliyetler analiz edilebilir. Kullanılan enerjinin türü ve miktarı ürünün ortaya çıkışından yok edilmesine veya geri dönüşümüne kadarki süreç içerisinde ürünün gezegene yükü olarak yansıyacaktır.

Kullanılan hammadde ve enerji, ürünün varlığına değecek midir diye sorduğumuzda bunun sadece ekonomik bir bakış ile sorulmadığının anlaşılması gerekir.

Tasarımlar hayatımızı kolaylaştırırken diğer taraftan içinden çıkılmaz bir problemin başlıca nedeni olabilirler. Bu ikilem nedeniyle, bütünsel bakış açıları ve yeni sorumluluklarla gelen ahlaki değerler tasarımcıya yeni roller biçmektedir.

Bu çalışmada büyük kaynak ve enerji tüketen yapı sanayisi bina kapsamında ele alınmıştır. Tasarımcının (mimar) planlamalarını çevre bilinciyle yapmasına yardımcı olabilecek yaşam döngüsü yaklaşımı tanıtılmaktadır. Bu yaklaşım ile enerji verimliliğinin tasarlanan ürünün tüm hayatını içerecek şekilde ele alınması gerekliliği vurgulanmaktadır. Binalarda özellikle üretim öncesi verilecek tasarım kararları, kullanım öncesi, kullanım ve kullanım sonrası dönemlerdeki enerji harcamaları üzerinde önemli rol oynamaktadır. Binalarda enerji verimliliği konusu ülkemizde ise AB uyum süreciyle birlikte yeniden ele alınmaktadır.

## 2. YAPI SANAYİSİ VE YARATTIĞI SORUNLAR

### 2.1. Sanayileşme ve Nüfus Artışının Küresel Etkileri

İnsan yaşamında sanayileşme olgusu ve yarattığı türlü problemler 150 yıllık bir geçmişe sahiptir. Sanayileşme, beraberinde sosyal hareketler ve göçlere neden olmuş; tüketim alışkanlıkları ve ekonomik sistemlerde köklü değişimler gerçekleştirmiştir. Tüm hızıyla devam eden sanayileşme sürecinin yanısıra savaşlar da büyük göçlere ve ekonomik değişimlere neden olmaktadır. Nüfus artışı, şehirlerin büyümesi, yolların açılması ve yeni yaşam biçimleri kaçınılmaz olarak hayatımızın bir parçası olmuştur.

Dünya nüfusu 100 yıl önce yaklaşık 1,5 milyar iken 2001 de dörde katlanarak 6,1 milyara çıkmış ve yüzyıl sonunda da 10 – 11 milyarı bulacağı tahmin edilmektedir. [3]

Özellikle az gelişmiş ülkelerdeki nüfus artışının getirdiği barınma, işsizlik ve temel ihtiyaçlarla ilgili tüm sorunlar acilen çözüm beklemektedir. Nüfus artışının yanısıra yaşam biçimindeki değişimler, büyük bir enerji ve kaynak tüketimine yolaçmıştır. Katı atıklar, hava ve su kirliliği gibi ciddi sorunlarla karşı karşıya kalan dünya kendi doğal kaynaklarını yenileyemeyecek bir duruma gelmiştir.

2050 senesinde dünya nüfusunun en az %50 artarak 9 milyarı bulması bekleniyor [3]. Buna göre 3 milyar insan için konut, işyeri, okul, hastane, alışveriş merkezleri ve fabrikaların inşası öngörülmektedir. Enerji tüketiminin şu anki rakamların en az %25 üzerine çıkması, su tüketimi ve atık üretiminin de en az %30 artması beklenmektedir. 1990-2100 arasında küresel sıcaklık artışının yaklaşık 1,4 - 5,8° arası olması beklenmektedir. Buzul çağından bu yana geçen 20.000 yıl içindeki toplam sıcaklık artışının en fazla 5°C olduğu düşünülürse bu rakamların ciddiyeti ortaya çıkmaktadır. Deniz seviyesinde ise 9 - 88cm yükselme olacağı tahmin edilmektedir [4]. Önümüzdeki 100 yıl içinde benzin, doğal gaz ve uranyum kaynaklarının, ayrıca altın da dahil olmak üzere çoğu metal kaynakların da tükenme tehlikesi altında olduğu bilinmektedir.

Kaynak tüketimi ve ekonomik durum güçlü bir bağla birbirleriyle ilişkilidir. Bir toplumun, aile, şehir veya ülke ölçeğinde gelir seviyesi arttıkça kaynak tüketimi de

artar. Çeşitli ülkelerde kişi başına düşen gelir ile enerji tüketimi arasındaki ilişki bu eğilimi gösterir. Yüksek geliri olan sanayileşmiş ülkeler geliştirmekte olan ülkelere göre kişi başına daha fazla enerji tüketirler. Sanayileşmiş ülkeler arasında ABD ve Kanada bunların başında gelmektedir, Japonya'nınki çok daha aşağıdadır. Bu bir toplumun ekonomik statülerini yükseltirken kaynak-etkin sosyal ve ekonomik altyapılar kurmasının mümkün olduğu anlamına gelir. Kişi başına düşen milli gelir ile kişi başına su tüketimi arasındaki ilişki de benzer bir seyir izler, çevresel atıkların atmosfere emisyonu da aynı şekilde. Geliştirmekte olan ülkelerin ise enerji, su kullanımı ve küresel çevre kirliliğindeki payının da artması beklenmektedir [5].

Tüm bu sorunların son 30 yıl içerisinde artan ivmesi ile beraber "Sürdürülebilirlik" kavramı da yaklaşık 20 yıldır gündemdedir ve dünya artık bu kavram üzerine yönelmektedir. Sürdürülebilirliğin çerçevesi sosyal, ekonomik ve çevresel boyutta üç ana grupta ele alınmaktadır. Problemler ülkesel değil küresel olduğundan dolayı sürdürülebilirlik kavramıyla ilgilenen ülkeler tek başlarına ürettikleri çözümlerin yetersiz olduğunun farkındadırlar. Kyoto Protokolü gibi uluslararası anlaşmalar ve AB ülkelerinin uyguladığı gibi ülkelerin birlikte uyguladıkları ortak çalışmalar ile insanlığı bekleyen problemlere çözümler üretilmeye çalışılmaktadır. Ancak varolan senaryolara göre sürdürülebilir bir gelecekte bahsetmek oldukça zor gözükmektedir.

## **2.2 Yapı Sanayisinin Yarattığı Çevresel Sorunlar**

Sanayileşme sürecinde insanların yaşamlarındaki değişimlerin çevreye olan etkilerinin bedeli çok yüksektir. Sanayileşme öncesi yaşam biçiminde insanlar, kuşaklar arası yaşam bilgisi aktarımı olanaklarına sahipti, yaşadıkları bölgeye ait pratik bilgiler edinirlerdi. Nüfus artışı ve göçle beraber yeni çevrelerde kendilerine verilenle veya buldukları koşullarla yetinmek zorunda kalan insanlar çevre ve yaşam biçimine uyum sağlama konusunda önceki kuşaktan bilgi ve deneyim aktarımından yoksun kalmıştır. Yeryüzünde 10,000 yıldır yapılar ve yerleşik yaşam biçimleri var ancak sanayi devrimiyle birlikte ve nüfus artışıyla özellikle geçtiğimiz yüzyıldaki hızlı değişimlerin ve göçlerin sonucunda artık insanlar yapı sanayisinin ürettiği yapı elemanlarıyla inşa edilen binalarda ve bu binalardan oluşan şehirlerde yaşıyor. Yaşam biçimindeki değişimlerin sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerinin yanısıra en önemli etkilerinden biri de insanların doğal döngülerle ilişkisinin kopmasıdır. Eskiden insanlar kendi evlerini yaparken artık başkaları yapıyor; kendi ihtiyaçlarını tanımlarken ve karşılarken en temel güdülerinden yola çıkan insan artık çok daha karmaşık ihtiyaçlar ve mecburiyetler doğrultusunda farklı kriterlerle, şehir

planlamacılığının öngördüğü kısıtlamalar ve yapı sanayisinin sunduğu olanaklarla yaşamak durumundadır.

Yapı Sanayisi nüfus artışıyla doğru orantılı olarak gerek doğal kaynakların tüketilmesi, gerek enerji tüketimi ve gerekse de atık üretimi açısından çevreyi doğrudan etkilemektedir. Günümüzde yapı malzemelerinin en iyimser bakışla %35i geri dönüştürülmektedir, bu yüzde çok yetersiz kalmaktadır. İngiliz hükümeti Çevre, Gıda ve Kırsal İşler Departmanı (Defra) tarafından yapılan istatistiklere göre atık üretiminde İngiltere’de evlerden çıkan atıklarla kıyaslandığında yapı sanayinin ürettiği atık bunun 3 katı fazladır [6].

Yapı sanayisi atıklarıyla ilgili 2002 senesinde Hong Kong’ta yapılan bir çalışmada görülmüştür ki inşaat ve yıkım atıklarının araziye gömülen tüm katı atıklar arasında %48lik bir payı vardır. Toplam katı atık içerisinde ev atıkları %36, ticari ve endüstriyel atık %9, diğer atıklar da %7lik bir dilim oluşturuyor [7].

Yapı sanayisiyle ilişkili aktiviteler aynı zamanda CO2 emisyonlarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Örneğin Japonya’nın yıllık toplam 1.3 milyar tonluk CO2 emisyonunda yapı sanayisi yüzdesi %40lara ulaşmaktadır. Kaynakların işlenmesi %8-%10, ulaştırılması yaklaşık %9, elektrik/havalandırma %11.5, ev içi operasyonlar (pişirme, ısıtma vs) %13 olarak verilmiştir. Yapılar üzerinde yapılan çalışmalar CO2 emisyonlarının %40a varan oranda azalabilecek bir potansiyel olduğunu ortaya çıkarmaktadır [8].

Yapı sanayinin - inşaat ve bina süreçlerinin tamamı düşünüldüğünde -toplam enerji tüketimindeki yeri oldukça fazladır: UNEP IETC kaynaklarına göre yapı malzemeleri üretimi %11, inşaat %1.3, bina operasyon %10.2, inşaatla ilgili ulaştırma %5, toplam %27.5 [9].

Yapı sanayisinin oldukça önemli yüzdelere sahip olduğu sera gazı emisyonlarının kısa vadede gezegene ve insan yaşamına verdiği zarar farkedilmemiş ancak çok geçmeden anlaşılmıştır ki ekosistemdeki zincir halkalardan bir tanesinin bile zarar görmesi uzun vadede tüm canlıları etkilemektedir. Genel üretim faaliyetleri ve insan aktivitelerinin neden olduğu tüm ekolojik etkilerin açıklamaları Tablo [1.1]’de verilmiştir.

**Tablo 2.1:** Ekolojik Etki Kategorileri. [10]

ETKİ TÜRÜ	AÇIKLAMA
<b>EKOLOJİK YIKIM</b>	
Küresel ısınma veya iklim değişikliği	Tarım ve endüstride kullanılan fosil yakıtların atmosfere yaydıkları sera gazları. Etkileri : Sıcaklık değişimi, sık karşılaşılan fırtınalar, kasırgalar, çölleşme, tropik hastalıklar, okyanus akıntılarındaki değişimler, deniz suyu seviyesinin yükselmesi.
Stratosferdeki ozon deliği	Kloroflorokarbon (CFC) emisyonlarının sebep olduğu ozon tabakasındaki incelme, açılma. Etkileri : Artan ultraviyole (UV) radyasyonunun daha sık rastlanan kanser vakalarına neden olması, bitkilerin üretkenliğinin azalması, deniz yosunlarının ve yüksek irtifadaki biyolojik hayatın olumsuz etkilenmesi.
Asit yağmurları	Genelde fosil yakıt kullanımından kaynaklanan sülfirik ve diğer madde yayılımlarının asidik çökelmelere neden olması. Etkileri : Topraktaki metalleri çözüyor, bu da deniz canlıları ve bitkiler için zehirleyici.
Su Ötrofikasyonu	Aşırı besleyicilerin suya karışmasıyla artan yosunlaşmanın sudaki oksijen oranının düşmesine neden olması. Etkileri : Balıkların ve diğer deniz canlılarının ölümü.
Doğal hayatta değişim (Arazi kullanımı)	Tarım, ormancılık, şehirlerin büyümesi ve açılan yollar için doğal yaşama alanlarına fiziksel müdahaleler ve yıkımlar. Etkileri : Biyolojik çeşitliliğin yok oluşu.
Ekolojik zehirlilik	Bitkilerin, hayvanların ve diğer tüm canlıların zehirlenmeye karşı korunmasız kalması. Çok geniş etki alanı vardır.
<b>İNSAN SAĞLIĞI TAHRİBATI</b>	
Dumanlı sis ve hava kirliliği	Nitrojen oksit emisyonları ve organik uçucu bileşenler yer seviyesinde ozon üretirler. Diğer hava kirleticiler ise toz partikülleri ve sülfür dioksit içerirler. Etkileri : Artan sıklıkta karşılaşılan astım ve diğer sağlık düzensizlikleri.
Sağlık bozucu maddeler	Kansere sebep vermeyenler arasında cilt tahriş edici, büyüme engelleyici ve endokrin bozucular sayılabilir
Kanserojenler	Kansere neden olan maddelerdir. Genetik mutasyona sebebiyet veren, dna'yı değişime zorlayan mutagenler (genelde kansere sebebiyet verir) Teratogenler ise büyümekte olan embriyolarda kusur yaratır.



KAYNAK TÜKETİMİ	
Fosil yakıtlar	Petrol, gaz ve kömür'ün şu andaki tüketim oranlarıyla yakıtı malzemeye, enerjiye ve CO2 emisyonlarına çevirme hızı doğanın yakıt rezervlerini yenilemesi imkanından milyonlarca kere daha hızlıdır.
Temiz su	Temiz yüzey sularının ve yeraltı sularının tüketimi telafisi olmayan sorunlar yaratmaktadır. Temiz, içilebilir suya erişim hızla ilerleye uluslararası bir problemdir.
Mineraller	Maden cevherleri metallere ve alaşımlara çevriliyor ve bunlar da genellikle oksitlenerek dağınık atıklar olarak geri dönüşüme kazandırılmıyorlar.
Üst toprak	Birçok yerde tarım ve ormancılık nedeniyle toprak doğanın kendini yenileyemeyeceği bir hızla aşındırılıyor.

### 2.3 Dünyada ve Ülkemizde Yapı Sanayisi

Toplumların üretim ve tüketim alışkanlıklarının doğal kaynakların limitlerini zorladığı açıktır. Kaynaklar, dünyanın kendini yenileme kapasitesine uygun olarak çevreye etkilerin en düşük seviyede olacağı şekilde tüketilmelidir.

Yapı Sanayisinin toplam sanayii üretimindeki ve toplam kirliliğe katkı oranları oldukça yüksektir. Örneğin Avrupa Birliğinde sanayii üretiminin ¼ ü inşaat sektörüne aittir. Üstelik bu yüzdenin artması beklenmektedir; Global Insight dergisinin 2003 raporuna göre dünya ekonomisinde inşaat yatırımları 2004 – 2012 yıllarında yıllık ortalama %5 artacağı öngörülmüştür [11].

DPT 9. Kalkınma Planı Enerji Komisyon raporuna göre Türkiye’de 2003 yılında bina sektörü (konut ve hizmetler) nihai birincil enerji tüketimde %31, elektrik tüketiminde ise % 48 pay almaktadır.

Yapı Sanayisinin neden olduğu çevresel sorunlara çözüm üretebilmek için tüm aşamalarda enerji verimliliğini artırarak sera gazı etkisi yaratan gaz atıklarının indirilmesi gerekmektedir. Ayrıca kentsel ihtiyaçlarla ekosistemler arasında denge kurulması yönünde ciddi çalışmalar yapılması ve mevcut yapılarda enerji verimliliğini artırıcı tedbirler alınması gereklidir.

Türkiye’deki atık yönetiminden bahsetmek gerekirse bu konuda ciddi boyutta yetersizlikler mevcuttur: Bugün düzenli depolama yapan Belediye sayısı sadece 13tür, 2005 başında 3208 belediyeden sadece 225 inde arıtma ve 1879 unda kanalizasyon sistemi bulunmaktadır [11].

Türkiye’de yapı sanayiisi boya, çimento, seramik, ahşap gibi 200 civarında sektörü kapsamaktadır ve tüm sanayii alanlarında üretilen ürün ve hizmetler düşünüldüğünde yapı sektörü oldukça geniş paya sahiptir. Ancak yapı sanayiinin çevre etkilerine dair yaklaşımının bakış açısı ve uygulama açısından oldukça yetersiz olduğunu söyleyebiliriz.

Kanunlar ve yönetmelikler açısından bakıldığında konu çok geç gündeme gelmiştir. Denetim eksikliği en önemli problemlerden biridir. Yapı malzemelerinin üretiminde kalite, enerji kullanımı, çevre kirliliğine etkiler, hammadde tüketimi ve atık açılardan mevcut standartlara uygun üretim yapılıp yapılmadığı denetlenmemektedir [11].

Ülkemizde yapı malzemelerinin seçim ve kullanımında varolan teknik gereklere dahi uyulmamaktadır. Bu konularda hem denetimlerin etkinleştirilmesi hem de dünyadaki gelişmiş uygulamaların örnek alınarak standartların yeniden oluşturulması için idarecilerin olduğu kadar tüketicilerin de duyarlılık ve taleplerinin olması çok önemlidir.

Anayasal bazda “Çevre” konusu Türkiye’de ilk defa 1982 anayasasında 56. maddede “Sağlık hizmetleri ve çevrenin korunması” olarak gündeme gelmiş, ardından 2872 sayılı Çevre Kanunu 9/8/1983te yürürlüğe girmiştir [12].

Ancak bu kanun üzerinden geçen 23 sene içerisinde çevre ile ilgili konularda ve sorunlarda çok hızlı değişimler olmuş, dolayısıyla bu kanun oldukça yetersiz kalmıştır. “Çevre Kanununda Değerlendirme Yapılmasına Dair” kanun ise 13/5/2006 tarihinde 26167 sayılı resmi gazetede yayınlanan ve 26 Nisan 2006da kabul edilmiştir [12]. 5491 no.lu bu kanunun 3. maddesinde yeralan Çevrenin korunmasına, iyileştirilmesine ve kirliliğin önlenmesine ilişkin genel ilkelerinde sürdürülebilir kalkınma, çevre korunması ve enerji kullanımı ile ilgili maddeler:

c) Arazi ve kaynak kullanım kararlarını veren ve proje değerlendirmesi yapan yetkili kuruluşlar, karar alma süreçlerinde sürdürülebilir kalkınma ilkesini gözetirler.

d) Yapılacak ekonomik faaliyetlerin faydası ile doğal kaynaklar üzerindeki etkisi sürdürülebilir kalkınma ilkesi çerçevesinde uzun dönemli olarak değerlendirilir.

f) Her türlü faaliyet sırasında doğal kaynakların ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılması amacıyla atık oluşumunu kaynağında azaltan ve atıkların geri kazanılmasını sağlayan çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması esastır.

h) Çevrenin korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve giderilmesi için uyulması zorunlu standartlar ile vergi, harç, katılma payı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve

temiz teknolojilerin teşviki, emisyon ücreti ve kirletme bedeli alınması, karbon ticareti gibi piyasaya dayalı mekanizmalar ile ekonomik araçlar ve teşvikler kullanılır [12].

Çevresel Etki Değerlendirmesi, 1969 yılında ABD'de yürürlüğe giren Ulusal Çevre Politikası Kanunu (National Environmental Policy Act) kapsamında dünya ile tanışmıştır. ABD ve AB ülkeleri ile diğer dünya ülkelerinde halen etkin çevre yönetim aracı olarak yerini alan ve gün geçtikçe de bu yeri sağlamlaştıran ÇED, ülkemizde 7 Şubat 1993 tarihinden bu yana uygulanmaktadır [13].

Türkiye'de sağlam bir çevre yönetiminin temelini oluşturmak ancak ÇED sürecinin yasal, kurumsal ve teknik altyapı açısından güçlendirilmesiyle mümkün olabilir.

“ÇED, belirli bir proje veya gelişmenin, çevre üzerindeki önemli etkilerinin belirlendiği bir süreçtir. Bu süreç, kendi başına bir karar verme süreci değildir; karar verme süreci ile birlikte gelişen ve onu destekleyen bir süreçtir. Yeni proje ve gelişmelerin çevreye olabilecek sürekli veya geçici potansiyel etkilerinin sosyal sonuçları ve alternatif çözümlerini de içine alacak şekilde analizi ve değerlendirmesidir.

ÇED'in amacı; ekonomik ve sosyal gelişmeye engel olmaksızın, çevre değerlerini ekonomik politikalar karşısında korumak, planlanan bir faaliyetin yolaçabileceği bütün olumsuz çevresel etkilerin önceden tespit edilip, gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır.

ÇED'in temel görevi, projelerle ve gelişmelerle ilgili karar vericilerin daha bütünsel, yani karara etkiyecek birden fazla faktörü gözönüne alır bir şekilde daha sağlıklı karar vermelerini sağlamak için, onlara projelerden kaynaklanabilecek çevresel etkileri net bir şekilde göstermektir. Nihai ÇED Raporu ile diğer belgelerin Bakanlığa sunulmasını takiben, inceleme Değerlendirme Komisyonu'nun Rapor hakkındaki kararını esas alarak, Bakanlık "ÇED Olumlu Kararı" ya da "ÇED Olumsuz Kararı" verir. " [13].

DPT 9. Kalkınma Planı Özel İhtisas Raporunda inşaat sektörünün varolan problemleri arasında çevre atıkları bağımsız bir başlık olarak ele alınmamıştır. Ele alınan sorunlar inşaat sektöründeki kalite sorunu , yapı üretim sürecini bütünüyle ele alan bir sistemin kurulamamış olması ve yapı üretiminde kalite, kamusal denetim sorumluluğu ve yapı denetimi sistemi yetersizliği, mesleki yetkinlik ve yeterlilik sorunları ile yapı üretiminde işgücü eğitimindeki eksiklikler ve sorunlar başlıkları altında incelenmiştir. Çevre ile ilgili olarak; II.5. kısımda Uluslararası Yükümlülükler ve Taahhütler başlığı altında Türkiye'nin AB üyelik programı ve taahhütlerinin yanı sıra Dünya Ticaret Örgütü, Kyoto Protokolü ve Basel II ile IMF gereklilikleri vb. çeşitli uluslararası yükümlülük ve taahhütlerinin bulunmasından

bahsedilmekte ancak AB'ye üyelik süreci başlığında daha geniş hatlarıyla ele alınacak olan yükümlülükler bu bölümde yer verilmemiştir.

Aynı raporun 90. sayfasında yer alan "Yapı Malzemelerine Yönelik Düzenlemeler" maddesinde AB müktesebatındaki Yeni Yaklaşım Direktifleri kapsamında, inşaat malzemelerinin teknik özelliklerini belirlemek üzere 1989 yılında 89/106/EEC sayılı ile yayınlanan Yapı Malzemeleri Direktifi (*Construction Products Directive - CPD*) ilke ve kapsamının ülke mevzuatında yer verilmesi ve inşaat malzemelerinde CE işareti uygulamasına geçilmesi yükümlülüğü bulunmaktadır. "Ayrıca, AB mevzuatı uyarınca, harmonize standart kapsamında olmayan inşaat malzemelerine ilişkin bir standart geliştirilmesi gerekmektedir. Bu direktif gereği Yapı Malzemeleri Yönetmeliği çıkarılması ve ilgili teknik şartnamelerin hazırlanması çalışmaları Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Hazırlanan ve 08.09.2002 tarihli ve 24870 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış olan Yapı Malzemeleri Yönetmeliği'nin 2007 yılından itibaren yürürlüğe girmesi öngörülmektedir." [11].

Türkiye'nin, bu yönetmelik gereği hazırlanan diğer yönetmeliklere ilişkin uyum çalışmalarını sürdürmekte olduğu belirtilmiştir. Standartlarda ürünü çevre açısından değerlendiren "Çevre Ürün Bildirgesi" konusunda ise çevreye olan etkileri değerlendirileceği ancak bu çalışmanın Avrupa'da da yeni olup henüz bu konuda ülkemizde bir çalışma yapılmadığı belirtilmiştir.

## **2.4 Yapı Sanayisinin Geleceği**

Mayıs 2006 tarihli DPT 9. Kalkınma Planı 2007-2013, İnşaat, Mühendislik-Mimarlık, Teknik Mişavirlik ve Müteahhitlik Hizmetleri Özel İhtisas Raporunda yer alan

Türkiye'de inşaat sektörünün geleceğine dair bölüm olan "IV. Geleceğe Dönük Strateji - 2013 Vizyonu"nda İnşaat sektörü 2013 için şu tanımlama yapılmıştır: "Ekonomik yönden verimli, toplumsal sorumluluğu yüksek, çevreye saygılı, sürdürülebilirlik ilkelerine bağlı, pazar odaklı, rekabet gücünü bilgiyle ve teknolojik yenilikle sürekli arttıran, bireylere ve topluma ihtiyaçları doğrultusunda güvenli ve kaliteli yaşam çevreleri sunabilen bir sektör."

Bu vizyonun oluşturulmasına ışık tutan, talepleri itibarı ile inşaat sektörünü doğrudan ilgilendiren ve yukarıda belirlenmiş olan vizyonu destekleyen Tübitak 2023 Vizyonu ise şöyledir:

1. Artan nüfusun ve gelişmeye çalışan sanayinin gereği olan enerji, ulaşım, su ve atık su gibi temel altyapının çağın gerektirdiği standartlarda tamamlandığı bir Türkiye.

