

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNALAR İÇİN ÇEVRESEL ÜRÜN BİLDİRİMİNE
SAHİP YAPI MALZEMELERİ KONUSUNDA TÜRKİYE'DE
MEVCUT DURUMUN İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Katya KAYA**

Anabilim Dalı : Enerji Bilim ve Teknoloji

Programı : Enerji Bilim ve Teknoloji

EKİM 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNALAR İÇİN ÇEVRESEL ÜRÜN BİLDİRİMİNE
SAHİP YAPI MALZEMELERİ KONUSUNDA TÜRKİYE'DE
MEVCUT DURUMUN İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Katya KAYA
301091083**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01 Ekim 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Ekim 2011**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ (İ.T.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Filiz Baytaş (İ.T.Ü)
Prof. Dr. Leyla Tanaçan (İ.T.Ü)**

EKİM 2011

Babama,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince her türlü desteğini esirgemedi bana yardımcı olan, daima sabır ve özveriyle beni yönlendiren, deneyimlerini paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Ayşe Zerrin YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmama katkılarından dolayı ÇEDBİK'e teşekkür ederim

Tüm hayatım boyunca hiçbir zaman desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen ve her an yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

Ekim 2011

Katya KAYA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
SEMBOL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Binaların Çevresel Etkileri.....	1
1.2 Sürdürülebilir Binalar	2
2. YAPI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK	5
2.1 Malzeme Akışı ve Sürdürülebilirlik	5
2.2 Malzeme ya da Ürünlerin Çevresel Etkilerinin Azaltılması	7
2.2.1 Geri Dönüşüm Potansiyeli Yüksek Olan Malzemelerin Kullanılması	8
2.2.2 Yerel Olarak Üretilen Malzemelerin Kullanılması.....	9
2.2.3 Sertifikalı Malzeme Kullanılması.....	9
2.2.4 Minimum İşlenmiş Malzemelerin Kullanılması.....	10
2.2.5 Düşük İçerilmiş Enerjiye Sahip Malzemelerin Tercih Edilmesi	11
2.2.5.1 İçerilmiş Enerji	11
2.2.6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Üretilen Malzemelerin Tercih Edilmesi	15
2.2.7 Çevreye Zararlı Etkileri Daha Az Olan Malzemelerin Seçilmesi	16
2.2.8 Az Su Tüketimi ve Kirliliğe Neden Olan Malzemelerin Seçilmesi	16
2.2.10 Sonuç.....	16
3. YAPI MALZEMELERİN SEÇİMİNDE KULLANILAN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	17
3.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin Tarihçesi.....	17
3.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin Aşamaları	21
3.2.1 Amaç ve Kapsam Tanımı Aşaması.....	21
3.2.2 Yaşam Döngüsü Envanter Analizi Aşaması	25
3.2.3 Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme Aşaması	30
3.2.4 Yaşam Döngüsü Yorum Aşaması.....	31
3.3 Yapı Malzemeleri için Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemini Kapsayan Araçlar	33
3.3.1 Binayı Bir Bütün Olarak Ele Alıp Değerlendiren Araçlar	33
3.3.1.1 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design-USA, Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik-ABD).....	34
3.3.1.2 BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method-UK, Bina Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi-İngiltere).....	36
3.3.2 Tasarımda Karar Destek Araçları	37

3.3.2.1 ATHENA Çevresel Etki Tahmin Edici ve Eko-Hesaplayıcı	38
3.3.2.2 BEES (Building for Environment and Economic Sustainability- Finland, Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik için Bina-Finlandiya)	39
3.3.3 Ürünlerin Karşılaştırılmasında Kullanılan Araçlar	41
3.3.3.1 GaBi.....	41
3.4 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi ile Geliştirilen Çevre Etiketleri ve Bildirimleri	42
3.4.1 Tip I Çevre Etiketini.....	42
3.4.2 Tip II Çevre Etiketini.....	43
3.4.3 Tip III Çevre Etiketini	43
3.5 Sonuç.....	44
4. TÜRKİYE’DE ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTMAK ÜZERE YAPI MALZEMELERİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARİ	45
4.1 Türkiye’de Çevre Ürün Bildirimi (ÇÜB)	45
4.2 YDD Yöntemi Kullanarak Çevre Ürün Bildirimine Sahip Yapı Malzemesi için İlgili Olabilecek Yasal Düzenlemeler ve Örnek Çalışma	47
4.2.1 Otoklavlanmış Gaz Beton ile İlgili Örnek ÇÜB Çalışması	47
4.2.2 Yasal Düzenlemeler.....	60
4.2.2.1 Çevre Kanunu	61
4.2.2.2 Maden Kanunu	62
4.2.2.3 Enerji Verimliliği Kanunu	62
4.2.2.4 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği	63
4.2.2.5 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	63
4.2.2.6 Yapı Malzemeleri Yönetmeliği.....	64
4.2.2.7 Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği.....	65
4.2.2.8 Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik	65
4.2.2.9 Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği.....	66
4.2.2.10 Endüstriyel Tesislerden Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	67
4.2.2.11 Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği	67
4.2.2.12 Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği	68
4.2.2.13 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	68
4.2.2.14 Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği	68
4.2.2.15 Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği.....	68
4.2.2.16 Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (ÇED).....	69
4.2.2.17 Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik.....	69
4.2.2.18 Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik.....	70
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR.....	75

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BEES	: Building for Environment and Economic Sustainability
BREEAM	: Building Research Establishment's Environmental Assessment Method
CASBEE	: Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇÜB	: Çevre Ürün Bildirimi
DGNB	: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EPA	: Environmental Protection Agency
EPD	: Environmental Product Declaration
FSC	: Forest Stewardship Council
IBU	: Institut Bauen and Umwelt
IEA	: International Energy Agency
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
LISA	: LCA in Sustainable Architecture
NIST	: Institute of Standards and Technology
OECD	: Organization for Economic Cooperation and Development
OGB	: Otoklavlanmış Gözenekli Beton
PCR	: Product Categorization Rules
REPA	: Resource and Environmental Profile Analysis
SETAC	: The Society for Environmental Toxicology and Chemistry
TEAM	: Tool for Environmental Analysis and Management
TSE	: Türk standartları Enstitüsü
UNEP	: United Nations Environmental Programme
USGS	: The U.S. Geological Survey
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YDEA	: Yaşam Döngüsü Envanter Analizi
YDED	: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Yapılı çevrenin etkileri.....	2
Çizelge 1.2 : Çeşitli boyutlarda sürdürülebilirlik	3
Çizelge 2.1 : İç hava kalitesini yakından ilgilendiren yapı malzemeleri.....	8
Çizelge 2.2 : Genel yapı malzemelerin içerilmiş enerjileri	14
Çizelge 3.1 : YDD yöntemine ilişkin TS EN ISO 14040 standartları.....	20
Çizelge 3.2 : Bazı yapı malzemelerin üretimi için gerekli olan enerji miktarı	28
Çizelge 3.3 : Bazı yapı malzemelerin ömürleri.....	29
Çizelge 3.4 : Temel yapı malzemelerinin birim üretimi için ısı enerji miktarları	29
Çizelge 3.5 : Yapı malzemelerinin üretim ve ulaşımı için gerekli olan enerji	30
Çizelge 3.6 : Etki kategorileri ve kategori göstergeleri ve kategori uç noktası.	32
Çizelge 3.7 : LEED kategorileri ve puanlar.....	35
Çizelge 3.8 : LEED dereceleri ve puanlar	36
Çizelge 3.9 : BREEAM çevresel etki ağırlıkları.....	37
Çizelge 4.1 : 1m ³ OGB üretimi için birincil enerji girdisi.....	55
Çizelge 4.2 : Su tüketimi	58
Çizelge 4.3 : 1m ³ OGB üretimi boyunca birikmiş atık.....	58
Çizelge 4.4 : 1m ³ OGB üretiminin çevresel etkiye olan tüm katkıları	59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	: Sürdürülebilir yapı tasarımı için yol haritası taslağı	4
Şekil 2.1	: Malzeme akışı.....	6
Şekil 2.2	: Agregta için malzeme akışı.	6
Şekil 2.3	: FSC sorumluluk zinciri	10
Şekil 2.4	: İçerilmiş enerjinin hesaplanması için aşamalar	11
Şekil 2.5	: İçerilmiş enerji modellemesi.	13
Şekil 3.1	: Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü faz diyagramı	19
Şekil 3.2	: Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları	21
Şekil 3.3	: Yapı malzemelerin yaşam döngüsündeki sistem sınırları	23
Şekil 3.4	: Yapı Ürünü Sistemi.	25
Şekil 3.5	: Yaşam döngüsü envanter analizi için ana adımlar	26
Şekil 3.6	: YDED safhasının unsurları	30
Şekil 3.7	: Kategori gösterge kavramı	32
Şekil 3.8	: BEES modeli	41
Şekil 4.1	: Birincil enerji girdisi	56
Şekil 4.2	: Enerji kaynakları açısından yenilenemeyen enerji girdilerin dağılımı ...	56
Şekil 4.3	: Enerji kaynaklarına göre yenilenebilir enerji girdisinin dağılımı.....	57
Şekil 4.4	: Üretimin etki kategorileri	59

SEMBOL LİSTESİ

CO₂	: Karbondioksit
NO_x	: Azot Oksit
SO_x	: Kükürt Oksit
CFC	: Kloroflorokarbon
SiO₂	: Silisyum Dioksit
PO₄⁻³	: Fosforik Asit
C₂H₄	: Etan

SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNALAR İÇİN ÇEVRESEL ÜRÜN BİLDİRİMİNE SAHİP YAPI MALZEMELERİ KONUSUNDA TÜRKİYE'DE MEVCUT DURUMUN İRDELENMESİ

ÖZET

Yapı endüstrisi dünyada gelişmekte olan bir sektör olup, enerji tüketimi ve doğal kaynakların kullanımı açısından çevreye olumsuz etkileri oldukça fazla orandadır. Bununla birlikte çevreye en fazla sera gazı emisyonu katkısında bulunan sektörler arasında yer almaktadır. Yapıların, çevreye olan olumsuz etkilerin sürdürülebilirlik kavramının geliştirilmesi ve çevre bilincinin artırılması ile azaltılacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda enerji, su ve diğer kaynakların etkin bir şekilde kullanmaları, insan sağlığının korunmasını sağlamaları, atıkların ve çevresel kirliliği azaltmaları ve kullanılan malzemelerin çevresel etkilerini azaltacak şekilde tasarlanan yeşil binalar sürdürülebilir olarak tanımlanmakta ve son zamanlarda bu binalara olan talep artmaktadır.

Dünya çapında CO₂ emisyonununun 1/3'ünden daha fazlasının binalardan kaynaklı olduğu hesaplanmıştır ve bu yüzden küresel iklim değişikliğinin başlıca nedenleri arasında gösterilmektedir. Bu doğrultuda bu çalışmada, binaların özellikle yapı malzeme ve ürünlerin çevreye olan etkilerinin azaltılması için yapılan uygulamalara değinilmiştir. Bununla birlikte yapı sektöründe sürdürülebilirliğin geliştirilmesi, tasarımcı, üretici ve kullanıcıların yapı malzemesi seçiminde bilinçli karar vermesini sağlayan ve malzemelerin çevresel etkilerini değerlendirmede kullanılan yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin gerekleri incelenmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kullanılarak hazırlanmış olan, yeşil bina değerlendirme sistemleri, yapı malzemelerini değerlendiren araçları ile çevre etiketi ve bildirimlerin özellikleri ve gerekleri incelenmiştir.

Çalışmanın sonunda, ülkemizde yapı malzemelerin yaşam döngüsü değerlendirilmesine dayanan çevre ürün bildirimleri ile ilgili çalışmalara ve bu çalışmaları destekleyen mevcut yasal düzenlemelere değinilmiştir. Türkiye'nin bu konu ile ilgili mevcut durumu göz önünde bulundurularak ileride yapılması gereken çalışmalar hakkında önerilere yer verilmiştir.

IN TURKEY ANALYZING THE PRESENT CONDITION ON THE CONSTRUCTION MATERIAL'S ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION FOR SUSTAINABLE BUILDING

SUMMARY

In the world construction industry is developin sector and it is responsible for a high percentage of the environmental impacts in terms of consume energy and the use of natural resources. It is well known that the biggest contributor to greenhouse gas emission is the building sector. Building environmental impacts can be reduced by the improving the sustainability and environmental consciouness. In this direction, gren buildings are designed to efficiently using energy, water and other resources, reducing waste and environmental degradation and reduce the environmental impacts of the material used so they are also known as a sustainable that considers and reduces its impact on the environment and human health.

Building account for more than 1/3 of all global CO₂ emissions an done of the main reasons of global warming. According to this, in this study buildings especially is mentioned that construction materials and products environmental impacts. In addition to this life cycle assessment method requirements are analyzed for developing the sustainability in the building sector and provide make conscious decision to design team, manufacturer and user for selecting construction materials and for assessment the material's environmental impact. Moreover, gren building rating systems, construction materials assessment tools and environment label and declarations properties are mentioned which are prepared by using life cycle assessment method.

In the last part of the study construction material environmental product declaration's applications are mentioned through the using of life cycle assessment mathod and present legal regulations in Turkey. Concerning the present status of Turkey related to this case, suggestions regarding further studies are included.

1. GİRİŞ

Bu çalışma binaların çevreye olan olumsuz etkilerini ve bu etkilerin en aza indirgenmesi için özellikle büyük oranda katkı sahibi olan yapı malzemeleri konusundaki çalışmaları analiz etmekte ve ülkemizdeki mevcut durumu irdelemektedir.

1.1 Binaların Çevresel Etkileri

Çeşitli ülkelerde bulunan endüstrilerin, çevreye olan etkileri sektör bazında değişim göstermektedir. Yapı endüstrisi; dünyada gelişen bir sektör olup, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde büyük ölçüde aktif olan bir endüstridir. Binaların, çevreye en fazla sera gazı emisyonu katkısında bulunan sektörler arasında olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda, dünya çapında CO₂ emisyonunun 1/3 ve hatta daha fazla oranda binalardan kaynaklı olduğu hesaplanmıştır ve bu salım binaların tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel olumsuz etkiye neden olmaktadır. Yapı endüstrisi küresel ekonomi içerisindeki malzemelerin %40'ını tüketmekte ve %40 - %50 sera gazı emisyonu oluşturarak asit yağmurlarına neden olmaktadır. Bununla birlikte endüstrileşmiş yapı metotları çoğunlukla, alüminyum, çimento, beton ve çelik gibi yüksek enerjili malzemelerin kullanımına dayanmakta ve çevrenin korunması için yeni yönergelere uyum sağlama zorunluluğunu içermektedir [1].

İnşaat sektörünün, arazi kullanım ve hammadde temini açısından doğal kaynakların kullanılmasında büyük paya sahip olduğu hesaplanmıştır. İnşaat sektörü; enerji kullanımı, sıvı ve katı atık oluşumu, yapı malzemelerin taşınımı ve zararlı malzemelerin tüketilmesi gibi çevreye olumsuz etkilere neden olmaktadır [2]. Çizelge 1.1' de yapı çevrenin etkileri gösterilmektedir.

Gelişmiş ülkelerde inşaat sektörü çevresel etkilere neden olmaktan sorumlu tutulmaktadır. OECD (Organization for Economic Cooperation and Development – Avrupa Ekonomik İşbirliği Teşkilatı) ülkelerinde binalar, enerji kullanımının %25 – 40 oranından sorumlu durumdadırlar. Avrupa Birliği'nde (AB) yapı sektörü, çevresel

sorumlulukta %40 oranına sahiptir [3]. Avrupa Komisyonu 2006 yılında, sosyal ve ekonomik açıdan 11.8 milyon işçinin bu sektörde çalıştığını ve bundan dolayı Avrupa'nın en büyük endüstriyel işveren sektörü olduğunu belirtmiştir. AB-15 (Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Portekiz, İspanya, İsveç ve İngiltere) toplam istihdamın %7'sini ve endüstriyel istihdamın %28'nin bu sektörden olduğu hesaplanmıştır [4].

Çizelge 1.1 : Yapılı çevrenin etkileri [5].

Yapılı Çevre Açısından	Tüketim	Çevresel Etkiler	Nihai Etkiler
<ul style="list-style-type: none"> - Konumlandırma - Tasarım - İnşaat - Uygulama - Bakım - Yenileme - Dekonstrüksiyon 	<ul style="list-style-type: none"> - Enerji - Su - Malzemeler - Doğal Kaynaklar 	<ul style="list-style-type: none"> - Atık - Hava kirliliği - Su kirliliği - İç ortam kirliliği - Isı adası - Sel suyu yüzey akışı - Gürültü 	<ul style="list-style-type: none"> - İnsan sağlığına etki - Çevresel bozulma - Kaynakların azalması

Avrupalı birçok devlet kurumunun ortak çalışması ile 2003 yılında hem mevcut hem de yeni yapılacak binalarda enerji performansı değerlendirmesine ilişkin belirli standartlar oluşturularak, düzenli bir denetim ve değerlendirme mekanizması ile binalarda enerjinin daha verimli kullanılmasını amaçlayan “Binaların Enerji Performansı Direktifi” yayınlanmıştır. [3].

Yapı ve inşaat sektörü tarafından ulusal ve uluslararası girişimler ve çalışmalar; çevresel etkilerin azaltılması, sosyal ve ekonomik açıdan gelişimin sağlanması için daha fazla sürdürülebilir binaların teşvik edilmesi yönünde olmaktadır [2].

1.2 Sürdürülebilir Binalar

Sürdürülebilirlik; bir toplumun, ekosistemin veya benzer diğer etkileşimli sistemlerin, temel kaynakları tüketmeden ve çevreyi olumsuz etkilemeden sürekli olma özelliğidir. Sürdürülebilir yapılar, 1987 yılında Brundtland Komisyonu tarafından; şimdinin ihtiyaçlarının; gelecek nesillerin ihtiyaçlarını, refahını ve sağlığını tehlikeye atmadan karşılayabilmesi olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte 1996 yılında Moughtin tarafından kentsel çerçevede sürdürülebilir yapı; çevreye zarar vermeyen ve şehrin ve sosyal ve ekonomik yapısına katkıda bulunan ve bunu

sürdürülen yapılar olarak tanımlanmıştır. Çizelge 1.2’de sürdürülebilirliğin, ekonomik, çevresel ve sosyal olarak çeşitli boyutlarda incelenmesi gösterilmektedir.

Sosyal gelişim ve herkesin ihtiyaçlarının farkına varılması, çevrenin korunması ve doğal kaynakların kullanılmasında duyarlı olunması sürdürülebilir yapının dört temel amacını oluşturmaktadır [6].

Çizelge 1.2 : Çeşitli boyutlarda sürdürülebilirlik.

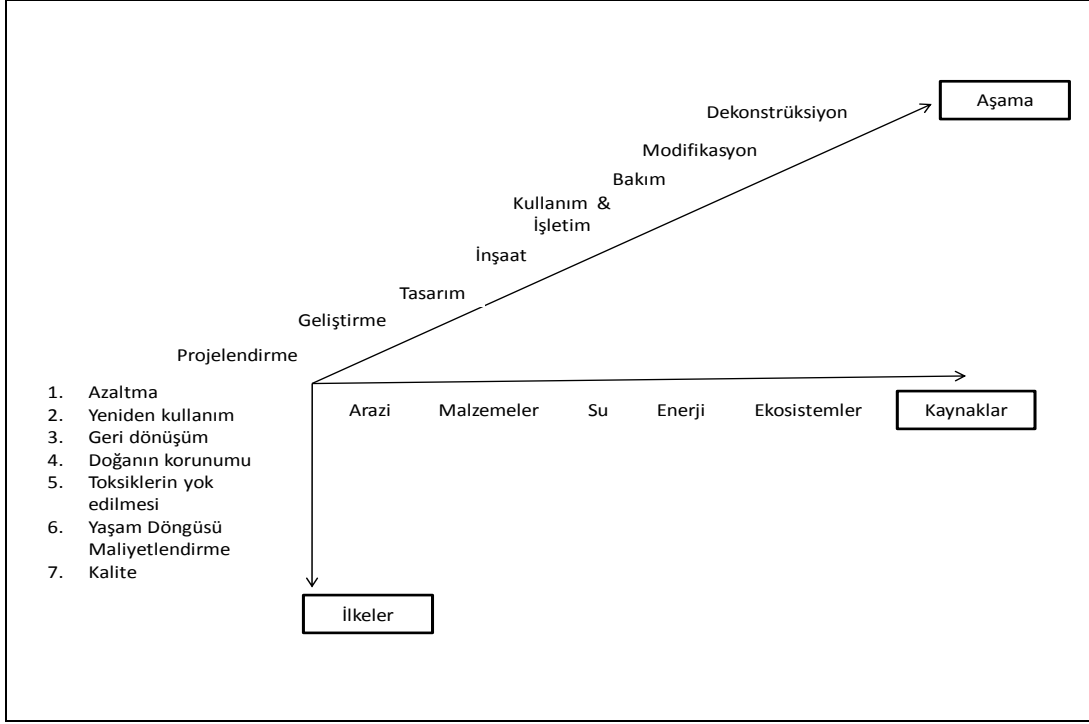
Ekonomik	Çevresel	Sosyal
Yeni piyasaların oluşturulması ve satışların artması için fırsatların yaratılması	Katı atık, sıvı atık oluşumunu, çevreye verilen emisyonların azaltılması	Çalışanların sağlığı ve güvenliğinin sağlanması
Verimliliğin artması, enerji ve hammadde kullanımının azaltılması ile maliyetin azaltılması	İnsan sağlığına olan olumsuz etkilerin azaltılması	Bölge halkının yaşam kalitesini etkilemesi
Ek katma değerlerin oluşturulması	Yenilenebilir hammadde kullanılması	Özürü insanlara yarar sağlanması
	Toksik (zehirli maddelerin) bertaraf edilmesi	

Sürdürülebilir yapının en temel göstergelerinden olan ekonomik, sosyal ve çevresel gelişim yapı endüstrisinde dikkat çekmektedir [4]. Bu doğrultuda yeşil binalar; enerji, su ve diğer kaynakların etkin bir şekilde kullanılması, kullanıcıların sağlığının korunması ve çalışanların verimliliğinin artırılması ve atıkların, çevresel kirliliklerin azaltılması ve kullanılan malzemelerin yaşam döngüsü çevresel etkilerin azaltılması için tasarladıklarından dolayı sürdürülebilir olarak tanımlanmaktadır [5].

Yeşil binalar, küresel iklim değişikliğine neden olan insan aktivitelerine olan ilgiyi arttırmak amacıyla küresel bir sorumluluğa sahiplerdir. Binaların %40 oranından daha fazla CO₂ emisyonuna neden olduğu ve küresel ısınmanın başlıca nedeni olduğu düşünülmektedir. Günümüzde Amerika, Batı Avrupa, Kanada ve Japonya sera gazı emisyonuna büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır ve bu durum yakın geleceği olumsuz yönde etkilemektedir [7].

Bunlara ek olarak sürdürülebilir yapıların ilkeleri; kaynak tüketiminin azaltılması, kaynakların yeniden kullanılması, geri dönüştürülebilir kaynakların kullanılması,

doğanın korunması, zehirli maddelerin yok edilmesi, yaşam döngüsü maliyetlendirmenin uygulanması ve kalite üzerine odaklanmadır ve bu ilkeler Şekil 1.1’ de sürdürülebilir yapı için hazırlanan taslakta gösterilmektedir. Yeşil binanın amaçlarından biri de mümkün oldukça atık miktarının azaltılmasıdır bu da sürdürülebilirlik yaklaşımı ile mümkün olmaktadır [8].



Şekil 1.1 : Sürdürülebilir yapı tasarımı için yol haritası taslağı [8].

Bu bölümde özellikle binaların çevreye olan olumsuz etkilerinin ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan sürdürülebilirliğin geliştirilmesi ile azaltılacağı belirtilmiştir. Binaların sebep olduğu olumsuz etkilerin çok önemli bir oranı yapı çevrenin oluşturulmasında kullanılan malzemelerden kaynaklanmaktadır. Malzemelerin; kaynaktan çıkarımından işlenmesine, üretilmesine, taşınımına ve son kullanımına kadar geçen sürede çevreye yaydığı salımlar, oluşturduğu atıklar; hava, su ve toprak kirliliğine neden olması çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebepten dolayı çevresel etkiler açısından yapı malzemelerinin değerlendirilmesi ve bu etkilerin azaltılması yönünde uygulanması gereken işlemler önemlidir.

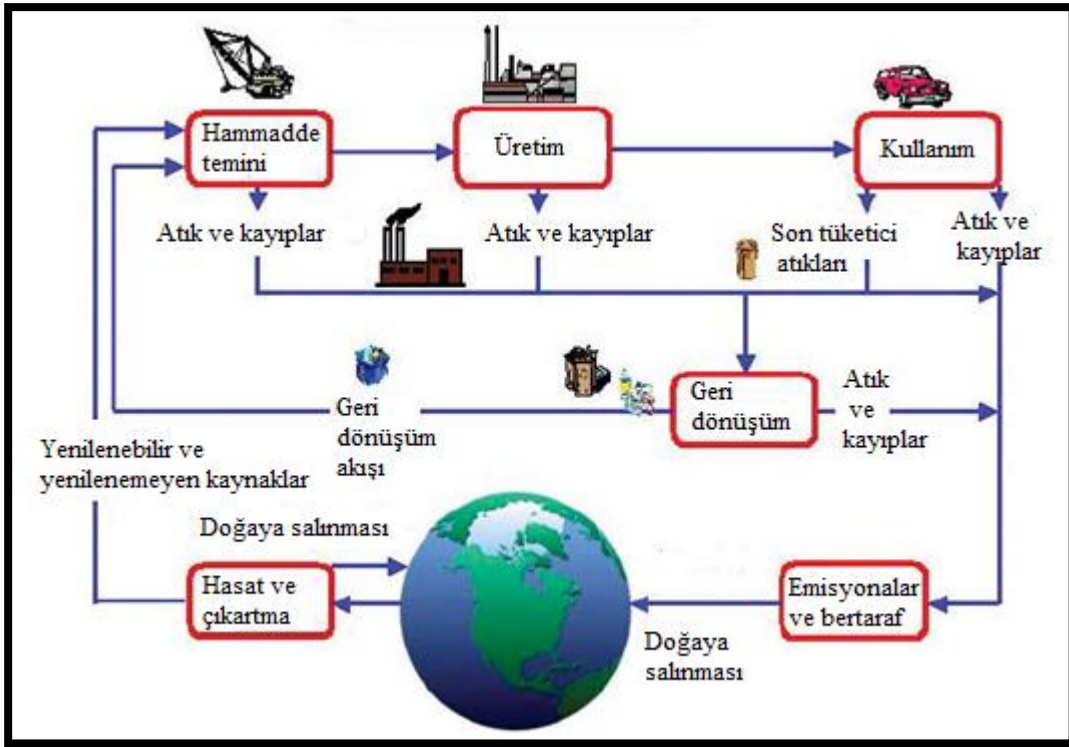
2. YAPI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Dünyada sınırlı kaynakların bulunması ve ciddi boyutlara ulaşan çevresel etkilerden dolayı sürdürülebilirlik giderek daha önemli bir hale gelmektedir. Binalar, yeryüzündeki hammaddenin %40 oranından daha fazlasını tüketmektedirler. Bu sebepten dolayı yapı malzemelerinin ve ürünlerinin çevreyi nasıl etkileyeceklerinin belirlenmesi çok önemlidir. Bu çalışmada, binalarda kullanılan malzeme ve ürünlerin çevreye olan etkileri ve bu etkilerin azaltılması için gerekli olan yöntemler ele alınmaktadır.

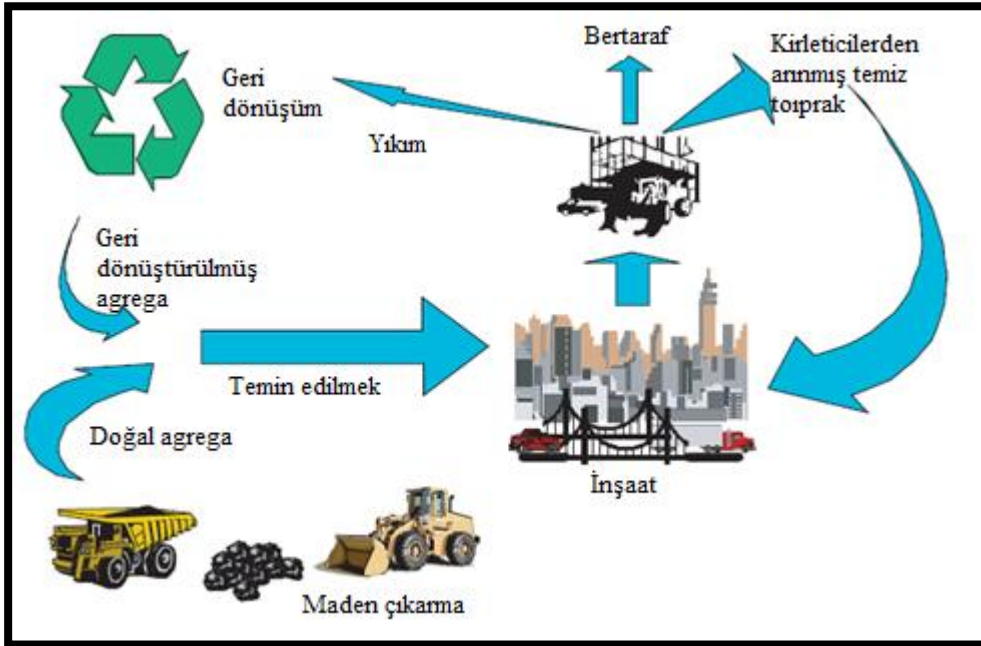
2.1 Malzeme Akışı ve Sürdürülebilirlik

Malzemeler yeryüzünden yemek, kıyafet, barınak gibi gerekli olan temel ihtiyaçları karşılamak amacıyla çıkarılmaktadırlar. Malzeme akışının kaynaktan son işleme kadar olan tüm sistemini anlamak, doğal kaynakların kullanımının yönetimine ve çevrenin korunmasına yardımcı olmaktadır. Malzeme akışı; hammaddenin temin edilmesinden, işlenmesine, üretilmesine, taşınmasına ve son işleme kadar hangi uygulamaların yapıldığı hakkında bilgi veren sistemdir. USGS (The U.S. Geological Survey-Amerika Jeolojik Araştırma Merkezi), malzemelerinin ekonomiyi, toplumu ve çevreyi nasıl etkilediğini araştırmaktadır. Bu araştırmanın amacı, kaynakların nasıl ve niçin kullanıldığını ve ilkelerin belirlenmesini sağlamak ve böylece kaynakların daha etkin ve çevreyi daha koruyucu şekilde kullanılmasını gerçekleştirmektedir [9]. Şekil 2.1 malzeme akışını ve Şekil 2.2 örnek olarak agregalar için malzeme akışını göstermektedir.

Yapı malzemeleri; binalar, yollar ve altyapı uygulamalarında tüm malzeme akışının %60'nı içermektedir. Bununla birlikte bakım, yenileme ve yıkım, binaların yaşam ömrü boyunca kullandığı enerjinin %16'sını içerdiği hesaplanmıştır [10].



Şekil 2.1 : Malzeme akışı [11].



Şekil 2.2 : Agrega için malzeme akışı [11].

Çevresel sürdürülebilirlik için yapı malzemeleri, binanın yaşam döngüsüne dayandırılarak 3 evrede incelenmektedir. Bu evrelerdeki özellikler, malzemelerin sürdürülebilirliğe bağlı olarak tanımlanmasına yardımcı olmaktadır. Bunlar:

Bina öncesi evre: Üretim

- Atık azaltılması
- Kirliliğin önlenmesi
- Geri dönüşümlü içerik
- İçerilmiş enerjinin azaltılması
- Doğal malzemelerin kullanılması

Bina evresi: Kullanım

- Enerji verimliliği
- Su arıtımı/korunması
- Zehirli olmayan ya da daha az zehirli olan malzemelerin kullanılması
- Yenilenebilir enerji sistemleri
- Uzun ömür

Bina sonrası evre: Yıkım

- Biyolojik parçalanabilirlik
- Geri dönüştürülebilirlik
- Yeniden kullanılabilirlik özellikleridir [12].

Tüm yapı malzemeleri kendi üretim işlemlerine ilişkili olarak, temel doğal kaynakların azaltılması ve çevreyi yok etme ile sonuçlanan doğal çevrede bazı etkiler oluşturmaktadır. Bu yüzden hangi malzemenin çevreyi daha fazla ya da az etkilediği dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler daha etkili ve verimli olmaktadır. [13].

2.2 Malzeme ya da Ürünlerin Çevresel Etkilerinin Azaltılması

Malzemeler ve ürünler kendi yaşam döngülerinin her evresinde, ekosisteme ve çevreye olumsuz etkilere neden olmaktadır. Malzemelerin, kaynağından çıkarılarak ve hasat kaldırma diye tanımlanan uygulamalar ile elde edilmesi doğal ortamı etkilemekte, tarım için gerekli toprağın kaybolmasına ve su yollarında çökme oluşumuna neden olmaktadır. Emisyonlar ve üretimden kaynaklanan atıklar, tesisten uzak ya da yakın; hava, su ve toprak kirliliğine neden olabilirler. Malzeme ve ürünlerin tüm yaşam döngüsü evrelerinde taşınımında kullanılan fosil yakıtlar, emisyonların açığa çıkmasına neden olmaktadır.

Yapı malzeme ve ürünlerin bakımı, doğaya ve iç ortam kalitesini etkileyecek zehirli kimyasalların açığa çıkmasına neden olacak; solventler, yapıştırıcılar, su geçirmezlik maddeleri ve uçucu organik bileşikler v.b. zararlı bileşenleri içerebilir [15]. Binaların yapımı veya yenilenmesi süresince bu tür yeni malzemelerin kullanılması, birçok sağlık probleminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle iç hava kalitesi ile ilgili farkındalığın artmasıyla birlikte, kamu kuruluşları ve özel sektörler düşük emisyonlu yapı malzemelerin kullanılmasını tercih etmektedirler. Çizelge 2.1’de iç hava kalitesi üzerinde olumsuz etkilerinden dolayı seçiminde dikkat gerektiren malzeme listesi görülmektedir [8].

Çizelge 2.1 : İç hava kalitesini yakından ilgilendiren yapı malzemeleri [8].

Arazinin Hazırlanması ve Tesis	Mekanik Sistemler
Tarım ilaçları toprak iyileştirme	Boru sızdırmazlık malzemesi
Temel su yalıtımı	Harici boru yalıtımı
	Dahili kanal kaplaması
Bina Kabuğu Malzemeleri	
Ahşap koruyucular	Beton su geçirmezlik maddeleri
Kür malzemeleri	Derz sızdırmazlık malzemeleri
Cam bileşenler	Derz dolguları
Isı yalıtımı	Akustik yalıtım
Yangına dayanıklı malzemeler	
İç Bitirme Malzemeleri	
Alt döşeme	Yer ve halı yapıştırıcıları
Halı tabanı	Halı ve elastik yer döşemesi
Duvar kaplaması	Yapıştırıcılar
Boyalar, vernikler	Döşeme, tahta kaplama
Bölmeler	İç Dekorasyon
Tavan içi kaplama kiremitleri	

Malzeme ve ürünlerin kullanıldıktan sonra hava, su ve toprağı olumsuz bir şekilde etkileyebilir. Çevresel etkilerin azaltılması için yapı malzemeleri konusunda yapılması gerekenler şu şekilde sıralanmaktadır.

2.2.1 Geri Dönüşüm Potansiyeli Yüksek Olan Malzemelerin Kullanılması

Yapı projelerinde sadece gerekli olan miktarda malzeme kullanılması, işlenmemiş kaynaklardan ürünlerin üretilmesinde oluşan çevresel etkileri azaltmaktadır. Malzemelerin geri dönüştürülebilir özellikte olması inşaatlarda kaynak kullanımının azalmasıdaki en önemli adımlardan biridir. Örneğin; beton, asfalt, ahşap ve

polietilen plastik gibi malzemeler kolaylıkla geri dönüştürülebilir ve yeniden işlenebilir özelliktedir [15].

2.2.2 Yerel Olarak Üretilen Malzemelerin Kullanılması

Kaynakların incelenmesi ve çeşitli arazilerden çıkarılan malzemelerin taşınımı, üretimi ve kurulması emisyon gibi birçok çevresel etkiye neden olmaktadır [8].

Yerel bazda çıkarılan, kullanılan ve üretilen malzemeler, malzemenin taşınımında özellikle kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan çevresel etkileri azaltmaktadır ve ulaşım maliyetini düşürmektedir ve aynı zamanda bu durum yerel ekonomiyi desteklemektedir. Malzemenin yerel olarak üretilmesi; projenin konumuna bağlıdır. Hammaddenin çıkarıldığı konum ile üretim işlemlerinin gerçekleştiği tesisler arasında uzaklık; agrega gibi ağır malzemeler ve tuğla proje alanının 100 mil, orta ağırlıklı malzemeler 500 mil ve daha az ağırlıklı malzemeler 1000 mil içerisinde olmalıdır [15].

2.2.3 Sertifikalı Malzeme Kullanılması

Sürdürülebilirlik açısından önerilen yöntemler ile sertifikalandırılmış malzemelerin kullanılması önemlidir. Örneğin; ahşap, iyi yönetilmiş ormanlardan ve sürdürülebilir bir şekilde hasat edilmiş ise yeşil malzeme olarak nitelendirilmektedir. Çevresel olarak sorumlu orman yönetimi; fonksiyonel olarak bütünlüğün korunmasını, traşlama kesimin ve kontrolsüz hasat kaldırmanın en aza indirgenmesini sağlamak ve yaşlı ormanların korunması gibi uygulamaları içermektedir. FSC (Forest Stewardship Council-Orman Yönetim Konseyi) sürdürülebilir bir şekilde hasat edilmiş ahşabın üçüncü taraf sertifikasyonu için standartlar geliştirmiştir [15]. FSC tarafından ormanların sorumlu yönetimi için ilkeler ve değerlendirme ölçütleri belirlenmiştir ve kendi misyonlarını; dünya ormanlarının ekonomik olarak uygulanabilir, sosyal olarak yararlı ve çevresel olarak uygun bir şekilde yönetilmesini teşvik etmek olarak belirlemişlerdir. Şekil 2.3'de ahşap ve ahşap ürünlerinin tüm tedarik zinciri doğrultusunda FSC koruma gözetim zincirinin izlenmesi gösterilmektedir. [9].

Ahşap için koruma gözetim zinciri

1. Ormanlar, FSC ilke ve değerlendirme ölçütlerine göre sertifikalandırılmaktadır.
2. Ağaçlar kesilirken ses yönetimi ve ürün kaldırma uygulamaları izlenmektedir.

3. Hasat edilen ağaçlar, FSC tarafından sertifikalandırılmış atölyelere taşınmaktadır. Burada kütükler, FSC sertifikalı kereste, ahşap kaplama, selüloz kağıt hamuru ve diğer hammaddelere dönüştürölmektedir.
4. FSC sertifikalı üreticiler, ahşap ve kağıt ünlerinin yapımında FSC sertifikalı hammaddeleri kullanmaktadır.
5. FSC tarafından etiketlenirilmiş ürünler dünya genelindeki mağazalara taşınmaktadır.
6. Tüketiciler FSC etiketli ürünleri satın almaktadırlar.
7. Orman yönetiminin desteklenmesi ve FSC sertifikalı ürünlere olan talebin arttırılması sağlanmaktadır [15].



şekil 2.3 : FSC ahşap için koruma gözetim zinciri.

2.2.4 Minimum İşlenmiş Malzemelerin Kullanılması

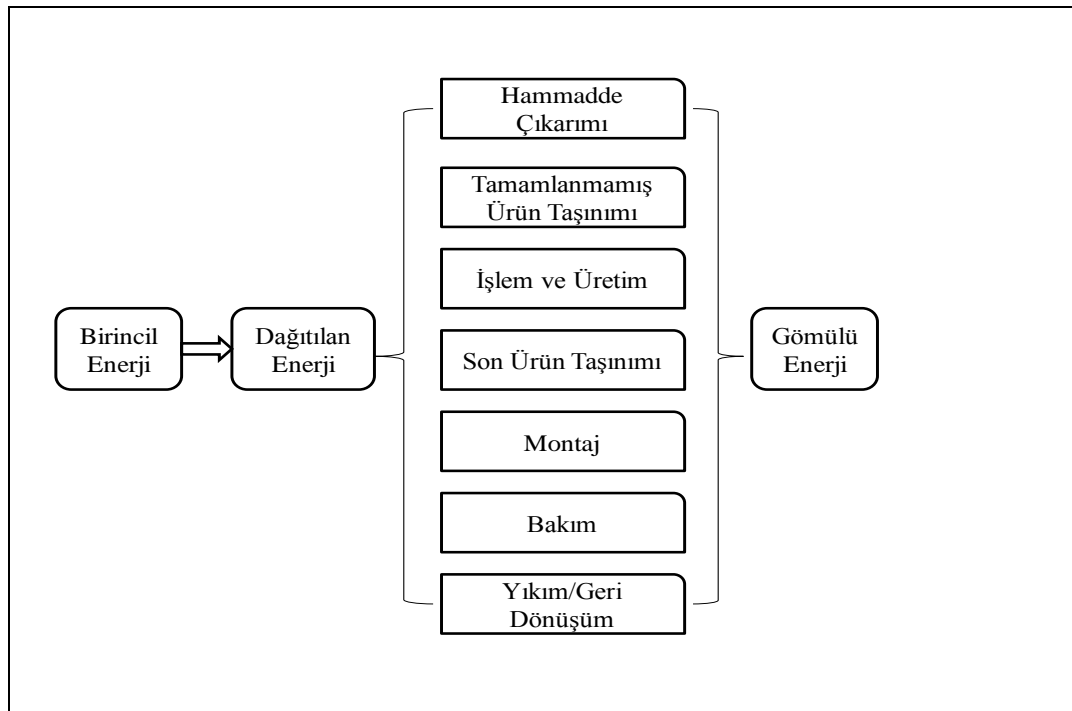
Doğal ve minimum işleme sahip ürünler, enerji tüketimlerinin az olması ve üretim boyunca riskli kimyasalların daha düşük oranda açığa çıkması nedeniyle bu ürünler yeşil malzeme olarak nitelendirilebilirler. Ahşap ürünler, doğal taş ve çakıllar az işlenmiş ürünlere örnek olarak gösterilmektedir. Çevreye olan zararlı etkilerinin az olması nedeniyle minimum işlenmiş malzemeler tercih edilmektedir.

2.2.5 Düşük İçerilmiş Enerjiye Sahip Malzemelerin Tercih Edilmesi

Taş, ahşap gibi minimum işlenmiş ürünler, çoğunlukla plastik ve metaller gibi yoğun olarak işlenmiş malzemelerden daha düşük içerilmiş enerjiye sahip olmaktadır. Malzemelerin içerilmiş enerjilerinin değerlendirilmesi, iki farklı malzemenin karşılaştırılması için yararlı olabilir. Bu gibi analizlerde; oluşan kirleticiler, zehirli maddeler, kaynak kullanımı ya da doğal ortamın bozulması gibi meydana gelen faktörler hesaba katılmamaktadır [4].

2.2.5.1 İçerilmiş Enerji

Binalar, çeşitli yapı malzemelerin kullanılması ile yapılandırılmakta ve her bir malzeme; hammaddenin çıkarılması, taşınım, üretim, montaj ve demontaj, dekonstrüksiyon ve ayrıştırma aşamaları boyunca enerji tüketmektedir. Tüketilen bu enerji, malzemenin içerilmiş enerjisi olarak tanımlanmakta olup enerji tüketim ve karbon emisyon miktarı hesaplamalarında yararlanılmaktadır [16]. Şekil 2.4'te içerilmiş enerjinin hesaplanması için gerekli olan aşamalar gösterilmektedir.



Şekil 2.4 : İçerilmiş enerjinin hesaplanması için aşamalar [17].