2. Yapılarda afet güvenliğinin sağlandığı, can güvenliği riski ile ekonomik risklerin en aza indirildiği, insanlarımızın depreme ve doğal afetlere karşı güvenli kentlerde ve yapılarda yaşadığı bir Türkiye.

3. İnşaat, altyapı ve toprak sanayii sektöründe sürdürülebilirlik ilkelerine uygun yeni teknolojilerin geliştirilip kullanıldığı, uluslararası platformlarda teknoloji, verimlilik ve maliyet bazında rekabet edebilen, pazar payını artıran bir Türkiye.

4. Bütün ailelerin çağdaş konut gereksinimlerinin sağlıklı çevre koşulları ile birlikte karşılandığı bir Türkiye.

5. Demokratik toplum, eğitim, şeffaflık ve çevre yönetimine uygun katılım gibi kavramlarda çağdaş standartlara erişmiş, sektörde kalite denetiminin sağlandığı, tüketici haklarının korunduğu, eğitilmiş insan gücünün kullanıldığı, doğal kaynakların korunduğu, doğal kısıtlamalar ve kaynakların varlık dağılımına uygun, doğal tehlikelerden sakınılan dengeli bölgesel nüfus ve sanayi dağılımının geliştirildiği bir Türkiye.

6. İnşaat malzemeleri üretiminde çevreye saygılı, çağdaş standartlara erişmiş, kalite kontrolünü tam olarak gerçekleştiren, teknoloji üretim ileri yönetim teknikleri uygulayan bir Türkiye [11].

Tübitak Vizyonunda 2. maddede bahsi geçen “yapılardaki afet güvenliği” konusunun kapsam ve önemi giderek daha iyi anlaşılacaktır. Yapı sanayisinin neden olduğu çevresel etkileri minimuma indirmek için yapılması gerekenlerin yanısıra gelecekte küresel iklim değişikliğini, sel, kasırga veya artan sıcaklıklar gibi koşulları gözönüne alarak adımlar atması; bir başka deyişle yapı malzemelerinin ve bu malzemelerle oluşturulacak tasarımların küresel iklim değişikliğinin yaratacağı problemlere çözüm üretir nitelikte olması gerekmektedir. Değişen koşulların olumsuz etkilerini en aza indirgeyecek tasarım çözümleri üretmek sürdürülebilir tasarımın gündemindeki önemli başlıklardan biridir.

### 3. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI İLE YAPMA ÇEVRE İLİŞKİLERİ

Sürdürülebilirlik kavramı gündeme gelişinden bu yana birçok kurum ve organizasyon tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. “Sürdürülebilirlik” kelime olarak ilk defa 1712 de Alman bilimadamı Hans Carl von Carlowitz tarafından “Sylvicultura Oeconomica” isimli kitabında kullanılmıştır. (Almanca: Nachhaltigkeit). Fransız ve İngiliz bilimadamları tarafından da ağaçlandırma konsepti “verimli ormancılığın sürdürülmesi” şeklinde ifade edilmiştir [14].

Küresel Sürdürülebilirlik kavramı Rio De Janerio' da 3-14 Haziran 1992 tarihleri arasında düzenlenen “Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı”nda doğmuştur. 100’den fazla ülke temsilcisi biyolojik çeşitlilik ve iklim konularında sürdürülebilir bir gelişme sağlamak amacıyla küresel uzlaşmalar formüle etmek üzere anlaşmışlardır ve toplumun ana sektörleri ile halk arasında yeni bir işbirliğini gerçekleştirmeyi amaçlayan beyannameyi yayınlamıştır [15].

1995 yılında ise uluslararası firmalar, hükümetler ve sivil toplum kuruluşlarının konu üzerine çalışmalarını izlemek üzere Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu (CSD) oluşturulmuştur [16].

Son yıllarda çok sözü geçmekle birlikte sürdürülebilirlik kavramının pratikte uygulamalara yansımaları oldukça yetersizdir. Sürdürülebilirliğin tanımının çok net olması gerekmektedir ki hedefler oluşturulup gerçekten bir ilerleme kaydetmek üzere harekete geçilsin.

#### 3.1 Sürdürülebilirliğin Tanımı

- Sürdürülebilirlik, bir toplumun, bir ekosistem veya benzer diğer etkileşimli sistemlerin temel kaynaklarını tüketmeden ve çevreyi olumsuz etkilemeden devamlı işleme yeteneğidir [17].
- Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin refahını ve sağlığını tehlikeye atmadan varolan çevresel, ekonomik ve sosyal ihtiyaçları bütünleştirecek ve karşılayacak şekilde yaşamak ve çalışmakla ilgilidir [18].
- Biosferin ekolojik bütünlüğünü destekleyen doğal sistemlerle insanlığın inşa ettiği sistemler arasında; bir başka deyişle doğal ve yapma çevrelerin sosyolojik ve ekolojik uyumunun istikrarlı durumu;

- İnsan ihtiyaçlarıyla dünya üzerindeki diğer canlıların ihtiyaçları arasında bulunan güncel çelişkilerin çözümüdür.
- Sosyal, kültürel, politik ve ekolojik uyum durumu;
- Sürdürülebilirliği ekonomik bakış açısıyla tanımlamak istersek kişi başına düşen refahın azalmaması da diyebiliriz [19].
- Dünyayı iyi koruyalım. Onu dedelerimizden miras almadık, çocuklarımızdan ödünç aldık. (Kenya atasözü)

“Sürdürülebilir Kalkınma” kavramının tanımı ise Dünya Çevre ve Gelişme Komisyonu tarafından 1987 yılında (WCED – Brundtland Komisyonu) şu şekilde ortaya konulmuştur: “Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yetenek ve olanaklarını kısıtlamaksızın bugünkü ihtiyaçların karşılanması” [20].

Burada kalkınma kavramı en geniş anlamıyla kullanılmıştır; şu anda ve gelecekte, tüm dünyayı ve tek tek bireyleri kapsar. İhtiyaç kavramı, tüm insanlar için kabul edilebilir bir yaşam standardının korunduğu koşullardan oluşmaktadır. Bir başka kaynak ise sürdürülebilir kalkınmayı “üretimdeki madde ve enerji kullanımında doğanın yenileyici ve emici kapasitelerinin ötesinde büyümeden kalkınma” olarak tanımlanmaktadır [19].

Sürdürülebilir Kalkınma kavramının pek çok tanımı vardır. Bu tanımların ortaklaşa kullandığı kimi kavramlar dikkat çeker; kalkınmanın herkesin temel ihtiyaçlarını karşılama fırsatı yaratması, bu nedenle de en geniş anlamıyla kullanılması, yoksulluğun azaltılması, çevre politikalarıyla kalkınma stratejilerinin bütünleştirilmesi [15,20], gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılama hakkına en az bugünkü kuşaklar kadar sahip olması [15], insanlığın ortak çıkarları için kaynakların akılcı kullanılması [20] bunlar arasında sayılabilir. İhtiyaçlar öncelikle yiyecek, giyecek, barınma ve iş gibi temel ihtiyaçları kapsar. Ardından her birey bu temel ihtiyaçların üzerinde bir yaşam standardını deneme ve elde etme fırsatına sahip olmalıdır [21]. Tanımların yetersiz kaldığı önemli nokta ise dünyadaki tüm toplumlarda zengin ile fakirlerin gelir dağılımları arasındaki uçurum azaltılmadan geleceğe dönük bir sürdürülebilirlik kavramından bahsetmenin olanaksız olduğu gerçeğidir.

### **3.2 Sürdürülebilirliğin Kapsamı ve Önemi**

Sürdürülebilirlik; birçok kaynak tarafından sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik olarak 3 kategoriye ayrılmıştır.

**Ekonomik Sürdürülebilirlik (Ekonomik sermayenin bütünlüğü):** Ekonomik sürdürülebilirlik az maliyet ve yüksek verimle sağlıklı büyüme ve kalkınma olarak tanımlanabilir. Sanayileşme ve nüfus artışı sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından oldukça zorlayıcı faktörlerdir. Ekonomiler sadece ekonomik sermayeyi değil, insan, çevre ve sosyal sermayeyi de ayrıca elle tutulamayan değerlerle hava ve su gibi insanlığın ortak kaynaklarını sayısal olarak değerlendirmeye almalıdır. Çevresel ve sosyal bedeller yeni politikalar ve değerlendirme teknikleri ile ölçülebilir olmalıdır. [19] Anahtar kavramlar kalkınma ve üretkenlik olarak sayılabilir. Enerji ve hammaddelerin azaltılması, yenilenebilir kaynak ve enerji etkin teknoloji kullanımı; maliyetlerin indirilmesi, satışta büyüme sağlamak için yeni pazarların ve satış olanaklarının yaratılması, katma değerlerin artırılmasından bahsedebiliriz.

**Sosyal Sürdürülebilirlik (Sosyal ve insani sermayenin bütünlüğü):** Sürdürülebilirliğin sosyal boyutundaki bileşenler: Sivil katılım, eşit haklar, sosyal bütünlük, kültürel kimlik, istikrar, çeşitlilik, hoşgörü, çoğulculuk, kanunlar, paylaşım, birlik olarak sıralanabilir. İnsani Sermaye; sağlık, beslenme ve eğitim konusundaki yatırımlardır. Örneğin çalışanların sağlığı ve güvenliği, yerel halka etkiler ve yaşam kalitesi, bedensel özürülere fayda sağlamak gibi [19].

**Çevresel Sürdürülebilirlik (Doğal sermayenin bütünlüğü):** Doğal sermaye doğal çevredir, bozulmamış ekosistemlerle – atmosferik, su/okyanus, orman/toprak ekosistemleri gibi ve bu ekosistemleri ilgilendiren düzenlemelerle ilgilidir; örneğin doğalgaz veya su kaynakları ile ilgili yönetmelikler, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, erozyon kontrolü, atık yönetimi, çevre kirliliği, tarım, hammadde kullanımı gibi... Doğal sermayenin korunması ile kaynakların ve hammaddelerin insan ihtiyaçları için kullanılmak üzere sürdürülebilir stokları sağlanırken atıkların doğayı bozmaması sağlanır, ayrıca bu kaynaklar doğa için de yeterli miktarda elde edilebilir olmaya devam etmelidir [19].

Çevresel sürdürülebilirliğin bir tanımı da yine Goodland ve Daly'nin 1996 çalışmasına göre girdi-çıktı kuralına dayanır. Yenilenebilir kaynaklar için girdi kuralı: Yenilenebilir kaynakların tüketim oranı onları yenileyen doğal sistemin yenileme kapasitesi dahilinde olmalıdır. Yenilenemeyen kaynaklar için girdi kuralı: Yenilenemeyen kaynakların tüketme oranı bu kaynakların yerine kullanılacak yenilenebilir kaynakların geliştirilmesine denk olmalıdır. Yenilenemeyen kaynakların yok edilmesi sürecinde sürdürülebilir alternatifler araştırmaya kaynak ayrılmalı. Çıktı kuralı: Atık emisyonları, gelecekteki atık emilim kapasitesinin veya diğer önemli servislerin bozulmasına neden olmadan yerel çevrenin içinde eritebileceği kapasite içerisinde olmalıdır.



İnsan aktiviteleri sadece doğal kaynakları tüketmeden ve çevreye zarar vermeden gerçekleştiği sürece çevresel sürdürülebilir olarak nitelendirilebilir. Bunun için kaynak tüketiminin en azda olması, kullanılan malzemelerin geri-dönüşümlü olması veya yenilenebilir kaynaklardan doğaya zarar vermeden elde edilmesi, atıkların da %100 geri-dönüştürülebilmesi gereklidir. Enerji kullanımında da enerji korunumu ve yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının kullanılması önemlidir. Anahtar kavramlar: Ekosistem bütünlüğü, taşıma kapasitesi ve biyolojik çeşitlilik [21]. Taşıma kapasitesi bir bölgede yaşayan bir türün, bölgenin bu türün yaşamını desteklerken aynı türün gelecekte de yaşamasını destekleme kabiliyetini yitirmemesini saylayacak maksimum nüfusu olarak tanımlanır [19].

Sürdürülebilirlik çevresel değerlerin korunması en azından tüketilmemesidir, üretim ve tüketimin eşit olmasıdır. İnsanlığın ekolojik ayakizi, kaynaklara ulaşmak üzere harcanan ekonomik sermayenin sınırına değil, kaynakların kendi sınırlarına dayandığı bir noktaya gelmiştir. Mathis Wackernagel ve William Rees tarafından yazılan ve 1996 da basılan "Ekolojik Ayakizimiz" isimli kitapta geçen oldukça çarpıcı rakamlar dünyaya ve geleceğe bakışımızı sarsacak niteliktedir. 6 milyara yaklaşan dünya nüfusunun tamamının Kuzey Amerika standartlarında yaşaması söz konusu olsaydı günümüz teknolojisiyle bu ancak 26 milyar hektar toprak alan kullanarak mümkün olabilirdi. Ancak dünyada sadece 13 milyar hektar toprak alan mevcuttur ve bunun sadece 8.8 milyarı ekolojik olarak üretim yapılabilir arazidir. Günümüz dünya nüfusunun artan yükünü taşımak için 2 tane dünyaya ihtiyaç olduğu ortaya çıkmaktadır ki bu nüfus 10 milyar olduğunda 5 tane dünyaya ihtiyaç duyulacaktır. Benzer şekilde OECD ülkelerinde kişi başına düşen kaynak tüketimi ve kirliliği yaşayan tüm insanlara genellemeye kalkışırsak gelecek nesillerin ekonomik aktivitelerinin dayanağı olan doğal kaynakların tükenmesi kaçınılmazdır [19]. Dolayısıyla günümüzdeki tüketimi yakın geleceğe projekte edecek olursak, küresel ekosistemlerin geri dönülemez şekilde bozulacağı kesindir.

### **3.3 Sürdürülebilirlik ve Tasarım**

Ürünler ve hizmetler sürdürülebilirlik kavramı düşünülerek tasarlanmalı, tasarım kararları verilirken fonksiyonların ve üretim biçimlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal/kültürel değerleri gözönünde bulundurulmalıdır. Özellikle çevre etkileri düşünüldüğünde hammadde ve enerji kullanımının optimize edilmesi gerekmektedir. Çevreyi dikkate alarak tasarım yapmak insanların ve tüm diğer canlıların sağlığını, ekosistemleri ve doğal kaynakları gözönünde bulundurarak mümkün olabilir.

“Sürdürülebilir tasarım, ürünler ve süreçlerin kendilerini kuşatan çevresel, ekonomik ve sosyal sistemlerle ilişkisini tespit eder ve bu sistemlere sürdürülebilir olmayan etkileri önlemeye yönelik ölçüm sistemleri oluşturur” [17].

Sürdürülebilir bina tasarımının ise uzun vadede hedefi küresel ölçekte enerji ve kaynak tüketimini azaltmaktır. Sürdürülebilir bina, yapma ve doğal çevre üzerinde minimum etkiye sahip bina olarak tanımlanabilir. İnşaat öncesi alan çalışmaları ve inşaat aşamasında bölgenin ekolojik karakteri etkilenir. İnşaat aktivitelerinin yerel ekolojiye etkisi teçhizatın ve personelin, kullanılacak alanı istilasası ile başlar. İnşaat alanından uzakta gerçekleşen hammadde çıkarılması ve yapı malzemesi imalatı, inşaatın ardından yapılan bina operasyonları çevre üzerinde uzun vadeli etkiler yaratır. Kullanılan enerji, hammadde ve su ile çevresel atıklar oluşur. Bina operasyonunda ve bakımında kullanılan tüm kaynakların çıkarılması, işlenmesi ve ulaştırılmasının da çevreye sayısız etkisi vardır .

Sürdürülebilir mimari tasarım konusunda Minnesota Üniversitesi tarafından hazırlanan detaylı çalışma “Sürdürülebilir Tasarım Rehberi”nde çevre ile ilgili stratejiler alan, su, enerji, içmekan çevre kalitesi, malzeme ve atık/geridönüşüm başlıkları altında tasarım öncesi, tasarım, kullanım ve kullanım sonrası fazlarda dikkate alınacak şekilde önerilmiştir [22].

Benzer stratejiler ve bakış açıları birçok akademik veya resmi kurum ve sivil toplum kuruluşu tarafından oluşturulmuştur. Sürdürülebilir mimari konusundaki stratejiler, ilkeler ve yöntemler sadece mimarları değil yapı sektörünün tamamını ilgilendirmekte ve tüm alt sektörlerle yol gösterici niteliktedir.

Mimari tasarım sürdürülebilirlik ilkeleriyle gerçekleştirildiğinde kaynak kullanımı, çevre etkileri ve atıklar gibi konularda elde edilecek sayısız artının yanısıra “sürdürülebilir” binalar çevre ile kullanıcılarını yakınlaştırır, toplumda çevreyle ilgili farkındalık yaratır; binalar ve tüketim maddelerinin doğal kaynaklar ve atık konularıyla ilişkisine dikkat çeker. Ayrıca doğal çevreye saygılı ve uyum içinde yaşayabileceğimizi anımsatır.

### **3.3.1 Sürdürülebilir Çevre için Tasarım Prensipleri**

Tasarım süreçlerine sürdürülebilirlik kavramını dahil edebilmek için prensiplere, stratejilere ve yöntemlere ihtiyaç vardır.

Malzeme ve üretim yöntemleri ile ilgili seçimler tasarımcı tarafından yapılırken ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca çevreye etkisi düşünülmelidir. Mimarın küresel ekosisteme etkisini azaltmak üzere sürdürülebilir tasarım prensipleri:

- Enerji ve su etkinliği ve korunumunun artırılması
- Yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artırılması
- Tüm süreçlerdeki ve onları kuşatan çevrelerdeki toksik ve zararlı maddelerin kullanılmaması
- Hammadde ve malzemelerin etkin kullanılması
- Gittikçe artan çevresel etkileri ve güvenlik risklerini azaltacak malzeme ve ürün seçimlerinin yapılması
- Geri-dönüşümlü içerikli ve çevresel açıdan tercih edilecek malzeme kullanımının artırılması
- İnşaat sırasında ve yıkım sonrasında oluşan inşaat atığı ve bina malzemelerinin geri-dönüşümü veya yeniden kullanımının sağlanması
- İnşaat, operasyon ve yıkım/imha sırasında zararlı maddelerin ve emisyonların üretilmesinin engellenmesi
- İnsanlar ve doğal çevre üzerinde zararlı etkileri azaltacak veya yokedecek şekilde bakım ve operasyon pratiklerin oluşturulması
- Varolan altyapı sistemlerinin yeniden kullanımı ve toplu taşımacılığın yakınında bulunan yerel imkanların kullanılması
- İç ve dış hava kalitesinin, üretim, performans ve insan sağlığını olumlu etkileyecek şekilde artırılması “ [17].
- Mümkün olduğunca yerel kaynakların kullanılması

Ayrıca tasarım sürecinde sürekli olarak çevre etkilerini azaltma yönünde çaba sarfederken dünyada geliştirilen malzemeler ve geri-dönüşüm tekniklerinin oluşturulması gibi yenilikler takip edilmelidir.

1990ların başında Thomas Fisher'ın oluşturduğu çevresel mimarinin 5 prensibi ise: [23] .

- Sağlıklı iç çevre; Bina içi atmosfere herhangi zararlı gaz veya toksik madde salınımı olmaması için tüm ölçümler yapılmalı, filtre sistemleri ve bitki kullanımı ile iç atmosferin kalitesi artırılmalı
- Enerji etkinlik; Binanın minimum enerji kullanımı için tüm hesaplar yapılmalı, enerji kullanmayan veya koruyan metotlar kullanarak ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri oluşturulmalı.

- Ekolojik malzemeler; Küresel çevre yıkımına neden olmayacak malzeme seçimine özen göstermeli, örneğin ağaç kullanılacaksa orman alanlarının korunması ilkesi gözönünde tutulmalıdır. Diğer malzeme ve ürünlerin seçiminde ise üretim süreçlerinde toksik atık miktarı düşünülmelidir.
- Çevreci Form; Binanın plan ve formunun araziyle, bölge ve iklimle ilişkisi düşünülerek tasarlanmalı, hatta bölgenin ekolojisine katkıda bulunacak detaylar düşünülmelidir. Enerji etkin ve geri-dönüşüm kriterleri tasarıma yön vermeli, binanın formuyla doğa ve kullanıcıları arasında uyumlu bir ilişki gözetilmelidir.
- İyi Tasarım; Bina formu, kullanım alanları ve sirkülasyonu, mekanik sistemleri ve nihayetinde inşaat teknolojisi kullanımında etkin, uzun ömürlü çözümler üretilmelidir. Bölgenin geçmişi, doğası ve manevi değerlerle sembolik ilişkiler araştırılmalı ve ifade bulmalıdır.

Kısaca özetlemek gerekirse sürdürülebilir tasarım çevreyle uyum arayışındadır, bunu sağlamak için çevreyle ilgili veriler tasarımda detaylı şekilde değerlendirilebilir. Bu veriler iklim, coğrafya, bitki örtüsü, topoğrafya, toprak, yeraltı suyu ve yabanhayatıyla ilgilidir, ayrıca ulaşım ve altyapı sistemleri gibi yapma çevreyle ilgili tüm veriler de toplanmalıdır.

Çevresel etmenlerin sürdürülebilir tasarımda kullanımı incelenirse;

- İklim verileri güneş, rüzgar, sıcaklık ve nem değerleri gibi etmenlerden oluşmaktadır. Bina tasarımında iklimlendirme – ısıtma, soğutma ve havalandırma fonksiyonları için mümkün olduğu kadar iklimin sunduğu doğal kaynaklardan faydalanmalı ve mekanik sistemlere bağımlılık olabildiğince azaltılmalıdır. Böylece enerji kullanımı da azaltılmış olur. İklim verileri değerlendirilerek koşullarının hangi özelliklerinin olumlu şekilde kullanılabileceği, hangi özelliklerinin olumsuz etkiler içerebileceği belirlenmelidir.
- İklimlerde çok sıcak veya çok soğuk, aşırı kuru veya nemli, gece-gündüz arasında sıcaklık farkının yüksek olması gibi veriler tasarım sürecinde malzeme seçimi ve kullanım şeklinde önemli rol oynar. İklim çok sıcaksa termal kütlelerin azaltılması, çatı havalandırılması, gölgeli dış yaşam alanları oluşturulması, mutfak ve çamaşır alanları gibi ısı kaynağı bölümlerin diğer yaşam alanlarından ayrılması gibi çözümler önem kazanır. İklim çok soğuksa kompakt bir yapı oluşturmak, ısı kaybını önleyecek şekilde izolasyon yapmak, güneş almayan cephelelerdeki açıklıkları minimuma indirmek vs. önem kazanır.

- Güneş sıcak iklimlerde sorun yaratırken soğuk iklimlerde avantajlıdır, soğuk iklimlerde pasif iklimlendirmede önemli rol oynar. Tasarım, güneşin açısı ve yoğunluğu gibi mevsimsel etkileri düşünülerek oluşturulmalıdır. Sıcak iklimlerde duvarlara ve açıklıklara gölge oluşturmak önem kazanır. Doğu ve batı cephelerinde ağaçlandırma ile gölge sağlanabilir. Gölge için çardak vs cinsinden çözümler üretirken hava sirkülasyonunu ve ışığı engellemek gerekir. Duvarlarda ve çatıda açık renk malzeme kullanılmalıdır. Soğuk iklimlerde ise tam tersi güney cephesinde açıklıklar önem kazanır (kuzey yarıküre için). Güneş ışınımını toplamak için koyu renkler kullanılmalı, termal kütle kullanımı ve bina kabuğunda izolasyon artırılmalıdır.
- Rüzgar soğuk iklimlerde ısı kaybını hızlandırdığı için, sıcak ve kuru iklimlerde ise insan bedeninde sıvı kaybına neden olduğu için dezavantaj olabilir. Sıcak nemli iklimlerde doğal havalandırma olarak avantajlıdır. Doğal havalandırma mümkün olduğu kadar kullanılmalı, iklime göre bina hakim rüzgar yönleri düşünülerek yerleştirilmelidir.
- İklimlerin nem, yağış ve fırtına gibi tüm verileri değerlendirilmeli, avantaj ve/veya dezavantaj olarak değerlendirilerek bina tasarımında dikkate alınmalıdır.
- Bina yerleşiminde doğal bitki örtüsü mümkün olduğunca korunmalı, yerel bitkiler özellikle kullanılmalıdır.
- Bina-alan etkileşiminde arazi yapısına, toprağa, su kaynaklarına ve bitkilere zarar vermeyen çözümler üretilmeli, arazi biçimine saygılı olmalı, görsel kaliteye önem verilmelidir.
- Çevredeki yabanhayatına ve biyolojik çeşitliliğe saygılı bir anlayışla canlıların yaşamlarını olumsuz etkileyecek inşaat ve operasyon aktivitelerinden kaçınmalıdır.
- Kıyı şeritlerinde görsel ve yapısal etkiler azaltılmalı, kirlilik konusunda önlemler alınmalı
- Bina ve yapıların yerleştirilmesinde su kaynaklarına olan etkileri azaltılmalı, kirlenmemesi için önlemler alınmalıdır.
- İnşaat ve bina yerleşimleri ile oluşabilecek arazi değişimleri ile oluşabilecek erozyon önlenmeli, yağmur suyu gibi etmenler dikkate alınmalıdır.

Daha detaylı bir bakış açısıyla sürdürülebilir çevre için tasarım hedefleri ve stratejilerini yaşam döngüsü fazlarında yerleşimleriyle inceleyebiliriz. Bu konuda Minnesota üniversitesinin yapmış olduğu çalışma (Minnesota Sürdürülebilir Tasarım Rehberi) güzel bir örnek teşkil etmektedir. Bu çalışmada yaşam döngüsü fazları 4 aşamaya ayrılmıştır; bunlar tasarım öncesi, tasarım, inşaat ve kullanım aşamalarıdır. Ayrıca tasarım hedefleri ve stratejileri alan, su, enerji, içmekansal çevre kalitesi ve malzemeler ile çevresel sürdürülebilirlik başlıkları altında gruplandırılmıştır.