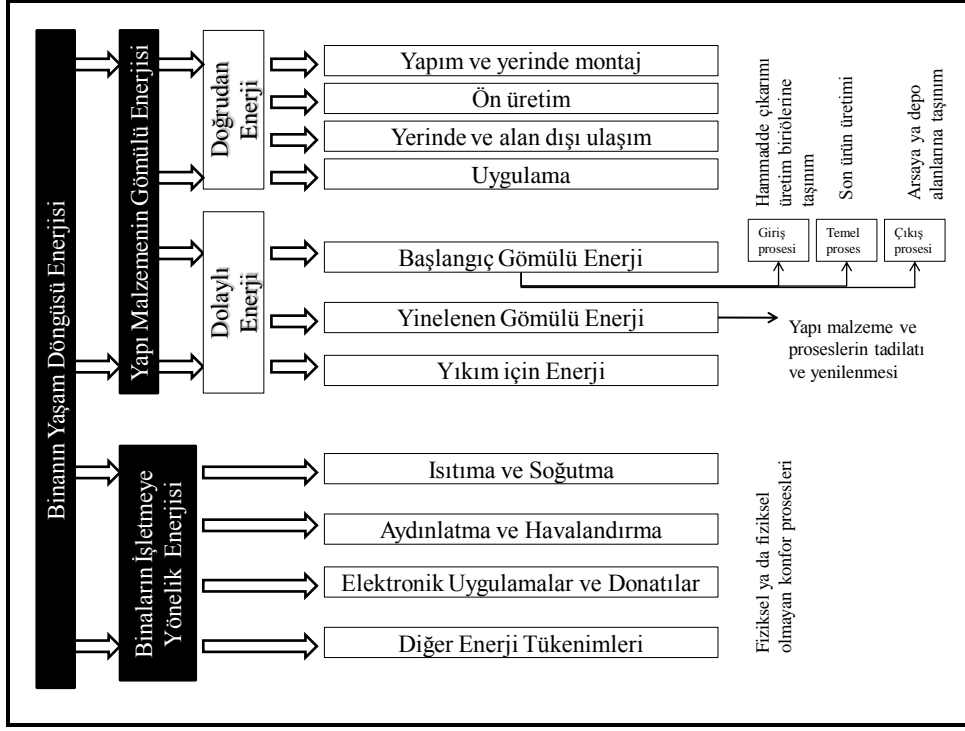
Buna ek olarak binalardaki enerji; binanın kullanım süresi boyunca bakım/hizmet için ve çeşitli yapı malzemelerinin üretimi için büyük ölçüde gerekli olan enerji olarak 2 türde kategorize edilebilmektedir.

Binaların içerilmiş enerjisi, yapı malzemeleri ve tekniklerine göre çeşitlilik göstermektedir [18]. İçerilmiş enerji analizi, binaların çevreye olan etkilerinin bütünsel yaklaşıma göre değerlendirilmesi açısından önemlidir. İçerilmiş enerji; tüm ürün prosesi için tüketilen doğrudan ve dolaylı enerjiden oluşmaktadır. Her süreçte harcanan enerji net bir şekilde tanımlanmakta ve ölçülebilmektedir [19].

Doğrudan enerji; yapım, ön üretim, ulaşım ve uygulama gibi yerinde ya da alan dışındaki çeşitli uygulamalarda tüketilen enerjidir.

Dolaylı enerji çoğunlukla yapı malzemelerin üretimi süresince; temel işlemlerde, giriş ve çıkış proseslerinde, yenileme süresi boyunca ve yıkımda kullanılmaktadır. Yapı malzeme ve bileşenlerin üretiminde, hammaddenin temin edilmesi, son ürünlerin inşaat alanına taşınmasında kullanılan enerji başlangıç içerilmiş enerji olarak tanımlanmaktadır. Yinelenen içerilmiş enerji; binanın kullanım süresi boyunca bakım ve yenileme gibi binanın çeşitli proseslerinde kullanılmaktadır. Yıkım enerjisi; binanın dekonstrüksiyonu ve bertarafı için, uygulama enerjisi; binada mevcut olan çeşitli mekanik ve elektrikli sistemler için gerekmektedir [16]. Şekil 2.5'te binanın yaşam döngüsü enerjisine göre yapılan içerilmiş enerji modellemesi gösterilmektedir.

Yüksek içerilmiş enerjiye sahip olan ürünler çoğunlukla enerji tüketiminden dolayı, emisyonlara ve sera gazına neden olarak çevreyi olumsuz yönde etkilemektedirler. Kullanılan süre başına, daha dayanıklı ürünler düşük içerilmiş enerjiye sahip olabilirler. Örneği; alüminyum gibi yüksek içerilmiş enerjiye sahip olan ürün, yüksek dayanıklılığa sahip olduğunda kullanım süresi başına düşük içerilmiş enerjiye sahip olmaktadır [8].



Şekil 2.5 : İçerilmiş enerji modellemesi [16].

Dayanıklılık, yapı malzemelerin yaşam döngüsü etki ve maliyet analizinde kilit unsurdur. Malzemeler uzun ömürlü, dayanıklı ve kolay korunabilir ve adapte edilebilir şekilde seçilmelidir. Dayanıklı malzemeler, yaşam döngüsü açısından, atık miktarını azaltmakta ve daha düşük maliyetlidir [20]. Buna ek olarak geri dönüşümlü malzemeler, düşük içerilmiş enerjiye sahiplerdir. Geri dönüşümlü alüminyum, boksit cevherinden elde edilmiş alüminyumun içerilmiş enerjisinin %10'nuna sahiptir. Benzer olarak geri dönüşümlü çelik, maden cevherinden elde edilmiş çeliğin içerilmiş enerjisinin %20'sine sahiptir. Yaygın olarak kullanılan yapı malzemelerin içerilmiş enerjileri Çizelge 2.2'de listelenmektedir [21].

Genel anlamda içerilmiş enerji; yapı malzemesi ve bileşeni ya da sistemin birim başına ölçülen yenilenemeyen enerji miktarıdır. İçerilmiş enerji birim ağırlık (kg ya da ton), ya da birim alan (m^2) başına megajoule (MJ) ya da gigajoule (GJ) olarak ifade edilmektedir. İçerilmiş enerjinin hesaplanması karışık olup birçok veriyi gerektirmektedir. İçerilmiş enerjinin hesaplanması; kaynak azalımının çevresel sonuçlarına, sera gazlarına, çevresel tahribat ve biyoçeşitliliğin azalması ile ilişkilendirilmektedir. Yapılan yaklaşık hesaplamalara göre İçerilmiş enerji, yapı malzeme ve bileşenleri çevresel etkilerinin bir göstergesidir [17].

Çizelge 2.2 : Genel yapı malzemelerin içerilmiş enerjileri.

MALZEME	GÖMÜLÜ ENERJİ	
	MJ/kg	MJ/m ³
Agrega	0.10	150
Saman balya	0.24	31
Zemin çimento	0.42	819
Taş (yerel)	0.79	2030
Beton blok	0.94	2350
Beton (30 Mpa)	1.3	3180
Öndökümlü beton	2.0	2780
Kereste	2.5	1380
Tuğla	2.5	5170
Selüloz yalıtım	3.3	112
Alçı levha	6.1	5890
Elyaf levha	8.0	4400
Alüminyum (geri dönüştürülmüş)	8.1	21870
Çelik (geri dönüştürülmüş)	8.9	37210
Çakıl (asfalt)	9.0	4930
Kontrplak	10.4	5720
Mineral yün yalıtım	14.6	139
Cam	15.9	37550
Cam yünlü yalıtım	30.3	970
Çelik	32.0	251200
Çinko	51.0	371280
Pirinç	62.0	519560
PVC	70.0	93620
Bakır	70.6	631164
Boya	93.3	117500
Döşemelik muşamba	116	150930
Polistiren yalıtım	117	3770
Halı (sentetik)	148	84900
Alüminyum	227	515700

• İçerilmiş Enerjinin Hesaplanması

İçerilmiş enerjinin incelenmesi, binaların çevreye olan etkilerinin belirlenmesinde kapsamlı bir değerlendirme aracıdır. İçerilmiş enerjinin hesaplanmasında tek bir metot bulunmamaktadır. Bina tipine ve özellikle ülkelere göre çeşitli hesaplama yöntemleri mevcuttur. Bu bölümde kerpiç bir evin içerilmiş enerji hesaplama metodu örneklenmiştir. Bu örnek hesaplamada basit bir matematik kullanılmıştır. İlk olarak kullanılan tüm malzemelerin hacmi ve daha sonra ağırlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamanın son kısmında malzeme ağırlığı, içerilmiş enerji değeri ile çarpılmaktadır.

$$V_i = (V_i^{dış} - V_i^{iç}) \quad (2.1)$$

$$V_i^t = \sum_{i=1}^6 (V_i^{dış} - V_i^{iç}) \quad (2.2)$$

$$M_i = (V_i^{dış} - V_i^{iç}) \rho_i \quad (2.3)$$

$$M_i^t = \sum_{i=1}^6 (V_i^{dış} - V_i^{iç}) \rho_i \quad (2.4)$$

$$M_i^t = 2M_{küçük\ kubbe}^t + M_{büyük\ kubbe}^t + 3M_{çatı\ kemeri}^t ; \quad (2.5)$$

$$M_{küçük\ kubbe}^t = M_{ana\ strüktür}^t + M_{temel}^t + M_{döşeme}^t + M_{sıva}^t + M_{yüzey\ bitiriciler}^t + M_{mobilya}^t + M_{bakım}^t + M_{elektrik\ işleri}^t ; \quad (2.6)$$

$$M_{büyük\ kubbe}^t = M_{ana\ strüktür}^t + M_{temel}^t + M_{döşeme}^t + M_{sıva}^t + M_{yüzey\ bitiriciler}^t + M_{mobilya}^t + M_{bakım}^t + M_{elektrik\ işleri}^t ; \quad (2.7)$$

$$M_{çatı\ kemeri}^t = M_{ana\ strüktür}^t + M_{temel}^t + M_{döşeme}^t + M_{sıva}^t + M_{yüzey\ bitiriciler}^t + M_{mobilya}^t + M_{bakım}^t + M_{elektrik\ işleri}^t ; \quad (2.8)$$

Yapıda bulunan farklı bileşenlerin kütleleri de hesaplanmıştır. Bu farklı bileşenlerin içerilmiş enerjilerinin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$E_{içerilmiş\ enerji} = \sum_{i=1}^6 (V_i^{dış} - V_i^{iç}) \rho_i E_i \quad (2.9)$$

$$E_{yaşam\ döngüsü\ enerji\ gerekleri} = \sum_{i=1}^6 (V_i^{dış} - V_i^{iç}) \rho_i E_i + E_{bakım} + E_{işletim} \quad (2.10)$$

CO₂ azaltımı, kömürden elektrik üretiminde açığa çıkan ortalama CO₂ eşdeğer yoğunluğundan hesaplanmaktadır. Bu da yaklaşık olarak kWh başına 0.98kg CO₂'dir [42].

$$CO_2\ azaltımı\ (kg) = \text{Kullanılan enerji (kWh)} \times 0.98\ (kg/kWh) \quad (2.11)$$

Bu eşitliklerde kullanılan E içerilmiş enerjiyi (MJ/kg), M kullanılan malzemelerin kütlesini (kg), V strüktür hacmini (m³), ρ kullanılan malzemelerin yoğunluğunu (kg/m³), i kerpiç evin farklı bölümlerini ve t ise toplamı temsil etmektedir.

2.2.6 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Üretilen Malzemelerin Tercih Edilmesi

Malzeme ve ürünlerin, yenilenebilir kaynakların (güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biyoyakıt, jeotermal) kullanılması ile üretilmesi çevresel etkileri azaltmaktadır. Enerji kaynakların incelenmesi ile yüksek içerilmiş enerjiye sahip ürünlerin, yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak üretildiklerinde çevreye daha az etkilerinin oldukları belirtilmiştir. Fosil yakıtların yanması, üretim faaliyetlerin büyük

bölümünde birincil enerji kaynaklarının kullanılması; sera gazı oluşumuna, hava kirliliğine yol açarak, küresel iklim değişikliği, asit yağmurlarına ve insan sağlığına olumsuz etkilere neden olmaktadır [15].

2.2.7 Çevreye Zararlı Etkileri Daha Az Olan Malzemelerin Seçilmesi

Yapı malzemeleri için bazı hammaddelerin temin edilmesi, üretimi ya da yok etme işlemleri atık oluşumuna neden olmaktadır. Ürünler ve onların neden oldukları emisyonlar, zararlı kirleticilerin ve parçacıkların hava, su ve toprağa yayılmasına neden olmaktadır. Malzemelerin madenden çıkarılması, metal kaplama, çimento ve PVC ürünlerinin yok edilme işlemi yüksek oranda kirleticiye neden olmaktadır. Bütün bu süreçte en az kirleticiye neden olan malzemeler tercih edilmelidir.

2.2.8 Az Su Tüketimi ve Kirliliğe Neden Olan Malzemelerin Seçilmesi

Bazı malzeme ve ürünlerin, işlem ve üretim süreci için çok miktarda su gerekmektedir. Kullanılan su çoğu zaman ağır metaller, zararlı kimyasallar ya da parçacıklar ve çökeltiler ile kirlenmiş olup, arıtma işlemi yapılmadığı durumlarda atık riski oluşturmaktadır. Bazı üreticiler, üretim işlemleriyle atık suyu geri dönüştürmektedir. Birkaç kimyasal ve ağır metalin uzaklaştırma yöntemleri, potansiyel kirleticilerin güvenli bir şekilde yok edilmesini sağlamaktadır [15].

2.2.10 Sonuç

Bu bölümde yapı malzemelerin çevresel boyuttaki etkileri ve bu etkilerin azaltılması için yapılması gereken uygulamalar açıklanmıştır. Bu doğrultuda; malzeme kullanımının azaltılmasına ve geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımına, işlenmiş malzemelerin taşınımı sonucu oluşan etkileri azaltmak için yerel malzemelerin kullanılmasına, malzemelerin tüm yaşam döngüsü boyunca sahip olduğu enerji açısından değerlendirilmesine; üretim, kullanım, bakım ve yıkım sonrası malzemelerin havaya, suya ve toprağa sebep oldukları kirliliklerin azaltılması için gereken uygulamalara değinilmiştir. Bu izlenen yol, malzemelerin çevresel etkilerinin tüm yaşam döngüsü açısından değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu yüzden sürdürülebilirliğin geliştirilmesi, çevre bilincinin artırılması ve malzeme seçiminde doğru kararlar alabilmek için yaşam döngüsü değerlendirme yönteminden yararlanarak ürünlerin çevresel performansının değerlendirilmesi gerekmektedir.

3. YAPI MALZEMELERİN SEÇİMİNDE KULLANILAN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde doğal kaynakların tükenmesi, üretilen ve tüketilen ürünlerin çevre üzerindeki etkiler ve çevrenin bozulması ile ilgili toplum bilinci artmaktadır [22]. Dünyada çevre kirliliği arttıkça çevre bilinci gelişmeye başlamıştır. Çevre bilincine koşturuk olarak tüm sektörlerin temel hedefi, insanların sağlıklı olarak yaşamını sürdürebilmesi ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi olmuştur. Bu hedef kapsamında, sektörler tarafından bazı yöntemlerle ürünlerinin çevresel performansını denetlemeye başlanmıştır. Bu denetim sistemlerinden biri de “Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemidir (YDD) [23]. YDD, bir ürün veya hizmetin olası çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir yöntem olup, endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin yaşam döngüleri boyunca değerlendirilmesine yönelik ortaya çıkmış ve zamanla yapı sektörü tarafından da benimsenmiştir [24]. Yapı sektöründe özellikle sürdürülebilirliğin geliştirilmesi için tasarımcı, üretici ve kullanıcının özellikle yapı malzemesi seçiminde bilinçli karar vermesine yardımcı olmaktadır.

3.1 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin Tarihçesi

Yaşam Döngüsü Değerlendirme yöntemi; 1960’lı yıllarda hammadde ve enerji kaynaklarının kullanımının artması ile birlikte gelecek için oluşan kaygılardan dolayı geliştirilmiştir. 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 hesaplanması üzerine olan bildirimdir. 1960’ların sonlarına doğru yapılan küresel modelleme ile değişen dünya nüfusunun hammadde ve enerji ihtiyacının etkilerini önceden tahmin etmeye başlamışlardır ve bu çalışmalar “The Limits To Growth” ve “A Blue Print For Survival” ‘da yayımlanmıştır.

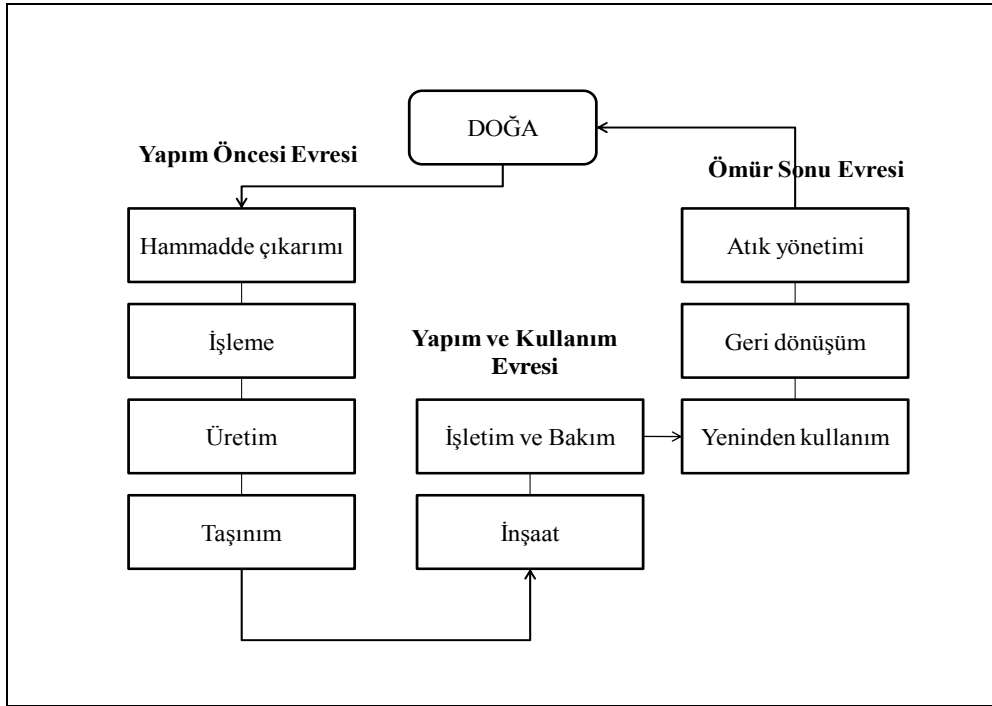
1969 yılında Coca-Cola Şirketi, yaşam döngüsü envanter analiz metodu ile farklı içecek ambalajları karşılaştırılarak, hangisinin çevreye ve doğal kaynaklara daha az

zarar verdiğini ve hangi tip ambalajın en düşük hammadde ve enerji talebi olacağını araştırmalarını amaçlamıştır.

Kaynak kullanımı ve ürünlerin çevresel olarak etkilerinin belirlenmesi yöntemi Kaynak ve Çevresel Analiz Profili (REPA- Resource and Environmental Profile Analysis) olarak bilinmektedir. 1970-1975 enerji krizi döneminde yaklaşık 15 REPA gerçekleştirilmiştir ve bu çalışmalarla birlikte protokol ve standart araştırma metodolojisi geliştirilmiştir. 1980 yılların başlarında çalışmalarda, çevresel konulardaki ilgi daha çok zararlı ve evsel atıkların yönetimi konusunda olmuştur [22]. 1990 yılından önce YDD çalışmaları daha çok kaynakların kullanımı ve salımlar ile ilgili teknik sistemlerle sınırlandırılmıştır [25].

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) tarafından gerçekleştirilmiştir [26]. SETAC: dünya çapında bir sivil toplum kuruluşu olup, sürdürülebilir çevre kalitesi ve ekosistem bütünlüğünün geliştirilmesi ve yönetilmesi için tasarlanmıştır [27]. SETAC, YDD'nin dünya çapında gelişmesi için YDD'nin terminolojisini ve çerçevesini belirlemiştir. SETAC ve UNEP (United Nations Environmental Programme) ürünlerin ve hizmetlerin kendi yaşam döngüsü süresince sürdürülebilir yapılar elde etmek için değerlendirilmesinde kullanılacak, uygulanması kolay araçlar geliştirmek adına ortak bir çalışma yürütülerek UNEP/SETAC Yaşam Döngüsü İniyatifi'ni başlatmışlardır. YDD araçlarının karakteristik özellikleri; veri tabanlarına kolay ulaşılabilir ve kullanımı kolay, ilgili etki kategorileri ve güvenilir bir metodolojiye sahip, kapsamlı, sağlam, kabul edilebilir, tekrarlanabilir ve sorumlu olmasıdır [28]. İsviçre, Cenevre'de bulunan ve yaklaşık 120 ülkenin standartlar organizasyonlarının temsilciliğini yapan ISO (International Organisation for Standardisation-Uluslararası Standartlar Organizasyonu), ortak çabaların daha verimli olabilmesi amacıyla çevre yönetimi standartları üzerinde çalışmaya başlamıştır. 1990'ların sonunda, ISO 14000 çevre yönetim standartları'na ek olarak Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi üzerine ISO 14040 serisini yayımlamıştır. Ülkemizde de Türk standartları Enstitüsü (TSE) altında, öncelikle TC207 ve TC176 olarak adlandırılan teknik komiteler kurulmuştur ve ISO 14000 çevre yönetim standartları serileri hazırlanmıştır [26].

Yapı sektöründe kullanılan yapı malzemelerinin yaşamları döngüsel bir süreçtir ve bu süreç bir yapı malzemesinin hammaddelerinin temin edilmesinden başlayıp, işlenmesi, paketlenmesi, taşınması, yapımı, kullanımı, gerektiği zamanlarda bakım-onarımı, ömrünü tamamladığında atılması, geri dönüştürülmesi, birtakım işlemlerden geçirilerek yeniden kullanıma hazır hale getirilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Yapı malzemeleri, yaşam döngülerinin her evresinde farklı çevresel etkilere sebep olmaktadır [29,30]. Şekil 3.1’de binalarda kullanılan yapı malzemelerin yaşam döngüsü faz diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.1 : Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü faz diyagramı.

Oluşan bu çevresel etkiler ISO 14000 Çevre Yönetimi standartlar serisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu standartlardan bazıları Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Standartlarına girmiştir bazılarının Türkçe çevirileri ise henüz tamamlanmamıştır. Yürürlükte olan YDD yöntemine ilişkin TS EN ISO 14040 standartları Çizelge 3.1’de belirtilmektedir.

Çizelge 3.1: YDD yöntemine ilişkin TS EN ISO 14040 standartları [31].