**Tablo 3.1** Tasarım Hedef ve Stratejilerinin Yaşam Döngüsü Yaklaşımı ile Belirlenmesi [22]

TASARIM HEDEFLERİ VE STRATEJİLERİ		TASARIM ÖNCESİ	TASARIM	İNŞAAT	KULLANIM
ALAN	Yeşil alanlardan ve doğal özellikleri hassas bölgelerden uzak ve varolan kamu alanları ve altyapıya yakın yerde gelişme.	X	X		
	Alanın doğal özelliklerini ve ekolojisini korumak ve geliştirmek	X	X	X	X
	Enerji tüketimini azaltmak ve konforu geliştirmek için iklim ve çevre etkilerinden maksimum yararlanmak.	X	X		X
	Bakım, zararlı mücadelesi ve sulama ihtiyaçlarını azaltacak yerel ve iklimel uygun bitkiler kullanmak,	X	X		X
	Sulak alanları ve su kalitesini korumak, erozyonu önlemek, yağmur suyunu kullanmak	X	X	X	X
SU	Geri-dönüşümlü su sistemleri kullanmak	X	X		X
	Su tasarrufu için su verimli çalışan tuvalet, duş, musluk, bulaşık makinası vs kullanmak	X	X	X	X
	Depolanan soğutma suyunu koru	X	X		X
ENERJİ	Binanın arazide konumlandırılması ve biçimi ile toplam enerji tüketimini azaltmak	X	X		
	Bina kabuğundaki ısı kaybı ve ısı kazanımı yüzünden oluşan ısıtma ve soğutma enerji tüketimini azaltmak	X	X	X	
	Güneşten faydalanmak ve aydınlatmayı güneş ışığıyla beraber çalışan elektrikli kumanda ile sağlamak	X	X	X	X
	Enerji etkin elektrikli aydınlatma ve kontrol sistemleri kullanmak	X	X	X	X
	Mekanik sistem performansını artırarak bina ısıtma, soğutma ve havalandırma sisteminin tasarlanması	X	X	X	X
	Enerji etkin teçhizat ve aletler kullanmak	X	X	X	X

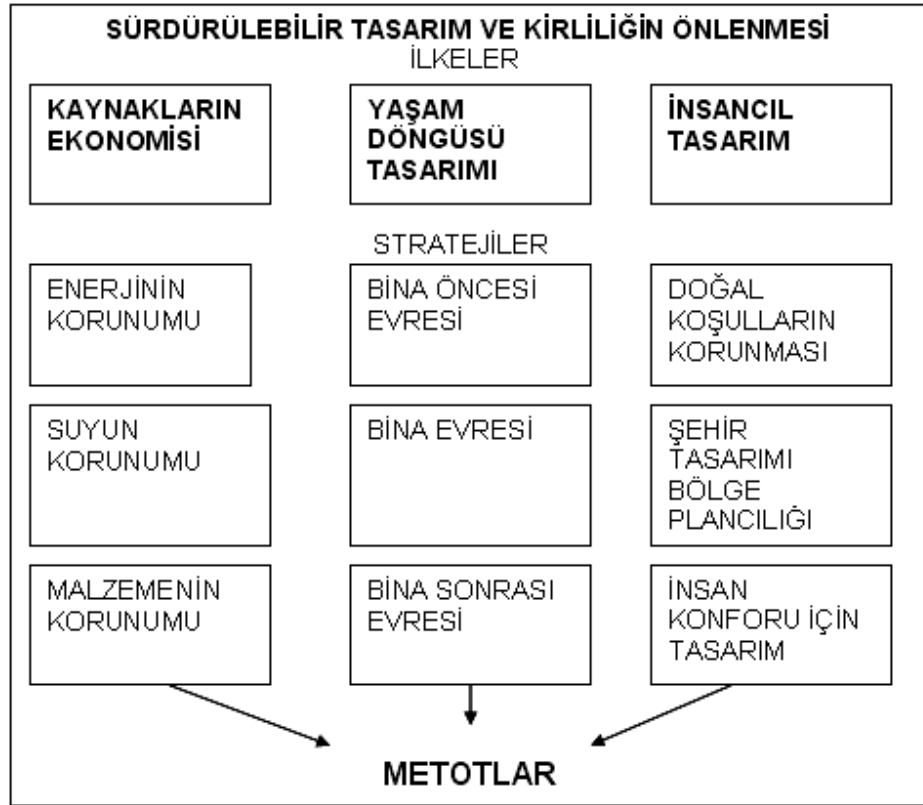
	Fosil yakıtların hava kirliliği ve küresel ısınma etkilerini azaltmak için yenilenebilir veya diğer alternatif enerji kaynaklarını kullanmak	X	X	X	X
	Bilgisayar simülasyonları ve toplam performans analizlerini kullanarak toplam enerji kullanımını azaltmak	X	X	X	X
İÇMEKANSAL ÇEVRE KALİTESİ	Kirletici madde kaynaklarının kontrol ve izolasyonu	X	X	X	X
	Minimum kimyasal emisyonu olan ve ortama gaz salmayan veya az uçucu organik bileşenleri belirtmek	x	X		X
	Nem ve mikrobakteriyel kirlenmeyi kontrol ederek uygun hava kalitesi sağlamak	X	X	X	X
	İyi iç mekan hava kalitesi için inşaat ve operasyon sırasında düzgün havalandırma	X			
	Uygun termal koşulların sağlanması	X	X	X	X
	Görsel performans ve konfor için etkili aydınlatma sağlanması	X	X	X	X
	Binanın programlanan aktivitelerine ve kullanımına uygun fonksiyonel ve sağlıklı akustik ve titreşim özellikleri ile iç çevrenin oluşturulması	X	X	X	X
	Yapma çevrenin pencereler ve doğal manzaralar ile yüksek seviyede görsel ve psikolojik konfor sağlanması	X	X		X
MALZEMELER ÇVR. S	Geri-dönüşümlü içerikli malzeme ve ürünler kullanarak hammadde çıkarımı sırasındaki olumsuz etkileri azaltmak, geri-dönüşümlü içerikli bina ürünlerine olan talebi artırmak	X	X	X	X
	Yenilenebilir kaynakların kullanılması	X	X	X	X
	Dayanıklı malzemeler kullanarak doğal kaynak kullanan malzemelerin yenilenme sıklığını azaltmak	X	X		
	Yerel üretilmiş malzemeler kullanarak yerel ekonomiyi desteklemek ve malzeme ulaştırılmasında harcanan enerjinin indirgenmesi	X	X	X	X

Sürdürülebilir Tasarıma farklı bir bakış açısı olarak Michigan üniversitesinden Ass. Prof. Jong-Jin Kim tarafından yazılan “Sürdürülebilir Tasarıma Giriş” adlı makalede oluşturulan kavramsal çatı altında sürdürülebilir mimari için 3 ilke belirlenmiştir: Kaynakların Ekonomisi, Yaşam Döngüsü Tasarımı, İnsancıl Tasarım [5].

Benzer bir yaklaşım Georgia Institute of Technology’de A.R. Pearce, M. Hastak ve J.A. Vanegas tarafından yazılan “Sürdürülebilirlik Kriterleri Doğrultusunda İnşaat Malzemeleri Seçiminde Karar Alma Destek Sistemi” olarak adlandırılan makalede de benimsenmiştir. Malzeme seçimlerinde madde ve enerji tüketimini azaltma, malzemelerin olumsuz çevresel etkilerini azaltma ve insanların makul seviyede fiziksel ve psikolojik konforlarının sağlanması olarak üçe ayrılan ilkeler

benimsenmiştir. Malzemelerin sürdürülebilirliğini tespit etmek üzere tüm indikatörlerin bu ilkelerle ilişkisi incelenmiştir [24].

Kaynakların Ekonomisi, bir binada girdi olarak kullanılan doğal kaynakların kullanımının indirgenmesi, yeniden kullanımı ve geri-dönüşümü ile ilgilidir. Yaşam Döngüsü Tasarımı, bir binanın süreçleri ve çevreye olan etkisini analiz etmek için bir metodoloji sağlar. İnsancıl Tasarım ise insanlar ve doğal çevre arasındaki etkileşimler üzerine yoğunlaşır. Bu ilkeler mimari tüketimin neden olduğu çevresel etkileri azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak için tasarımcılar tarafından uygulanabilecek stratejilere dönüştürülmüştür. Mimari tasarımda, inşaat, kullanım ve bakımında, geri-dönüşüm ve yeniden kullanım aşamalarında tasarımcılar tarafından üretilecek çözümler için yol gösterici niteliktedir.

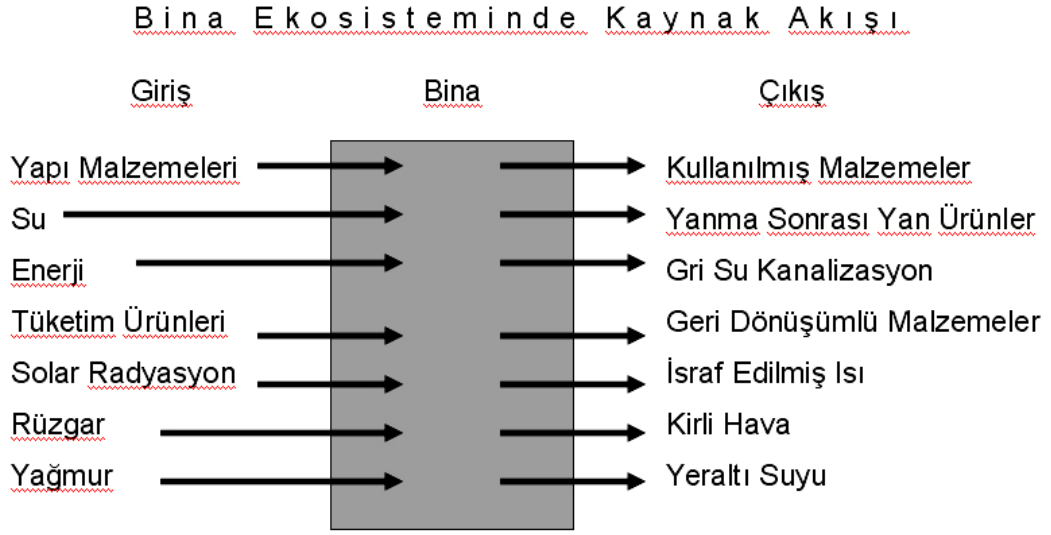


**Şekil 3.1** Mimaride Sürdürülebilir Tasarım ve Kirliliğin Önlenmesi için Kavramsal Çatı [5]

Birinci ilkede ele alınan kaynakların ekonomik kullanılması, yapı malzemelerinin üretimi ile başlayan ve bina yaşam döngüsünce devam eden, yenilenemeyen enerji kullanımını azaltan önemli bir ilkedir. Binaya giren ve çıkan doğal ve imal edilmiş kaynakların sürekli bir akışı vardır. Bir binanın yararlı kullanımının ardından diğer binalar için bileşenlere dönüşmesi gerekmektedir.

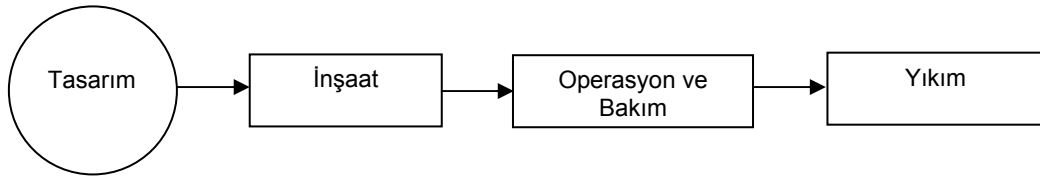


Bir bina incelendiğinde 2 ayrı kaynak akışı gözönüne alınır (Şekil 2.2) İlk sütunda kaynaklar bina ekosistemine girdi olarak akarlar, son sütunda kaynaklar bina ekosisteminden dışarı çıktı olarak akarlar. Uzun vadede binaya giren her kaynak bir şekilde dışarı çıkmaktadır.



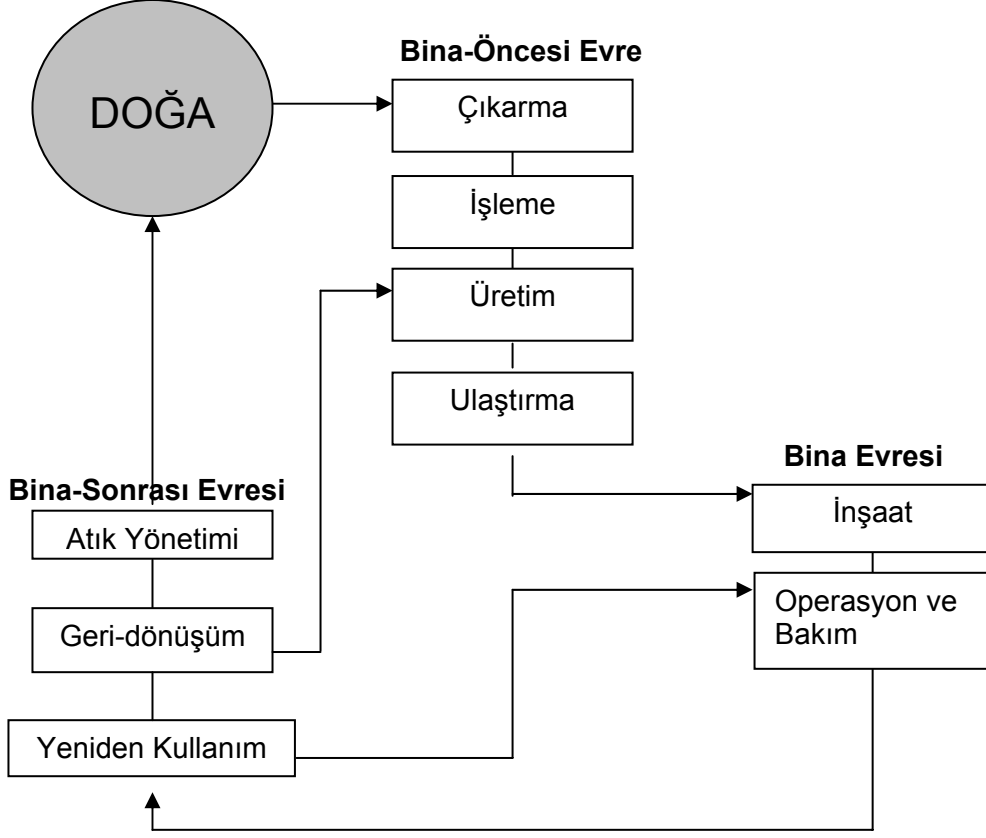
**Şekil 3.2** Kaynak Akışının Girdi ve Çıktıları [5]

Bir binanın yaşam döngüsünün geleneksel modeli 4 ana evreden oluşan doğrusal bir süreçtir.; tasarım, inşaat, operasyon ile bakım ve yıkım. Bu modelin problemi konuyu çok dar bir çerçevede ele almasıdır: yapı malzemelerinin temini, üretilmesiyle ilişkili çevresel konulardan bahsetmemekte, mimari kaynakların yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve atık yönetimi ile ilgilenmemektedir.



**Şekil 3.3** Bina Yaşam Döngüsü Geleneksel Modeli

Sürdürülebilir mimarinin ikinci ilkesi Yaşam Döngüsü Tasarımında (YDT) “beşikten mezara” yaklaşımı mimari kaynakların temininden doğaya geri dönüşüne kadar yaşam döngülerinin çevresel etkilerini ortaya çıkarır. YDT , bir malzemenin kullanılabilirliğinden birşey kaybetmeksizin faydalı bir formdan faydalı başka bir forma dönüşmesi üzerine kuruludur. Bir binanın yaşam döngüsü, kavramsal açıklık için 3 evrede kategorize edilir : bina-öncesi, bina ve bina-sonrası (Tablo 2.4)



**Şekil 3.4** Sürdürülebilir Bina Yaşam Döngüsü [5]

Kaynakların ekonomisi ve yaşam döngüsü tasarımı verimlilik ve korunum ile ilgilenirken üçüncü ilke olan insancıl tasarım küresel ekosistemin bitkiler ve yaban hayatı dahil tüm bileşenlerinin yaşayabilirliği ile ilgilidir. Bu ilke, tüm yaşayan organizmaların yaşamlarına saygı duyan insancıl bakış açısından yola çıkar. Daha ayrıntılı incelersek bu prensibin kökeninin insanlığın hayatta kalmasını sağlayan ekosistemlerin tüm zincir halkalarının korunması ile ilgili olduğunu görürüz.

Mimarinin başlıca rollerinden biri sakinlerinin güvenliği, sağlığı, psikolojik sağlığı, fizyolojik konforu ve üretkenliğini destekleyen yapma çevreler oluşturmaktır. Çevresel kalite elle tutulamaz bir kavram olduğu için enerji ve çevre koruma başlıkları altında önemi gözden kaçırılmıştır. Binalar ile geniş anlamda çevre arasında ve binalar ile sakinleri arasındaki birlikte yaşanabilirliği artırmayı hedefleyen 3 strateji ise doğal koşulların korunması, şehir bölge planlılığı ve insan konforudur.

### 3.3.2 Sürdürülebilir Tasarıma Örnek Olarak Pasif Güneş Evi

Eski çağlardan bu yana değişik iklim ve coğrafyalarda güneş enerjisi konutlarda kullanılmıştır. Günümüzde ise çeşitli tekniklerle bu kullanım oldukça etkin hale

getirilmiştir; güneş ışınlarından pasif ve aktif anlamda yararlanarak binaya enerji sağlama sistemleri geliştirilmiştir.

Mekanik ısıtma ve soğutma sistemlerine ihtiyaç duymayacak şekilde tasarlanan binalar “Pasif Güneş Evi” olarak isimlendirilmektedir. Kelime olarak Almanca “Passivhaus” kökenli olsa da “Pasif ev” terimi ABD de 1970’li yıllarda bugünkü anlamıyla kullanılmaya başlanmış, 1970’lerdeki enerji kriziyle aynı dönemde gündeme gelmiştir. Tanım olarak “(İdeal) bir pasif ev kendi kendini tamamen pasif olarak ısıtır ve soğutur” [25]. Pasif iklimlendirme denilen bu sistemde binalar, pencere, duvar ve zemin kışın güneş enerjisini ısı olarak toplayıp depolayıp dağıtacak, yazın da bu ısıyı kabul etmeyecek şekilde tasarlanır.

- Pasif sistemde mekanik veya elektrikli hiçbir cihaz kullanılmaz. Bu nedenle aktif olarak güneş enerjisini kullanan sistemlerin aksine bu sistem pasif olarak isimlendirilir.
- Pasif iklimlendirme ısınma ve soğutma ihtiyacını azaltır. Ayrıca yaşam döngüsü boyunca bakım ve onarım gerektirmeyen bir sistem olduğu için enerji kullanımında büyük oranda etkinlik sağlar [26].
- Pasif tasarım ilkeleriyle binada başka enerji kaynakları tüketilmeden oldukça konforlu ısı, ışık, gölge ve havalandırma çözümleri üretilebilir.
- “Isıtma ihtiyacı yılda taban alanı 15kWh/m<sup>2</sup> den az olan evler” Bu rakam, standart evlerin ısıtılma miktarıyla karşılaştırıldığında %90 tasarruflu bir miktardır [25].
- Farklı sistemlerdeki yapıların kullandıkları enerji değerlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada standart ortalama evler en yüksek enerji tüketim değerindeyken - 280 kWh / (m<sup>2</sup>a), 1980 İsveç yapı standartları (SBN) ile1994-1995 Almanya ısı koruma uygulama standartları (WSchVO) ve “düşük enerji” evinin enerji kullanımları ile karşılaştırıldığında pasif iklimlendirilmiş evin oldukça büyük bir farkla tüm yapılardan az enerji tüketmekte olduğu görülmüştür. Pasif eve en yakın “düşük enerji” evin toplam enerji tüketimi 140 kWh/ (m<sup>2</sup>a) iken pasif evinki 42 kWh/ (m<sup>2</sup>a) dır. [27]
- Enerji etkinliğin yanısıra yüksek konfor seviyesi ile pasif evlerin maliyetleri de geleneksel yöntemlerle yapılanlara göre çok farklı değildir, özellikle de deneyimli bir ekip tarafından tasarlanmış ve inşa edilmişse. Almanya ve Avusturya’da geleneksel yapılardan sadece %8 daha pahalı olduğu belirtilmiştir. [25]
- Evin ilave enerji ihtiyaçları varsa yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanılabilir.

Pasif iklimlendirmede tasarımın çok kompleks olmasına gerek yoktur. Ancak güneş ışınlarının binayla etkileşimini maksimum anlayabilmek için geometri bilgisi, pencere teknolojileri ve yerel iklim hakkında bilgi sahibi olmak gereklidir. Pasif iklimlendirme teknikleri uygun bir alanda her çeşit mimari yapıya uygulanabilir [26]. Pasif güneş evi tasarlamak evin bulunduğu bölgenin iklimini en iyi şekilde değerlendirmekle mümkün olur. Pencere yerleşimi, izolasyon, termal kütle kullanımı, gölgeleme önemli tekniklerdir. Varolan binalara da adapte edilebilecek bir sistemdir. Pasif güneş teknikleri 3 kategoriye ayrılır: Doğrudan (direkt) kazanım, dolaylı (indirekt) kazanım ve yalıtımla kazanım.

Doğrudan kazanımda bina, güneş ışınlarını alabilecek ve doğrudan iç mekanlara aktarılacak şekilde tasarlanır. Başka bir deyişle güneş ışınları bina içine ara sistem olmadan alınır ve bu enerjinin tutulması ve depolanması sağlanır [28].

Dolaylı kazanım, güneş ile pasif ısıtmada uygulanan diğer bir yöntemdir. Bu yöntemde enerji, binanın bir tarafında depolanarak, doğal (veya gerektiğinde zorlanmış) konveksiyonla diğer bölümlere aktarılır. Diğer bir ifade ile ısı kazanç bir tampon bölge yardımı ile elde edilir. Burada güneş ışınları doğrudan içeri girmemekte; ancak iç ve dış mekanlar arasında oluşturulan güneş enerjisini emici ve depolayıcı yapıdaki ara elemanlar yardımı ile enerji depolanmaktadır. Bu konudaki başlıca teknikler, termal duvar ile termal çatı yöntemi ve sera yöntemidir [28].

Yalıtımla kazanım sistemleri genelde yaşam alanından izole edilmiş termal depolama elemanları kullanan birimlerdir. Bu üniteler bir güneş kolektörünün yanına yerleştirilmiş hava veya su barındıran geniş birimlerdir. Isı transferinin kontrollü olduğu bu sistemler gerektiğinde – örneğin yazın aşırı sıcaklarda evin diğer mekanlarına tamamen kapatılabilir. En sık kullanılan örneklerden biri genelde evin güney cephesinde yer alan geniş cam yüzeyleri ve termal depolama kütlesi bulunan limonluk / güneş odalarıdır [29,30].

### **3.4 Sürdürülebilir Çevre ve Enerji Etkin Bina Standartları**

Enerji ve çevre, sürdürülebilir kalkınma için büyük önem taşımaktadır. Doğanın fiziksel taşıma kapasitesi, kaynak kullanımımıza ve yaptığımız pek çok aktiviteye kısıtlama getirmemizi gerektirir.

AB ülkeleri onaylamış oldukları KYOTO Protokolü çerçevesinde iklimsel koruma hedefleri belirlemişlerdir. Buna göre 2008-2012 dönemine kadar karbondioksit emisyon oranlarında önemli düşüşler kaydetmeyi amaçlamaktadırlar. Avrupa'da CO2 emisyonunun ana nedenlerinden olan binaların enerji tüketimini azaltmak için, kriterlerinde ısı yalıtımı, ısıtma sistemi, iklimlendirme sistemi, havalandırma sistemi

ve aydınlatma sistemi ile ilgili kurallar yeralan 2002/91/EC “Binaların Enerji Performansı Direktifi” yayınlanmıştır. 4 Ocak 2006 tarihinde tüm AB üyesi ülkelerde tam olarak uygulamaya geçmesi beklenmesine rağmen, bu tarih itibarıyla, 3 ülkenin direktifi kendi yasalarına tam olarak yansıttığı, 7 ülkenin ise kısmi olarak bu süreci tamamladığı açıklandı. 10 ülkenin ise sertifikalandırma ve denetim için belirtilen sürenin yaklaşık üç yıllık bir dönem için uzatılmasını talep ettiği ifade ediliyor.

Türkiyedeki karşılığı “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” olan EnEV Şubat 2002’de Almanyada çıkan yeni bir “Enerji Tasarrufu Yönetmeliği”dir. EnEV Yönetmeliği’nde enerji ihtiyacı, “farklı enerji dönüşüm yolları” ve “yıllık ısınma enerjisi ihtiyacı”na göre değerlendirilmiştir. Almanya’da yeni binalar ve bazı kapsamlı renovasyonlar için yasal bir zorunluluk olan Enerji Performansı Sertifikası’nda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının yanı sıra, tüketici için daha geçerli olan toplam enerji ihtiyacı hakkında da bilgi verilmektedir. Varolan yapıların da tiplerine göre değerlendirme sertifikaları almaları mümkündür. Enerji Performansı Sertifikalarının düzenlenmesi ile belli bir tanı konulması ve bilgilendirme amaçlamaktadır.

Sertifikasyonlar sayesinde, enerji performansı bağlamında, açık rekabet oluşacaktır. Yatırımcılar veya kullanıcıların tercihleri doğrultusunda enerji bilincinin yükselmesi ve enerji tasarrufu teknolojilerinin itibarının artışı beklenmelidir. Rekabet ortamının sağlıklı olması için objektif değerlendirme, net metotlar ve teknik altyapıya ihtiyaç vardır.

2006 yılında yürürlüğe giren Yapıların Enerji Performansı Direktifi (2002/91/EC) ile yıllık 20 Mt e-CO<sub>2</sub>/yıl, geliştirilen Ev Ürünlerinde Enerji Etiketleme Direktifi (92/75/EEC) ile 43 MT e-CO<sub>2</sub>/yıl, 2007 yılında yürürlüğe girecek Enerji Kullanan Ürünlerde Eko-Tasarım Direktifi (2005/32/EC) ile 40-55 Mt e-CO<sub>2</sub>/yıl düzeyinde sera gazlarının salımlarının azaltılması öngörülmektedir [31].

AB’nin Türkiye ile ilgili olarak, 2003 yılında hazırlanan Katılım Ortaklığı Belgesinde, enerji verimliliği konusunda mevzuat uyumunun sağlanması ve enerji tasarrufuna yönelik uygulamaların geliştirilmesi kısa vadeli öncelikler arasında yer almaktadır [32].

Türkiye, sera gazı emisyonlarına sınırlamalar getiren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi’ne henüz taraf değildir. Sözleşme 2 adet ek içeriyor ve bu eklerde; sera gazı emisyonlarını 1990 yılı düzeylerine indirmesi, gelişme yolundaki ülkelere teknolojik ve mali kaynak sağlaması öngörülen ülkelerin isimleri listeleniyor. Türkiye, OECD’ye üye olması nedeniyle her iki listede de yer almışken, henüz sanayileşmesinin başlangıcında olduğu gerekçesi ve doğacak yükümlülükleri yerine

getiremeyeceği endişesiyle, bu duruma itiraz ederek sözleşmeyi imzalamamıştır. Yapılan itiraz: “Türkiye'nin sözleşme'ye taraf olduktan sonra, Ek-I de yer alan diğer ülkelerden farklı bir durumdaki özel koşullarının tanınarak, isminin Ek-II'den silinmesi“ hususunu içeren bir karar metniyle sonuçlanmıştır. Dolayısıyla, sözleşmenin Türkiye açısından yürürlüğe girebilmesi için gereken TBMM onayı, süreç olarak başlatılmış durumdadır.

Kişi başına az enerji tükettiği için, Türkiye'nin kişi başına yılda 0.8 ton olan karbon eşdeğeri karbondioksit emisyonu düzeyi, hala dünya ve OECD ortalamalarının altındadır. Bu rakamın gelecek yıllarda, ekonomik büyümeye paralel olarak hızla artması kaçınılmazdır. Ekonominin karbon yoğunluğu ise, GSYİH birimi başına 0.26kg/\$ karbon eşdeğeri düzeyiyle, dünya ortalamasının altında ve fakat, OECD ve AB ortalamalarının üzerindedir. Türkiye'nin mevcut enerji üretim ve tüketim kalıplarını sürdürmesi halinde, bu yoğunluğun da, önümüzdeki yıllarda artması bekleniyor. Mevcut emisyonların 2000 senesindeki Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre sektörel dağılımı ise Tablo 2.2 de gösterilmektedir.

**Tablo 3.2** Emisyonların sektörel dağılımı, 2000 yılı (Bin Ton)

Sektörler	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>
Elektrik enerjisi	1,323	204	72,320
İmalat Sanayi	619	207	68,103
Ulaştırma	62	309	36,562
Diğer (Konut, tarım v.b.)	238	192	33,478
<b>Toplam</b>	<b>2,242</b>	<b>912</b>	<b>210,463</b>

### 3.5 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye

Yenilenebilir enerji kaynakları doğal olarak yenilenen ancak akışında sınırı bulunan kaynaklardır. Süre olarak düşünüldüğünde tükenmeyen kaynaklardır ancak belli bir birim zaman dilimi içerisinde elde edilen enerji miktarı açısından sınırlıdır. Jeotermal veya biomass gibi bazıları da aslında stoklarda sınırlı olabilir ancak bu stoklar da onlarca veya yüzlerce yıl cinsinden uzun vadede kendini yenileyebilir. Kendini sürekli yenileyen veya pratikte tükenmeyen kaynaklar yenilenebilir enerji kapsamında ele alınır. Bunlar güneş, rüzgar, jeotermal, su ve ağacı kapsayan kaynaklardır. Bazı jeotermal kaynaklar tükenbilir olsa da toprağın kendi doğal ısısı tükenmeyen potansiyel bir enerji kaynağıdır. Diğer bazı yenilenebilir kaynaklara örnek olarak daha az gelişmiş veya henüz deneme aşamasındaki deniz akıntıları veya gelgit kuvveti verilebilir [33].

Türkiye'nin Enerji Kaynakları: Ülkemizin enerji alanındaki başlıca doğal kaynaklarını hidrolik ve linyit oluşturmaktadır. 2001 yılı sonu itibariyle elektrik enerjisi kurulu gücünün %41'ini (12,241 MW) hidrolik enerji oluşturmuştur. 2001 yılındaki birincil enerji üretiminin %51.1'i kömürden, %11.7'si petrol ve doğal gazdan, %8.2'si hidroden, %24.7'si de ticari olmayan kaynaklardan sağlanmıştır.

2001'de, hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji üretimi Tablo 2.3'de görüldüğü gibi 7.27 Mtep'i (milyon ton petrol eşdeğeri) bulmuştur. Bunun esas kısmı olan 4.88 Mtep'i odun, 1.33 Mtep'i hayvan ve bitki artıkları, 0.76 Mtep'i jeotermal, kalan 0.29 Mtep'i de güneş enerjisi oluşturmuştur.

**Tablo 3.3** Hidro hariç yenilenebilir enerji üretimi (Mtep) [34]

	1990	Pay %	2001	Pay %
<b>Odun</b>	5.361	69.9	4.879	67.1
<b>Hayvan ve Bitki Art.</b>	1.847	24.1	1.332	18.3
<b>Jeotermal</b>	0.433	5.6	0.764	10.5
<b>Güneş</b>	0.028	0.4	0.287	3.9
<b>Rüzgar</b>	0.0	0.0	0.005	0.1
<b>Toplam</b>	7.669	100.0	7.267	100.0

Oransal olarak bakıldığında yenilenebilir enerji kaynağı olarak jeotermal, güneş, biyokütle ve rüzgar enerjisinin toplamı çok düşük kalmaktadır.

Jeotermal: İspatlanmış termal kapasitesi 3,173 MWt, muhtemel potansiyeli ise 31,500 MWt dolayında olan jeotermal enerji yurdumuzda halen şehir, konut, termal tesis, sera vb. yerlerde kullanılmaktadır. Uygulamalardaki toplam 665 MWt'lık 61,000 konut eşdeğeri merkezi ısıtma ve, 327 MWt'lık 195 adet kaplıca kullanımı olmak üzere, toplam 992 MWt doğrudan ısı kullanımı ve 17.5 MWe'lik elektrik üretimi şeklindedir.

Güneş: Türkiye, 36-42°N enlemleri arasında yer alan coğrafi konumuyla, güneş kuşağı ( $\pm 40^\circ$ ) içerisinde bulunmaktadır. Yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi miktarı 977 x 1012 kWh 'dır. Teknik potansiyeli 500, ekonomik potansiyeli ise 25 Mtep/yıl olarak tahmin edilmektedir. Güneş enerjisinden toplayıcılar vasıtasıyla ısı üretiminde önde gelen ülkeler arasında olmasına karşın bu potansiyel, elektrik üretiminde henüz kullanılmamaktadır.

Rüzgar: Türkiye'nin rüzgar enerjisi açısından yaklaşık 400 milyar kWh/yıl brüt ve 120 milyar kWh/yıl teknik potansiyele sahip olduğu tahmin edilmektedir. Ancak

detaylı rüzgar haritaları tamamlanamadığından bu rakamlar kesin değildir. Halen, Çeşme, Çeşme-Alaçatı ve Çanakkale-Bozcaada'da kurulu toplam 19MW gücünde 3 adet rüzgar türbini çiftliği bulunuyor. 2002 yılı sonu itibariyle Türkiye'de rüzgar enerjisinden elektrik üretimine yönelik yapılan başvuru sayısı 62 olup, bunların toplam kurulu gücü yaklaşık 1.8 GW kadardır.

Biyokütle: Türkiye'de biyokütle enerjisinin kullanımı, ağırlıklı olarak klasik yöntemlerle gerçekleştirilmekte ve modern yöntemlerin bu alandaki payının artırılmasına çalışılmaktadır.

Yurdumuzda konut/hizmet sektöründe enerji tüketimi 1990-2000 arasında ortalama %2.7 büyümüş ve miktar olarak 1990'da 16.09 Mtep'den 2000'de 20.98 Mtep'e yükselirken, toplam nihai tüketim (TNT) içindeki pay %38'den %34'e düşmüştür. Sektördeki elektrik ve doğal gaz tüketimi hızla artmıştır. Elektriğin payı 1990'da %9.3'den, 2001'de %22.8'e, doğal gazınki ise 1990'da %0.3'ten, 2001'de %14.7'ye yükselmiştir. Bu sektördeki tüketim içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları hala %39.4 ile başta gelmekte ve bu kalemin; %34.6'sı biyokütle, hayvan ve bitki atıklarından, %0.9'u güneş, %0.4'ü de jeotermal enerjiden oluşmaktadır [34].



## 4. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ (YDD)

Çevresel performansın ölçümlenebilmesi için YDD ürünlerin ve servislerin çevreye olası etkilerini değerlendiren uluslar arası kabul görmüş nitelikli bir yaklaşımdır. Kullanım alanları gün geçtikçe genişleyen YDD sayesinde sistemler girdi ve çıktılarıyla çevresel olarak değerlendirilebilir, kaynak kullanımı, insan sağlığı ve ekolojik konulara göre kategorize edilebilir. Yapı sanayisinin karmaşık üretim süreçleri ve çevreye olumsuz etkisi düşünüldüğünde, tasarımcı, üretici ve kullanıcının bilinçli kararlar vermesine yardımcıdır.

### 4.1. Sistemin Tanımı ve Sınırları

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) ürünlerin, üretimlerin, servislerin doğal çevreye etkilerini anlamak ve aza indirmek için malzeme ve enerji akışlarını, hammadde ediniminden, atık olana veya geri dönüşüme kazandırılmasına kadarki süreçte nitelendirmekte kullanılan bir bakıştır. Bu süreç "Beşikten Mezara" olarak da adlandırılır. YDD ile sürdürülebilirliğin diğer tüm ölçütlerinin birarada olduğu, bileşik bir ölçüm yapma imkanı vardır. Bir ürünün ya da hizmetin, üretim, kullanım ve atık dönemlerini malzeme ve enerjinin girdisi ve çıktısı cinsinden analiz eden, çevreye olan etkilerini araştıran benzer yaklaşımlar az da olsa vardır. Örneğin Çevresel Risk Değerlendirmesi (ÇRD) [Environmental Risk Assessment (ERA)] ve Madde Akış Analizi [Substance Flow Analysis. (SFA)] Ancak Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi benzerlerinden daha geniş bir bakışa sahiptir. Kapsamlı analiz ve envanteri olan bu yaklaşımlar genellikle sosyal etkileri içermezler.

Sanayide, araştırmalarda ve politika oluşturmada bir çok uygulaması olan, kabul edilmiş bir araç olan Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, bir ürün, bir işlem veya faaliyetin tüm yaşamı boyunca gerekli olan hammaddelerin ediniminden, bunun işlenmesine, üretime, nakliye ve dağıtımına, kullanıma, tamir ve bakımına, tekrar kullanımına, geri dönüşümüne ve atık olmasına kadar olan bütün süreçleri kapsar [35].

Gelişmekte olan çevresel bilinçle, ticaret hayatı ve endüstriler, aktivitelerinin çevreyi nasıl etkilediğini değerlendirmektedirler. Toplum da kaynak tüketimi ve çevresel bozulmanın yarattığı olumsuzluklara kayıtsız kalmamaktadır. Bir çok firma daha

“yeşil” ürünler ve daha “yeşil” üretim süreçlerini benimseyerek toplumun hassasiyetlerine cevap vermeye başlamıştır. Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) firmaların ürünleri, üretim süreçleri ve aktiviteleriyle çevreye verdikleri etkileri anlamaları için kullandıkları bir araçtır. YDA tartışmalara yol açan ve gelişmekte olan bir metodolojidir. Bununla birlikte YDA düşüncesinin arka planındaki prensipler hızla üreticiler ve servis organizasyonları tarafından benimsenmiştir. Çevre dostu süreçler ve ürünler ile yeni perspektifler kazanmakta ve büyümektedir. YDA'nin hedefi cevaba ulaşmak değil, daha geniş stratejik planlama sürecine ulaşmak üzere önemli girdiler sağlamaktır. [36]

#### **4.1.1. YDD Kullanım Alanları**

YDD hayata geçirmek için bazı yazılımlar kullanılmaktadır (Örneğin SimaPro, Team, GaBi, Umberto ve LCAit). Bütün bu modelleme ve hesaplamalar yapan, grafikler çıkaran yazılımlara rağmen en önemlisi iyi bir veri kaynağının varlığıdır. Veri toplamak YDD'nin en vakit alıcı parçasıdır. YDD, sistemlerin çevresel etkilerini anlamamıza imkan tanıyan tek yaklaşımdır.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile yapı sanayisinin oluşturduğu sağlıksız yapma çevrenin ve doğadaki yıkıcı etkilerinin belirlenmesinin faydaları vardır. Bu sayede tasarımcı uygun yapı malzemelerini kolay ve doğru bir şekilde seçebilecektir. Ayrıca tasarımcı, üretici ve kullanıcının çevre bilincinin artması, bilinçlenmesi mümkün olacaktır. Çevre korumaya ilişkin zorunlulukların gündeme gelmesini de sağlayarak yapı sanayisindeki ürünlerin, üretim teknolojilerinin değiştirilmesine, geliştirilmesine vesile olabilecektir.

Yapı sanayisinin kullanabileceği ürünlerinin çevreye olan zararlı etkilerini belirlemek ve azaltmak, ekolojiye en az zarar veren veya hiç vermeyenlerin seçilmesini sağlamak için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine yönelik yazılımlar, modeller bulunmaktadır. Bunların başlıcalarına örnek olarak, 'Athena', 'LEED', 'Bees', 'BRE' ('BREEAM', 'Ecohomes', 'Environmental Profiles', 'Envest', 'SMARTWaste'), 'Analytica' Modeli, 'Pre' Modelleri ('SimaPro', 'Eco-indicator' Etki Değerlendirme Yöntemi, 'Eco-Quantum', 'IVAM', 'Ecoinvent' Veritabanı), 'GaBi', 'TEAM', 'GB Tool', 'Curwell ve March', 'Woolley', verilebilir.

#### **4.1.2 Çevresel Performans Etiketleri ve YDD; Eko Etiketleme**

Çeşitli sayıda gönüllü veya zorunlu çevresel performans etiketleri ve deklasyonları bulunmaktadır. Uluslararası Standartlar Teşkilatı, ISO (International Organization for Standardization) üç tip genel gönüllü etiketleme belirlemiştir.

1. Tip: Yaşam Döngüsü Yaklaşımına bağlı olarak belirlenmiş bir ürün kategorisinden, ürünlerin genel olarak çevresel tercih edilebilirliğini belirten ve üstüne koydukları yetkilendirildiklerine dair etiket ile ödüllendiren çok ölçütlü bir üçüncü taraf programı
2. Tip: Bilgilendirici olup kendi çevresel deklarasyonları ile çevreciliğini iddia'ya dayalı programlar
3. Tip: Gönüllü programların belirlediği ve diğer vasıflı üçüncü taraf programlarınca da onaylanan, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile önceden belirlenmiş kategorileri, ölçütleri ve ürünlerin çevresel verilerini sağlayan gönüllü programlar [37].

ISO'ya göre yukarıda belirtilen 1. Tip'e dahil edilebilecek olan "Eko etiketleme" karşılaştırıldığı diğer ürünlere göre çevreye daha az zararlı olduğu kabul edilen ürünlere verilen bir ödül niteliği taşımaktadır. Eko etiketleme ile tüketicilerin sağlık ve çevreye olan duyarlılığını arttırmak ve bu yönde zararlı olmayan ürünleri tercih etmelerini sağlamak amacı taşınmaktadır [38].

1. Tip'e örnek olabilecek olan, Avrupa Birliği'nin çevre ile ilgili etiketi ('The Flower') 1992'de çevre dostu yüksek kaliteli ürünlerin ayırt edilmesi için oluşturulmuştur. Ürünleri ve servisleri kapsar, yiyecekler ve ilaçları kapsamaz. 2000 yılında 53 firmaya verilen 'The Flower' etiketine bugün (11/08/2006) 290'dan fazla firma sahiptir [39].

Eko-etiketler; özel bir hizmet/ürün konusunda bilgilendirme yapar, oysa sertifikalandırma sistemi ise bu hizmetleri/ürünleri sunan şirketler veya alt grupları ile ilgili bilgiler vermektedir. Yaşam Döngüsü üzerindeki etkenlere dayalı olarak yapılan özel bir ürün/hizmet sınıflaması kapsamında, ürün veya hizmet konusunda çevresel bir tercihin genel esaslarını tanımlamaktadır. Yeşil simgelerin tam tersine, üreticiler veya hizmet sektörüncel geliştirilen açıklayıcı bilgileri ortaya koymaktadır.

Eko-Etiketler ilk ortaya çıktığında genellikle pek açıklayıcı olmamaları sebebiyle kullanıcılara kesin olmayan, yanıltıcı bilgiler aktardılar. Daha sonraları ise etiketlerin hangi kurumlar tarafından verildiği ve geçerliliği konusu kuşku ve karışıklıklar yarattı. Sağlam olduğu düşünülen sertifikasyon kurumları ise standartlarının eşliğini düşük tutmakla ve endüstrilerde baskın rol üstlenmekle suçlandılar.

Yapı sanayisinde ise 1990 yılında İngiltere'de BREEAM, Amerika'da ise 1998 de pilot programı başlayan ve 2000 yılında uygulamaya geçen LEED (The Leadership in Energy and Environmental Design) standartları oluşturuldu.

## 4.2 YDD'nin Ortaya Çıkışı

Bilimadamları, 1960'larda, fosil yakıtların büyük bir hızla tüketilmesinden duydukları kaygı üzerine enerji tüketiminin etkilerini anlamak için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi'nin ilk çıkışı sayılabilecek bir yaklaşım geliştirdiler. Bu konuda yapılan ilk yayınlardan biri Harold Smith tarafından 1963 Dünya Enerji Konferansı'nda aktarılan kimyasal ürün ve ara ürünlerin üretimi sırasında gereken toplam enerjinin hesaplanmasıdır [40].

Daha sonraları ise artan dünya nüfusunun hammadde ve enerji talebinin etkilerini küresel modellemeler ile önceden bilmeye başladılar. Fosil yakıtların hızla tüketilmesinin öngörülmesi ve neden olacağı iklim değişiklikleri endüstriyel süreçlerle ilgili daha detaylı enerji hesapları yapılmasına talebi artırdı. 1969'da, (Midwest Research Institute, daha sonra Franklin Associates) Coca Cola firması ile bir araştırma başlattı, hangi tip içecek ambalajının çevreye en az zarar vereceği ve en düşük hammadde ve enerji talebi olacağını araştırdı.

Evvelce yapılan enerji analizleri genişletilerek, 1970'lerde, Kaynak ve Çevresel Profil Analizi isimli bir yaklaşıma dönüştürülmüştür [Resource and Environmental Profile Analysis (REPA)]. 1973 teki petrol krizi sebebiyle 1970-1975 arasında yaklaşık 15 REPA gerçekleştirilmiş. Bu dönemde, bu çalışmalarını yönetecek bir protokol ve standart bir metodoloji geliştirilmiştir.

1970lerin sonu ve 1980lerin başlarında, çevresel konulardaki ilgi zararlı atıkların yönetimi konularına kaydı. Sonuç olarak, Yaşam Döngüsü mantığı, yeni oluşum içinde olan risk değerlendirme metoduna dahil edildi ki bu metot çevre koruma standartlarını geliştirmek üzere artan sıklıkla kullanılmaya başlanmıştı. Risk değerlendirme çok rağbet görmeyen bir procedür olarak kaldı. Özellikle bir aktiviteyi haklı çıkarmak üzere yönetildiği zaman veya bir organizasyon tarafından çeşitli sonuçlara ilgi çekmek için yapıldığı için kamu genelde bu procedürlere pek güvenmedi [41].

Modern Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi metodolojisinin standartlarının geliştirilmesi 1990'larda olmuştur. Uluslararası bir standart için ilk girişim Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi için teknik bir çerçeve yayınlayan The Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC 1991) tarafından gerçekleştirilmiştir. Böylece çağdaş YDD'nin Yaşam Döngüsü amaç tarifi ve kapsamı, Yaşam Döngüsü Envanteri, Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme ve Yaşam Döngüsü Gelişme Analizi'nden oluşan ana hatları belirgin bir şekilde ortaya

konulmuştur. YDD'yi sadece enerji ve malzeme akışını nitelendirmekten öteye götüren SETAC onun geniş kapsamlı bir karar verme aracı olarak önünü açmıştır [42].

1986 yılında Uruguay'da gerçekleştirilen GATT (General Agreement on Tariffs and Trade) toplantısı'nda yer alan, ticaret engellerini azaltmak üzerine yapılan pazarlıklar ve 1992'de Rio'da yapılan Çevre Konferansında çevrenin korunmasında bütün dünya ülkelerine düşen görevler üzerinde yapılan tartışmalar ile dünyanın bir çok ülkesinde çevre yönetimiyle ilgili felsefelerde oluşan değişiklikler sonucunda; İsviçre, Cenevre'de bulunan ve yaklaşık 120 ülkenin standartlar organizasyonlarının temsilciliğini yapan Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) ortak çabaların daha verimli olabilmesi amacıyla çevre yönetimi standartları üzerinde çalışmaya başlamıştır. 1990'ların sonunda International Organisation for Standardisation (ISO), ISO 14000 çevre yönetim standartları'na ek olarak Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi üzerine ISO 14040 serisini yayımlamıştır. Bu çalışma kapsamında ülkemizde, öncelikle TC207 ve TC176 olarak adlandırılan teknik komiteler kurulmuştur ve ISO 14000 çevre yönetim standartları serileri hazırlanmıştır. YDD'nin yapısı ve prosedürü orjinal kaynağı EN ISO 14040:1997 'den çevrilerek 1998'den itibaren "Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prinsipler ve Çerçeve" adıyla TS EN ISO 14040 ile 14043 arasında tanımlanmıştır. Bkz Tablo 3.1

**Tablo 4.1** TS EN ISO 14040-14043 Serisini Oluşturan Çevre Yönetimi Standartları [43]

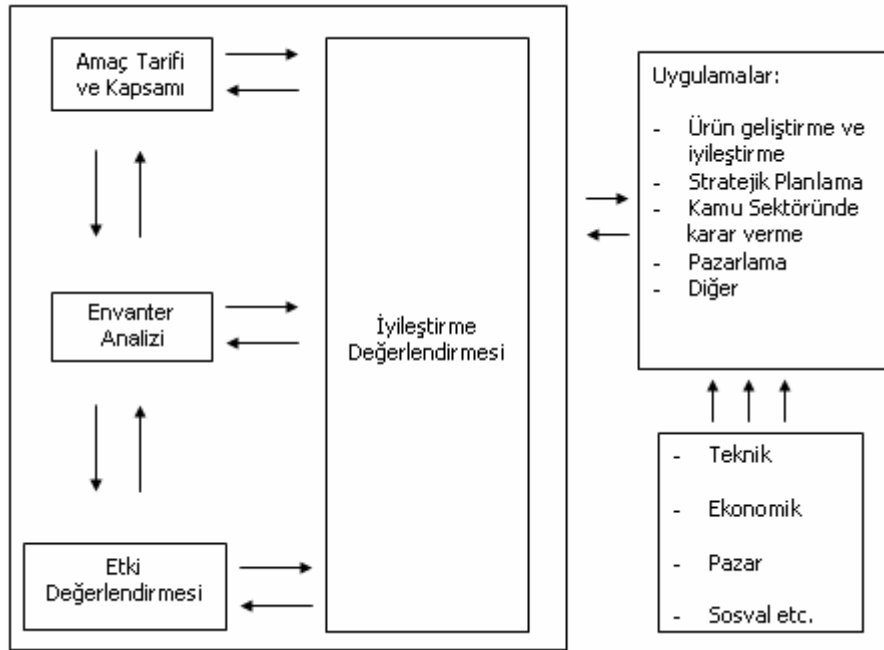
Standardın Adı, Numarası, Kabul Tarihi	Kapsamı
Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prinsipler ve Çerçeve TS EN ISO 14040 (Kabul Tarihi: 17.03.1998)	Bu standard, hayat boyu değerlendirme çalışmalarının yürütülmesi ve ilgili raporların verilmesi ile ilgili genel çerçeveyi, prensip ve gerekleri belirlemektedir. Bu standard, HBD tekniğini ayrıntılı bir şekilde anlatmamaktadır.
Çevre Yönetimi- Hayat Boyu Değerlendirme-Amaç ve Kapsam Tarifi İle Envanter Analizi. TS EN ISO 14041 (Kabul Tarihi: 20.01.2003)	Bu standard, ISO 14040'e ilave olarak, Hayat Boyu Değerlendirmenin (HBD) amaç ve kapsam tarifinin derlenmesi ve hazırlanması ile Hayat Boyu Envanter analizlerinin (HBEA) yapılması, yorumlanması ve rapor edilmesi için gerekli işlemleri ve şartları kapsar
Çevre yönetimi - Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Etki Değerlendirmesi TS EN ISO 14042 (Kabul Tarihi: 11.12.2002)	Bu standard hayat boyu değerlendirmedeki (HBD) hayat boyu etki değerlendirme (HBED) safhasının, önemli özellikleri ve HBED'nin doğal sınırlamaları ile ilgili genel çerçeve hakkında birkılavuzu kapsar. Ayrıca bu standard HBED safhasının uygulama şartlarını ve HBD'nin diğer safhalarıyla, HBED arasındaki ilişkiyi kapsar.
Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - Hayat boyu yorumu TS EN ISO 14043 (Kabul Tarihi: 20.01.2003)	Bu standard, HBD veya HBEA çalışmalarındaki hayat boyu yorumun gerçekleştirilmesi için gerekli tavsiyeleri ve kuralları kapsar.