TS EN ISO Standartları	Kapsam
TS EN ISO 14040: 2007; Çevre Yönetimi-Yaşam Döngüsü Değerlendirme-İlkeler ve Çerçeve	Bu standart, Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) için ilkeleri ve çerçeveyi kapsar:
TS EN ISO 14041: iptal edilmiş standart Çevre Yönetimi- Yaşam Döngüsü Değerlendirme -Amaç ve Kapsam Tarifi İle Envanter Analizi Yerine geçen standartlar; <u>TS EN ISO 14044 :2007</u> ; <u>TS EN ISO 14040 :2007</u> ;	Bu standart, ISO 14040'e ilave olarak, Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) amaç ve kapsam tarifinin derlenmesi ve hazırlanması ile Yaşam Döngüsü Envanter Analizlerinin (YDEA) yapılması, yorumlanması ve rapor edilmesi için gerekli işlemleri ve şartları kapsar.
TS EN ISO 14042: iptal edilmiş standart Çevre yönetimi - Yaşam Döngüsü Değerlendirme –Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi Yerine geçen standartlar; TS EN ISO 14044 :2007; TS EN ISO 14040 :2007;	Bu standart yaşam döngüsü değerlendirmedeki (YDD) Yaşam döngüsü etki değerlendirme (YDED) safhasının, önemli özellikleri ve YDED'nin doğal sınırlamaları ile ilgili genel çerçeve hakkında bir kılavuzu kapsar. Ayrıca bu standart YDED safhasının uygulama şartlarını ve YDD'nin diğer safhalarıyla, YDED arasındaki ilişkiyi kapsar.
TS EN ISO 14043: iptal edilmiş standart Çevre yönetimi - Yaşam Döngüsü Değerlendirme - Yaşamboyu yorumu Yerine geçen standartlar; TS EN ISO 14044 :2007; TS EN ISO 14040 :2007;	Bu standart, YDD veya YDEA çalışmalarındaki hayat boyu yorumun gerçekleştirilmesi için gerekli tavsiyeleri ve kuralları kapsar.
TS EN ISO 14025: 2008 Çevre etiketleri ve beyanları – Tip III çevre beyanları – Prensipler ve prosedürler	Bu standart, Tip III çevre beyanı programları ve Tip III çevre beyanlarının geliştirilmesinde ilkeleri ve prosedürleri kapsar. Bu standart özellikle, Tip III çevre beyanı programları ve Tip III çevre beyanlarının geliştirilmesinde, ISO 14040 standart serisinin kullanımını kapsar. Bu standart, ISO 14020'de verilenlere ilâve olarak çevreyle ilgili bilgilerin kullanımına dair ilkeleri kapsar. Bu standartta tarif edilen Tip III çevre beyanlarının esas itibarıyla şirket – şirket arasındaki iletişimde kullanılması amaçlanmakla birlikte, şirket – tüketici arasındaki iletişimde de kullanılabilir. Bu standart, yasal olarak gerekli çevreyle ilgili bilgileri, açıklamaları veya etiketi veya uygulanabilir diğer yasal gereklerin önemsiz olduğunu vurgulamamaktadır. Bu standart, başka ISO standartlarında ele alınabilen sektöre özel hususları içermez. Tip III çevre beyanlarına ilişkin diğer ISO standartlarındaki sektöre özel hususlar, bu standardın ilkelerini ve prosedürlerini esas almayı ve bunları kullanmayı amaçlar.
TSE ISO/TR 14062: 2005 Çevre yönetimi – Ürün tasarımına ve geliştirilmesine çevresel boyutların dahil edilmesi	Çevre yönetimi – Ürün tasarımına ve geliştirilmesine çevresel boyutların dahil edilmesi
TSE ISO Guide 64: 1997 Madde-Mamul Standartlarına Çevre Boyutunun Dahil Edilmesine Dair Kılavuz	Bu kılavuz madde-mamul standartlarının çevre üzerindeki etkilerinin göz önünde tutulmasıyla ilgili hususları kapsar

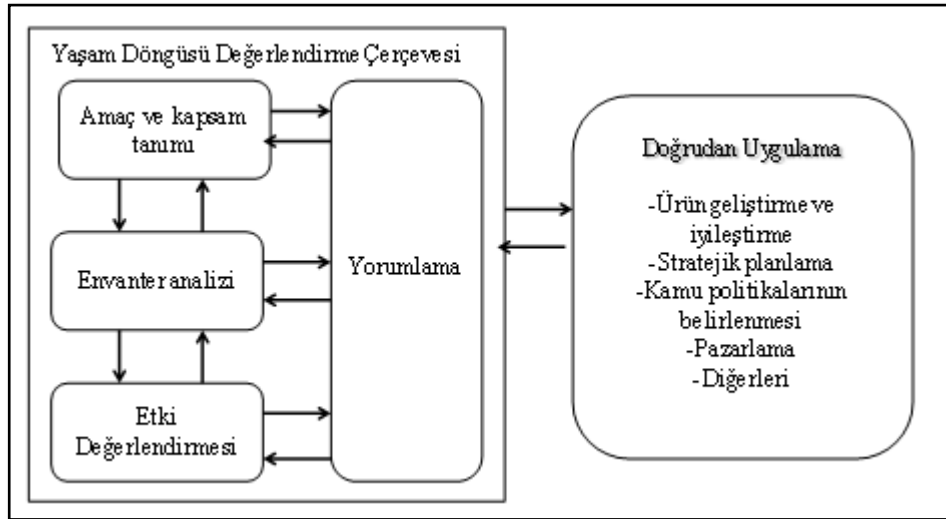
3.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin Aşamaları

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD), bir ürünün, üretimi için kullanılan hammaddelerin temin edilmesinden, kullanımı, kullanım ömrü sonunda işlenmesi, geri dönüşümü ve nihâ bertarafına kadar hayatı boyunca (beşikten mezara gibi), çevresel boyutlarını ve muhtemel çevresel etkilerini (kaynakların kullanımı ve salımların çevresel sonuçları gibi) incelemektedir.

ISO 14040'a göre YDD birbiriyle ilgili dört ayrı aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- Amaç ve kapsam tanımı aşaması,
- Envanter analizi aşaması,
- Etki değerlendirme aşaması,
- Yorum aşaması'dır.

Her aşama kendinden bir önceki aşamayı izlemekte ve gerektiği durumlarda çalışılan aşamada yapılan eklemeler ve sonuçlar doğrultusunda geçmiş bölümlerde değişiklikler yapılabilmektedir. Şekil 3.2'de Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları görülmektedir [32].



Şekil 3.2 : Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları [32].

3.2.1 Amaç ve Kapsam Tanımı Aşaması

Yaşam Döngüsü Değerlendirme'nin ilk aşaması amaç ve kapsam tanımıdır. Bir YDD çalışmasının amacı ve kapsamı, açıkça tanımlanmalı ve amaçlanan uygulamayla uyumlu olmalıdır. Bir YDD'nin amacı tanımlanırken; amaçlanan uygulama, çalışmanın yürütülmesinin sebepleri, çalışma sonuçlarının ulaştırılması istenen hedef

kitle ve sonuçların kamuoyuna açıklanması ve hedeflenen karşılaştırmalı beyanlarda kullanılmasının amaçlanıp amaçlanmadığı açık bir şekilde ifade edilmelidir.

Bir YDD'nin çalışmasının kapsamı tanımlanırken ise; çalışılacak ürün sistemi, ürün sisteminin veya karşılaştırmalı çalışmalar durumunda sistemlerinin fonksiyonları, fonksiyonel birim, sistem sınırı, tahsisat prosedürleri, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi metodolojisi ve etki tipleri, kullanılacak yorum, veri gerekleri, kabuller, değer seçimleri ve isteğe bağlı unsurlar, sınırlamalar, veri kalitesi gerekleri, çalışma için gerekli raporun tipi ve düzeni göz önünde bulundurulmalı ve açık bir şekilde tarif edilmelidir [33]. Amaç ve kapsam aşamasının öncelikli aktiviteleri:

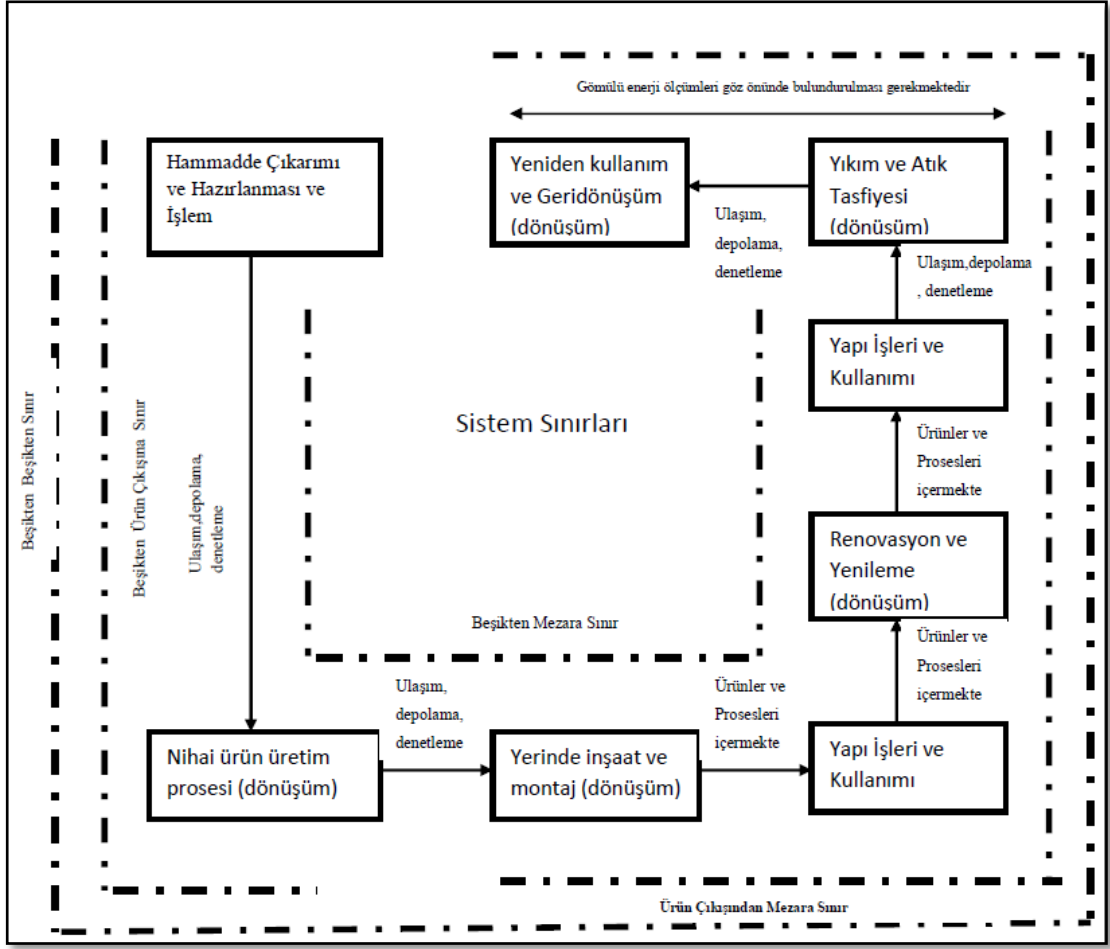
Fonksiyon: Bir sistem, çok sayıda muhtemel fonksiyonlara sahip olabilir ve bunlardan biri ya da daha fazlası YDD'nin amaç ve kapsam tanımına bağlı olarak seçilir.

Fonksiyonel birim: Fonksiyonel birim, çalışmanın amacı ve kapsamıyla uyumlu olmalıdır. Fonksiyonel birim, ürünün tanımlanan fonksiyonlarının (performans özellikleri) sayısını belirtir. Bir fonksiyonel birimin temel amacı, girdilerle ve çıktılarla ilgili olan bir referans sağlamaktır [32].

YDD yöntemi kullanılarak karşılaştırılacak ürünlerin aynı fonksiyonel birime sahip olması gerekmektedir. Bir YDD çalışmasında, yapı ürününün işlevini yerine getirmesi için gerekli olan miktar ölçülebilir birimlerle tanımlanmalıdır. Yapı malzemeleri için malzemeye bağlı olarak fonksiyonel birim m, m², m³, kg, lt vb., sistem bileşenleri için ise bileşen başına fonksiyonel birim kW'dır [34].

Örneğin, bir duvar yüzeyinin boyanmasında kullanılabilecek 1 lt hacmindeki iki farklı boyanın performans özellikleri aynı olmayabilir. Bu durumda, bu iki boyanın karşılaştırılması için bir fonksiyonel birim tanımlanması gerekmektedir. Bu örnekte, fonksiyonel birim "1 m² boyanmış yüzey" olarak tanımlanabilir. İşlevsel birimi tanımlanan yapı ürünü sisteminin sınırları da amaç ve kapsam aşamasında belirlenmelidir [35].

Sistem sınırı: Sistem sınırı, sisteme dahil edilecek birim süreçleri tanımlar. İdeal olarak, ürün sistemi, sistem sınırındaki girdiler ve çıktılar temel akışlar olacak şekilde modellenmelidir. Şekil 3.3'de yapı malzemelerin yaşam döngüsündeki sistem sınırları görülmektedir.



Şekil 3.3: Yapı malzemelerinin yaşam döngüsündeki sistem sınırları [36].

Beşikten ürün çıkışına sınır: Bu sınır, ürünün kısmi yaşam döngüsünün hammadde temininden tesislerden ürün çıkışına (son tüketiciye ulaştırılmadan önce) kadar sürede değerlendirilmesini belirtmektedir.

Beşikten mezara sınır: Bu sınır, ürünün tüm yaşam döngüsünü, hammadde temininden bertarafına kadar olan sürede değerlendirilmesini belirtmektedir.

Beşikten beşiğe sınır: Bu sınır, beşikten mezara olan değerlendirmeye ek olarak ürünün kullanım ömrü sonunda bertarafından sonra geri dönüşüm işlemini de içermektedir. Bu yöntem; sürdürülebilir üretim, uygulama ve bertaraf işlemlerinde meydana gelecek çevresel etkileri azaltmakta kullanılmakta olup ürün geliştirilmesinde sosyal sorumluluğun artırılmasını hedeflemektedir [37].

Sistem sınırı oluşturulurken, farklı yaşam döngüsü aşamaları, birim süreçler ve akışlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar;

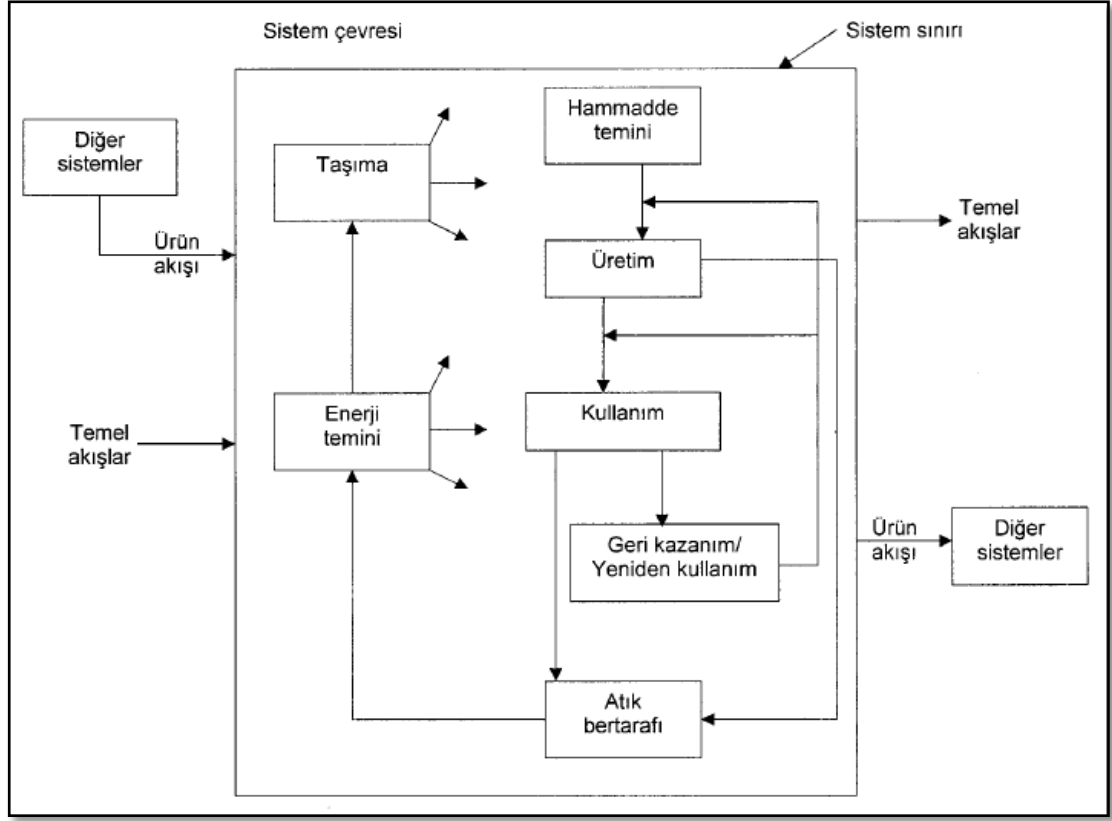
- Hammadde temini,

- Ana imalât/işleme sırasındaki girdiler ve çıktılar,
- Dağıtım/taşıma,
- Yakıtların, elektriğin ve ısının üretimi ve kullanımı,
- Ürünlerin kullanımı ve bakımı,
- Süreç atıklarının ve ürünlerin bertarafı,
- Kullanılmış ürünlerin geri kazanımı (yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı dâhil),
- Yardımcı ürünlerin imalâtı,
- Ana ünitelerin imalâtı, bakımı ve üretimden çekilmesi,
- Aydınlatma ve ısıtma gibi ilâve işlemlerdir.

Veri Kalitesi Gereklere: Bir YDD çalışmasının sonuçlarının güvenilir olması ve doğru yorumlanması için veri kalite gereklere tanımı önemlidir. [32]. Bu gereklere, yapı ürünleriyle ilgili toplanacak verilerin zaman, coğrafya ve teknoloji ile ilgili değişkenlerini kapsamaktadır. Zamanla ilgili değişkenler, verilerin toplanmasında dikkate alınacak zaman aralığı (örn. son beş yıl içindeki veriler); coğrafyayla ilgili değişkenler, verilerin toplanacağı coğrafi ölçek (yerel, bölgesel, ulusal, kıtalararası, küresel), teknolojiyle ilgili değişkenler ise kullanılacak teknolojinin yaşı (örn. geleneksel teknoloji, gelişmiş teknoloji vb.) ile ilgilidir.

Yapı ürünleriyle ilgili verilere yayımlanmış kaynaklardan (ISO Standartları, TSE Standartları, yapı malzemesi katalogları, üretici firma broşürleri) ulaşılabileceği gibi ölçme, hesaplama, tahmin veya gözlem yöntemleriyle de veri toplanabilir. Bu verilerin toplanmasında kesinlik, bütünlük, temsil edilebilirlik, tutarlılık, tekrarlanabilirlik ölçütlerinin dikkate alınması veri kalitesinin artmasına katkıda bulunmaktadır [35].

YDD yöntemi kapsamında çevresel etkileri değerlendirilecek olan yapı ürünü sistemi, amaç ve kapsam tanımı aşamasında net olarak tanımlanmalıdır. Şekil 3.4' te yapı ürünü sistemi ifade edilmektedir. Tanımlanan yapı ürünü sistemiyle ilgili varsayımların bu aşamasında belirlenmesi YDD çalışmasında öznellik sağlanması açısından önemlidir.



Şekil 3.4 : Yapı ürünü sistemi [32].

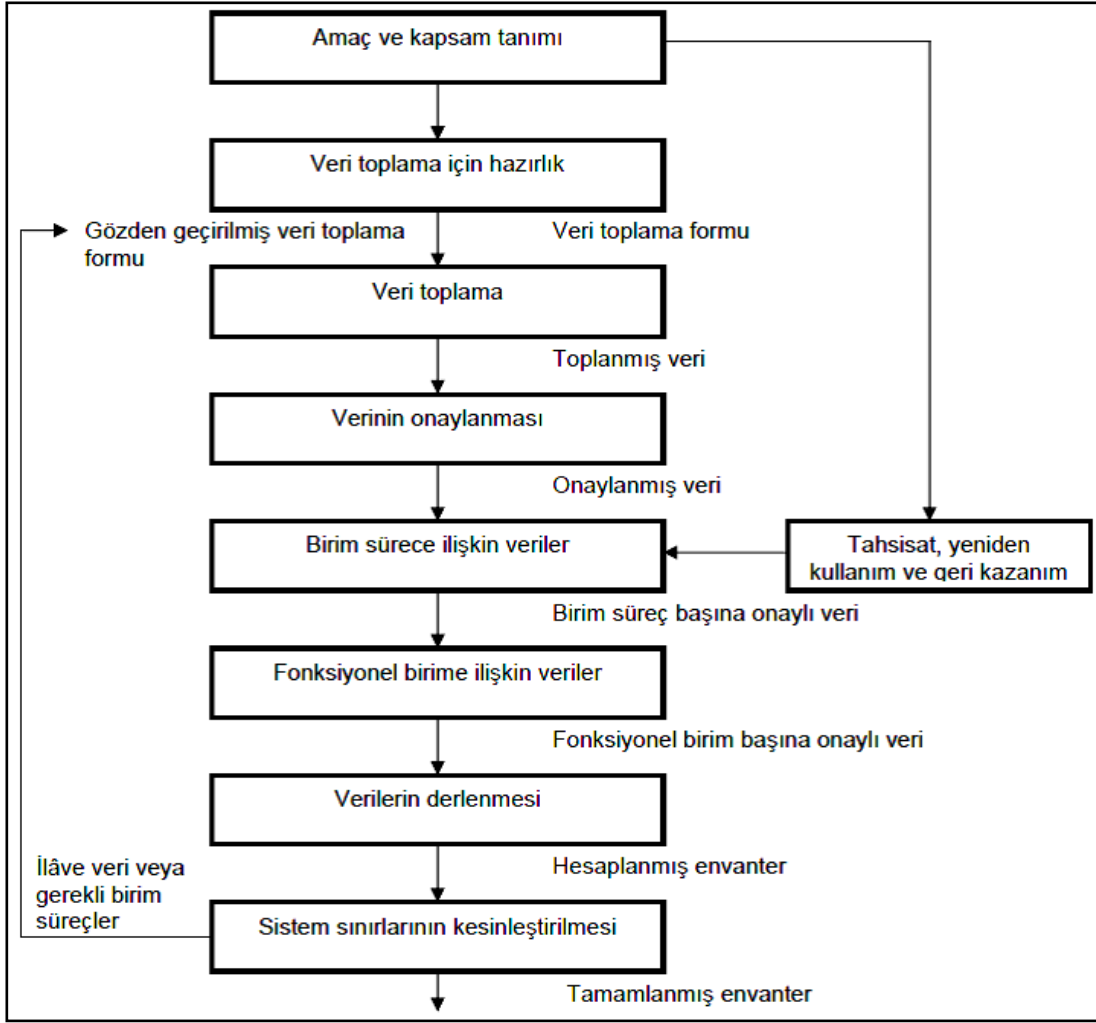
Ürün akışı: Bir veya daha fazla tanımlı görevi yerine getiren ve bir ürünün yaşam döngüsü değerlendirmesini modelleyen, temel akışlara ve ürün akışlarına sahip olan birim süreçlerinin tamamıdır.

Temel akış: Çevreden alınan ve insan eliyle herhangi bir değişikliğe uğramadan çalışılan sisteme giren malzeme ve enerji veya çalışılan sistemi terk eden ve insan eliyle herhangi bir değişikliğe uğramadan çevreye salınan malzeme ve enerji.

Birim süreç: Girdi ve çıktı verilerinin hesaplanması için hayat boyu envanter analizi yapılmasında göz önünde bulundurulmuş en küçük unsur.

3.2.2 Yaşam Döngüsü Envanter Analizi Aşaması

Envanter analizi, bir ürün sisteminin ilgili girdilerini ve çıktılarını hesaplamak için veri toplanmasını ve hesaplama prosedürlerini içermektedir. Sistem sınırı içerisindeki her bir birim süreç için veriler; enerji girdileri, hammadde girdileri, yardımcı girdiler, diğer fiziksel girdiler, ürünler, yan ürünler ve atık, havaya verilen emisyonlar, suya ve toprağa deşarjlar, ve diğer çevresel boyutlardır [32]. Şekil 3.5’de yaşam döngüsü envanter analizi (YDEA) aşamasında izlenilmesi gereken adımlar gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : Yaşam döngüsü envanter analizi için ana adımlar [33].

Yaşam döngüsü envanter analizinde her bir ürün için veri elde etmek pahalı ve zordur. Bazı üreticiler bu tür özel verileri gizli tutmaktadır. Verilerine kolay ulaşılabilen ürünler genellikle markasız ürünlerdir [38]. Yeni veri gereksinimleri veya verilerin eksik olması çalışmanın amaç ve kapsamının değişmesine neden olabilir bu yüzden verilerin tam olarak toplanması çok önemlidir. Envanter analiz aşaması, binalar gibi kompleks ürünler olması durumunda daha da yoğun olmaktadır. Bu aşama genellikle yapı malzemeleri ve bileşenleri verilerini kullanmaktadır ve sistemin girdileri enerji, su, malzeme gibi kaynaklar; çıktıları ise hava, su ve toprağa salımlar bunlar; CO₂, NO_x, SO_x, metan dışındaki uçucu organik bileşikler ve partiküller (PM₁₀≤10µm ve PM_{2,5}≤2.5µm), su esaslı atıklar, katı atıklar ve yan ürünlerdir [39].

Malzeme elde edilmesindeki en önemli girdilerden birisi enerjidir. Binaların çevresel etkilerini değerlendirmek için enerji kullanımı geniş çapta kullanılan bir ölçüttür. Binaların yaşam süresince harcadıkları toplam enerjiyi değerlendirmek için YDEA yöntemi kullanılmaktadır. Ürün yaşam döngüsünün her aşamasında enerji girdileri gerekmektedir. Genellikle enerji kaynakları: fosil yakıtları (kömür, petrol, doğalgaz), nükleer yakıtlar, geri kazanılmış atıklar ve hidroelektrik, jeotermal, biokütle, güneş, rüzgâr enerjisidir. Her bir enerji kaynağın bir takım kendisine özgü çevresel etkileri bulunmaktadır [40].

Bir binanın yaşam döngüsü enerjisi o yapının ilk içerilmiş enerjisi, bakım ve onarım için (yinelenen içerilmiş enerjisi) ve yaşam süresince devam eden operasyonel kullanım enerjisinden oluşmaktadır. YDEA yardımı ile bir binanın tahmin edilen yaşam süresi için, o binanın içerilmiş enerjisinin ve kullanımda olduğu sürece neden olduğu enerji tüketiminin toplamı hesaplanabilmektedir [26]. Uluslar arası Enerji Kurumu'na (IEA) göre enerjiyi birincil ve ikincil enerji olarak tanımlamak mümkündür. Birincil enerji; herhangi bir enerji dönüşümünden henüz geçmemiş enerji olup, ikincil enerji ise; İkincil enerji bir diğer enerji biçiminden dönüştürülmüş enerjidir (kömür, petrol, doğal gaz ve rüzgâr gibi birincil enerji kaynaklarından dönüştürülen elektrik enerjisi en basit örneklerden birisidir) [41].

• Yaşam Döngüsü Boyunca Malzeme Kaynaklı Tüketilen Enerjinin Hesaplanması

Binanın yaşam süresi boyunca harcadığı enerjinin hesaplanabilmesi için, bazı tanımlamalar ve sınırlamalar yapılmalıdır. Yapı malzemesi miktarının hesabı yapılırken, tüm miktarlar hesaba katılmalıdır. Hammadde girdilerinin çevresel etkileri ile enerji tüketimi ilişkileri YDEA'den elde edilebilir. Binanın yaşam döngüsü boyunca, enerji ve hammadde tüketimi minimum ve çevreye olumsuz etkisi en az olan yapı malzemeleri tercih edilmelidir.

Tüm bina malzemeleri üretiminde gerekli olan enerji birincil enerji olarak sınıflandırılmakta ve aşağıda bulunan eşitliğe göre hesaplanmaktadır.

$$Q_{\text{üretim}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \left(1 + \frac{w_i}{100}\right) \cdot M_i \quad (3.1)$$

Eşitlik 3.1’de $Q_{\text{üretim}}$ üretim için gerekli olan enerjiyi (kWh), n malzeme sayısını, i ilgili malzeme sayısını, m_i yapı malzeme miktarı (ton), W_i yapı inşası sırasında oluşan malzeme atık faktörünü (%) M_i ise bina malzemesi üretilirken kullanılan enerji miktarını (kWh/ton) temsil etmektedir.

Yapı malzemelerinin üretiminde kullanılan birincil enerji; hammadde çıkartılması, üretim, yarı işlenmiş ürünlerin taşınması, üretim için ve son yapı malzemesi için gerekli olan enerjiyi içermektedir. Ayrıca yapı malzemesinin yanma değeride üretim enerjisi içerisinde yer almaktadır. Çizelge 3.2’de bazı yapı malzemelerin üretimi için gerekli enerji miktarı görülmektedir.

Çizelge 3.2 : Bazı yapı malzemelerin üretimi için gerekli olan enerji miktarı.

Malzemeler	M_i (kWh/ton)	W_i (%)
Beton (güçlendirilmiş)	560	20
Beton (normal)	210	10
Alçıpan	2400	10
Fayans, karo	2000	10
Ahşap: kaba (0,5ton/qubic m)	1440	10
Ahşap: doğramalık (0,5ton/qubic m)	2240	10
Ahşap: yonga (0,6ton/qubic m)	3150	7
Cam	7230	0
Cam yünü	5330	10
PVC	24650	5
Polietilen	16400	5
Polistiren	29650	10
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. Yapı malzemelerin ömrü yapının ömrü ile de sınırlıdır. Hesaplamalarda genellikle yapının ömrü 50 yıl olarak belirlenmektedir. Çizelge 3.3’de bazı yapı malzemelerin kullanım ömürleri görülmektedir.

Çizelge 3.3 : Bazı yapı malzemelerin ömürleri.

Malzeme	Enerji (MJ)		
	Üretim	Nakliye	
		50km	100km
Kum	0	87,5	175
Çakıl	20,5	87,5	175
Tuğla (m ³)	2550	100	200
Çimento (ton)	5850	50	100
Çelik (ton)	42000	50	100

Yukarıdaki çizelge yardımıyla restorasyonda kullanılan enerjiyi aşağıda bulunan eşitliğe göre hesaplamak mümkündür [41].

$$Q_{\text{üretim}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \left(1 + \frac{w_i}{100}\right) \cdot M_i \cdot (\text{Bir yapının ömrü} / \text{Malzemenin ömrü}) - 1 \quad (3.2)$$

İçerilmiş enerjiyi; temel yapı malzemeleri üretilirken tüketilen ısı enerjisi ve yapı malzemelerinin ulaşımı için gerekli olan enerji olarak ikiye ayırmamız mümkündür. Çizelge 3.4'te temel yapı malzemelerinin ısı enerjisi miktarı görülmektedir.

Çizelge 3.4 : Temel yapı malzemelerinin birim üretimi için ısı enerjisi miktarları.

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

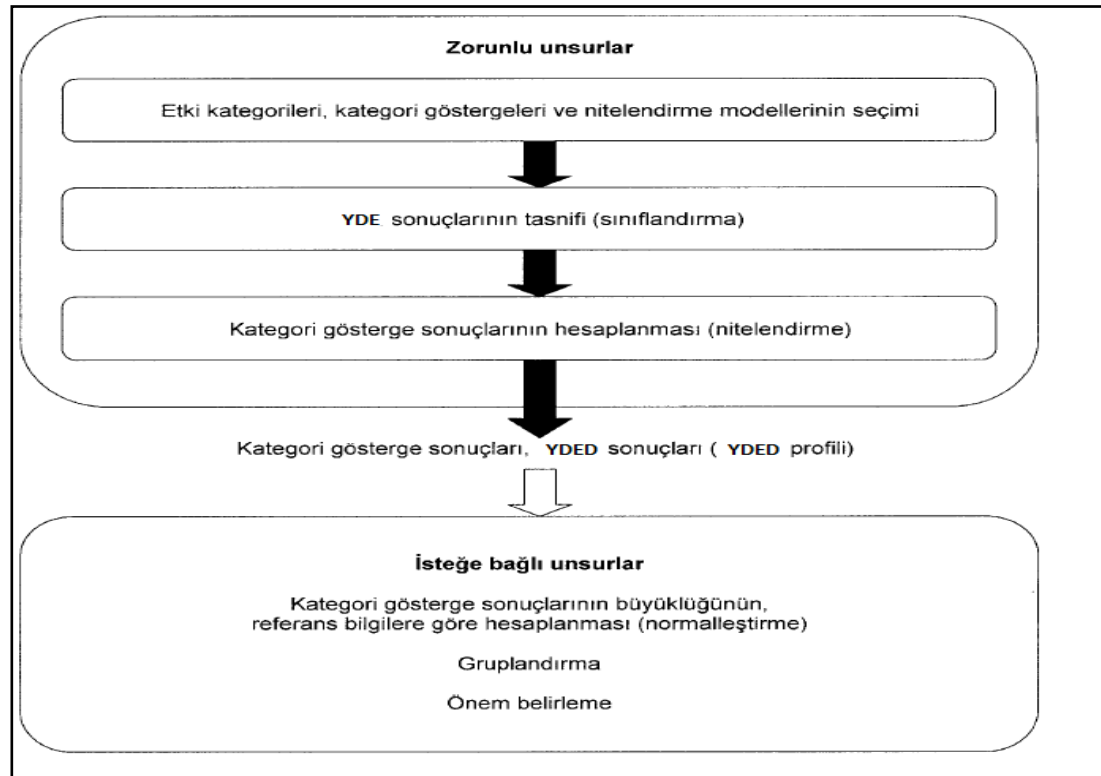
Yapı malzemelerinin ulaşımı için mesafelerin kısa olması içerilmiş enerjinin düşük olmasını sağlayacaktır. Olabildiğince yerel ve yakın kaynaklardan elde edilen malzemeler kullanıldığında ulaşım için gerekli olan enerji miktarı azaltılır. Çizelge 3.5'te yapı malzemelerinin üretim ve ulaşımı için gerekli olan enerji miktarı görülmektedir [42].

Çizelge 3.5 : Yapı malzemelerinin üretim ve ulaşımı için gerekli olan enerji.

Malzeme	Enerji (MJ)		
	Üretim	Nakliye	
		50km	100km
Kum	0	87,5	175
Çakıl	20,5	87,5	175
Tuğla (m ³)	2550	100	200
Çimento (ton)	5850	50	100
Çelik (ton)	42000	50	100

3.2.3 Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme Aşaması

Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme (YDED) safhasında, YDE sonuçları kullanılarak muhtemel çevresel etkilerin öneminin değerlendirilmesi amaçlanır. Genellikle bu süreç, envanter verilerinin, belirli çevresel etki kategorilerinin kategori göstergeleriyle birleştirilmesini kapsar. Böylece, bu tür çevresel etkilerin anlaşılması kolaylaşır. YDED safhası ayrıca, hayat boyu yorum safhası için de bilgi sağlamaktadır. Şekil 3.6'da YDED safhasının unsurları görülmektedir [32].



Şekil 3.6 : YDED safhasının unsurları.

Normalleştirme: Referans bilgiye göre kategori gösterge sonuçlarının büyüklüğünün hesaplanması,

Gruplandırma: Etki kategorilerinin sıralanması ve mümkünse derecelendirilmesi,

Önem belirleme: Gösterge sonuçlarının, değer seçimlerine dayalı sayısal faktörler kullanılarak etki kategorilerine dönüştürülmesi ve mümkünse toplanması,

Veri kalitesi analizi: Gösterge sonuçlarının toplanmasındaki güvenilirliğin daha iyi anlaşılması.

Normalleştirme, gruplandırma ve önem belirleme yöntemlerinin uygulanması ve kullanımı, YDD'nin amaç ve kapsamıyla uyumlu olmalı ve tamamen şeffaf olmalıdır [32]. Şekil 3.6'da görüldüğü üzere zorunlu elemanlar, etki kategorilerinin seçimini, kategori göstergelerinin saptanmasını ve nitelendirme modellerinin oluşturulmasını kapsamaktadır.

Bir yapı ürününün çevresel etkilerini değerlendirmek için öncelikle çevresel etkilerin sınıflandırılması gerekir. Sınıflandırma, YDEA'den alınan verilerin etki kategorilerine atanmasıdır. Çevresel etkilere ilişkin küresel ölçekte kabul görmüş kategoriler henüz oluşturulamamıştır. Dolayısıyla, etki kategorileri çeşitli ülkelerde farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Çizelge 3.6'da etki kategorileri, kategori göstergeleri ve kategori uç noktası gösterilmektedir [35]. Şekil 3.7'de ise kategori göstergesinin, YDE sonuçları ve kategori uç noktası veya noktaları arasında çevresel mekanizma boyunca herhangi bir yerde belirlenebilirliğini göstermektedir [33].

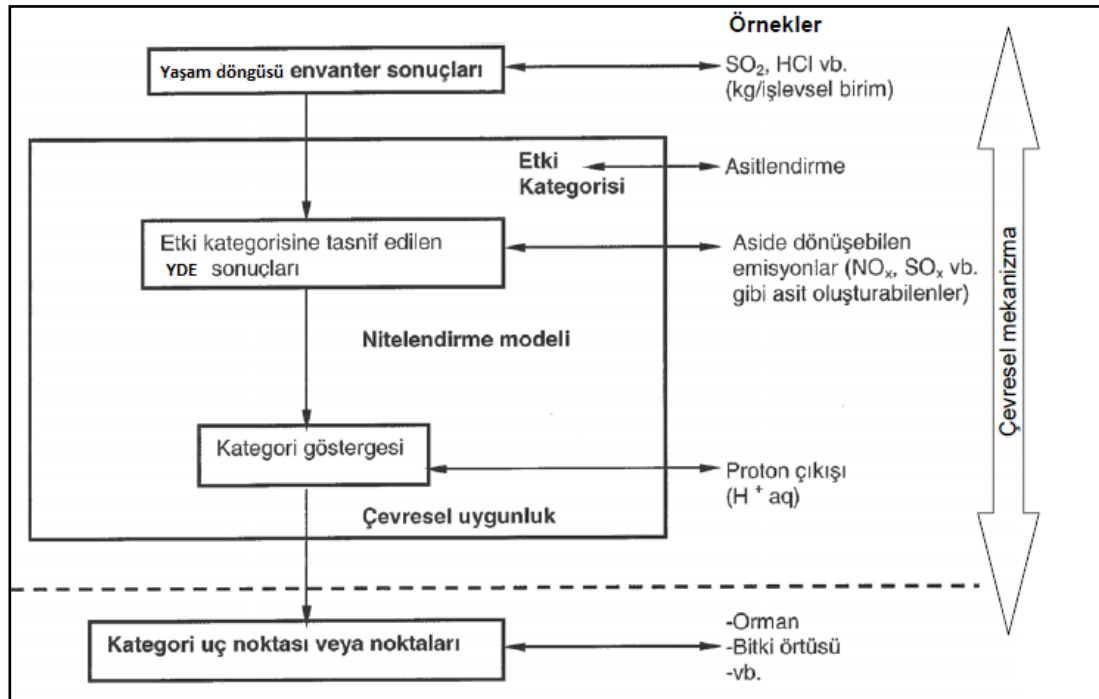
Bir malzemenin çevreye olan etkileri; standartlar, yönetmelikler, bilimsel çalışmalar, birlik raporları, sivil toplum örgütlerinin araştırmaları gibi ölçütlerle belirlenebilir.

3.2.4 Yaşam Döngüsü Yorum Aşaması

YDD'nin sonuçlarına ulaşabilmek ve tavsiyelerde bulunabilmek amacıyla, envanter analizi veya etki değerlendirmesi aşamalarının birisinden veya her ikisinden elde edilen sonuçların, çalışmanın amaç ve kapsamına uygun bir şekilde değerlendirildiği aşamadır [33].

Çizelge 3.6 : Etki kategorileri ve kategori göstergeleri ve kategori uç noktası.

ETKİ KATEGORİSİ	KATEGORİ GÖSTERGELERİ	KATEGORİ UÇ NOKTASI
İklim Değişikliği	Küresel ısınma, çölleşme, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Ozon İncelmesi	Ozon tabakasının delinmesi, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, insan cildi, sucul ve karasal canlılar
Asidifikasyon	Asit yağmurları, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar, yapılar
Besin Birikimi	Sulardaki oksijenin azalması	İnsan sağlığı, sucul canlılar
İnsan Zehirlenmesi	Zihinsel bozukluk, kanser, sarılık, siroz, astım, alerji, böbrek yetmezliği, kemik deformasyonu, kemik erimesi	İnsan sağlığı
Ekolojik Zehirlenme	Bitki ve hayvan türlerinin tükenimi	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Kaynak Tükenimi	Kuraklık, çölleşme, bitki ve hayvan türlerinin tükenimi	İnsan sağlığı, mercan kayaları, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Fotokimyasal Oksit Oluşumu	Sis, çeşitli hastalıklar, bitki türlerinin tükenimi	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri
Kirlilik (hava, su, toprak)	Bitki ve hayvan türlerinin tükenimi, çölleşme, çeşitli hastalıklar	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, tarım ürünleri, sucul ve karasal canlılar
Biyoçeşitliliğin Zarar Görmesi	Bitki ve hayvan türlerinin tükenimi	İnsan sağlığı, doğal bitki örtüsü, ormanlar, sucul ve karasal canlılar



Şekil 3.7 : Kategori gösterge kavramı.

3.3 Yapı Malzemeleri için Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemini Kapsayan Araçlar

Günümüzde yapı endüstrisinde YDD, diğer endüstrilere nazaran daha az gelişmiştir fakat YDD, binaların çevresel etkilerinin ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde temel bir unsurdur. Birçok araştırmacı, YDD metodunu belirli binalara uygulamıştır. YDD yöntemi kullanılarak yapılan son çalışmalar, tüm yapı malzemelerini ve işlemlerini dikkate alarak tüm binanın etkilerini belgelendirmeye çalışmaktadır. YDD metodu son zamanlarda binaların tasarımı ve incelenmesi için birçok bilgisayar programı ile birleştirilmiştir ve bu araçlar birçok kuruluş tarafından geliştirilmiştir [43].

YDD yöntemini kapsayan ve çevresel değerlendirme için kullanan çeşitli araçlar bulunmaktadır. Bu araçlar 3 başlık altında sınıflandırılmıştır. Bunlar binayı bir bütün olarak değerlendiren araçlar, tüm bina tasarımı kararı ya da karar destek araçları ve ürünlerin karşılaştırılması için kullanan araçlar olarak sıralanmaktadır.

3.3.1 Binayı Bir Bütün Olarak Ele Alıp Değerlendiren Araçlar

Binayı bir bütün olarak değerlendiren sistemler; LEED (Leadership in Energy and Environmental Design-USA, Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik-ABD), BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method-UK, Bina Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi-İngiltere), CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency-Japan, Bina Çevresel Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi-Japonya), Green Globe'dur (Yeşil Küre-ABD) olarak sıralanmaktadır [23]. Bu çalışmada dünyada ve ülkemizde yaygın olarak bilinen ve kullanılan LEED ve BREEAM değerlendirme sistemleri ele alınmaktadır. Bu değerlendirme sistemleri birçok bina tipine uygun olarak hazırlanmış olup, binaları bir bütün olarak ele alıp çevresel etkilerine göre değerlendiren sistemlerdir ve sürdürülebilirlik için etkili bir adımdır. Türkiye'ye özgü bir değerlendirme sistemi henüz bulunmamaktadır. Fakat mevcut olan bu değerlendirme sistemlerinden ülkemizin konumuna, coğrafi ve iklimsel özelliklerine bağlı olarak, kullanılan kaynak ve malzemelere göre binaların çevresel etkilerini değerlendirmek ve farkındalık ile birlikte yeşil binalara olan ilgiyi arttırmak için bu değerlendirme sistemlerinden en uygun olanın, ülkemize uyarlama çalışmaları başlamıştır.

3.3.1.1 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design-USA, Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik-ABD)

LEED, 1993 tarihinde Yeşil Bina Konseyi (U.S. Green Building Council) tarafından geliştirilen uluslar arası alanda tanınmış yeşil bina sertifikasyon sistemidir. LEED, bina sahipleri ve işletmecilere, uygulanabilir ve ölçülebilir yeşil bina tasarımın belirlenmesi ve uygulanması için, yapımı, yönetimi ve bakım çözümleri için yardımcı olmaktadır. Ayrıca LEED; enerji tasarrufu, su kullanımında etkinlik, CO₂ emisyonlarının azaltılması, iç hava kalitesinin artırılması ve kaynakların korunumu ve bunların etkilerine karşı hassaslık gibi önemli olan tüm ölçütler doğrultusunda performansı geliştirmek için stratejiler uygulanarak inşa edilmiş ve tasarlanmış binalar için üçüncü taraf doğrulama sağlamaktadır.