Türk Standartlar Enstitüsü, ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri’de kullanılan “Hayat Boyu Değerlendirme” kavramını şöyle tanımlamaktadır; Bir mal ve hizmet sisteminde belirli bir malzeme ve enerjiden elde edilen mal ve hizmetlerle bu sistemin hayat döneminde ortaya çıkan ve doğrudan doğruya sisteme atfedilebilen çevre etkilerine ait bilgilerin toplanması ve gözden geçirilmesiyle ilgili bir usüller dizisidir.

2002’de Birleşmiş Milletler Çevre Programı (Nations Environment Programme (UNEP)) ile SETAC, uluslararası bir ortaklıkla Yaşam Döngüsü İnisiyatifi’ni başlattılar [44].

### 4.3 YDD’nin Bileşenleri

ISO 14040’a göre YDD birbiriyle ilgili dört ayrı bölümden oluşmaktadır. Her bölüm kendinden bir önceki bölümü izlemekte ve gerektiği durumlarda çalışılan bölümde yapılan eklemeler ve sonuçlar doğrultusunda geçmiş bölümlerde revizyonlar yapılabilmektedir. Bu aşamalar basitçe tek sıra halinde takip edilmez, yinelemeli bir şekilde tekrar tekrar ele alınarak, giderek artan seviyelerde detaya ulaşılır veya son etapdaki duruma göre ilk aşamanın değiştirilmesini gerektirir.



Şekil 4.1 YDD Bileşenleri

Amaç tanımı ve Kapsamı (ISO 14040) : Ürün, işlem veya faaliyetin tanımı ve tarifi yapılır. Bu bölümde değerlendirme bağlamında sınırlar belirlenir, olası çevresel etkiler gözden geçirilir. Çalışmanın amacı, kapsamı ve detay derecesi açık bir ifadeyle tanımlanır. Bu sayede Yaşam Döngüsü projesinin hedefe ulaşması için ne

kadar zamana ve kaynağa ihtiyaç olduğu belirlenir. Amaç tanımı ve faaliyet alanının belirlenmesi aşamasında verilen her karar, çalışmanın nasıl yürütüleceğine ve sonucun alakalandırılmasına etki edeceğinden, bütün işlem süreci boyunca rehberlik eder [45].

Yaşam Döngüsü Envanteri (ISO 14041): Bir ürünün, sürecin veya aktivitenin yaşam-döngüsünde enerji ve hammadde gereksinimlerinin, hava emisyonları, su yoluyla taşınan fabrika atıkları, katı atıklar ve diğer çevresel atıkların ölçümlerinin objektif ve veri tabanlı sürecidir. Envanter analizi, çalışmanın amacını ve kapsamını karşılayacak nitelikte olmalıdır, bu nedenle zaman zaman başa dönüp yapılan işlemlerin tekrar gözden geçirilmesi gerekebilir.

Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (ISO 14042): Envanter analizinde yer alan çevresel bulguların etkilerinin değerlendirilmesine, sınıflandırılmasına, nicel ve nitel olarak vasıflandırılmasına dair bir süreç. Bu etki değerlendirme hem ekolojik, hem insan sağlığına olan etkileri ve aynı zamanda sosyal, kültürel ve ekonomik etkileri içermelidir. Çalışma aşamaları; Sınıflandırma, Vasıflandırma ve Değerlendirme'dir. Sınıflandırma safhasında dikkate alınan kategoriler Ekolojik Yıkım, İnsan Sağlığı Tahribatı, Kaynak Tüketimi başlıkları altında toplanabilir.

Yaşam Döngüsü Gelişme Analizi (ISO 14043): İstenilen ürün, işlem veya hizmetin seçilebilmesi için Yaşam Döngüsü Envanteri ve Etki Değerlendirmesi'nin sonuçlarına göre çevreye olan etkilerin azaltılmasına ve iyileştirilmesine yönelik yapılması gereken çalışmaları ve verilmesi gereken kararları kapsar. Bu analiz, ürün tasarımında hammadde kullanımı, endüstriyel süreçler, tüketicinin kullanımı ve atık yönetimi konularında değişiklikler gibi, ilerlemenin hem nicel hem de nitel ölçümlerini içerebilir [46,47].

**Tablo 4.2** YDD Aşamaları

YDD Aşamaları	Öncelikli Aktiviteler
Amaç tanımı ve kapsamı	YD Tanımı Fonksiyonel Sistem sınırlarının Tanımı Veri Kalitesinin Belirlenmesi
Envanter Analizi	Veri Toplanması Girdi/Çıktıların nicelendirilmesi
Etki Değerlendirmesi	Sınıflandırma Nitlendirme Tartma
Yorumlama	Raporlama Yeniden Eleştirel Gözden Geçirme

#### 4.4 Yaşam Döngüsü Enerji Analizi (YDEA)

Binaların çevresel etkilerini değerlendirmek için enerji kullanımı geniş çapta kullanılan bir ölçüttür. Binaların yaşam süresince harcadıkları toplam enerjisi değerlendirmek için Yaşam Döngüsü Enerji Analizi (YDEA) yöntemi kullanılır. YDEA, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinden (YDD) nakledilerek oluşturulmuştur ve son yıllarda yapı endüstrisinde enerji etkinliği çalışmalarında kullanılmaktadır. Küresel ısınma ve sera gazı emisyonlarına yapı sanayisinin büyük miktardaki etkisi düşünülürse binaların yaşam döngüsü boyunca enerji tüketiminin ölçülmesi ve tasarım sürecinde enerji analiz metodunun kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır. Örneğin Avrupa'da, yapı sektöründe kullanılan enerji, toplam tüketimin %50 sini oluşturmaktadır [44,45].

Dolayısıyla tasarım geliştirme sürecinde YDEA'ni karar verici bir araç olarak kullanmak için çok güçlü çevresel nedenler bulunmaktadır. YDEA'nin doğru uygulanması, bir binanın yaşam süresince kullandığı enerjinin önemli miktarda azalmasıyla sonuçlanabilir.

Bir binanın yaşam döngüsü enerjisi o yapının ilk gömülü enerjisi, yinelenen gömülü enerjisi ve yaşam süresince devam eden operasyonel kullanım enerjisinden oluşur. YDEA ile bir binanın tahmin edilen yaşam süresi için, o binanın gömülü enerjisinin ve operasyonda olduğu sürece kullanılan enerjisinin toplamı hesaplanır. Bir binanın tüm yaşam döngüsü sırasında oluşturduğu gömülü çevresel etkiler, kullanım aşamasında oluşturduğu etkiler ile aynı önemde olabilir. Böylece en iyi seçimleri yapabilmek için binaların inşaat ve kullanımlarıyla oluşan çevresel yükleri indirgeyecek tüm etkileri değerlendirebilmek önemlidir [45].

YDEA, enerji etkin bina tasarımında alternatif stratejiler geliştirmek üzere kullanılacak önemli bir metottur. Avustralya'da yüksek değerlerde izolasyon uygulamasının yaşam döngüsü enerji bakış açısıyla 12 senede gömülü enerjisini geri ödediği tespit edilmiştir. Yine de yüzde olarak binanın 100 yıllık yaşam döngüsünde toplam gömülü ve operasyonel enerjideki tasarruf %6 civarında kalmıştır ki bu da izolasyon dışında başka stratejiler geliştirmek gerektiğini gösterir [44].

CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) tarafından yapılan bir araştırmada ise ortalama bir evin gömülü enerjisi yaklaşık 1000 GJ olarak bulunmuştur ki bu da 15 yıllık kullanım enerjisine eşdeğerdir. Bir başka deyişle binanın ömrünün 100 sene olduğu düşünüldüğü takdirde gömülü enerjisi yaşam döngüsünde kullanılan tüm enerjinin %10undan fazladır [46].



**Gömülü Enerji:** Bir üründeki gömülü enerji; hammaddenin çıkarılması, ulaştırılması ve işlenmesini, daha sonra da bileşenlerin üretiminde ve ürünün montajında harcanan direk ve indirek enerjiden oluşmaktadır. Her aşamada tüketilen enerji net bir şekilde tanımlanabilir ve ölçülebilir [47].

Bir binanın yaşam döngüsü etkisinde önemli bir bileşen olan gömülü enerjiyi düşürmek için en önemli faktör binayı uzun ömürlü, dayanıklı ve adapte edilebilir şekilde tasarlamaktır. Malzeme seçimleri ve inşaat yöntemleri bir binanın gömülü enerji miktarını önemli ölçüde değiştirebilir. İnşaat malzeme ve ürünlerinin gömülü enerjileri arasında çok ciddi miktarlarda farklar bulunmaktadır [46].

**Süreç Analizi:** Pratikte şart olmamakla beraber teoride en basit gömülü enerji analiz metodu süreç analizidir. Bu metod özellikle endüstriyel süreç için gerekli olan enerjiye odaklanır. Örneğin tuğla üretiminde fabrika sınırları içinde harcanan enerji direk enerji gereksinimi olarak ölçülebilir. Ancak böyle bir ölçüm tamamlanmamış olur çünkü indirek enerjiyi dikkate almaz; yani topraktan kilin çıkarılması ve fabrikaya ulaştırılması. Süreç analizi metodu birçok süreçte kullanılan enerjinin ölçülmesi için kullanılabilir [44].

**Girdi – Çıktı Analizi:** 1940larda ekonomik analiz için geliştirilen bir metottur. Bir ekonomik faaliyetin sektörleri arasında ürünlerin ve servislerin ekonomik akışını takip eder [44]. Bir üründeki tüm gömülü enerjiyi tahmin edip hesaplamaya yönelik bir metottur. Bu metod hükümetlerce derlenen ulusal istatistik bilgilerini, sektörler arasındaki ulusal ekonomik akışı analiz etmek üzere kullanır. Bu ekonomik akışlar, ortalama enerji tarifelerini kullanarak enerji akışlarına çevrilebilir. Teorik olarak eksiksiz olsa da, bu metodun birkaç tane metodolojik problemi bulunmaktadır ve sonuç olarak bu metod bir ürünün gömülü enerji analizi için güvenilir kabul edilmez [44].

**Melez Analiz:** Üçüncü metod, melez analiz olarak bilinir, süreç analizi ile (belli süreçler için güvenilir enerji tüketim figürleri) girdi-çıktı analizin ( teorik olarak bütünsel sistem iskeleti ) gücünü birleştirmekte, bir yandan da bu metodların zayıf taraflarını mümkün olduğu kadar elimine etmektedir (tamamlanmamışlık ve doğal hatalar). Melez analiz metodun en önemli kusuru, endüstriden alınan enerji kullanımı verilerinden oluşan güvenilir ve ayrıntılı bir veritabanı eksikliğidir. Bazen girdi-çıktı metodun güvenilir verilerine birçok kayda değer süreç için güvenmek gerekebilir, bu inşaat esnasında ana süreç olabilir veya ana süreçte akıntıya karşı giden süreçler olabilir [44, 47].

Birincil Enerji ve İkincil Enerji : YDEA'da enerji ölçümün ana birimi olduğu için enerjinin formu açıklanmalıdır. Enerji bir binanın girişinde ölçülür. Tüketici tarafından tüketilen enerji teslim edilmiş enerji olarak bilinir. Bununla birlikte teslim edilmiş enerjiyi elde etmek için de önemli bir miktar enerji kullanılır ve kullanılan yakıt cinsine göre (örneğin elektrik veya gaz) ve o enerjinin elde edilme biçimine göre (örneğin kömür veya suyla çalışan enerji santralleri) farklılık gösterir. Sonuç olarak enerji satın alan kişi tarafından tüketilen enerjide (örneğin elektrik) gömülü olan birincil enerji şeklinde ölçülmeli – doğadan alınan enerji (örneğin kömür). Avustralya'da her birim elektrik için ortalama yaklaşık 3.4 birim birincil enerji gerekmektedir. Elektrik üretimindeki bu 3.4 -1 lik oran, kısaca 3.4, elektrik için temel enerji olarak adlandırılır. Birincil enerji faktörleri karbondiyoksit emisyonlarıyla ilgili enerjiyle orantılıdır. Bu nedenle birincil enerji, enerji kullanımının çevresel etkilerinin ölçümünde, teslim edilmiş enerjiden daha uygun bir ölçüdür [44].

Birincil Enerji faktörleri hem operasyonel hem de gömülü enerji miktarlarına uygulanmalıdır, böylece geçerli kıyaslamalar yapılabilir.

Örneğin elektrikli ve gazlı sıcak su sistemleri teslim edilmiş enerji terimleri ile kıyaslanamaz, özellikle de elektrik üretiminde kömür kullanılıyorsa. Benzer şekilde değişik yakıt kaynakları kullanarak üretilen bina malzemeleri ve sistemleri arasında teslim edilmiş enerji terimleriyle karşılaştırma yapmak geçersiz olabilir.

Operasyonel Enerji: Operasyonel enerji mekan ısıtma ve soğutma, sıcak su ısıtma, aydınlatma, soğutma, pişirme, aletler ve donatım işletmesi için kullanılan enerjidir. Operasyonel enerji bina sakinlerinin aktivitelerine bağlıdır ve binanın yaşam süresi boyunca artar [43]. Isıtma ve soğutma enerjisi genelde CHENATH, TRANSYS, TEMPAL, DOE2 gibi bilgisayar programları ile simüle edilir . Ancak bu programlar karmaşık olduklarından dolayı kullanımı zordur [44].

Yaşam Döngüsü Enerjisi: Yaşam döngüsü enerjisi; binanın beklenen yaşam süresi boyunca operasyonel enerjisi ile binanın ilk ve yinelenen gömülü enerjisinden oluşur. Yaşam döngüsü enerjisi denklemi :

$$YDE = GE_i + GE_{yin} + (OE * \text{bina yaşamboyu})$$

$$YDE = \text{Yaşam Döngüsü Enerji}$$

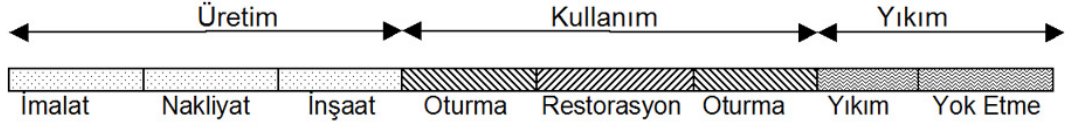
$$GE_i = \text{Gömülü enerji ilk}$$

$$GE_{yin} = \text{Gömülü enerji yinelenen (örneğin gelecekteki bir bakım)}$$

$$OE = \text{Toplam operasyonel enerji ( termal ve termal olmayan) [44]}$$

#### 4.5. Binaların Yaşam Döngüsü Boyunca Enerji Tüketimi

YDD ve YDEA'nın açıklandığı bölümlerde belirtildiği gibi binanın yaşam süresi boyunca harcadığı enerjinin saptanması için yapı malzemesinin üretildiği noktadan binanın yıkıldıktan sonrasına kadar olan tüm zaman ve aşamalarına bakmak gerekir.



**Şekil 4.2** Binaların Yaşam Döngüsü Boyunca Geçirdiği Evreler [48]

Yapının yaşam süresi boyunca harcadığı enerjinin hesaplanabilmesi için, bazı tanımlamalar ve sınırlamalar yapılmalıdır. Yapı malzemesi miktarının hesabı yapılırken, temelin kazılmasından bacanın, çatının oturtulmasına kadar tüm miktarlar hesaba katılmalıdır. Binaların kullanım dönemi varsayıma göre belirlenir ve genellikle ortalama 50 yıl olarak düşünülür [48].

Hammadde girdilerinin çevresel etkileri ile enerji tüketimi ilişkileri Yaşam Döngüsü Envanterinden elde edilebilir. Farklı seçeneklerin birbirleri ile olan kombinasyonlarının en etkin şekilde değerlendirilebilmesi için varolan yazılımlardan (ATHENA vb.) faydalanmak, uygun malzeme seçimi için kolaylık sağlayacaktır [49].

Geleneksel olarak yapı malzemelerinin seçiminde şartnamelere uygunluk ile ekonomik ve teknolojik kaygılarla kararlar verilmektedir. Ekoloji, sağlık ve etik değerlerin önemli olduğu sürdürülebilirlik ölçütleri ile karar verilmesi gerektiğinde ise binanın yaşam döngüsü çerçevesinde;

- Enerji ve hammadde tüketimi minimum olan
- İnsan ihtiyaçlarını makul ölçüde karşılayan
- Çevreye en az olumsuz etkisi olan seçimler yapılmalıdır [24].

Tablo 3.3'de yapım ve restorasyon sırasında kullanılan yapı malzemelerinin üretimi için gereken birincil enerji gereksinimlerini göstermektedir. Burada belirtilen  $W_i$  = yapının inşası sırasında kullanılan malzeme zaiyat (fire) faktörü (%) ve  $M_i$  = inşaat malzemesinin üretimi için kullanılan enerji (kWh/ton) dir [48]. Tüm yapı malzemelerinin üretimi için gerekli enerji,  $Q_{manuf}$  (kWh), aşağıda görüldüğü üzere hesaplanmıştır:

$n$

$$Q \text{ üretim} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot (1 + w_i/100) \cdot M_i$$

Bu formülde  $n$  = yapı malzemelerinin sayısı,  $i$  = ilgili yapı malzemeleri,  $m_i$  = yapı malzemesinin miktarı  $i$  (ton),  $w_i$  = yapının inşası sırasında kullanılan malzeme fire faktörü (%), ve  $M_i$  = inşaat malzemesinin üretimi için kullanılan enerjiyi kWh/ton cinsinden ifade etmektedir [48].

**Tablo 4.3** Yapı Malzemeleri Üretimi İçin Gereken Enerji (Birincil Enerji) [48]

Malzemeler	Mi (kWh/ton)	Wi (%)
Beton, Güçlendirilmiş	560	20
Beton, Normal	210	10
Alçıpan	2400	10
Fayans, Karo	2000	10
Ahşap: kaba (0.5 ton/qubic m)	1440	10
Ahşap: doğramalık (0.5 ton/qubic m)	2240	10
Ahşap: yonga (0.6 ton/qubic m)	3150	7
Cam	7230	0
Cam Yünü	5330	10
PVC (Polivinil klorid)	24650	5
Polythene	16400	5
Polystyrene	29650	10
Kaplama: Badana, Boya	7000	5
Çelik	8890	5
Bakır	19500	5
Havalandırma Kanalları, Metal Sac	9000	10
Elektrik Kabloları, Bakır	19780	5

Restorasyon aşamasında kullanılan enerjiyi hesaplayabilmek için ise, çeşitli yapı malzemelerinin ömrü ile ilgili varsayımların yapılması gerekmektedir [48].

Aşağıdaki formüle göre:

$$\frac{\text{Bir yapının ömrü}}{\text{Malzemenin ömrü}} - 1$$

Bunun bir örneği olarak aşağıda. Tablo 3.4'e göre bir plastik halının ömrünün 17 yıl olduğu varsayılırsa, bizim hesaplarımıza göre  $(50/17) - 1 = 1.9$  kere değiştirilir.

**Tablo 4.4** Bazı Yapı Malzemelerinin Ömrü [48]

Yapının ömrü	Ömür (Yıl)
Yapı çerçevesinin ömrü (dış ve iç Duvarlar, Hatıllar, Temel, izolasyon)	50
Yer döşemeleri	50
Su Boruları ve Elektrik Kabloları	50
Havalandırma Kanalları	50
Ahşap paneller	30
Kapı ve Pencereleler	30
Dolaplar ve Mutfak Dolapları	30
Kiremitler ve yağmur olukları	30
Halılar	17
Su ısıtıcısı	16
Beyaz Eşya	12
Boya ve Duvar kağıdı	10

Bu ömür konseptinin anlamı malzemeye göre değişmektedir. Bazen bir malzeme değiştirilir, zamanı geçmiştir veya eskimiştir. Böyle bir durumda ömür “teknik ömür” olur, beyaz eşyaların ömründe olduğu gibi. Bir diğer örnekte, malzeme değiştirilir çünkü modası geçmiştir veya kullanıcı bu malzemenin görüntüsünden sıkılmıştır. Böyle bir durumda malzemenin ömrü “estetik ömür” olur, duvar kağıtlarında ve iç mekanın boyasında olduğu gibi.

Hindistan'da yapı sektöründe malzemelerin gömülü enerjileriyle ilgili yapılan bir araştırmada çeşitli yapı malzemeleri ve yapım yöntemleri detaylı olarak incelenmiştir.[50] Tablo 3.5'de temel yapı malzemelerinin üretiminde harcanan birincil enerji kilo başına termal enerji cinsinden verilmiştir. Tablo 4.7'de ise duvar malzemelerinin üretimindeki birincil enerji birim başına termal enerji değerleri ile verilmiştir.

**Tablo 4.5** Temel Yapı Malzemelerinde Birincil Enerji

Malzeme	Termal Enerji (MJ/kg)
Çimento	5,85
Kireç	5,63
LP Çimento	2,33
Çelik	42
Alüminyum	236,8
Cam	25,8

**Tablo 4.6** Duvar Malzemelerinde Birim Başına Enerji Değerleri

Malzeme	Ölçü	Birim başına enerji (MJ)
Taş blok	180x180x180	0
Tuğla	230x105x70	4,25
Toprak+Çimento blok	230x190x100	2,60 (%6 çimento)
	230x190x100	3,50 (%8 çimento)
İçi Boş Beton blok	400x200x200	12,3 (%7 çimento)
	400x200x200	15 (%10 çimento)
Kireç+Kil+Kum blok	230x190x100	6,7 (%10 kireç)

Binaların gömülü enerjisinde malzemelerin üretiminde kullanılan birincil enerjinin dışında inşaatında harcanan enerjiler aşağıdaki tablolarda verilmektedir. Tablo 3.7 Binaların enerji kullanımını Yaşam Döngüsü bakışıyla incelediğimizde gömülü enerji ve kullanım döneminde harcanan enerjilerin yanısıra yıkım için harcanan enerjiler de ölçülmektedir.

**Tablo 4.7** Binanın yapım ve yıkımı sırasında çeşitli işlemlerde kullanılan enerji [48]

İşlemin cinsi	$P_j$
İnşaatta standart betonun kurutulması	44 kWh/ton
Betonun elemanın kurutulması	25 kWh/ton
Temel kazılması ve hafriyat	32 kWh/ton
Toprağın düzeltilmesi	3 kWh/ton
Vinçle kaldırma	2 kWh/ton
İnşaatın ışıklandırılması	26 kWh/m <sup>2</sup> taban alanı
İnşaatın ısıtılması	26 kWh/m <sup>2</sup> taban alanı
Şantiyenin ısıtılması	14 kWh/m <sup>2</sup> taban alanı

Tablolardaki değerlerden anlaşıldığı gibi binaların temel, duvar, döşeme, çatı sistemleri gibi tüm bileşenlerinde düşük gömülü enerjili malzemeler kullanmak önemli bir tasarım ölçütü olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak malzemelerin gömülü enerjileriyle ilgili araştırılmış ve hesaplanmış değerler içeren araştırmalar sınırlı olabileceği gibi bu bilgilere ulaşmakta da sorunlar yaşanabilir.

Yapı malzemelerinin nakliyesi için mesafelerin kısa olması gömülü enerjinin düşük olmasını sağlayacaktır. Olabildiğince yerel ve yakın kaynaklardan elde edilen malzemeler kullanıldığında hem nakliye enerjisi azaltılır hem de kullanıldığı yörenin iklimine uygun olması nedeniyle bilhassa kullanım döneminde büyük enerji tüketimine sebep veren soğutma ve ısıtma yükleri açısından avantajlıdır.

**Tablo 4.8** Çeşitli Nakliyat Tiplerine Göre Enerji Kullanımı (Birincil Enerji) [48]

<b>Nakliyat şekline göre</b>	<b>Nakliyat Enerjisi Tc (kWh/ton km)</b>
Karayolu, uzun mesafe >50 km	0.28
Karayolu, kısa mesafe < 50 km	0.75
Denizyolu kıyı taşımacılığı	0.13
Denizyolu deniz aşırı taşımacılık	0.06

**Tablo 4.9** Yapı Malzemelerinin Üretim ve Nakliyesinde Enerji [50]

<b>Malzeme</b>	<b>Enerji (MJ)</b>		
	<b>Üretim</b>	<b>Nakliye</b>	
		<b>50km</b>	<b>100km</b>
Kum	0	87,5	175
Çakıl	20,5	87,5	175
Tuğla (m3)	2550	100	200
Çimento (ton)	5850	50	100
Çelik (ton)	42000	50	100

Aşağıdaki Tablo 3.10'da ise farklı yapı malzemelerinin birincil, nakliye ve üretim enerjilerinin toplamı alınarak elde edilmiş gömülü enerjileri üzerine bir karşılaştırma içermektedir. Burada yeralan değerler çeşitli uluslararası kaynaklardan elde edilmiştir, dolayısıyla bölgesel değerler farklı olabilir.