LEED birçok bina tipolojisi, sektörler ve proje kapsamı için değerlendirme sistemi olup binanın tüm yaşam döngüsünü kapsayan bir değerlendirme yapmakta ve binanın yaşam döngüsünde her aşamaya uygulanabilir özelliktedir. Bu değerlendirme sistemi, tüm bina tiplerine uygulanma için yeterince esnek özelliktedir. LEED değerlendirme sisteminin kullanıldığı binalar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Kabuk ve Çekirdek (Core & Shell)
- Yeni Yapı ve Büyük Yenilemeler (New Construction and Major Renovations)
- Okullar (Schools)
- Mahalle Gelişimi (Neighborhood Development)
- Parakende Satış Yerleri (Retail)
- Sağlık Binaları (Healthcare)
- Konutlar (Homes)
- Ticari İç Mekanlar (Commercial Interiors)
- Mevcut Binalar (Existing Buildings)

LEED, gönüllü, oy birliğine dayandırılan ve piyasanın yönlendirdiği yeşil bina değerlendirme sistemidir. Bu değerlendirme sistemi mevcut olan teknolojiye göre binanın yaşam döngüsü üzerinden tüm bina perspektifinden çevresel performansının değerlendirilmesi ve bir yeşil binanın tasarımında, yapımında ve kullanımında nelerin içerilmesi gerektiğini belirlemek için belirli standartları sağlamaktadır. LEED değerlendirme sistemi 7 çevresel kategori doğrultusunda düzenlenmiştir. Bunlar;

- Sürdürülebilir Araziler
- Su kullanımında Etkinlik
- Enerji ve Atmosfer
- Malzeme ve Kaynaklar
- İç Hava Kalitesi
- Tasarımda Yenilik
- Yerel Öncelik'dir.

Tüm bu kategorilerin belirli LEED puanı mevcuttur. Bu puanlar, çevresel etki potansiyeline ve insanlara sağladığı faydalara göre belirlenmektedir. Bu etkiler; tasarımda çevresel veya insan etkileri; yapımda, kullanımda ve bakımda; sera gazı emisyonu, fosil yakıt kullanımı, zehirli maddeler ve karsinojenler, hava ve su kirleticileri etkileridir. Puan, ağırlıklandırılmış bir şekilde 100 puan üzerinden verilmektedir. Tasarımda yenilik ve yerel öncelik kategorileriyle ek 10 puan kazanılabilmektedir. Ek puanla birlikte değerlendirme 110 puan üzerinden yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, kategorilerde projenin değerlendirilmesi için zorunlu olan ön koşullar bulunmaktadır. Bu ön koşulların hiçbir puan karşılığı bulunmamaktadır fakat ön koşulların sağlanması şartı vardır. Çizelge 3.7'de LEED kategorileri ve bunlara karşılık gelen puanlar gösterilmektedir.

Çizelge 3.7 : LEED kategorileri ve puanlar.

Kategori	Puan
- Sürdürülebilir Araziler	26
- Su kullanımında Etkinlik	10
- Enerji ve Atmosfer	35
- Malzeme ve Kaynaklar	14
- İç Hava Kalitesi	15
- Tasarımda Yenilik	6
- Yerel Öncelik	4

Yapılan değerlendirmeye göre proje aşağıdaki Çizelge 3.8'deki puanlandırmaya göre ödüllendirilmektedir [44].

Çizelge 3.8 : LEED dereceleri ve puanlar.

LEED Dereceleri	Puanlar
Sertifikalanmış	40-49
Gümüş	50-59
Altın	60-79
Platin	80 ve üstü

3.3.1.2 BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method-UK, Bina Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Yöntemi-İngiltere)

BREEAM, dünyanın önde gelen ve binalar için çevresel değerlendirme metodunun kullanımını yaygın olan değerlendirme sistemidir. BREEAM, 1990 yılında, Bina Araştırma Kurumu (BRE) tarafından İngiltere'de geliştirilmiştir. İlk yıllarda, bu değerlendirme sistemi ofisler ve konutlar olmak üzere iki tip bina için oluşturulmuştur. Zamanla birçok farklı bina tipini kapsayacak şekilde genişletilmiştir. BREEAM, aşağıda sıralanmış olan bina tiplerini değerlendirmede kullanılmaktadır [45].

- Mahkeme Salonları (Courts)
- Eğitim Binaları (Education)
- Endüstriyel Binalar (Industrial)
- Sağlık Binaları (Healthcare)
- Ofisler (Offices)
- Parakende Satış Yerleri (Retail)
- Hapishaneler (Prisons)
- Toplu Konutlar (Multi-Residential)

BREEAM, sürdürülebilir tasarımın en iyi şekilde uygulanması için standartlar belirlemekte ve binanın yaşam döngüsü boyunca çevresel performansını belirten mevcut olan ölçüt durumuna gelmiştir. BREEAM'in bina performansını değerlendirmede ele aldığı konular aşağıdaki gibi sıralanmaktadır. Bunlar;

- Sağlık ve Konfor
- Enerji
- Ulaşım
- Su
- Malzeme

- Atık
- Arazi Kullanımı ve Ekoloji
- Kirlilik
- Yenilikçilik'dir

Bu kategorilerden her birinin çevresel etki ağırlığı bulunmaktadır. Bu çevresel etki ağırlıkları Çizelge 3.9'da gösterilmektedir Her bir kategori için yapılan puanlama ve çevresel ağırlık katsayılarının uygulanması ile tek bir puan elde edilir. Elde edilen bu puanlara göre Geçer (Pass), İyi (Good), Çok İyi (Very Good), Mükemmel (Excellent) ve Olağanüstü (Outstanding) olarak sertifikalar verilmektedir.

Çizelge 3.9: BREEAM çevresel etki ağırlıkları.

BREEAM bölümü	Ağırlık %	
	Yeni binalar, ek binalar ve büyük çaplı yenilemeler	Sadece donatılar
Yönetim	12	13
Sağlık ve Konfor	15	17
Enerji	19	21
Ulaşım	8	9
Su	6	7
Malzemeler	12,5	14
Atık	7,5	8
Arazi kullanımı ve ekoloji	10	U/D
Kirlilik	10	11
Yenilikçilik	10	10

BREEAM'ın binalar için hedefi; yönetmeliklere göre gerekli olan ölçüt ve standartları belirlemek, yenilikçi çözümler sağlayarak piyasayı canlandırmak, bina sahiplerinin, kullanıcıların, tasarımcıların ve işletmecilerin sürdürülebilir binalara teşvik etmek, çevresel etkilerin azaltılması ile binaların sağladığı faydaları dikkatleri arttırmak ve güvenilir bir çevresel etiket oluşturmaktır [45].

3.3.2 Tasarımda Karar Destek Araçları

Bu araçlar yapı malzeme ve elemanların çevresel etkilerini değerlendirmede kullanılan araçlar olup, bina tasarım aşamasında karar destek araçları olarak nitelendirilmektedirler. Bunlar; LISA (LCA in Sustainable Architecture-Austria, Sürdürülebilir Mimaride YDD-Avusturya), Ecoquantum (Hollanda), Invest (İngiltere), ATHENA (Kanada), BEES 4.0 (Building for Environment and Economic Sustainability-Finland, Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik için Bina-Finlandiya)

olarak sıralanmaktadır [23]. Bu araçlardan dünyada en yaygın olarak kullanılan ATHENA ve BEES bu çalışmada ele alınmaktadır. Ayrıca bu araçlar birçok bina değerlendirme sistemi içinde yapı malzemelerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır ve en önemli özellikleri yapı malzemelerini değerlendirmede YDD yöntemini kullanmalarıdır. Bu araçların kullanılması ile elde edilen sonuçlar mimarlara, mühendislere, yapı malzemesi üreticilerine karar verme aşamasında kullanmak üzere birçok veri sağlamaktadır.

3.3.2.1 ATHENA Çevresel Etki Tahmin Edici ve Eko-Hesaplayıcı

Kanada, ATHENA Sürdürülebilir Malzemeler Enstitüsü kar amacı gütmeyen bir kurumdur. ATHENA Enstitüsü'nde daha iyi bilgi ve araçlar yardımıyla sürdürülebilir yapıyı çevre oluşturmak için değerlendirilmeler yapılmaktadır [15].

ATHENA Sürdürülebilir Malzemeler Enstitüsü, Kuzey Amerika'da tüm bina ve yapı elemanlarının YDD'si için; ATHENA Binalar için Etki Tahmin Edici ve ATHENA Elemanlar için Eko-hesaplayıcı olmak üzere 2 araç sunmaktadır. Bu araçlar; yeni yapı projeleri, tadilatlar, büyük yenilemeler ve endüstriyel, kurumsal, ofis ve konut tasarımları için uygulanabilir özelliktedir [46].

ATHENA Binalar için Etki Tahmin Edici: Kuzey Amerika'da tüm bina ve elemanların, uluslararası alanda tanınan YDD metodolojisine göre değerlendirilmesi için tasarlanan tek yazılım aracıdır. Bu araç; mimarlar, mühendisler ve diğer kullanıcıların; endüstriyel, kurumsal, ticari ve konutsal tasarımların çevresel içeriklerini kolayca değerlendirebilmesi ve karşılaştırabilmesi için kullanılmaktadır. Aracın dikkate aldığı çevresel etkiler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır. Bunlar;

- Kaynak edinimi ve geri dönüşüm içerikli malzeme üretimi
- İlgili taşımacılık
- Yerinde yapım
- Enerji kullanımı, ulaşım ve diğer faktörlerde yöresel farklılık
- Bina tipi ve varsayılan hizmet ömrü
- Bakım ve değiştirme etkileri
- Yıkım ve bertaraf olarak sıralanmaktadır.

Bu araç enerji ile ilgili simülasyon yapma imkanını içermemesine rağmen, kullanıcılara kendi elde ettikleri simülasyon sonuçlarını girmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca birincil enerji tüketimi, asidifikasyon potansiyeli, küresel

ısınma potansiyeli, insan sağlığı solunum etkileri, ozon incelme potansiyeli ve fotokimyasal oksit madde potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli ve ağırlıklı kaynak kullanımını açısından beşikten mezara değerlendirme ve sonuçlar sağlamaktadır [46].

ATHENA Elemanlar için Eko-hesaplayıcı: Bu araç mimarlara, mühendislere ve diğer kullanıcılara tahmin edici araç kullanılarak tamamlanmış ayrıntılı değerlendirmeye göre, yüzlerce ortak yapı elemanları için hızlı YDD sonuçlarını sunmaktadır. Ayrıca bu araç kullanılırken ATHENA'nın geniş ölçüde kabul edilen veri setlerinden ve ABD, YDEA veri tabanlarından yararlanılmaktadır. Eko-hesaplayıcı; yeni bina projeleri, tadilatlar, büyük yenilemeler için belirli elemanları karşılaştırmak ya da yapıda bulunan tüm elemanları karşılaştırmak için kullanılabilir. Bu aracın kullanılmasında ilk adım; kolonlar ve kirişler, ara katlar, dış ve iç duvarlar, pencereler, çatılar kategorilerinden elemanların seçilmesidir. Her kategoride bulunan eleman sayısı, katmanlar ve malzemelerin mümkün olan bileşimine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Elemanlar; fosil yakıt tüketimi, ağırlıklı kaynak kullanımı, küresel ısınma potansiyeli, asidifikasyon potansiyeli, küresel ısınma potansiyeli, insan sağlığı solunum etkileri, ötrofikasyon potansiyeli, ozon incelme potansiyeli ve fotokimyasal oksitleyici potansiyeli gibi bir dizi performansa ölçümlerine göre değerlendirilmektedir. Ayrıca değerlendirme yapılırken göz önünde bulundurulması gereken süreçler;

- Kaynak çıkarımı ve üretimi
- Ürün üretimi
- Elemanların yerine yapımı
- İlgili taşımacılık
- Bina hizmet ömrü üzerinden bakım ve değiştirme
- Strüktürel sistem yıkımı ve atık sahalarına taşınmasıdır [46].

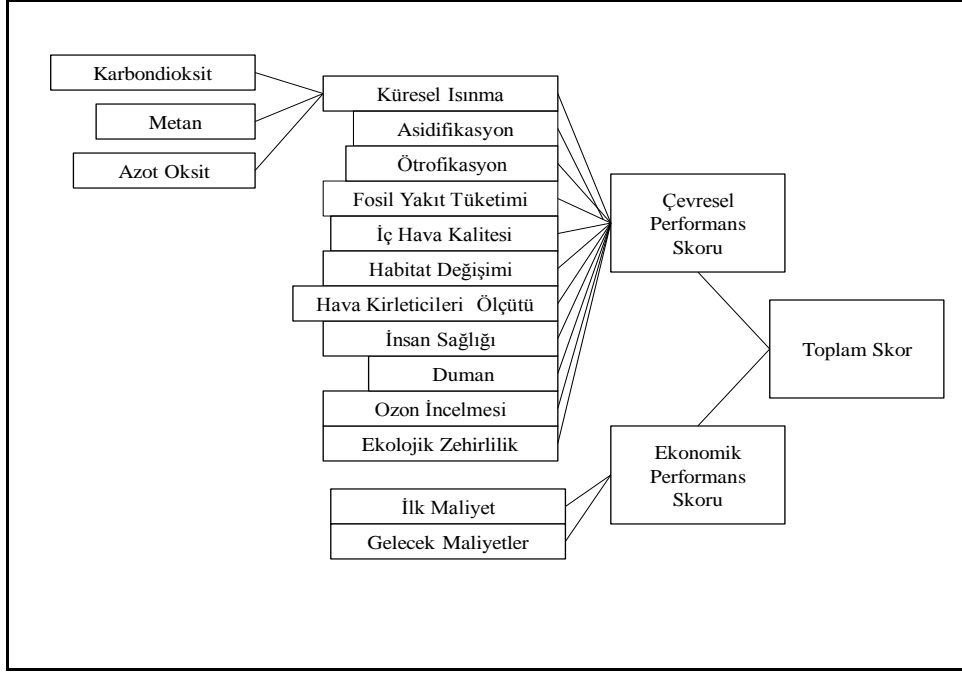
3.3.2.2 BEES (Building for Environment and Economic Sustainability-Finland, Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik için Bina-Finlandiya)

BEES, yapı malzemelerinin ve elemanlarını çevresel ve ekonomik açıdan değerlendiren bir yazılımdır [15]. BEES, EPA (Environmental Protection Agency-Çevre Koruma Kuruluşu) desteğiyle NIST (Institute of Standards and Technology-Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü) tarafından geliştirilmiştir [48].

BEES 4.0 yazılımı, çevresel olarak öncelikli, uygun maliyetli yapı ürünlerinin seçilmesi için uygundur [15]. BEES, metodolojisinde çevresel performansın ölçülmesi ve değerlendirilmesinde ISO 14040 standartlarında belirtilen YDD yaklaşımını kullanmaktadır. Bu, yaklaşımda, önceden de belirtildiği gibi ürün için; hammadde çıkarımı, üretim, yapım, ulaşım, kullanım ve geri dönüşüm gibi ölçütlerin değerlendirilmesinde dikkate alınmaktadır [47]. BEES’de YDD deki çevresel etkilerde ölçülmektedir. Bunlar; asit yağmuru oluşumu, ekolojik zehirlilik, ötrofikasyon, fosil yakıt tüketimi, iç hava kalitesi, habitatın bozulması, insan sağlığı, duman, ozon incelme potansiyeli ve ekolojik zehirliliktir.

Ekonomik performansın değerlendirilmesinde ASTM (American Society for Testing and Materials- Amerikan Test ve Malzeme Kurumu) standardı kullanılmaktadır. Ekonomik performans; ASTM’ye göre ilk yatırım, değiştirme, kullanım, bakım, onarım ve bertarafından oluşan maliyetleri kapsayan yaşam döngüsü maliyet hesaplama metodu ile ölçülmektedir.

BEES, tasarımcılar, müteahhitler ve yapı malzemeleri üreticileri için, yapı malzemelerin çevresel ve ekonomik performans ile verileri sağlamaktadır ve 230 yapı malzemesi ile ilgili bilgiler mevcuttur. BEES’de çevre etkileri ve bu doğrultuda belirlenen çevresel performans skoru ve ekonomik performans skoru ile birlikte toplam skor oluşturulmaktadır ve Şekil 3.8’de BEES modeli gösterilmektedir [48].



Şekil 3.8 : BEES modeli.

3.3.3 Ürünlerin Karşılaştırılmasında Kullanılan Araçlar

Ürünlerin karşılaştırılması için kullanılan araçlar; GaBi (Almanya), Sima Pro (Hollanda), TEAM (Tool for Environmental Analysis and Management-France, Çevresel Analiz ve Yöntem için Araç-Fransa), LCAiT (Software for LCA-YDD için yazılım)'dir [23]. Bunlardan GaBi en yaygın olarak kullanılan araç olup özellikle binanın DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.- Alman Sürdürülebilir Binalar Derneği) sertifikası ile belgelendirilmesi sürecinde başvurulan bir araçtır.

3.3.3.1 GaBi

GaBi, YDD'nin gerçekleştirilmesinde dünya çapında kullanılan bir araç olarak, sürdürülebilirlik verilerinin yönetilmesi ve organizasyonunu, tesis, süreç veya ürün yaşam döngüsü seviyesinde değerlendirilmesini sağlamak ve ayrıca yaşam döngüsü açısından ürünlerin ve sistemlerin modellenmesini bir arada bulunduran dünyada önde gelen bir yazılım aracıdır. Kullanıcılar; herhangi bir ürün için; emisyonlar, malzeme enerji girdi ve çıktıları, agrega sonuçları için model oluşturabilir, çizelgeler meydana getirebilir ve GaBi-i report ile etkileşimli raporlar oluşturabilir.

GaBi yazılımı, malzemelerin ve işlemlerin çevresel performansı ile ilgili bilgileri ve ürün gelişimini desteklemektedir [49].

3.4 Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi ile Geliştirilen Çevre Etiketleri ve Bildirimleri

Çevre etiketleri ve bildirimlerin amacı; bir ürün veya hizmetin çevre boyutu hakkında yanıltıcı olmayan, doğru ve ispatlanabilir bilgiler verilmesi yoluyla, çevre üzerinde daha az olumsuz etkiye sahip ürün ve hizmetlere talebin artırılması ve böyle ürünlerin teşvik edilmesi ile sürekli bir çevresel gelişme potansiyelini sağlamaktır.

Çevre etiketleri veya bildirimlerin ölçütlerinin belirlenmesinde ürün veya hizmetler için; hammadde temininden, imalata, dağıtımına, tüketimine ve kullanımına, kullanım süresi bittiğinde geri dönüşümünün sağlanmasına kadar olan bütün evreler dikkate alınmaktadır. Bu evreler önceki bölümlerde de bahsedilmiş olan ürünün yaşam döngüsünü kapsamaktadır.

Çevre etiketi ve bildirimi ile ilgili dünyada standartlara geçmiş uygulamalar vardır. Bunlara örnek olarak; ISO 14020 serisinde; ISO 14024, ISO 14021 ve ISO 14025 standartları doğrultusunda Tip I, Tip II ve Tip III çevre etiketleri gösterilir. Bunlar özellikle yapı sektöründe, malzeme ve ürünlerin çevresel özelliklerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan standartlaşmış yöntemleri kapsamaktadır [50].

3.4.1 Tip I Çevre Etiketi

Tip I çevre etiketi; gönüllülük esasına dayanmakta olup, belirli bir ürün kategorisindeki bir ürünün yaşam döngüsü yaklaşımına göre çevre yönünden tercih edilebilirliğini gösteren çevre etiketlerinin, ürünler üzerinde kullanılması yetkisinin verilmesinde uygulanan ve birçok kritere dayanan, üçüncü taraflarca yapılan bir etiketleme programıdır. Ürün kategorilerinin seçimi, ürünün çevre kriterleri ve ürün performans özellikleri ile birlikte Tip I çevre etiketleme programlarının geliştirilmesi, değerlendirilmesi ve uyumun gösterilmesi için prensip ve yöntemler ISO 14024 standardına göre belirlenmektedir. Bu etiket programının amacı, ürün ve hizmetlerin çevresel boyutu ile ilgili doğru bilgilerin verilmesini sağlamak ve çevre üzerinde etkisi az olan ürün ve hizmetlere talebi arttırmaktır [51].

3.4.2 Tip II Çevre Etiketi

Bu etiket; muhtemel, imalâtçılar, ithalatçılar dağıtıcılar, perakendeciler veya herhangi diğer kişiler tarafından, belirledikleri değerlendirme yöntemine göre oluşturulmuştur. Bu etiket çevre ile ilgili iddiaların özbeyanı olarak da bilinmektedir. Çevre ile ilgili iddia; bir ürün, bileşen veya ambalajın çevre boyutunu gösteren ifade, sembol veya grafik olup; ürün veya ambalaj etiketleri üzerinde veya ürüne ilişkin yayınlarda, teknik bültenlerde, reklamlarda, ilânlarda, televizyon üzerinden pazarlamada olduğu kadar internet gibi dijital veya elektronik ortamlarda bulunabilmektedir [52].

3.4.3 Tip III Çevre Etiketi

Tip III çevre etiketleri, aynı fonksiyona sahip ürünler arasındaki karşılaştırmalara imkân vermek amacıyla, bir ürünün yaşam döngüsüne dair değerlendirilmiş çevreyle ilgili nicel bilgileri göstermektedir. Ayrıca Tip III çevre etiketi çevresel performansın iyileştirilmesini teşvik etmek ve ürünlerin yaşam döngüleri boyunca çevresel etkilerini değerlendirmek için bilgi sağlamaktadır.

Bu tür beyanlar:

- Bir veya daha fazla kuruluş tarafından sağlanmakta,
- ISO 14040 standart serisine uygun olarak, bağımsız bir şekilde doğrulanmış YDD verilerin ve YDEA verilerine veya bilgi modüllerine ve uygunsa çevreyle ilgili ilâve bilgilere dayanmakta,
- Önceden belirlenmiş parametreler kullanılarak geliştirilmekte,
- Şirket veya şirketler grubu, sanayi sektörü veya ticaret birliği, kamu kurum veya kuruluşları veya bağımsız bilimsel kuruluş veya başka bir kuruluş gibi bir program yürütücüsünün yönetimine tabi tutulmaktadır.

Tip III çevre etiketleri, programları veya bunların beyanlarını geliştirme uygulamalarında eko-sayfa, eko-görünüm, ürünün çevre bildirim, çevresel ürün bildirim (EPD-Environmental Product Decleration) ve çevresel görünüm gibi değişik isimlerle adlandırılmaktadır [53].

3.5 Sonuç

Yapı malzeme ve ürünlerin; hammadde temininden, işlenmesine, üretimine, taşınımına, kullanımına, bakımına, kullanım süresi sonunda geri dönüştürülerek tekrar kullanılması süresi boyunca çevresel etkilerinin ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan YDD yöntemi, malzeme seçiminde ve üretiminde; mimarlara, mühendislere, üreticilere ve diğer kullanıcılara güvenilir veriler sağlamaktadır. YDD yönteminin özellikle yapı sektöründe kullanım alanının genişletilmesi ile enerji ve kaynakların etkin kullanımı, çevre korunumu ile birlikte sürdürülebilir yapılı çevreye olan talebin artacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte malzeme ve ürünlerin çevresel boyutu ile ilgili tüm yaşam döngüsü dikkate alınarak hazırlanan verilerin kullanılması ile oluşturulan çevre etiketleri ve bildirimleri, çevre üzerinde olumsuz etkileri az olan ürünlere olan talebin arttırılmasına ve bu ürünlerin teşvik edilmesini sağlamaktadır. Tip III çevre etiketinden yararlanılarak hazırlanan çevre ürün bildirim programı yapı sektörü dahil birçok sektörde uygulanmaktadır. Yapı sektöründe, binaların çevresel performanslarının değerlendirilmesinde çevresel ürün bildirimlerinin verilerinden yararlanılmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın bir sonraki bölümünde ülkemizde bu konu ile ilgili çalışmalara ve yasal düzenlemelere değinilmektedir.

4. TÜRKİYE’DE ÇEVRESEL ETKİLERİ AZALTMAK ÜZERE YAPI MALZEMELERİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALARI

Tüm dünyada yapı malzemelerin çevresel etkilerinin önemi nedeniyle ülkemizde de bu konu üzerinde çalışmalar başlatılmıştır. Çalışmanın özellikle bu bölümünde yapı malzemelerinin YDD yöntemini kullanarak çevre ürün bildirimini ile ilgili çalışmalara ve bunlarla ilişkili olduğu yasal düzenlemelere değinilmiş gelinen noktada çalışmaların, özellikle yeşil bina sertifikaları içinde yeterli olup olmadığı irdelenmiştir.

4.1 Türkiye’de Çevre Ürün Bildirimi (ÇÜB)

Çevre ürün bildirimini ISO 14025 standardına göre tanımlanmaktadır ve bu bildirimlerin geliştirilmesinde, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca ilgili bütün çevresel boyutları dikkate alınmaktadır. YDD ve YDEA ile ilgili veriler, ISO 14040 standart serisinin (ISO 14040 ve ISO 14044 gibi) oluşturduğu ilkeler, çerçeve, metodolojiler ve uygulamalar kullanılarak oluşturulmaktadır. ÇÜB’nin oluşturulmasında, ürünlerin çevresel performanslarıyla ilgili kesin veriler içeren Tip III çevre etiketinden yararlanılmaktadır. Tip III çevre etiketi, YDEA’indeki enerji, su ve yenilenebilir kaynaklar dâhil kaynakların tüketimi; havaya, suya ve toprağa verilen emisyon verilerini, YDED gösterge sonuçlarını (küresel ısınma potansiyeli, ozon incelmesi potansiyeli, asidifikasyon potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli ve fotokimyasal oksit madde oluşumu ve oluşan atık miktarı ve tipi gibi verileri içermektedir [53].

Tüm dünyada, gönüllü program olarak birçok ÇÜB programı mevcuttur. Neredeyse tüm batı Avrupa ülkeleri, ulusal seviyede ÇÜB programına sahiplerdir ve bunları harmonize etme çalışmaları başlamıştır. Farklı yasal düzenlemelerin bulunmasından dolayı, farklı ÇÜB sistemleri uygulanmaktadır. ÇÜB programları, Avrupa dışında Asya Pasifik (Çin, Japonya, Malezya, Yeni Zelanda, Tayland ve Güney Kure) uygulanmaktadır. ÇÜB programları, düşük maliyetli, şeffaf ve en uygun bilim tekniklerini entegre edebilme özelliğine sahip olmalıdır [54].

Birçok sanayi sektöründe uygulanan ÇÜB programı, yapı sektöründe de uygulanmaktadır. ÇÜB, yapı malzeme ve elemanların yaşam döngüsü doğrultusunda çevresel performansı ile ilgili güvenilir veriler sağlamaktadır. ÇÜB kapsamında; öncelikle fonksiyonel birim (m³, lt, kg), ürün seçenekleri ve verilerin toplandığı tarih belirlenmektedir. Bunların yanı sıra, ilgili olduğu değerlendirilen çevre boyutları yaşam döngüsünün tüm aşamalarını kapsamıyorsa bunlar belirtilmektedir ve ürün kategori kurallarının (PCR-Product Categorization Rules) mevcut olup olmadığı kontrol edilmektedir. Ürün kategori kuralları, ürün kategorisi (aynı fonksiyona sahip ürün) için YDD esaslı bilginin amaç ve kapsamını çevreyle ilgili ilâve bilgilerin oluşturulması amacıyla kuralları tanımlamakta ve dokümante etmektedir.

Elde edilen ÇÜB’de, ürün tanımı, kullanılan temel malzemeler (hammadde ve kaynak), ürün üretim süreci, ürünün işlenmesi, kullanım koşulları, tekil etkiler, kullanım ömrü sonu hakkında bilgi, YDD ve verifikasyon konuları bildirinin içeriğini oluşturmakta ve bunlarla ilgili detaylı verilere yer verilmektedir [53].

Bu amaçlar kurulmuş kurumlardan biri de IBU’ (Institut Bauen and Umwelt-Alman Yapı ve Çevre Enstitüsü) dur. Yapı malzemeleri üreticileri tarafından kurulmuş bir girişim olup, yapı sektöründe sürdürülebilirliğe olan talebi desteklemek amacıyla kurulmuştur. Çalışmaları, sürdürülebilirliğin doğru seçim olduğunu ikna etme üzerine odaklanmıştır. IBU ÇÜB programları, Almanya yapı ve çevre yetkili makamların ve ISO işbirliği çalışmaları ile oluşturulmaktadır. IBU ÇÜB programında birçok ürün kategori kuralları (PCR) yer almaktadır. Bunlardan bazıları; çimento, kiremit, yapı metal, hazır beton, mineral izolasyon maddesi, mineral harç ve yer kaplaması olarak sıralanmaktadır. Bunların yanı sıra, banyo ve sıhhi tesisat malzemeleri, zemin kaplamaları, kaplamalar, binalar için metaller, çatı ve cephe, çatı ve su geçirmez membran ve yalıtım malzemeleri gibi IBU EPD (Environmental Product Declaration-Çevre Ürün Bildirimi) programında bulunan bir çok ürün grubu yer almaktadır [55].

Bu bölümünde yapı malzemeleri için ÇÜB çalışmalarına örnek olarak, IBU (Institut Bauen and Umwelt-Alman Yapı ve Çevre Enstitüsü) ÇÜB programı ile otoklavlanmış gözenekli beton (OGB) ürünü üzerinden; yapı malzemelerin YDD’ye dayanan ÇÜB’ne sahip olabilmesi için izlenen yol, yapılması gereken çalışmalara, ülkemizde bunları destekleyebilecek yasal düzenlemelere yer verilmiştir.

4.2 YDD Yöntemi Kullanarak Çevre Ürün Bildirimine Sahip Yapı Malzemesi için İlgili Olabilecek Yasal Düzenlemeler ve Örnek Çalışma

Bu çalışmada IBU'nun (Institut Bauen and Umwelt-Alman Yapı ve Çevre Enstitüsü) ISO Tip III çevre etiketine dayandırılan ÇÜB programı ile Türkiye'de bir yapı malzemeleri firmasının üretmiş olduğu otoklavlanmış gaz beton (OGB) ürününün bu program dahilinde değerlendirilmesi sonucu ÇÜB'ne sahip olması ve bunun için izlenmesi gereken yol bu ürün üzerinden açıklanmış ve örneklenmiş olup, bu yolu izleyebilmek için Türkiye'de özellikle yapı malzemelerinin ve bunların sebep olduğu çevresel etkilerin azaltılması ile ilgili yasal düzenlemeler ve eksiklikler de burada ele alınmıştır [56].

4.2.1 Otoklavlanmış Gaz Beton ile İlgili Örnek ÇÜB Çalışması

- **Ürün Tanımı:** Ürün tanımında; ürünün fiziksel özelliklerine, uygulama alanlarına ve uygulama esaslarına yer verilmektedir.

Bu çalışmada örnek olarak kullandığımız OGB; gözenekli, buhar kürlü, hafif beton grubuna aittir. Tuğla uygulamalı (brick-laid), tek parçalı (monolitik), taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar için donatısız temel yapılar OGB'den yapılmaktadır. Yapısal özelliğinden dolayı yer altı suyu ile doğrudan temasından kaçınılmaktadır.

Ürünün fiziksel özellikleri;

- Kalınlık: 50mm'den 400mm'e kadar
- Yoğunluk: 300kg/m^3 ' den 600kg/m^3 'e kadar
- Renk: Beyaz
- Doğrusal genleşme katsayısı: $0,008\text{ mm/m } ^\circ\text{C}$
- Dayanım: gerilimin çeşidine göre $1,5$ 'den $6,0\text{N/mm}^2$ 'ye kadar farklılaşmakta.
- Erime noktası: $\approx 11000\text{ }^\circ\text{C}$
- Isıl iletkenlik: $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de $0,085 - 0,16\text{ W/(m K)}$
- Elektriksel iletkenlik: $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de değeri bulunmamaktadır.
- Yangından korunma: Duvarın oluşumuna bağlı olup, DIN 4102'ye göre yangına karşı direnci $F\text{ }^\circ 180$ 'e kadardır.

Uygulama esasları: TS EN 771-4 (bölüm 4) standardına göre belirlenmektedir [31].

- Burada belirtilmiş olan DIN 4102; yapı malzeme ve elemanlarının yangına karşı davranımı ile ilgili Alman standardıdır. Ülkemizde bu standarda karşılık gelen ve yürürlükte olan; **TS EN 13501 Yapı malzemeleri ve bina elemanları- Yangın sınıflandırılması** standardı mevcuttur [31]. Bunun yanı sıra uygulama esaslarında yer alan **TS EN 771-4 (bölüm 4)**; standardı halen yürürlükte fakat türkçe çevirisi mevcut değildir. Bu standart; taşıyıcı olan veya olmayan her çeşit kâgir duvarlarda kullanılan OGB kâgir birimlerin özelliklerini ve gerekli performans şartlarını kapsamaktadır.
- **Kullanılan Temel Malzemeler:** Bu bölümde ürün için gerekli olan; hammaddeler ve miktarları, malzeme kaynakları ve açıklamaları, katkı maddeleri ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

OGB ürünü için kullanılan temel malzemeler;

Kullanılan hammadde ve miktarlar:	Kum	55-70 M-%
	Çimento	15-30 M-%
	Sönmemiş kireç	10-20 M-%
	Alçıtaşı	2-5 M-%
	Ek olarak	50-75 M-% su kullanılmıştır

Yardımcı maddeler/katkı maddeleri: Kalıp yağı.

Malzeme açıklamaları:

Kuarsit/Kum: Esas maden olan silisyum dioksit (SiO_2) yanında minör bileşenler ve eser halde bulunan madenler içeren doğal hammadde. Bu, buhar kürü sırasında hidrotermal reaksiyonlar için önemli bir hammaddedir.

Çimento: TS EN 197-1'e göre; çimento, bağlayıcı madde olarak kullanılmakta ve çoğunlukla kireçtaşı ya da kireçtaşı ve kil karışımından elde edilmektedir. Hammaddeler yakılmakta ve daha sonra topraklanmaktadır.

Sönmemiş kireç: TS EN 459'a göre; sönmemiş kireçler, bağlayıcı madde olarak kullanılmakta ve doğal kireçtaşının yakılmasında üretilmektedir.

Alçı taşı: Alçı taşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), OGB'nun katılaşmasına etki eden sülfat taşıyıcısı olarak kullanılmakta ve doğal çökeltilerden meydana gelmektedir.

Alüminyum: Alüminyum tozu ya da hamuru, gözenek biçimlendirici yardımcı madde olarak kullanılmaktadır. Alkalin ortamda hidrojen gazı açığa

çıkarak tepki vermekte ve böylelikle gözenekler biçimlenmekte ve sızıntı olması ile büyüyen proses sonlanmaktadır.

Su: Suyun varlığı, bağlayıcı maddenin hidrolik reaksiyonun temelini oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, homojen süspansiyonun oluşması için su gerekmektedir.

Kalıp yağı: kalıp yağı ayırıcı madde olup OGB kütlesinin kalıptan ayrılmasını sağlamaktadır.

Malzeme kaynakları: Kum/kuvarsit, OGB fabrikasına yakın mesafedeki kum ocağından ya da kuvarsit taş ocaklarından temin edilmektedir. Diğer hammaddeler (önemsenmeyecek kadar az miktarda alüminyum toz ya da hamuru ve alçı taşı haricinde) fabrika etrafından en fazla 150 km uzağından gelmektedir.

- Burada hammadde olarak kullanılmakta olan çimento ve sönmemiş kireç, malzeme açıklamalarında sırasıyla *TS EN 197-1 Çimento - Bölüm1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri* ve *TS EN 459 Yapı kireci - Bölüm1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri* standartlarına göre açıklanmıştır [31]. Bunlar ülkemizde yürürlükte olan standartlar arasında yer almaktadırlar.
- **Ürün Üretim Süreci:** Yapı ürününün üretim süreci; hammaddeler, gerekli araç ve gereçler kullanılmasını ve üretim süresince enerji tüketimini kapsamaktadır. Üretim süreci sonunda ürün ile birlikte emisyonlar, sıvı ve katı atıklar oluşabilmektedir.

Örneklemiş olduğumuz OGB'nin üretim süreci; Topraklanmış ve kireç ile karıştırılmış zengin kum/kuvarsit kuvars, beton, alçı taşı ve geri dönüşümlü OGB malzemesi, karıştırıcı içerisinde su ve alüminyum tozu ya da hamuru ile küçük parçalara indirgenmektedir. Daha sonra çelik dökümlü kalıplara dökülmektedir.

Kalıp içerisinde, kireç ve beton tarafından yaratılan alkalın ortamda alüminyumun tepki vermesinden dolayı karışım içine hava katılmış duruma getirilmiştir. Böylelikle gaz hidrojen oluşturulmakta ve bu kütle içerisinde gözenekli yapı ve herhangi bir çökelti bırakmadan sızıntılar oluşturulmaktadır. Bu gözeneklerin çapı genellikle 0,049-0,147 cm olup içleri sadece hava ile doldurulmaktadır. Daha sonra yüksek boyutlu bir dizi kesme işlemleri ile yarı katı ham OGB blokları oluşturulmaktadır.

Son olarak OGB yapı bileşenlerin biçimlendirilmesi için, sıcaklığı yaklaşık 190 °C ve 12 bar basınçta otoklav denilen büyük basınçlı konteynırlarda 8 ile 12 saat buhar kürü yapılmaktadır. Buhar kürü işlemi süresince kalsiyum silikat hidrat oluşumuna kadar otoklav içerisinde kimyasal tepkime devam etmektedir ve doğal olarak mineral tobermoritin meydana gelmesine katkıda bulunmaktadır. Otoklavdan çıkarıldığı zaman malzemenin reaksiyonları tamamlanmış durumdadır.

Buhar kürü tamamlandıktan sonra atık buhar, enerji kazanım sistemleri ile diğer bir otoklav çevriminde ya da suyun ve sıvı çimentonun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Yoğunlaşan sıvı, işletme suyu olarak kullanılmaktadır. Böylelikle enerjinin korunumu sağlanmakta ve dışarı atılan sıcak buharın ve atık suyun çevrede oluşturduğu zarardan kaçınılmaktadır. OGB yapı blokları daha sonra sırası ile; ayrılmakta, ahşap paletlere konulmakta ve polietilen ambalajlar ile paketlenme ile tamamlanmaktadır.

- **Ürünün İşlenmesi:** Ürünün işlenmesinde; işlem süreci ile ilgili öneriler, iş güvenliğinin ve çevre korunumunun nasıl sağlanması gerektiğini, atık malzeme geri dönüşümü ve bertarafının nasıl gerçekleştiğini ve ambalajlama uygulamaları içeren bilgiler yer almaktadır.

OGB için ürün işleme sürecinde gerekli olan bilgiler;

İşlem önerileri: 25 kg'dan daha fazla yapı bileşenleri için kaldırma düzeneği gerekmektedir. Temel yapılar şeritli testereler ya da elle karbür metal testerelerle kesilmektedir. Karbür metal testere sadece ince toz yerine büyük parçacıklı toz oluşturmaktadır. Aşındırıcı kesme makineleri gibi yüksek hızlı araçlar, ince toz maddeleri oluşturmalarına rağmen OGB ile çalışmak için uygun değildir.

OGB temel yapıları birbirine çimentolanmışlardır ya da DIN 1053, bölüm 1'e göre ince harç döşek, özel durumlarda normal ya da hafif harç (15 kg harç/m³) kullanılarak, standardize edilmiş diğer yapı malzemeleri olarak kullanılabilirler. OGB temel yapılar, açılı sıvalı, kaplanmış ya da boyanmış olabilirler. Kaplama ve harçların değerlendirilmesi Yapı ve Çevre Enstitüsü bildirimlerine uyumlu olarak hesaba katılmalıdır.

İş güvenliği: İşletme sahiplerinin, tüm kural ve yönetmeliklerin, ortak sigorta kurumunda uygulanmaktadır. OGB ile çalışıldığı zaman, ince harç döşekler kullanılmaktadır. Bunlar mineral harçlardır ve metil selüloz dışında nadiren organik

maddeler içerirler. Yapı malzemesi ile çalışılırken, çevrenin korunması için özel önlemlerin alınması gerekmektedir.

Çevrenin korunum: İşletme sahiplerinin, tüm kural ve yönetmeliklerin, ortak sigorta kurumunda uygulanmaktadır. OGB ile çalışıldığı zaman, ince harç döşekler kullanılmaktadır. Bunlar mineral harçlardır ve metil selüloz dışında nadiren organik maddeler içerirler. Yapı malzemesi ile çalışılırken, çevrenin korunması için özel önlemlerin alınması gerekmektedir.

Gerekli olan herhangi bir yardımcı malzemeler seçildiği zaman, tanımlanan yapı malzemelerin çevresel sürdürülebilirliği negatif yönde etkilemediğine emin olunmalıdır.

Atık malzeme: OGB'nin geri dönüşümü ve bertarafı, Hafriyat Toprağının ve İnşaat Atığının Kontrolü ile ilgili 27. Yönetmelik şartına göre gerçekleştirilmektedir. Hafriyat Toprağının ve İnşaat Atığının Kontrolü Yönetmeliğine göre inşaat atığının geri dönüştürülmesinin genel ilkeleri; doğal kaynakların korunması, depolanacak atıkların azaltılması, ekonomik değerin oluşmasıdır. Geri dönüştürülemeyen atıklar, uygun ayırma işlemi ve boyutsal küçülme geçirdikten sonra depo alanlarında değerlendirilmektedir.

Ambalajlama: İnşaat alanında birikmiş halde bulunan herhangi ambalaj, paletler ya da arta kalan OGB toplanmalıdır. Polietilen şrink ambalaj geri dönüştürülebilir özelliktedir. Türk Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik - Ek 4'te verilen atık kategorilerine göre şrinkli ambalaj plastik (15 01 02), paletlerde ahşap ambalaj(15 01 03) kategorisine aittir. Bu kodlar; Avrupa Atık Kataloğunda ve Avrupa Atık Listesindeki ile aynıdır.

- o İşlem önerilerinde yer alan DIN 1053- Kagir- bölüm1: Tasarım ve inşaat Alman standardıdır. Ülkemize bu standarda karşılık gelen **TS EN 413-1 Çimento- Harç çimentosu- Bölüm 1: Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri** standardı yürürlüktedir [31]. Bu standart; tuğla duvar, blok duvar, sıva ve kaplama işlerinde normal olarak kullanılan harç çimentosunun bileşim ve tariflerini; fiziksel, mekanik ve kimyasal gerekleri ve dayanım sınıflarının tarifini kapsamaktadır.. Bu standartta aynı zamanda uygunluk kriterleri ve ilgili kurallar da yer almaktadır. İhtiyaç duyulan dayanıklılık gerekleri de standart kapsamında verilmektedir [31].

- Ülkemizde çevre korunumu ile ilgili Çevre Kanunu bulunmaktadır.
- Yukarıda da belirtildiği üzere OGB atıklarının çevreye zarar vermeyeceği şekilde toplanması, taşınması, geri dönüşümü ve bertarafı için **Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nden yararlanılmaktadır.**
- Ambalajlamada kullanılan ambalaj malzemelerinin, ülkemizdeki **Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik** hükümlerine uygun olarak, oluşumundan bertarafına kadar olan süreçte, çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde yönetimi gerçekleştirilmektedir.
- **Ürün Kullanımı Hakkında Bilgiler:** Bu bölüm ürünün, bileşenleri, çevreye ve sağlığa olan etkileri ve kullanım süresi (dayanıklılık) ile ilgili bilgileri içermektedir.

Örnek olarak kullandığımız OGB malzemesinin kullanım bilgileri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır. Bunlar;

Bileşenler: OGB, doğal mineral olan tobermorit içermektedir. Uygun karbonatlar olmasına rağmen, ağırlıklı olarak tepki göstermeyen ham bileşen olan iri kuvarslar içermektedir. Gözenekler hava ile doldurulmalıdır.

Çevre ve sağlığa olan etkiler: OGB, uçucu organik bileşikler gibi herhangi bir kirlenici oluşturmamaktadır. OGB ürünlerinden oldukça küçük ve sağlığa zararlı olmayan doğal iyonlaştırıcı radyasyon emisyonu oluşmaktadır.

Kullanım süresi (Dayanıklılık): OGB, otoklavdan bir kez çıkarıldıktan sonra değişmez. Yapı ve Çevre Enstitüsü'nün Sürdürülebilir Kılavuzuna göre OGB'nin ortalama yaşam süresi 100 yıldır.

- Ürün kullanımı hakkında bilgilerin değerlendirilmesinde, Çevre Kanunu, özellikle dayanıklılık ve hava, su, toprağa neden olduğu kirlilik açısından Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik, Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, Endüstriyel Tesislerden Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Katı Atıkların Yönetmeliği, Hafriyat Toprağının ve İnşaat Atığının Kontrolü Yönetmeliği, Su ve Toprak Kirliliği Yönetmeliği hükümlerinden yararlanılabilir.

- **Tekil Etkiler:** Yangın ve suya maruz kalma gibi etkiler ve bunların ürün üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir.

Yangın: Yangın olduğu durumlarda, zehirli gazlar ya da duman oluşmamaktadır. Ürünler A1-yapı ürün kategorisinde, DIN 4102'ye göre “yanıcı olmayan madde” gereksinimlerine uygun olarak belirtilmektedir.

Su: OGB suya maruz kaldığında (sel gibi) ihmal edilebilir oranda alkalın tepkimesi göstermektedir. Fakat suya zarar verecek herhangi bir madde açığa çıkmamaktadır.