**Tablo 4.10** Farklı Yapı Malzemelerinin Gömülü Enerjileri [51]

Malzeme	Gömülü Enerji	
	Mj/kg	Mj/m <sup>3</sup>
Saman	0.24	31
Precast Beton	2.0	2780
Kereste	2.5	1380
Tuğla	2.5	5170
Alçıpan	6.1	5890
Alüminyum	227	515700
Çelik	32.0	251200

The Consortium for Research on Renewable Industrial Materials (CORRIM)'in yaptığı bir araştırmaya göre yenilenebilir bir yapı malzemesi olan ahşap diğer geleneksel yapı malzemeleriyle, farklı iklimlerde ve eşit koşullarda, yaşam döngüleri çerçevesinde karşılaştırmaktadır. Kuzeybatı ABD'nin (Minneapolis, Minnesota) soğuk iklim koşullarında çelik ve ahşap konstrüksiyonlu evler karşılaştırılmaktadır. Ayrıca, sıcak iklime sahip güneybatı ABD'den (Atlanta, Georgia) beton ve ahşap konstrüksiyonlu evler karşılaştırılmaktadır. Gömülü enerjilerinin yanısıra, bakım, yıkım ve 75 yıllık bir ömür varsayılarak ısıtma ve soğutma enerjilerinin mukayesesi Tablo 3.11'de incelenebilir [49].

**Tablo 4.11** Yaşam Döngüsü aşamalarında örnek konutların enerji kullanımı [49]

ENERJİ (GJ)	Minneapolis Evi		Atlanta Evi	
	Ahşap Konstrüksiyon	Çelik Konstrüksiyon	Ahşap Konstrüksiyon	Beton Konstrüksiyon
Yapı'da Gömülü	646	759	395	456
Bakım	73	73	110	110
Yıkım	7	7	7	9
Ara Toplam	727	840	512	573
Isıtma ve Soğutma (75 yıl)	7800	7800	4575	4575

Bu verilerle farklı malzeme kullanımıyla üretilmiş, eşit koşullardaki evlerin gömülü enerji farkları ile toplam enerji kullanımı farklarını orantılanarak, uygun malzemenin seçimini kolaylaştırılabilir.

1991-92 yıllarında İsveç'te, fabrikada üretilen üç adet prefabrik konutun yaşam döngüleri boyunca kullandıkları enerji bir başka araştırmaya konu olmuştur [52].



Konutların cepheleri ahşap panellerle kaplanmış, yalıtım için duvarlarda cam yünü kullanılmıştır. Çatıda ise beton çatı elemanları kullanılmıştır.

**Tablo 4.12** Örnek olarak verilen 3 eve ait gerekli bilgiler

Birim	Birim	1.Ev	2.Ev	3.Ev
Kullanılabilir Zemin Alanı	M2	130	129	138
Hacim	M3	347	310	315
Oturan Sayısı	-	5	5	5
Kat Sayısı	-	1	1	2
50pa Basınçta Hava Geçirmezlik	M3/m2h	3.8	2.4	2.1
İç Mekan Sıcaklık	C celcius	20	20	20
Hava Değişim Oranları	h/10	0.7	0.8	0.6
<b>U Değerleri</b>				
Çatı	W /m2K	0.09	0.09	0.09
Dış Duvarlar	W /m2K	0.15	0.17	0.17
Temel	W /m2K	0.26	0.27	0.29
Kapılar	W /m2K	0.69	0.69	0.69
Pencereler	W /m2K	1.63	1.36	1.36
<b>Pencere Alanları</b>				
Kuzey	M2	4.6	6.8	6.0
Doğu	M2	3.4		5.5
Güney	M2	15.6	8.4	10.0
Batı	M2	1.1	1.4	2.8

Tablo 4.13, 3 tek konutun, beşikten mezara, toplam enerji kullanımını göstermektedir. Sonuçlar kWh/m2 (kullanılabilir zemin alanı) cinsinden ve 50 yıllık bir süre için hesaplanmıştır. Buna göre 1., 2. ve 3. evler yaşam döngüleri boyunca sırasıyla 8500, 8800 ve 7600 kWh/m2 enerji kullanmışlardır.

**Tablo 4.13** Örnek olan üç evin yaşam döngüsü boyunca enerji tüketimi [52]

Dönem	1.ev kWh/m2	%	2.ev kWh/m2	%	3.ev kWh/m2	%
<b>Üretim</b>						
İmalat	900	11	870	100	730	10
Nakliye	40	0	40	0	30	0
İnşa	80	1	70	1	50	1
<b>İşletme</b>						
Kullanım	7100	83	7400	85	6400	85
Yenileme: İmalat	390	5	370	4	330	4
Yenileme: İmalat	<10	0	<10	0	<10	0
<b>Yok Etme</b>						
Yıkım	<10	0	<10	0	<10	0
Kaldırma: Nakliye	30	0	20	0	20	0
Toplam Enerji kWh/m2 – 50Yıl	8500	100	8800	100	7600	100

**Tablo 4.14** Kullanım döneminde hesaplanan ısıtma, sıcak su ve elektrik enerjisi

	1.ev kWh/m2 - (1yıl)	2.ev kWh/m2 - (1yıl)	3.ev kWh/m2 - (1yıl)
Isıtma, (mekanik havalandırma dahil)	76	83	64
Sıcak Su (kullanım)	32	32	32
Elektrik	32	33	32
Toplam	141	148	128

Sırasıyla toplam yıllık harcanan enerji her tek ev için 141, 148 ve 128 kWh/m2dir. Buradan da anlaşılacağı gibi toplam enerji tüketiminin %85'i evlerin kullanım dönemlerinde gerçekleşmiştir. Geriye kalan %15 ise Tablo 4.4 'den de anlaşılacağı gibi üretim, yenileme ve yok etme dönemlerde harcanmıştır. Bu rakam 7 yıllık kullanım dönemi tüketimine denktir. Bu verilerle çıkartılabilecek sonuç ise enerji etkinlik için tasarlanan konutlarda kullanım dönemlerinde az enerji tüketecek şekilde tasarım kararları almak gerekir [52].

## 5. YDD İLE ENERJİ ETKİN TASARIM ÖLÇÜTLERİNİN BELİRLENMESİ

Tezin önceki bölümlerinde bahsedildiği gibi, kullandığı enerji, hammadde ve ürettiği atıklarla yapı sektörü, küresel iklim değişikliği ve ekolojik çevrenin zarar görmesinde en büyük payın sahibidir; kaynak ediniminden kullanım dönemine ve atık oluşuna kadar tüm aşamalarında dünyada kullanılan fosil yakıtın % 40'ını kullanmaktadır. Yapı sanayisinin tükettiği bu enerjinin büyük kısmını da binalar kullanmaktadır. Örneğin 2003 yılı verilerine göre ülkemizde 64.0 Milyon TEP olarak gerçekleşen toplam nihai enerji tüketiminin % 30'luk payı 19,5 Milyon TEP'lik enerji tüketimi ile bina sektörüne aittir. [53] Bu verilerle sürdürülebilir çevre için enerji etkin binalara ihtiyaç olduğu ortadadır. Enerji etkin bina tasarımında bütünsel bir bakışla, enerji/kaynak tüketimi ile geri dönüşüm için verilecek kararlar ancak Yaşam Döngüsü Yaklaşımı ile alınabilir.

Tasarımcının (mimar) sürdürülebilir çevre için tasarım kararlarını alabilmesi birçok etkene ve farklı disiplinlerin bilgisine bağlıdır. Sürdürülebilir çevre için tasarlanacak bir proje, YDY ile ele alındığında çevre mühendisleri, ekolojistler, biyologlar, iklim bilimciler ve daha birçok farklı disiplinin uzmanlarına danışmak gerekecektir. Ayrıca enerji etkinlik ve ölçek kararları için şehir bölge planlamacıları, fiziksel çevre tasarımcıları ve enerji mühendisleri mimarın doğru kararlarını verebilmesi için başvuracağı uzmanlardır. Farklı disiplinlerin, farklı karar doğrultularına, farklı etaplarda katkıları ve yönlendirmeleri olacaktır. Ancak mimarın bunların tümüne bütünsel bir bakış açısıyla bakması ve hedeflerini doğru belirlemesi gerekir. Doğal ve yapma çevreye ilişkin etkenler sınırlayıcı olduğundan bina ölçeğinde tasarım kararlarının enerji etkinlik ölçütleri de buna göre belirlenmelidir.

### 5.1 Sürdürülebilir Çevre için Tasarımda Sınırlayıcı ve Belirleyici Etkenler

Kanuni, ekonomik, kültürel ve sosyal sınırlamaları göz ardı edecek olursak, bina ölçeğinde enerji etkin tasarım kararları vermek için başlıca bilinmesi gerekenler şunlardır;

- Kullanıcı tipleri: Kullanıcı sayısı, yaş, cinsiyet, ırk, ekonomik durumu, vb.
- Kullanım amacı: Kullanım fonksiyonu, sıklığı (konut, işyeri vb.)

Yapma çevreye ilişkin sınırlar

- Yeri (örneğin: şehir şebekesi imkanları)
- Yerleşme dokusunun biçimi
- Bina (formu, yönü, büyüklüğü vb.)
- Malzeme (yerel veya diğer imkanlar)

Doğal çevreye ilişkin sınırlar

- Ekosistem (flora, fauna, su döngüsü) ve iklim,
- Coğrafya, topoğrafya

İmkanlar ölçüsünde kararlar vermek, çevre için tasarım prensiplerinden taviz vermeyi gerektirmez. Tasarımın hangi amaca, ihtiyaca hizmet edeceği gerçeğinden uzaklaşmadan, doğal ve yapma çevrenin sınırlamaları dahilinde en iyi durum belirlenmelidir. Planlama aşamasında kaynak israfını düşürecek çevre dostu yaklaşımlarda tasarım ilkelerini sıralayacak olursak;

- Binanın kimler tarafından ve ne amaçla kullanılacağına bağlı olarak enerji verimliliğini artırıcı önlemlerin neler olacağını tespit edilmesi.
- Binanın yaşam döngüsü boyunca tüketilecek malzeme ve enerji miktarını minimuma indirecek önlemlerin alınması
- Zararlı olan maddelerin çevre dostu alternatifleri ile değiştirilmesi ve daha sonra değiştirilmesine imkan tanınması
- Geri dönüşüm imkanı olan malzemelerin seçilmesi, kolay ayrıştırılabilir şekilde tasarlanması.
- Binaların yeniden farklı konfigürasyonlarda kullanılacak şekilde (modüler) tasarlanması.
- Tamir edilebilecek ve onarılabilecek şekilde tasarlanması.

### **5.1.1 Dünyada Binaların Enerji Verimliliğini Destekleyen Uygulamalar**

Sürdürülebilir çevre için tasarımı sınırlayıcı ve belirleyicileri etkenler arasında kanunlar ve yönetmeliklerin önemli bir yeri vardır. Çevre bilincini teşvik etmek için vergi indirimi, arazi tahsis önceliği vb. uygulamaları içeren yasalar ve yaptırımlar sayesinde olumlu gelişmeler elde edilebilir.

Dünyada birçok ülkede bu konuya ilişkin yasal düzenlemeler ve uygulamalar son yıllarda önem kazanmış ve hayata geçirilmiştir. Birçok ülkede binalarda enerji tasarrufu iyileştirmelerine yönelik mali teşvikler kullanılmaktadır. Avusturya ve

Belçika'da hükümetler binalarda ısı yalıtımını iyileştirmek amacıyla sübvansiyon uygulamaktadır. Danimarka, İngiltere ve İrlanda'da ise, düşük gelirli kimselere oturdukları konutlarda enerji verimliliği tedbirlerini uygulayabilmeleri için mali destekler verilmektedir. Bazı ülkelerde hükümetler kamu kuruluşlarındaki bina enerji verimliliğini artırmaya yönelik programlar geliştirmişlerdir. Sözgelimi Finlandiya, kamu ve belediye kuruluşlarında ısınma için harcanan enerji ile elektrikli aletlerden kaynaklanan enerji tüketimlerini azaltmayı hedeflemektedir. Aynı şekilde İngiltere, 1999 yılında kamu binalarındaki enerji tüketimini azaltmak için beş yıllık bir program geliştirmiştir. İsveç'te enerji verimliliğinin esas alındığı yeni tip bina sistemlerine verilen teşvikler, dikkat çeken bir başka uygulamadır [54]. Japonya'da Çevre Bakanlığı 2006 yılında aldığı bir kararla Tokyo'daki ofislerinde Aralık-Mart ayları arasında ısıtmayı durdurma uygulamasını başlatmıştır [55].

### **5.1.2 Sürdürülebilir Çevre için Yapı Sertifikasyon Sistemlerinin Gerekliği**

Binaların çevreye etkilerinin azaltılmasını sağlayan ve denetlenmesini içeren yasalarla birlikte bağımsız sertifikasyonların ve bina değerlendirme sistemlerinin de kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Sertifikasyon sistemleri, belirli kriterlerin oluşturulmasını sağladığı gibi üretim süreçlerinde ve uygulamada yol gösterici niteliktedir.

Çevreye duyarlı binaları hayata geçirmek üzere resmi yönetmelikler ve kanunların düzenlenmesi, sertifikasyon sistemlerinin oluşturulması, uygulanması ve denetiminde yapı sektörüyle ilgili sivil toplum örgütleri, özel kuruluşlar ve kamu kurumları biraraya gelmelidir. Gelişmiş ülkelerin birçoğunda yeşil yapı sertifikasyon sistemleri ve onları teşvik eden resmi kurumlar birlikte hareket etmektedir. Örneğin ABD'de LEED sertifikasyonunu veren USGBC'nin kimliğine bakacak olursak; %44 mimarlar, %10 danışmanlar, %10 mühendisler, %10 müteahhitler, %6 yapı malzemesi üreticileri, %4 STK'lar, %3 üniversite ve araştırma enstitüleri, %3 devlet ve/veya yerel yönetimler ve %10 diğer ilgili profesyonellerden oluşmaktadır. [56] LEED sertifika sisteminin devlet ve yerel yönetimler tarafından aldığı teşvik ve destekler ile kullanımı kısa bir sürede oldukça yaygınlaşmıştır. ABD'de yerel yönetimler tarafından binaların LEED serifikası alması teşvik edilmektedir; arazi, vergi gibi konularda avantaj sağlanmaktadır. Örneğin Seattle'da tüm ticari yapıların LEED sertifikasyonu almasının zorunlu olması için çalışılmaktadır [56].

## 5.2 Binaların Çevresel Etkilerini Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile Ölçen Yöntemler

Bir fikrin veya ürünün ne kadar çevreci olduğunun bilinebilmesi için onun nicelendirilebilmesi ve bu sayede karşılaştırılabilir olması gerekmektedir. Böylece o ürünün üreticisinin, kullanıcılarının ve tasarımcısının ne aldıklarını, sattıklarını ve ürettiklerini bilmeleri ve bir referans göstererek açıklama imkanları doğacaktır. Çevre üzerinde büyük etkisi olan yapı sanayisinde binaların da sürdürülebilirlikleri nicelendirilebilmelidir. Yapı malzemelerinin hammadde edinimi ile başlayıp, binanın yıkımı, ayrıştırılışı ve/veya yok oluşuna kadar geçen süre içerisinde binanın çevreye ne gibi etkilerinin olduğunu anlamak için kullanılan saygın metotlar vardır.

ISO'ya da uygun olarak Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED) çevresel kararlar verirken faydalı olabilir, ancak bilimselliği kanıtlanmış veriler ve simülasyonlarla desteklenmesi gerekir. Verilerin ne zaman ve nereden (coğrafya) alındığı, kullanılan teknoloji, verilerin hassasiyeti ve kaynağının güvenilirliği gibi etmenlere dikkat etmek gerekir. Bir ürünün veya sistemin YDD ile çevresel etkilerinin belirlenmesi için, sebep olduğu etkinin kategorize edilmesi, nitelendirilmesi ve uygun bir birim ile (örneğin: kg CO<sub>2</sub>, HCl) ölçülmesi gerekir. Bir kategorideki etkilere birden fazla ürün sebep olabileceği gibi bir ürünün birden fazla etkiye sebebiyet vermesi de olasıdır.

Binaların çevresel etkilerini ölçmek, değerlendirmek ve/veya kriterler oluşturmak amacıyla birçok kurum tarafından çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Bu araçlar, binalar ve bileşenlerine yaklaşımları ve kullandıkları metotlar itibarıyla 4 başlık altında sınıflandırılabilir.

**Tablo 5.1** Binaların Çevresel Etkilerini Ölçen Araçlar [57]

Araçlar	Tanımlar	Örnekler
Bina Standartları	Isıtma, aydınlatma, havalandırma ile ilgili performans şartname standartları	NIST, DOE, USGBC
Ürün Sertifikalandırmaları	Ürünlerin hammaddesinin doğal olması ve üretiminin çevreye zarar vermemesi	Green Seal, SCS, EPA
Değerlendirme Sistemleri	Binaları puanlandırarak değerlendiren sistemler	LEED, BREEM, SPEAR
Tasarım Araçları	Bina Parçaları ve bütünü tasarlamaya yarayan araçlar	Athena, Power DOE, NIST, LISA, BEES

Çevresel performansın ölçülmesi için, çok yönlü bakışıyla ve geniş kapsamıyla Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi bir sistemler yaklaşımıdır. YDD kullanılmadan

yapılan Eko-Etiketleme ile yanıltıcı sonuçlar almak mümkün olabilir. Örneğin geri dönüşümlü olduğu için çevreye dost olduğu düşünülen bir ürünün gömülü enerjisi çok yüksek olabilir. Öyle ki kaynak tüketimine, harcanan fosil yakıtla küresel ısınmaya sebep olabileceği gibi hammadde ediniminde, üretiminde ve nakliyesinde asit yağmurlarına sebep olabilir.

YDD'yi kullanan bütün organizasyonların ve değerlendirme sistemlerinin ortak umudu, ayrıntılı, kolay kullanımlı, binanın bütün yönlerini kapsayan, şeffaf ve etraflı bir veritabanı içeren tek bir YDD aracının geliştirilmesidir.[58] Günümüzde birçok hükümetlerarası çalışma grubu bu konunun üzerindedir. Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) ve Green Globes değerlendirme protokolündeki YDD kullanımını ödüllendiren puanlama sistemleri gibi LEED de son yıllarda YDD yi değerlendirme sistemine daha etkin bir şekilde entegre etmeye çalışmaktadır.

### **5.2.1 BEES**

BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) yapı elemanlarını çevresel ve ekonomik yönden değerlendiren Windows tabanlı bir yazılımdır. EPA (Environmental Protection Agency) desteğiyle NIST(National Institute of Standards and Technology) tarafından geliştirilen program; çevresel değerlendirmede ISO 14040 standartlarında belirtilen yaşam döngüsü yaklaşımını kullanarak malzeme temin yeri, üretimi, ulaşımı, yapımı, kullanımı ve geri-dönüşümü gibi yaşam döngüsünü içeren ölçütleri; ekonomik değerlendirmede ise ASTM yaşam dönemi maliyeti hesaplama metodu ile ilk yatırım ve operasyon, bakım, yenileme, tamir ve yoketmeden oluşan kullanım maliyetlerini dikkate almaktadır. BEES'in önemli bir özelliği çevresel ve ekonomik değerlendirme önem ağırlıkları, kullanılan malzemelerin nakli için gereken mesafe ve bu malzemelerin çevresel ölçütlere göre değerlendirilmesi de kullanıcı tarafından belirlenebilir olmasıdır [59]. Tasarımcılar, yapı malzemesi üreticileri ve müteahhpler tarafından yapı malzemelerine karar aşamasında kullanılmak üzere geliştirilen BEES, 230 yapı malzemesi ve ürünle ilgili veriler içermektedir. Bir ürünün çevresel performansını ölçmek için yaşam döngüsündeki tüm aşamalar analiz edilmektedir: hammadde edinimi, üretim, nakliye, montaj, inşaat, kullanım, geri dönüşüm ve atık yönetimi.

BEES Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ABD ortalamalarına dayanarak göreceli çevresel performans değerleri yayınlamaktadır. Bunlar ABD ortalaması olan ekonomik değerlerle birleştirilerek, ABD yapı sanayisinin ekonomik ve çevresel bakımdan dengeli yapı ürünlerine karar verebilmesini sağlamak amaçlanmıştır.

### 5.2.2 BRE ve BREEAM

İngiltere Bina Araştırma Kurumu (BRE) ilk olarak 1990da, Çevresel Değerlendirme Metodu (BREEAM) ile tüm yapı sektörünün kullanabileceği bir metodoloji geliştirmiştir. BREEAM binaların yaşam döngüsü boyunca çevresel performansını değerlendirir ve çevre etkilerini ölçümler. Tanımladığı ölçütlerin birçoğunu özel çevre performans hedefleri belirlemiştir, bazı ölçütler ise subjektiftir ve ölçümü zordur. Dolayısıyla olası tüm tasarım çözümlerini kapsamaz [60].

BREEAM ofisler ve konutlar için ayrı iki tip değerlendirme sisteminden oluşur: BREEAM ve EcoHomes. Tasarım ve kapsamlı yenileme aşamalarındaki konutlarda ve ofislerin kullanım dönemleri de dahil olmak üzere tasarım, yenileme ve yönetim aşamalarında uygulanabilir. BRE tarafından eğitilen ve yetki verilen bağımsız uzmanlar tarafından yürütülür. Değerlendirme sonucunda detaylı bir rapor ve sertifika verilir. Binaların performansının değerlendirildiği çevre kriterleri; enerji, ulaştırma, kirlilik, malzemeler, su, arazi kullanımı ve ekoloji ile sağlık ve refah olarak sıralanmıştır[60]. Bu başlıklar altında sırasıyla ele alınabilecek örnek konular: Binaların CO2 emisyonlarının azaltılması, bina yaşam döngüsü boyunca enerji etkinliklerinin geliştirilmesi, toplu taşımanın özendirilmesi, küresel ısınmaya ve kirliliğe potansiyel katkının azaltılması, sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen malzemelerin kullanımı, alanın ekolojik açıdan iyileştirilmesi ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi olarak sayılabilir. Bu başlıklardaki değerlendirmenin ardından her kategori için puanlama yapılır ve çevresel etkilerinin ağırlıklarına göre derecelendirilerek tek bir skora indirgenir; “geçer” “iyi” “çok iyi” “mükemmel” şeklinde ve sertifika verilir [61].

BRE yapı malzemeleri, bileşenleri ve binaların çevresel profilleri üzerine ayrıntılı veriler içeren bir metodoloji geliştirerek YDD'nin İngiltere'de yapı sektöründe uygulanmasını sağlayan bir rehber geliştirmiştir. Her malzemeye ait çevresel profil verilerin derlendiği bu çalışmada malzemelerin ve yapı bileşenlerinin yaşam döngüleri boyunca çevre etkilerinin tanımlandığı ve değerlendirildiği ayrıntılı veriler mevcuttur [62].

BRE'nin Çevresel Değerlendirme Metodunda yeralan amaçlara dayanarak oluşturulan “Mimari için Yeşil Kod” prensipleri: [63].

- Varolan bir yapının adaptasyonu veya yeniden kullanımı ekonomik veya pratik değilse yıkım ve yeniden inşası düşünülmelidir
- İnşaat, bakım ve yıkım sırasında ulaştırma ihtiyacını azaltmak ve süreçleri gürültü, toz, titreşim, kirlilik ve atıkları azaltacak şekilde tasarlamak.



- Alan çok iyi değerlendirilmeli; tarihi, yerel iklim, hakim rüzgarlar ve hava gidişatı, güneşin açısı, toplu taşıma, çevre binaların formu ve yerleşimi incelenmeli
- Binayı tasarlarken enerji ve suyu tasarruflu kullanan, hava, toprak ve suya salınan emisyonları azaltacak teknikler ve teknolojiler uygulanmalı; bakımı kolay, yaşam döngüsü boyunca çevreye etkisi ve maliyeti uygun olacak şekilde tasarlanmalı
- Mümkün olduğunca yerel malzemeler kullanılmalı; bölgeye özel tasarım ve geleneksel yapım tekniklerinden faydalanılmalı
- Binanın fonksiyonu ve kullanıcılarının konforuna öncelik verilmeli, gelecekteki olası gereksinimler düşünülerek adapte edilebilir, esnek ve emniyetli tasarlanmalı
- Binayı uzun ömürlü olacak şekilde tasarlamalı; bu yönde kaliteyi elde etmek için form, detaylar, kullanılan malzeme ve inşaat ekibi önemli etkenlerdir.
- Yenilenemeyen kaynaklardan elde edilen veya geri-dönüşümsüz ya da yeniden kullanımı mümkün olmayan ve ömrü kısa malzemeleri kullanmaktan kaçınılmalı

### **5.2.3 LEED Sertifikasyon Sistemi**

ABD’de ise Yeşil Bina Konseyi (USGBC)1993’te kurulan kar amacı gütmeyen bir organizasyondur. Yapı sanayisinden, mimarlardan, müteahhitlerden ve çevre örgütlerinden oluşmaktadır. Özellikle İngiltere’nin BREEAM ve Kanada’nın BEPAC programları incelenerek ABD yapı sektörü için yeni bir sistem oluşturmuşlardır. 1998’de LEED 1.0 isimli bir pilot program oluşturulmuş, ardından mart 2000’de pilot program çerçevesinde 12 binaya sertifika verilmiştir. Amerika Birleşik Devletlerinde ulusal boyutta kabul görmüş “Yeşil-Bina Derecelendirme Sistemi” olan LEED (The Leadership in Energy and Environmental Design - USGBC) yüksek performanslı “yeşil binalar” için bir marka olmuştur. LEED’de binaların çevresel nitelikleriyle ilişkili 2 ana metot bulunmaktadır: Eko-etiketleme ve YDD. Her ne kadar eko-etiketleme büyük oranda YDD prosedürlerinden türetiliyse de rapor formatları farklıdır. Bu iki değerlendirme metodunun bir potada eritilmesiyle oluşturulan LEED ABD’deki ilk yeşil bina programı olmasa da ulusal boyutta yaygın olan, resmi kurumlar ve özel kuruluşlarca benimsenen ve kullanılan tek sistemdir [56].

LEED standartları ile konutlarda enerji kullanımı, su tasarrufu, çevre kalitesi gibi konular ölçümlenerek binalara puanlar verilmekte olup kullanılan farklı tasarımlar, donanımlar ve cihazlarla binaların artı puan kazanmaları sağlanmaktadır. Alınan puanlara göre projeler 'Altın' ya da 'Platin' olma hakkını kazanmaktadır.

USGBC'ye göre LEED şu nedenlerden dolayı oluşturulmuştur:

- Çevre, kullanıcıların sağlığı ve ekonomik kazanç adına olumlu sonuçlar elde edilmesi
- “Yeşil” kavramının standart bir ölçümle tanımlanması
- Binaların tasarım süreciyle bütünleşen bütünsel bir yaklaşımla gelişmelerine yardımcı olmak

LEED kredili bir sistemdir, 32 kredi / 64 puanı 5 çevresel etki başlığı altında bölünmüştür:

- Sürdürülebilir Alanlar (8 kredi / 14 puan)
- Su Etkinliği (3 kredi / 5 puan)
- Enerji ve Atmosfer (6 kredi / 17 puan)
- Malzeme ve Kaynaklar (7 kredi / 13 puan)
- İçmekansal Çevre Kalitesi (8 kredi / 15 puan)

Bunlara ek olarak 2 kredi / 5 puan da “Yenilik ve Tasarım Süreci” aktivitelerine verilmektedir. [56]

ABD Yeşil Bina Konseyi'nin verilerine göre, ABD'nde yaklaşık 1700 bina 'Yeşil Bina'yı temsil eden LEED standartları sertifikası almak için başvuruda bulundu. İngiltere'de de 70 bina 'Yeşil Bina' statüsü kazandı. Yeni Zelanda, Avustralya, Kanada hükümetleri de yeşil mimaride standartlar için masaya otururken, Çin 2008'de başkent Pekin'de düzenlenecek olimpiyatlar için sıfır hava kirliliği ilkesini benimseyip, gerekli mimari önlemleri almaya başladı.

### **5.2.3.1 LEED “Enerji ve Atmosfer” Başlığı**

LEED'de “Enerji ve Atmosfer” başlığı altındaki ana hedefler; projelerde enerji etkinlik ve sistem performans kriterlerinin oluşturulması, yeni sistemler ve teknolojiyi kullanarak enerji etkinliğin optimize edilmesi, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi, ozon tabakasını koruyan protokollerin desteklenmesi olarak sıralanır. Tablo 4.2'de LEED'in “Enerji ve Atmosfer” bölümündeki kredi başlıkları ve bu başlıklara verilen puanlar gösterilmektedir.

**Tablo 5.2** LEED Enerji ve Atmosfer

<b>Krediler</b>	<b>Puanlar</b>
Önkoşul 1: Belirlenen Temel Yapı Sistemlerinin Kurulmuş Olması	Mecburi
Önkoşul 2: Minimum Enerji Performansı	Mecburi
Önkoşul 3: Isıtma ve Soğutma Ekipmanlarında CFC Emisyonunun İndirgenmesi	Mecburi
Kredi 1: Enerji Performansının Optimizasyonu	2-10
Kredi 2: Yenilenebilir Enerji Kullanımı	1-3
Kredi 3: Additional Commissioning	1
Kredi 4: Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) ve Halon Eliminasyonu	1
Kredi 5: Ölçüm ve Onaylama	1
Kredi 6: Yeşil Enerji Kullanımı	1
Olası Toplam Puan	17

2007 tarihli “LEED for Homes” Pilot programında ise “Enerji ve Atmosfer” başlığı altında daha detaylı bir kredi sistemi mevcuttur. Bu LEED ürünüde 6 adet önkoşul bulunmaktadır ve toplam puan 38’dir [64].

### **5.2.3.2 LEED ve YDD**

USGBC’nin YDD’yi LEED sertifika sistemine etkin olarak dahil etmek için ilk olarak eylül 2004’de düzenlediği ve takiben 2005 ve 2006’da gerçekleşen 6 toplantının ardından 5 çalışma grubu ve görevleri belirlenmiştir: [65].

A grubu: LEED değerlendirme sisteminin ürünleriyle YDD ‘nin hedef ve kapsamının ilişkisinin tanımlanması.

B grubu: Malzemelerin ve ürünlerin tutarlı bir şekilde işlem görmesini garantiye almak, LEED’de kullanılabilecek şekilde verilerin elde edilmesini temin etmek, Yaşam Döngüsü Envanteri, YD Etki Değerlendirmesi, birincil enerji kaynak kullanımı, atıklar, geridönüşümlü atıklar ve yan ürünler, enerjile ilişkili emisyonların hesaba katılması.

C grubu: A grubunun çalışmasıyla ilişkili olarak ölçüm ve değerlendirme yapabilmek üzere kredilerin ne şekilde verileceğine yönelik standartlar ve referans noktaları belirlemek.

D grubu: Yaşam Döngüsü konularının LEED içerisinde ne şekilde ele alınacağı ve karşılaştırmalı olarak değerlendirileceğinin düşünülmesi.

E grubu: Varolan araçların ve metotların araştırılması, araçların kullanım kolaylığının test edilmesi ve araçların kullanımı ile elde edilen sonuçların analizi. Leed kredileriyle birlikte kullanılacak YDD araçlarının seçiminde kriterlerin belirlenmesi. Binaların yaşam döngüsünde farklı aşamalarda karar alırken farklı araçların kullanımının tanımlanması.

### **5.3 Türkiye’de Binaların Enerji Performansına Yönelik Çalışmalar**

Ülkemizde binaların enerji performansı ile ilgili doğrudan bir düzenleme bulunmamaktadır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca hazırlanan ve Mayıs 2000 tarihinde resmi gazetede yayınlanan “Isı Yalıtım Yönetmeliği”, binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması ve uygulama esaslarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır ve TS 825’i tamamlayıcı nitelikte görülmektedir.

Isı Yalıtımı Yönetmeliğinin iyileştirilmesine dair düzenlemelerin oluşturulması çerçevesi genişletilerek Bayındırlık ve İskan Bakanlığı öncülüğünde AB Binalarda Enerji Performansı Direktifine Uyumlaştırma Çalışmaları ve EİE – Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen 1 temmuz 2005 tarihinde başlayan “Türkiye’de Enerji Verimliliğinin İyileştirilmesine Dair AB Eşleştirme (Twinning) Projesi” yürütülmektedir. Eşleştirme programı ile AB’nin enerji verimliliği politikaları ve uygulamaları konusunda teknik yardım, bilgi transferi ve eğitim yoluyla Avrupa’daki benzerlerine uygun bir enerji verimliliği çerçevesinin Türkiye’de oluşturulması hedefleniyor. Aynı zamanda söz konusu proje, yasal ve kurumsal yapının kuvvetlendirilmesi, enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi ve bilinçlendirme faaliyetlerini de kapsıyor [66].

AB Direktifi kapsamında yapılan çalışmalar Türkiye’de birden çok mevzuatın değerlendirmeye alınması gerçeğini ortaya koymaktadır. Mevcut ve hazırlanmakta olan ulusal düzenlemeler de göz önüne alınarak “Binalar İçin Enerji Performansı” başlığı altında yeni bir düzenlemeye gidilmesi ihtiyacı doğmaktadır. Bu sebeple şu anda dört bakanlığın katılımı ile oluşturulmuş bir komisyon tarafından konu yeni bir çerçeve kapsamında ele alınmış olup, söz konusu düzenleme çalışmalarına bu kapsam dahilinde devam edilmektedir. [67] Eşleştirme Projesi kapsamında ise TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına yönelik standartın ayrıntılı bir analizi yapılmıştır ve Isı Yalıtım Standardından “Türkiye Bina Enerji Kod”una geçilmesi yönünde tavsiyelerde bulunulmuştur [66].

DPT 2006 tarihli 9. Kalkınma Planı Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporunun “3.3.2 Bina Sektöründe Enerji” başlığı altında yeralan tespite göre TS 825 standardı ve Isı Yalıtım Yönetmeliğinin doğru uygulanması ve denetlenmesi durumunda bina dış kabuğundan olan ısı kayıplarının azaltılması, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme tesisatının iyileştirilmesi ve otomasyonu, kişilerin enerji verimliliği bilincinin yükseltilmesi ile ülke enerji dengesine önemli katkı ve enerji arz güvenliği sağlanacak, yılda yaklaşık 7-8 milyon Ton Eşdeğer Petrol (TEP) civarında tasarruf gerçekleşecek, yanma sonucunda ortaya çıkan emisyonların azaltılması ile hava kirliliği önlenecek ve sera gazlarının artış hızında yavaşlama sağlanabilecektir [68].

Izoder ve EİE'nin 2005'te hayata geçirdiği “Artık Yuvam Daha Sıcak” projesinde Ankara 50. Yıl Yetiştirme Yurt binasında yapılan yalıtım uygulaması ile %63 oranında enerji verimliliği sağlanmıştır ve yapılan hesaplara göre yatırımın geri ödeme süresi 3.7 senedir. [69] Ülkemizde 1.5 milyar dolarlık enerji tasarrufunun mümkün olduğu binalarda uygun ısıtma sistemleri, tesisat, radyatör boyutu, gerekli yalıtım ile %50'ye varan oranda enerji tasarrufu potansiyeli mevcuttur [70].

### **5.3.1 Türkiye’de Binalarda Yapı Denetimi Mevzuatı**

Sekizinci 5 yıllık kalkınma planında belirtildiği üzere ülkemizde yapılan projeleri denetleyen sağlıklı bir kurum bulunmadığından yapılan çoğu proje yanlışları ve eksikliklerine rağmen uygulamaya konulmaktadır. Ülkemizde proje kontrolleri kamu kuruluşları ve yerel yönetimler eliyle yapılmaktadır. Bu kurumlardaki teknik kadroların yetersizliği nedeniyle gelen projeler ancak imar mevzuatı açısından irdelenmekte, çekme mesafesi, kat yüksekliği, TAKS, KAKS vb. konularda kontrol edilmektedir. Üretilen projeler taşıyıcı sistem seçimi, deprem yükleri, ilgili yönetmelik ve şartnamelere göre dahi yeteri kadar kontrol edilememektedir. Örneğin, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi’nce yapılan istatistiğe göre, 1989 yılında denetlenen özel sektör projelerinin % 91’inde tasarım, hesap ve çizim hataları saptanmıştır. Kamu yararına kurulmuş bulunan ve yeterli tecrübede mühendisleri bünyesinde barındıran meslek odaları proje denetimi sürecinde devredışı bırakılmıştır [71].

Türkiyede yapı üretim süreci doğrudan ve dolaylı ilgili meslek, çevre, turizm, kültür mirası ve imar mevzuatı çerçevesinde yürümektedir. Hukuksal yapıya bakacak olursak ilgili mevzuatlar: TMMOB ve Odalar Mevzuatı, Çevre Kanunu ile ilgili Mevzuat (ÇED), Toplu Konut Kanunu ile ilgili Mevzuat, Turizm Mevzuatı, Kamu İhale Mevzuatı, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Mevzuatı, İmar Mevzuatı ve Yapı Denetimi Mevzuatıdır. Türkiye’de halihazırda yürürlükte olan “Yapı Denetimi

Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği” yapı denetim kuruluşlarının faaliyetlerinin denetlenmesini içerir. Bu yönetmelik 29 haziran 2001’de kabul edilen 4708 sayılı Yapı Denetimi hakkında kanunun uygulanmasına yöneliktir [72].

“Bu kanunun amacı; can ve mal güvenliğini teminen, imar plânına, fen, sanat ve sağlık kurallarına, standartlara uygun kaliteli yapı yapılması için proje ve yapı denetimini sağlamak ve yapı denetimine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.” [73].

Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Yapı Denetim Komisyonu Başkanlığınca hazırlanan yönetmeliğin yenisi ise henüz taslak aşamasındadır. Taslakta Yapı Denetleme Komisyonu Başkanlığının anlaşma yaptığı ve yetki verdiği Yapı Denetleme Kuruluşlarının çalışmasına yönelik ayrıntılı bilgiler bulunmakta, ayrıca Yönetmeliğin yürürlükte olan 2001 versiyonunda bulunmayan proje kontrol formu yer almaktadır. Bu formda mimari proje, statik betonarme, elektrik ve ısı yalıtım projeleri, sıhhi tesisat, kalorifer tesisatı, asansör projesi ve yangın tesisatı için ayrıntılı kontrol listeleri hazırlanmıştır [72]. Listelerin yetki verilen yapı denetim kuruluşlarınca doldurularak istenen koşulların sağlanması mümkün olacaktır. Ancak bu kontrol listeleri arasında binanın enerji etkinliğine ve çevresel sürdürülebilirliğine dair bütünsel bir yaklaşım bulunmamaktadır.

Nisan 2007’de çıkan Enerji Verimliliği Kanununda yapı projeleri kapsamında enerji kimlik belgesi düzenlenmesinin bahsi geçmektedir ancak konuya ilişkin uygulama usul ve esasları henüz belirlenmemiştir [74].

### **5.3.1.1 Enerji Verimliliği Kanunu**

Enerji Verimliliği Kanunu Nisan 2007’de TBMM’de kabul edilmiştir. Bu kanun; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekelerinde ve ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasının desteklenmesine; toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine; yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik usul ve esasları kapsamaktadır. Kanunun 3. maddesinde “enerji verimliliği”; binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanmıştır [74].

Kanunun içeriği:

- Eğitim öğretim tesislerinde, yazılı ve görüntülü medya kanallarında bilinçlendirme ve enerji kültürü oluşturma,

- Belli deęerin üzerinde enerji tüketen veya belli büyüklüğün üzerinde alana sahip olan binalarda enerji yönetimi birimi ve enerji yöneticileri atama mecburiyeti,
- Binaların tesisat projelerinde, merkezi veya lokal ısı/sıcaklık kontrol cihazları, ısınma maliyetlerinin ısı kullanım miktarına bağlı olarak paylaşımını sağlayan sistemler ve enerji kimlik belgesi kullanımı gibi binaların projelendirilmesinde uyulması gereken zorunluluklar,
- Belli büyüklük aralığındaki verimlilik projelerine ve gönüllülük esasına dayalı verimlilik artışlarına teşvik verilmesi, mali destekler,
- İzleme, analiz ve projeksiyon çalışmaları, dönemler itibariyle bilgi, rapor ve denetim imkanı,
- Yaptırımlar.

10 yıl içerisinde enerji yoğunluğunun OECD ülkelerinin bugünkü ortalamasına indirilmesi; üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında yeni tesis yatırımı ihtiyacının, fosil kaynak ithalatının ve seragazi emisyonlarının azaltılması, yerli tarım ürünlerinden üretilen biyoyakıtların kullanımının yaygınlaştırılması, küçük ölçekli yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, toplum genelindeki verimlilik ve tasarruf bilincinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Uygulamalar başlığı altında Madde 7ç'de belirtilen toplam inşaat alanı yönetmelikte belirlenen mesken amaçlı kullanılan binalarda, ticari binalarda ve hizmet binalarında uygulanmak üzere enerji performansına ilişkin usul ve esaslar taslak aşamasındaki Yapı Denetimi Yönetmeliği tarafından düzenlenecektir. Mimari tasarım, ısıtma, soğutma, ısı yalıtımı, sıcak su, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularındaki normları, standartları, asgari performans kriterlerini, bilgi toplama ve kontrol prosedürlerini kapsayacak olan yönetmelik, TSE ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü ile müştereken hazırlanarak Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak Yapı Denetim Komisyonu Başkanlığı tarafından hazırlanan taslak aşamasındaki yönetmelikle düzenlenecektir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulacak bu yönetmeliğin 3. maddesine göre, hazırlanan yapı projeleri kapsamında enerji kimlik belgesi düzenlenir. Enerji kimlik belgesinde binanın enerji ihtiyacı, yalıtım özellikleri, ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ve binanın enerji tüketim sınıflandırması ile ilgili bilgiler asgari olarak bulundurulur. Mücavir alan dışında kalan ve toplam inşaat alanı bin metrekareden az olan binalar için enerji kimlik belgesi düzenlenmesi zorunlu değildir [74].

### **5.3.2 TSE Binalarda Isı Yalıtım Kurallarının (TS 825) Değerlendirilmesi**

TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” binaların ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanma kurallarını ve izin verilen maksimum ısıtma enerjisinin tespitine yönelik kurallara ilişkin bir standarttır. Bina kabuğunun tasarımını ve malzeme seçimini içerirken mekanik sistemlere yönelik kurallar içermez. Aynı şekilde elektrik ve su ısıtma sistemlerine dair kurallar da bulunmamaktadır. Bina dış kabuğunu iyileştirmeyi amaçlayan bu standart daha iyi konfor şartlarında yaşam ve binalardaki enerji tüketiminin azaltılması yönünden atılmış önemli bir adım olmakla birlikte ve 2000’den itibaren zorunlu tutulmasına rağmen, denetim yetersizliklerinden dolayı uygulamanın yeterli düzeyde gerçekleştirildiğini söyleyebilmek zordur [68].

TS 825, ısıtma enerjisi haricindeki diğer tüm enerji ihtiyaçlarını kapsam dışı bırakmaktadır. Dolayısıyla Türkiye’yi, kış mevsimi düşünülerek ve sadece ısıtma ihtiyacı gözönünde tutularak ortalama sıcaklık değerleri ve ısıtmaya yönelik derecelere göre 4 ana iklim bölgesine bölmüştür. Oysa kimi bölgelerde yazın soğutma için tüketilen enerji kışın ısıtma için gerekenden çok daha yüksek olmaktadır. Yaz iklim koşulları çok çeşitlilik gösteren Türkiye’nin coğrafi ve topografik koşulları gözönüne alınarak değerlendirilmeli ve iklim bölgeleri buna göre oluşturulmalı. Ayrıca bazı bölgelerde binalarda enerjinin büyük bir kısmı AC - yapay iklimlendirme için harcanmaktadır ki bu konu da TS 825’te yerini almamıştır. Soğutma enerjisinin büyük bir kısmının pencere camlarındaki ısı kazanımından dolayı olduğu düşünülürse termal akışı önlemek üzere pencereleri direk güneş radyasyonundan koruyan gölgeliklerle ilgili düzenleme olmaması da TS 825’in binalarda enerji konusuna bütünsel yaklaşım eksikliğinin sonuçlarından biridir. Termal köprüleri azaltmaya yönelik ve yalıtım malzemelerinin duvarda yerleşimlerine dair bilgi de içermemektedir. [66] Binaların termal niteliğini artırmak için araçlar çatı, duvar ve açıklıkların yalıtımı, güneşle ilişkisi, oryantasyonu, açıklıkların boyutu ve korunması, duvarların yansımaya özelliği, havalandırma sistemleri gibi konuların tamamını içermelidir. Aydınlatma, iklimlendirme, ısıtma teçhizatı ve su ısıtma sistemleri binaların enerji dengesinde önemli oranda yer almaktadır.

### **5.4. Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Yaklaşımı İle Değerlendirilmesi**

İnsanların ihtiyaçları ile çevresel sürdürülebilirliğin kesiştiği alanda ortaya çıkan “Yeşil Bina” kavramı birçok ülkede yasal düzenlemeler ve gönüllü bazda oluşturulan sertifikasyon sistemleri ile hayata geçirilmektedir. Türkiye’de de önceki bölümlerde belirtildiği gibi Nisan 2007’de çıkan Enerji Verimliliği Kanununda geçtiği şekliyle



“Bina Enerji Kimlik Belgesi” olarak gündeme gelmiştir. AB Direktifine uyum sürecinde konuya ilişkin atılacak adımların henüz çok başında olduğu ortadadır.

Mimarlar, Mimarlar Odası, İnşaat Mühendisleri Odası, İzoder, yapı malzemesi üreticileri, üniversitelerin ilgili fakülte ve bölümleri, Türkiye Müteahhitler Birliği gibi STK'lar ile TSE, DİE, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Enerji Bakanlığı gibi resmi kurumların ortak çalışması ile LEED ve benzeri sertifika sistemlerinin Türkiye'deki sosyal ve ekonomik koşullara uyarlanması gerekmektedir. Oluşturulacak olan bir “Yeşil Bina” sertifikasyon sistemi sayesinde sadece enerji etkinlik değil yaşam döngüsü boyunca bir binayla ilgili tüm konuların çevresel bir bakış açısıyla ele alınması mümkün olabilecektir.

Türkiye’de üniversitelerde enerji etkin bina ve iklimsel mimari ile ilgili tasarım araçları, yöntemleri geliştirilmiştir ve geliştirilmektedir; ancak gerekli mevzuatın olmaması, yukarıda belirtildiği şekilde tüm ilgili resmi, özel ve gönüllü kurum ve kuruluşların birlikte hareket etmemiş olmasından dolayı bu araçların kullanımı yaygınlaşmamıştır. Bunlara birkaç örnek vermek gerekirse: ISI-NEM [75], YERSON [76], VOKY [77], PENTAS [78]... Türkiye’de oluşturulacak sertifika ve değerlendirme sistemleri için öncelikle güvenilir kaynaklardan alınacak sağlıklı gömülü enerji verileri, binalarda enerji tüketimine dair yurtiçi ve yurtdışı istatistiklerin bulunması gereklidir.

Tezin bu bölümünde, yapı sektöründe mimarlar tarafından tasarım aşamasında kullanılacak, “Enerji Etkin Bina Tasarımının Yaşam Döngüsü Süreçlerinde İncelenmesi”ne dair bir tablo oluşturulmuştur (Tablo 4.3). Faydalanılan kaynaklar arasında enerji hedef ve stratejileri ile Minnesota Üniversitesi “Sustainable Design Guide”, enerji konusuna bütünsel yaklaşımı ile “LEED for Homes 2007”, İTÜ Mimarlık Fakültesi katkısı ile Tübitak Yapı Araştırma Enstitüsü Yapım Planlama Araştırma Bölümünde hazırlanan “Toplu Konut İşletmesi Projesi Kontrol Listeleri” bulunmaktadır. Yaşam Döngüsünün “Kullanım Öncesi”, “Kullanım” ve “Kullanım Sonrası” fazlarında binanın enerji etkinliğini etkileyecek tasarım kararları ortaya konmuştur.

Yaşam Döngüsü Yaklaşımında binaların toplam enerji tüketimi farklı fazlarda farklı yüzdelerdedir. Tezin önceki bölümlerinde bahsi geçtiği üzere yapılan çeşitli araştırmalarda binaların yaşam döngüsünde kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %85 - %93’nün kullanım dönemine, %6 - %10’nun kullanım öncesi döneme ve %0.2 - %5’inin kullanım sonrasına ait olduğuna dair veriler bulunmaktadır. Binanın kullanım amacına ve bulunduğu yörenin iklimsel özelliklerine göre enerji kullanım miktarları, yüzdeleri ve enerji etkin tasarım parametreleri farklılık gösterecektir ve

verilen kredi puanları ve oranları değişecektir. Örneğin; Ofislerde tüketilen toplam elektrik enerjisinin %50'sinden fazlası aydınlatmaya harcanmaktadır. 38 mm çaplı 20 W, 40 W ve 65W'lık lambalar yerine, 26 mm çaplı sırasıyla 18 W, 36 W ve 58W'lık floresan lambalar kullanılmaya sunulmuştur. Ofislerde elektronik balastlı 58 W'lık floresan lambaların kullanıldığı verimli armatürlerle birlikte otomatik kontrol sistemlerinin de kullanılması ile %75'lere ulaşan enerji tasarrufu sağlanır [79].

Standart bir binanın yaşam döngüsü boyunca harcadığı enerjinin %90'ına yakını kullanım döneminde harcadığını, ayrıca bu enerjinin % 85'inin ısıtma-soğutma için harcadığını tez içerisindeki örneklerden biliyoruz. Pasif ev standartları ise enerji etkinlik açısından bilinen en iyi örneklerdendir. İngiltere'de Pasif ev standartlarında üretilen ortalama yeni bir ev, yapı mevzuatına göre ısıtma için %77 daha az harcama yapmaktadır. İrlanda'daki bir başka pasif evin %85 daha az ısıtma enerjisi harcadığı hesaplanmıştır. Bir pasif evin ortalama olarak ısıtma-soğutma enerjisini %80 civarında düşürdüğü varsayılırsa, kullanım döneminde harcanan enerjinin büyük bir kısmını oluşturan ısıtma-soğutma giderlerinde yapılan bu iyileştirme ile binanın yaşam döngüsünde kullandığı enerjide çok yüksek bir oranda azalma sağlanmaktadır. Örneğin bina kabuğunda yer alan dış duvarların tasarımında alınacak pasif kararlar kullanım dönemindeki ısıtma soğutma giderlerini büyük oranda düşürecektir. Binanın tasarım aşamasında verilecek doğru kararların kullanım dönemi boyunca enerji ihtiyacını minimuma indirmesi, tasarım kriteri olarak kullanım dönemindeki tüm enerji etkin teçhizatın sağlayacağı avantajlara oranla önem kazanmaktadır.

Enerji Etkin Bina Tasarımının, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının sadece elektrik ve sıcak su üretmek için değil, binanın kullanıcılarının konfor koşullarının sağlanmasında ve binanın beşikten mezara, ömrü boyunca tükettiği toplam enerjinin düşük seviyede kalmasında önemli rolü vardır. İklima, yöreye göre tasarlanan bir binanın, uygun malzeme seçimi ve tasarım ile harcamaların en fazla olduğu kullanım döneminde bilhassa ısıtma soğutma giderlerini düşürmesi, standart binalarda kullanıcılara enerji tasarrufu için uymaları önerilen kuralların tümünün getireceği faydadan çok daha önemlidir.

İncelemenin yapıldığı Tablo (4.3)'da binanın yer seçimi, form, konum, yönlendirilişi vb ile ilgili tasarım kararlarının, ısıtma/soğutma gibi enerji harcamalarının en yoğun olduğu kullanım dönemlerine etkisinin anlaşılabilmesi için dikkate alınması gereken bazı hususlar anlatılmaya çalışılmıştır. Binaların kullanım dönemi enerji harcamalarının bir bölümünü oluşturan sıcak su üretimi ve elektrikli cihazlar bu tabloya alınmamıştır.



## 6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sürdürülebilir çevre için enerji etkin tasarımın yaşam döngüsü sürecinde incelenmesi konusu tezin önceki bölümlerinde ele alınış sıralamasına göre çevre, enerji, bina ve enerji, YDY, YDY ve bina, Türkiye, enerji ve YDY, farkındalık başlıklarıyla özetlenmiştir.

### 1 – Çevre

Yaşamın devamı için çevresel sürdürülebilirlik kavramı kaynak ve enerji tüketen tüm sektörlerce hassasiyetle ele alınmalıdır. Ekolojik yıkım, canlı sağlığı tahribatı ve kaynak tüketiminde tüketiciler de yaşam tarzları ve tanımladıkları ihtiyaç kavramları ölçüsünde sorumludur. Kaotik olan modern dünyada ekonomik sistemlerin şekil verdiği üretim ve tüketim biçimlerinde çevresel kaygılara yer verilebilmesi için kanunlara ve denetime ihtiyaç vardır. Karar vericilerin bütünsel bakış açısına sahip olarak ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğin ancak ekolojik sürdürülebilirlik ile mümkün olabileceğini düşünmeleri gerekir.

### 2 – Enerji

İnsanoğlu, kendisi ve hayvanlarının üretebileceği güçten çok daha fazlasını son 150 yıldır kullandığı fosil yakıtlar ile çalıştırdığı makineler vasıtasıyla elde edebilmektedir. Ortaya çıkan yeni yaşam biçimleri enerji bağımlılığını giderek arttırmaktadır. Yenilenebilir olmayan ve kaynak tüketimine sebep olan fosil yakıtların kullanımı hem çevreyi kirletmekte hem de küresel ısınmadan sorumlu seragazlarının salımına nedendir. Çevresel sorunların geri dönüşü olmayan noktalara yaklaştığı bu günlerde güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir olan alternatif enerji kaynaklarına yönelmesi şarttır. Ayrıca enerjinin verimli kullanılabilmesine öncelik verilmesi gerekir. Daha az enerji bağımlısı olan bir yaşam tarzı benimsenmelidir.

### 3 – Bina ve Enerji

Yapı sanayisinin toplam enerji tüketindeki payı düşünüldüğünde, bina ölçeğinde enerji etkinlik kavramı çevresel sürdürülebilirlik için çok önemlidir. Malzeme ve enerji girdilerinin haricinde doğaya uygun, gezegenin döngülerine hassas, iklim, coğrafya, rüzgar, güneş gibi değişkenleri avantajına değerlendirebilen tasarım kararlarının enerji tüketiminin indirgenmesindeki rolü, kullanım döneminde konfor koşullarının

sağlanması amacıyla kullanılan ve enerji etkin olan aktif sistemlerle birleştiğinde üst noktaya çıkacaktır.

#### 4 – YDY

Çevresel sürdürülebilirlik ve dolayısıyla enerji etkinlikten bahsedebilmek için üretime ve tüketime Yaşam Döngüsü (YD) bakış açısı ile bakmak şarttır. YD Değerlendirmesi için amaç tanımı ve işin kapsamı net bir şekilde belirlendikten sonra veritabanlarından faydalanmak suretiyle etki değerlendirmesi yapılır. Her aşamasında yorumlama gerektiren bu süreç için güvenilir kaynaklı bilgiye ve bu bilgiyi kullanacak yetişmiş elemanlara ihtiyaç vardır. Ekolojik hassasiyetin artmasını fırsat bilen ve yanıltıcı pazarlama yaparak ürününe “yeşil” etiketi konduranlara karşılık olarak, gerçekten neyin sürdürülebilir çevre için uygun olduğunu YDD laboratuvar sonuçlarıyla tarafsız olarak ortaya koymalıdır.

#### 5 – YDY ve Bina

Yapı sanayisinin, ekolojik çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkinin görülebilmesi ve iyileştirmeler yapılabilmesi için tasarım kriterleri YDY ile oluşturulmalıdır. Son bölümde hazırlanan tablodan da (Tablo 4.3.) anlaşılacağı üzere enerji tüketiminin en yoğun olduğu kullanım dönemindeki ısıtma/soğutma harcamalarının düşürülebilmesi binanın tasarımı öncesi yer ve malzeme seçiminden başlamaktadır. Hedeflenen enerji etkinlik binanın tüm yaşam sürecine yansımalıdır. Kullanım öncesi ve kullanım sonrası dönemlerinin tasarım kararlarında kullanılan malzemelerin niteliği ve ekolojik çevreye uygunluğunun yanısıra gömülü enerjilerinin düşük olması da gözetilmelidir. Yapı malzemelerinin ve elemanlarının yeniden kullanılabilmesine imkan tanıyan, bina inşaatı için ağır iş makineleri gerektirmeyen tasarımlar ve inşaat teknikleri kullanım öncesi ve sonrasında tüketilen enerjisini düşük olmasına yarayacaktır. Karmaşık olan tasarım sürecinde IT sektöründen, yazılımlardan faydalanılması büyük önem kazanmaktadır.

#### 6 – Türkiye, enerji ve YDY

Ülkemizde de yapı sanayisine dair mevzuat ve denetimin çevresel sorunlar göz önünde bulundurularak şekillendirilmesi gerekmektedir. Yapılarda enerji etkinlik, varolan kanunlar geliştirilerek, uygulanarak ve sertifikasyon sistemleri getirilerek sağlanmalıdır. Türkiye’de uygulanacak projeler için değerlendirme sistemleri oluşturulmalıdır. Bakanlıklar, meslek odaları ve STK’ların kuracağı komisyonlarca hazırlanacak olan bu değerlendirme sistemlerinde uygun projelerin hayata geçmesine kolaylıklar getirmelidir. YDY ile enerji etkin tasarım yapılabilmesi için

üniversitelerin de katkısıyla Türkiye'ye özgü veritabanlarına ve yazılımlara ihtiyaç vardır.

AB uyum süreciyle beraber yeni çıkan kanun ve yönetmelikler ile varolan mevzuata ilişkin iyileştirmeler Nisan 2007'de çıkan Enerji Verimliliği Kanunu bu konudaki en son gelişmedir. Kanunda yeralan binalarda enerji kimlik belgesinin hayata geçmesi için sadece taslak aşamasındaki yeni Yapı Denetimi Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi yeterli olmayacaktır. Bu konuda tüm inşaat sektörünün önemli adımlar atması gerekmektedir.

#### 7 – Farkındalık

Tasarımcıların, mimar, mühendis ve karar vericilerin çevresel sürdürülebilirlik konusunda duyarlı ve bilinçli olmaları, sorumlulukları gereği bilgilerini sürekli güncel tutmaları gerekmektedir. Aynı zamanda kullanıcıların da ihtiyaçlarını tespit ettikleri noktaları tekrar gözden geçirmelerini sağlayacak farkındalıklar yaratılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] <http://www.pwc.com/extweb/industry>. (7 Eylül 2006)
- [2] UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change Key GHG Data, 2005 <http://unfccc.int/resource/docs/2005/sbi/eng/18a02.pdf>
- [3] United Nations, 24th February 2005, Department of Economic and Social Affairs Population Division, World Population Prospects The 2004 Revision
- [4] GEO-3, UNEP, Küresel Çevreye Bakış Raporu Birleşmiş Milletler Çevre Programı Published by United Nations Environment Programme, © 2002
- [5] Kim, Jong-Jin, December 1998, Sustainable Architecture Module: Introduction to Sustainable Design, University of Michigan, College of Architecture and Urban Planning, National Pollution Prevention Center for Higher Education
- [6] Appendix H - Notes on Scenarios of Environmental Impacts Associated with Construction and Occupation of Homes <http://statistics.defra.gov.uk/esg/reports/housing/appendh.pdf>
- [7] L.C. Tsoi, T. and Choi, S., April 2003, Monitoring of Solid Waste in Hong Kong, Waste Statistics for 2002, Environmental Protection Department, Published By Facilities Planning Group, Environmental Protection Department
- [8] Japan for Sustainability, <http://www.japanfs.org/> (17 Eylül 2006)
- [9] Halls, S., Building and Construction: A Sustainable Future UNEP International Environmental Technology Center Sustainable Design Magazine <http://www.sdstyle.org/article.php?id=120> (22 Ekim 2006)
- [10] Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve Delft Üniversitesi işbirliği ile hazırlanan D4S – Sürdürülebilirlik için Tasarım başlıklı yayın <http://www.d4sde.org/manual/d4sChapter02.pdf>
- [11] DPT - Devlet Planlama Teşkilatı 9. Kalkınma Planı (2007 – 2013), Mayıs 2006 İnşaat, Mühendislik - Mimarlık, Teknik Müşavirlik ve Müteahhitlik Hizmetleri Üzerine Özel İhtisas Komisyon Raporu, S. 94, 34, 35, 37
- [12] Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, No.5491 <http://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k5491.html> (3 Kasım 2006)
- [13] Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Genel Müdürlüğü T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı <http://www.cedgm.gov.tr/ced.htm> (4 Kasım 2006)
- [14] Vehkamäki, S., 2005, The Concept of Sustainability in Modern Times, University of Helsinki, Department of Economics and Management, University of Helsinki, Finland, ISBN 952-10-2817-3 (pdf) ISSN 1235-4449 . Sustainable use of renewable natural resources — from principles to practices. University of Helsinki Department of Forest Ecology Publications 34. [http://www.mm.helsinki.fi/mmeko/sunare/22\\_Vehkamaki.pdf](http://www.mm.helsinki.fi/mmeko/sunare/22_Vehkamaki.pdf)
- [15] Shanna L. Halpern tarafından yapılan dökümantasyon: “The United Nations Conference on Environment and Development: Process and Documentation” Çevre ve Kalkınma üzerine Rio Deklarasyonu, Çevre ve Kalkınma üzerine

- Birleşmiş Milletler Raporu, Rio de Janeiro, 3-4 Haziran 1992  
<http://www.ciesin.org/docs/008-585/unced-home.html> (2 Aralık 2006)
- [16] <http://www.un.org/esa/sustdev/csd/aboutCsd.htm> (27 Ekim 2006)
- [17] Peterson, K. L., Dorsey, J. A., March 2000, "Roadmap for Integrating Sustainable Design into Site-Level Operations", Prepared for the U.S. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington 99352, The Brendle Group, Inc., Ft. Collins, Colorado
- [18] National Round Table on the Environment and The Economy, Canada  
<http://www.sustreport.org/indicators/index.html> (27 Ekim 2006)
- [19] Goodland, R. and H. Daly. 1996. Environmental sustainability: universal and non-negotiable. Ecological Applications 6: 1002-1017  
<http://www.dbc.uci.edu/~sustain/state/chapter1.htm> (23 Kasım 2006)
- [20] "Ortak Geleceğimiz" - WCED Raporu, 1987, Londra: Oxford Üniv. Yayınları,  
<http://www.worldsummit2002.org/index.htm?http://www.worldsummit2002.org/guide/brundtland.htm> (19 Kasım 2006)
- [21] <http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#1.1> (29 Kasım 2006)
- [22] Minnesota Sustainable Design Guide, University of Minnesota  
<http://www.sustainabledesignguide.umn.edu/> (17 Aralık 2006)
- [23] Fisher, Thomas A., AIA, November, 1992, <http://squ1.com/> (4 Aralık 2005)
- [24] Pearce A.R., Hastak M., and Vanegas J.A., A Decision Support System for Construction Materials Selection Using Sustainability as a Criterion  
<http://maven.gtri.gatech.edu/sfi/resources/pdf/CP/CP003.PDF>
- [25] Kaan, H. F., de Boer, B. J., Passive Houses: Achievable Concepts For Low Co2 Housing, Energy Research Centre of the Netherlands  
[http://www.ases.org/chapter\\_newsletter/2005/JA05/SWC\\_Passive\\_Solar\\_Design.pdf](http://www.ases.org/chapter_newsletter/2005/JA05/SWC_Passive_Solar_Design.pdf)
- [26] U.S. Department Of Energy, Passive Solar Design, December 2000 Office Of Building Technology, State And Community Programs, Energy Efficiency And Renewable Energy, DOE/GO102000-0790  
<http://www.eere.energy.gov/buildings/info/documents/pdfs/29236.pdf>
- [27] <http://www.passivehouse.com/English/PassiveH.HTM> (14 Kasım 2006)
- [28] Çakmanus, İ. ve Böke, A., T.C. Merkez Bankası Binaların Güneş Enerjisi ile Pasif Isıtılması ve Soğutulması  
[http://www.yapi.com.tr/V\\_Images/arastirma/235gunesenerjisi.pdf](http://www.yapi.com.tr/V_Images/arastirma/235gunesenerjisi.pdf)
- [29] Curtis-McLane, R., Keltz, J., Trattner, H. and Widay, J., December 7, 2000 The Green House Effect: Designing a Sustainable House for the Middlebury College Campus, ES 401 Fall 2000  
<http://www.middlebury.edu/NR/rdonlyres/948555B4-7F19-4C27-BB89-7C45ECCA33F2/0/SolarHouseProject.pdf>
- [30] Cox, B., and Zaslów, S., December 1999, Passive Solar Options For North Carolina Homes, SOLAR CENTER INFORMATION  
[http://solartest.ncsu.edu/information\\_resources/factsheets/02option.pdf](http://solartest.ncsu.edu/information_resources/factsheets/02option.pdf)
- [31] Arıkan, Y., İklim Değişikliği Proje Yöneticisi İklim Değişikliği ile Mücadelede Enerji Verimliliği Bölgesel Çevre Merkezi Türkiye Ofisi (REC Türkiye)  
<http://www.izoder.org.tr/pdfadmin/files/1161249866.pdf>
- [32] Hegner, H. D. ve Sağlam, O., Binaların Enerji Performansı AB Yönergesi 2002/91/ec: AB, Almanya ve Türkiye'deki Hazırlıklar TMH - Türkiye



Mühendislik Haberleri sayı 434 - 2004/6  
<http://www.imo.org.tr/Yayinlar/tmh/tmh434/05-OSaglam.pdf>

- [33] California Energy Comission - Glossary of Energy Terms  
<http://www.energy.ca.gov/glossary/> (3 Aralık 2006)
- [34] Tübitak, Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi, 24 Temmuz 2003 Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu, Ankara  
[http://vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/paneller/enerjivedogalkaynaklar/raporlar/enerji\\_son\\_surum.pdf](http://vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/paneller/enerjivedogalkaynaklar/raporlar/enerji_son_surum.pdf)
- [35] Life Cycle Assessment: Principles And Practice, May 2006 Scientific Applications International Corporation (SAIC) U.S. Environmental Protection Agency (EPA) EPA/600/R-06/060  
[http://www.epa.gov/ord/NRMRL/lcaccess/pdfs/chapter1\\_frontmatter\\_lca101.pdf](http://www.epa.gov/ord/NRMRL/lcaccess/pdfs/chapter1_frontmatter_lca101.pdf)
- [36] Svoboda, S., March 1995, Note on Life Cycle Analysis, Manager of the University of Michigan Corporate Environmental Management Program (CEMP). National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan
- [37] GEN - Global Ecolabelling Network, <http://www.gen.gr.jp/eco.html> (10 Aralık 2006)
- [38] Alagöz, S. B., Yeşil Pazarlama ve Eko Etiketleme Selçuk Üniversitesi Karaman İİBF İşletme Bölümü Türk Dünyası Celalabad İşletme Fakültesi Sosyal Bilimler e-Dergisi, sayı 11, 2006, ISSN:1694-528X [www.akademikbakis.org](http://www.akademikbakis.org) (11 Aralık 2006)
- [39] EMAS The European Eco-Management and Audit Scheme, EU 11/08/2006, Sustainable Consumption and Production Workshop İstanbul, [http://www.rec.org.tr/files/special/REC\\_SCP\\_PHamon.pdf](http://www.rec.org.tr/files/special/REC_SCP_PHamon.pdf)
- [40] Özeler, D. ve Demirer, G. N., 2001, Önleyici Çevre Yönetiminde Ürün ve Proses Optimizasyonu için Yeni Bir Yöntem; Hayat Boyu Değerlendirme (Life Cycle Assessment), Orta Dogu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Endüstri ve Otomasyon, No: 41, Ağustos 2000, 66-69.  
<http://www.enve.metu.edu.tr/people/goksel.demirer/temizuretim/doc/B0007.pdf>
- [41] Tan, R. R., and Culaba, A. B., Environmental Life-Cycle Assessment: A Tool for Public and Corporate Policy Development De La Salle University – Manila <http://www.lcacenter.org/library/pdf/PSME2002a.pdf>
- [42] Tavmergen, İ., ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri: Uygulama Aşamaları Ve Uygulayanlara Sağladığı Faydaları Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi <http://www.cevremuhendisleri.com/makaleler.asp?procid=42&sayfa=1> (18 Aralık 2006)
- [43] The Life Cycle Initiative, UNEP ve SETAC, Life cycle assesment, life cycle management, life cycle approaches International Life Cycle Partnership for a sustainable world <http://lcinitiative.unep.fr/> (5 Aralık 2006)
- [44] Fay, R., and Treolar, G., November 1998, Life Cycle Energy Analysis, A measure of the environmental impact of buildings Environment Design Guide, GEN 22, Page 1
- [45] Citherlet S. and Defaux T., 30 September 2005, Energy And Environmental Comparison Of Three Variants Of A Family House During Its Whole Life Span, Laboratory of Solar Energetic and Building Physics (LESBAT),

Applied University of West-Switzerland (HES-SO/EIVD), CH-1401 Yverdon-les-Bains, Switzerland Building and Environment 42 (2007) 591–598

- [46] Milne, G. and Reardon, C.,  
<http://www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/pdf/fs31.pdf>
- [47] Ambrose, G.D., Salomonsson and Burn, S. October 2002© CSIRO 2002  
Piping Systems Embodied Energy Analysis  
<http://www.pipa.com.au/PDFs/PipingEE.pdf>
- [48] Adalberth K., 7 November 1996, Energy use during the Life Cycle of Buildings: a Method, Building and Environment, Vol 32, No. 4, pp. 317-320, 1997 Elsevier Science Ltd., Printed in Great Britain
- [49] Lippke, B., Wilson, J., Perez-Garcia, J., Bowyer, J. and Meil J., June 2004, CORRIM: Life Cycle Environmental Performance of Renewable Building Materials, Journal Forest Products, Vol. 54, No: 6  
[http://www.corrim.org/reports/pdfs/FPJ\\_Sept2004.pdf](http://www.corrim.org/reports/pdfs/FPJ_Sept2004.pdf)
- [50] Venkatarama Reddy, B.V., Jagadish, K.S., 25 November 2001 Embodied Energy Of Common And Alternative Building Materials And Technologies, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Science, Energy and Buildings No:35, 2003, pages 129–137
- [51][http://www.canadianarchitect.com/asf/perspectives\\_sustainability/measures\\_of\\_sustainability/measures\\_of\\_sustainability\\_embodied.htm](http://www.canadianarchitect.com/asf/perspectives_sustainability/measures_of_sustainability/measures_of_sustainability_embodied.htm) (Nisan 2007)
- [52] Adalberth K., 7 November 1996, Energy Use During the Life Cycle of Single Unit Dwellings: Examples: d Environment, Vol 32, No. 4, pp. 321-329, 1997, 1997 Elsevier Science Ltd., Printed in Great Britain
- [53] İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu Sanayi, Bina, Atık Yönetimi Ve Hizmet Sektörlerinde Sera Gazı Azaltımı Çalışma Grubu Raporu Koordinatör Kuruluş Elektrik İşleri Etüt İdaresi Ekim 2004, Ankara
- [54] <http://ekutup.dpt.gov.tr/sanayi/verimlilik/kavakk/enerji.pdf> ( Nisan 2007)
- [55] Environment Ministry Makes Drastic Cuts to Its Office Heating, Lighting 17.02.2007, <http://www.japanfs.org/db/1634-e> (Mart 2007)
- [56] Scheuer, C. W. and Keoleian, G.A., September 2002, Evaluation of LEED: Using Life Cycle Assessment Methods, Center for Sustainable Systems University of Michigan NIST GCR 02-836 - National Institute Of Standards And Technology <http://www.bfrl.nist.gov/oae/publications/gcrs/02836.pdf>
- [57] Yorgancıoğlu, P., Mayıs 2004, İTÜ Yüksek Lisans Tezi Sürdürülebilir Yapım Kavramının Uygulamaya Aktarılmasındaki Araç, Yöntem ve Yaklaşımlara İlişkin Bir Değerlendirme
- [58] <http://old.biomass.govtools.us/news/DisplayRecentArticle.asp?idarticle=193> (Nisan 2007)
- [59] <http://www.epa.gov/epp/tools/bees.htm> (Ocak 2007)
- [60] Stewart, R., BREEAM, Assessing the Environmental Performance of Buildings [http://www.ccinw.com/images/publications/Intro\\_BREEAM.pdf](http://www.ccinw.com/images/publications/Intro_BREEAM.pdf)
- [61] BRE – Bina Araştırma Kurumu, Çevre Değerlendirme Metodu BREEAM <http://www.breeam.org/index.html> (17 Aralık 2006)
- [62] Howard, N., Edwards, S. and Anderson, J. BRE Methodology for Environmental Profiles of Construction Materials, Components and Buildings - <http://cig.bre.co.uk/> (20 Aralık 2006)

- [63] Green Guide for Managers on the Government Estate, Department for Environment, Food & Rural Affairs, UK Greening Government: Towards More Sustainable Construction  
<http://www.defra.gov.uk/environment/greening/land/suscon/index.htm>(11 Ocak 2007)
- [64] LEED for Homes Program Pilot Rating System, US Green Building Council, Version 1.11a, January 2007
- [65] Integrating LCA into LEED Working Group A(Goal and Scope), December 2006 Interim Report #1,  
<https://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=2241> (Şubat 2007)
- [66] Mourtada, A., Background of Energy Building Codes and Main Technical Recommendations as a Necessary Addition to a Revised TS 825, Twinning “Improvement of the Energy Efficiency in Turkey”, EİE
- [67] Özgür, A. Binalarda Enerji Performansı Direktifi Uyumlaştırma Çalışmaları, 2005 Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
- [68] DPT Dokuzuncu Kalkınma Planı Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Aralık 2006
- [69] <http://www.eie.gov.tr/index.html> (Nisan 2007)
- [70] Kaya, M., Türkiye'nin Enerji Kaçak ve Kayıp Profili, İşveren Dergisi, Aralık 2005, [http://www.tisk.org.tr/isveren\\_sayfa.asp?yazi\\_id=1340&id=71](http://www.tisk.org.tr/isveren_sayfa.asp?yazi_id=1340&id=71) (Nisan 2007)
- [71] DPT – Devlet Planlama Teşkilatı Sekizinci 5 yıllık Kalkınma Planı
- [72] <http://ydk.bayindirlik.gov.tr/yapi%20denetimi%20taslak.htm> (Nisan 2007)
- [73] Yapı Denetimi Hakkında Kanun, <http://ydk.bayindirlik.gov.tr/4708.htm> (Nisan 2007)
- [74] Enerji Verimliliği Kanunu  
<http://rega.basbakanlik.gov.tr/eskiler/2007/05/20070502-2.htm> (Nisan 2007)
- [75] Yılmaz, Z., A Mathematical Model for Predicting the Thermal Performance of Building Envelope, Alternative Energy Sources VI-Solar Applications/Waste, Energy, Vol.2, 1985, pp.3-14.
- [76] Ok, V., YERSON, A Procedure for Calculating Cooling Load Due to Solar Radiation The Shading Effect from Adjacent or nearby Buildings VOK paper 1990
- [77] Ok, V., VOKY, İklimsel Karaktere Bağlı Olarak Optimum Performans Gösteren Yerleşme Yoğunluğunun Belirlenmesi Geliştirilen Bir Yöntem VOK doktora 1983
- [78] Küçükdoğu, M.Ş., Pentas, “İklimsel Konfor ve Aydınlık Seviyesine Bağlı Görsel Konfor Gereksinimleri Açısından, Pencereilerin Tasarlanmasında Kullanılabilecek bir Yöntem”, 1975
- [79] Enerjinin Etkin ve Verimli Kullanılmasının Ana Hatları, TMMOB, Şubat 2005  
<http://www.tmmob.org.tr/modules/books/pdf/enerji.pdf>

## **ÖZGEÇMİŞ**

24.09.1964 Kastamonu doğumlu olan Tuna ÖZÇUHADAR, 1991 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümün'den mezun olmuştur. 2001 senesinden itibaren "sürdürülebilir yaşam için tasarım" kavramı ile ilgilenmektedir.