- Ürünün fiziksel özelliklerinde belirtildiği gibi DIN 4102; yapı malzeme ve elemanlarının yangına karşı davranımı ile ilgili Alman standardıdır. Ülkemizde bu standarda karşılık gelen ve yürürlükte olan; **TS EN 13501 Yapı malzemeleri ve bina elemanları- Yangın sınıflandırılması** standardı mevcuttur [31].
- Ürün, herhangi su kirliliğine neden olmamaktadır. Herhangi bir olası kirlilikte malzemenin değerlendirilmesinde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği hükümlerinden yararlanılabilir.

- **Kullanım Ömrü Sonu:** Ürünün geri dönüşümünü ve bertarafını kapsamaktadır.

Yeniden kullanım: OGB'den yapılmış montaj bileşenler yeniden kullanılabilir ve uygulamaya konulabilmektedir. Şimdiye kadar OGB temel yapıları (building blocks) ile oluşturulan duvarlar neredeyse hiç yeniden kullanılmamıştır.

Son kullanım: OGB, binaların kullanım ömrü süresince daha dayanıklı olduğundan kullanılmaktadır. Bu da bina demonte edildiği zaman, malzemelerin dayanıklılıkları önemsenmeden tekrar kullanılabilirleri anlamına gelmektedir.

Kapalı çevrim geri dönüşüm: Saf OGB fazlalıkları, OGB üreticileri tarafından geri dönüştürülebilmektedir. Bu malzeme, tanecikler (granüller) olarak işlem görmekte ya da kumun yerine OGB karışımına eklenmektedir.

Açık çevrim geri dönüşüm: Bu çalışma içerisinde açık çevrim geri dönüşüme yer verilmemiştir.

Bertaraf: OGB'nin geri dönüşümü ve bertarafı, Hafriyat Toprağının ve İnşaat Atığının Kontrolü ile ilgili 27. Yönetmelik şartına göre gerçekleştirilmektedir.

- **Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi:** Yaşam Döngüsü sisteminin tanımlanmasını ve modellenmesini, hesaplamaları, YDEA ve YDED raporunu kapsamaktadır.

Bu bölümde OGB, 3. bölümde yapı malzemeleri seçiminde kullanılan YDD yönteminin tüm aşamalarına göre incelenmektedir. Bu doğrultuda YDD yönteminin amaç ve kapsam aşamasına göre fonksiyonel biri, system sınırları, veri kalitesi gerekleri tanımlanmaktadır. Bununla birlikte YDEA aşamasında yapı malzemesi ile girdiler; hammadde, enerji ve su, çıktılar; hava, su, toprağa salımlar, su esaslı atıklar, katı atıklar vey an ürünler ile ilgili veriler kullanılmaktadır. YDED aşamasında ise, YDE sonuçlarının kullanılması ile çevresel etki değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bunlara göre OGB'nin YDD'si;

Fonksiyonel birim: Bu çalışmada belirtilip kullanılan birim, 1 metre küp (m³) bloğun üretilmesidir.

Sistem sınırları: Sistem sınırı, blok ürünlerinin üretiminin; hammaddenin çıkartılmasından fabrika kapısında tamamlanmış ve paketlenmiş ürün haline getirilmesini kapsamaktadır.

Sistem sınırları özellikle:

- Kullanıma sokulan tüm malzemelerin üretimini
- Hammadde ve ön ürünlerin taşınımını
- Ön ürünleri ve kaynaklardan enerji üretimini içeren ürün üretim maliyetini (yardımcı elemanlar, enerji temini, atık yönetimi, emisyonlar)
- Ambalaj malzemelerin (ahşap palet ve plastik ürünler) üretilmesini ve son ürün için ambalaj malzemelerin kullanım ömrü sonunu içermektedir.

Ulaştırma: Tüm hammadde ve yardımcı malzemelerin taşınımı dikkate alınmaktadır. Hammadde ve yardımcı malzemelerin üretim tesislerine olan tüm nakliyesi maddi dengede hesaba katılmaktadır. Ulaşım mesafeleri ile ilgili bilgiler tesislerden sağlanmaktadır.

Alt yapı verileri: GaBi 4.4/Gabi 2011 veri tabanı enerji üretimi ve ulaşımın hesaplanması için kullanılmaktadır. Bu veri tabanı;

- Kullanılan tüm maddelerinin bileşimlerini
- Üretim için giderler (enerji, atık, emisyonlar)
- Ön ürünler ve enerji temini
- Hammaddenin ve ürünlerin taşınımını ve ambalajlanmasını kapsar.

Veri kalitesi: bu çalışmada ilgili tüm akışlar hesaplanmıştır. Veri kalitesinin ölçütü; verilerin ölçülüp ölçülmediğinin, hesaplanıp hesaplanılmadığının raporlanması ya da tahmin edilmesidir. Bu çalışmada kullanılan veriler 2009 yılından ileri gelmektedir. Birincil veriler ürün üretim tesislerinde ölçülmüş ve değerlendirilmiştir.

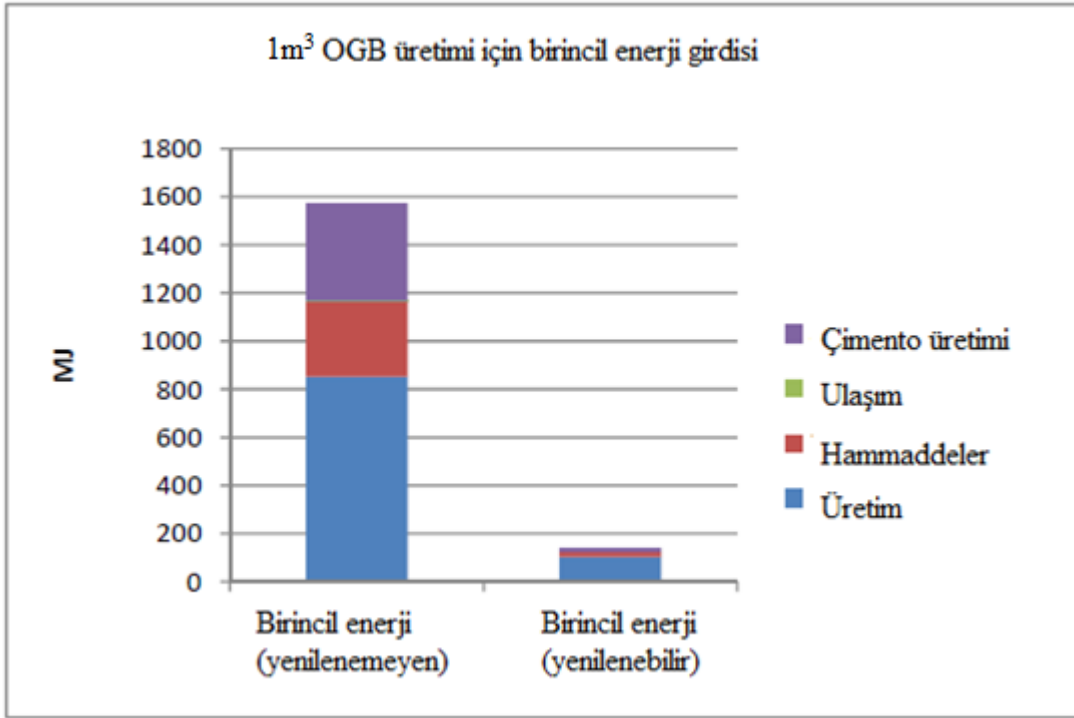
Öncül oluşum zinciri için verilerin çoğu kronolojik ve metodolojik çevre koşulları altında toplanmış ve endüstriyel kaynaklardan elde edilmiştir. İşlem verileri ve geri plan verileri birbiri ile uyumludur. Buna ek olarak, verilerin kaynağı da belgelendirilmektedir. Ek bilgi, verilerin zamanı ve coğrafisine ve teknoloji kapsamına ilişkin olarak toplanmaktadır. Elde edilen veriler ürün üretim tesisi tarafından sağlanmakta ve güvenilirliği kontrol edilmektedir. Bu yüzden veri kalitesi iyi bir şekilde tanımlanmalıdır.

Değerlendirme sonuçların ve analizlerin açıklanması

Birincil enerji: Çizelge 4.1'te ve Şekil 4.2'de 1m³ OGB üretimi için gerekli olan birincil enerji (yenilenebilir ve fosil enerji kaynaklarının kullanılması durumu) girdileri gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 : 1m³ OGB üretimi için birincil enerji girdisi.

OGB		
Parametre	Birim (kg/m³)	Ürün
Birincil enerji, yenilenemeyen	[MJ]	1579
Birincil enerji, yenilenen	[MJ]	140.3



Şekil 4.1 : Birincil enerji girdisi.

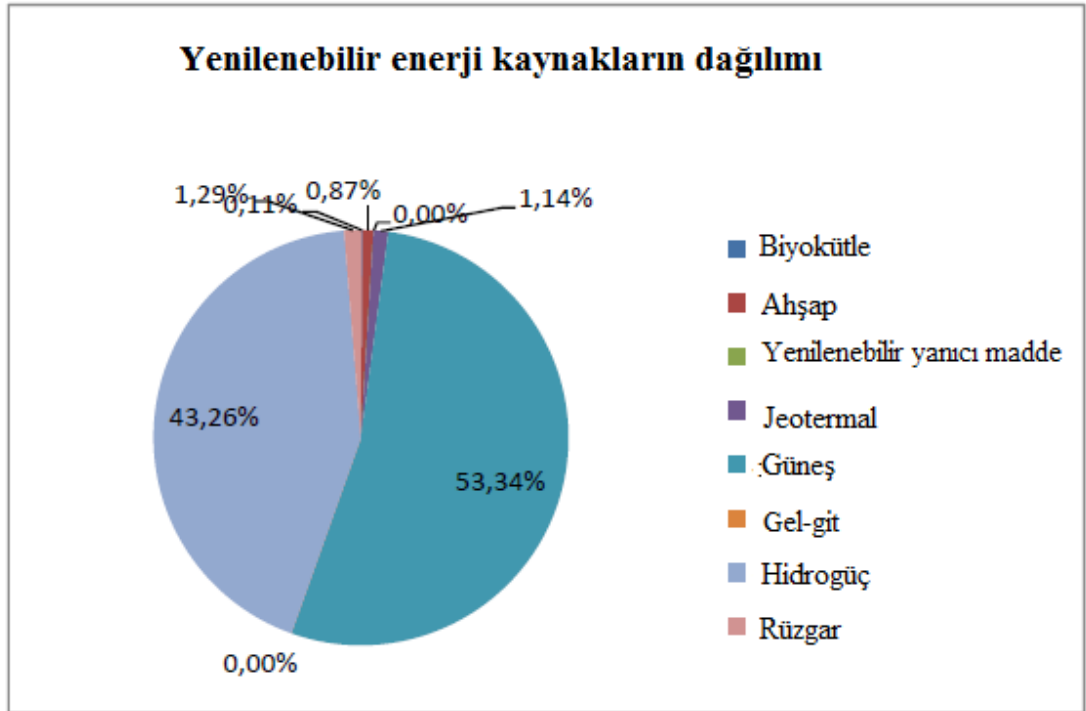
OGB üretimi için birincil enerjinin Şekil 4.3'te daha detaylı olarak incelendiği görülmektedir. Bu da doğalgazın ana birincil enerji kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır ve bunu ham petrol, linyit, taş kömürü ve uranyum takip etmektedir. Doğalgaz, buhar ve buhar kürünün kullanılmasından dolayı birincil enerji girdisinde büyük orana sahiptir.



Şekil 4.2 : Enerji kaynakları açısından yenilenemeyen enerji girdilerin dağılımı.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ve hidrogüç baskındır. Güneş enerjisi ağaçların büyümesi ve gelişimi için temel gereksinimlerdendir. Üretim tesislerinde ahşap paletlerin kullanılmasından dolayı yenilenebilir enerji girdisinde güneş enerjisinin katkısı büyüktür. Yenilenebilir enerji girdisinde ikinci önemli katkıyı sağlayan hidrogüçtür. Rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, ahşap ve biyokütle, yenilenebilir birincil enerji üretiminde küçük bir paya sahiplerdir ve sırasıyla %17, %1.14, %0,88 ve %0,11 oranına sahiplerdir. Bunun yanı sıra yenilenebilir yanıcı maddelerin, gel-git tüketimi neredeyse sıfır olduğundan bu tip enerji kaynakların kullanımı ihmal edilmektedir. Elde edilen bu sonuçlar Şekil 4.4'te gösterilmektedir.

- Yenilenebilir enerji kaynakları teknolojilerin teşviki ile çevresel kirliliğin azalması Çevre kanununun ilkelerindedir. Bunun yanı sıra enerji verimliliği kanun, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak süreç ve esasları kapsamaktadır.



Şekil 4.3 : Enerji kaynaklarına göre yenilenebilir enerji girdisinin dağılımı.

Su kullanımı: 1m³ OGB'nin üretimi süresince 1.183 m³ su tüketilmektedir. Konuma bağlı olarak (farklı üretim tesisleri) üretim işleminde; yer altı suyu, yüzey suyu ya da içilebilir su kaynakları baskın olarak kullanılmaktadır. Yer altı suyu, yüzey suyu ve içilebilir kaynakların su kullanım oranları sırasıyla; %44,5, %55,3 ve %0,2 dir.

Üretimde, hammadde ediniminde, ulaşım ve çimento yapımında su tüketimi büyük oranda olup Çizelge 4.2’de tüm üretim tesisleri için ağırlıklı hacim olarak özetlenmektedir.

Çizelge 4.2 : Su Tüketimi

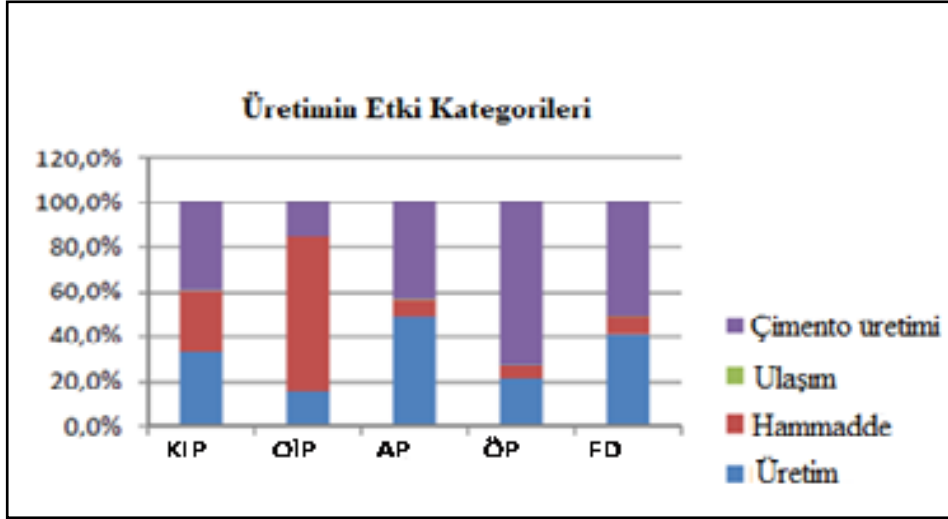
Su (m3)	Toplam	Üretim	Hammadde	Ulaşım	Çimento
Yeraltı suyu	0.530	0.490	0.021	3.89E-06	0.019
Yüzey suyu	0.651	0.414	0.056	1.04E-04	0.181
İçme suyu	2.37E-03	1.79E-04	1.16E-03	8.93E-04	1.38E-04
Toplam	1.183	0.904	0.079	0.001	0.200

Atıklar: 1m³ OGB üretiminden birikmiş atık stok ürünler, radyoaktif atık, tüketici atığı ve zararlı atıklar olmak üzere 4 kısma ayrılmaktadır. Çizelge 4.3’te 1m³ OGB üretimi boyunca birikmiş atık miktarları gösterilmektedir.

Çizelge 4.3 : 1m³ OGB üretimi boyunca birikmiş atık

OGB	
İndikatör	OGB
Stok ürünler	217,88
Radyoaktif atık	0,06
Tüketici atığı	0,02
Zararlı atıklar	0,12

Etki değerlendirmesi: Aşağıdaki şekil 4.5’te 1m³ OGB üretimi için; hammaddelerin, üretimin, ulaşımın, çimento yapımının; küresel ısınma potansiyeli (KIP), ozon incelme potansiyeli (OİP), asidifikasyon potansiyeli (AP), ötrofikasyon potansiyeli (ÖP) ve fotokimyasal duman (FD) etki kategorilerine karşılaştırmalı katkıları gösterilmektedir.



Şekil 4.4 : Üretimin etki kategorileri.

Etki kategorilerine en önemli katkı çimento yapımından oluşmaktadır. Bu değerlendirmeye göre, üretim ikinci önemli kategoriyi oluşturmakta ve bunu hammadde takip etmektedir. Ulaşımın etki kategorisine herhangi bir katkısı bulunmamaktadır. 1m³ OGB üretiminin, çevresel etkiye olan tüm katkısı çizelge 4.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.4 : 1m³ OGB üretiminin çevresel etkiye olan tüm katkıları.

OGB		
Parametre	Birim (kg/m ³)	Ürün
Küresel Isınma Potansiyeli	[kg CO2-equiv.]	191.6
Ozon İncelmesi Potansiyeli	[kg R11-equiv.]	1.23E-06
Asidifikasyon Potansiyeli	[kg SO2-equiv.]	8.30E-01
Ötrofikasyon Potansiyeli	[kg PO4 ³⁻ -equiv.]	6.32E-02
Fotokimyasal Yükseltgeyici Madde	[kg C2H4-equiv.]	6.01E-02

Tüm üretim aşamasında ulaşım haricinde küresel ısınma potansiyeline olan katkı; üretim, hammadde ve çimento yapımı değerleri ile aynı olup sırasıyla %33, %28, ve %39'a karşılık gelmektedir. Bu durumda çimento yapımı ve üretim aşamaları baskın olup, enerji yoğun prosesler olduğundan dolayı yanma işlemlerine bağlı olarak karbondioksit ve metan emisyonlarına neden olmaktadır. İşlem aşamalarında (hammadde, çimento yapımı, üretim ve ulaşım) dağılım oranları ozon incelme potansiyelinde ve asidifikasyon potansiyelinde farklılık göstermektedir. Ozon incelme potansiyeline en fazla etki % 69 paya sahip hammadde aşamasından kaynaklanmaktadır ve alüminyum tozu ve alçının ön prosesinden meydana gelmektedir. Ötrofikasyon potansiyeli genellikle çimento yapımından oluşmaktadır.

Asidifikasyon içinde durum aynıdır fakat üretim aşaması, çimento yapımının yanı sıra ikinci büyük katkıda bulunandır. Bu da sülfür oksit ve nitrojen oksitten kaynaklanmaktadır. Bu durumda üretim aşaması %49 ile en fazla orana sahip olmaktadır. Karbondioksit, sülfür dioksit, nitrojen oksit emisyonları metan olmayan uçucu organik bileşiklerden dolayı, çimento yapım ve üretim aşamaları fotokimyasal duman için baskın aşamalardır [56].

- Bu çalışmanın YDD aşamasında yapılan değerlendirmelerde özellikle enerjinin etkin kullanımı açısından Enerji Verimliliği Kanunu, enerji kaynakları açısından Maden Kanunu, su kullanımı ile verilen bilgiler doğrultusunda ülkenin yer altı ve yüzey su kaynakları potansiyelinin korunması ve en etkin biçimde kullanılmasını sağlaması için Su Kirliliği Kontrolü Kanunu, atıkların ise Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, Endüstriyel Tesislerden Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Katı Atıkların Yönetmeliği, Hafriyat Toprağının ve İnşaat Atığının Kontrolü Yönetmeliği, Çevre Kanunu ve Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik hükümlerinden yararlanılabilir. Ancak sadece mevcut olan bu yasal yönetmelikler değerlendirmenin tümü için yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden yasal yönetmeliklerin geliştirilmesinin yanı sıra gelişen teknoloji ile birlikte yeni değerlendirme yöntemleri oluşturulmalı ve bunların ülkemize adaptasyonu sağlanmalıdır.

4.2.2 Yasal Düzenlemeler

Türkiye'deki hızlı nüfus artışı ve kentleşme nedeniyle konut ihtiyacı artmaktadır. Dolayısıyla buna bağlı olarak inşaat sektörünün milli gelir içerisindeki payında önemli artışlar gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda yapım faaliyetleri artış göstermekte ve bundan dolayı yapı malzemelerine olan ihtiyaç da artış göstermektedir. Ülkemizde yapı sektörü; demir, çelik, alüminyum, beton, boya, çimento, ahşap v.b geniş ölçüde birçok alt yapı sektörüne sahiptir.

Fakat yapı malzemelerin ve binaların çevreye olan olumsuz etkilerine karşı alınan önlemler yetersiz olup günümüzde bu konu üzerinde çalışmalar giderek artmaktadır. Farkındalığın giderek arttığı bu konu ile ilgili çalışmalar ve uygulamalar oldukça az ve yetersizdir. Özellikle yapı malzemelerin çevresel etkilerini değerlendirmede

kullanılan YDD yöntemi ile ilgili çalışmalar az ve sınırlı sayıdadır. Bu konuda son yıllardaki akademik çalışmalar ve bazı sektörlerin çevresel sürdürülebilirlik adına yaptığı çalışmalar, Dünya'daki gelişmeye kıyasla daha yavaş ilerlemektedir. Türkiye'de çevresel etkilerin azaltılması ile ilgili çeşitli mevzuat ve yönetmelikler hazırlanmıştır. Bunlardan çoğu yapı malzemeleri ile ilgili olup bu konuda hala eksiklikler mevcuttur. Mevzuat ve yönetmelikler, malzemelerin değerlendirilmesinde yardımcı olmaktadır. Bu yönetmelikler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

4.2.2.1 Çevre Kanunu

Bu Kanunun amacı, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır. Çevrenin korunmasına, iyileştirilmesine ve kirliliğinin önlenmesine ilişkin genel ilkelerinden bazıları;

- Çevrenin korunması, çevrenin bozulmasının önlenmesi ve kirliliğin giderilmesi alanlarındaki her türlü faaliyette; Bakanlık ve yerel yönetimler, gerekli hallerde meslek odaları, birlikler ve sivil toplum kuruluşları ile işbirliği yapmak.
- Arazi ve kaynak kullanım kararlarını veren ve proje değerlendirmesi yapan yetkili kuruluşlar, karar alma süreçlerinde sürdürülebilir kalkınma ilkesini gözetmek.
- Yapılacak ekonomik faaliyetlerin faydası ile doğal kaynaklar üzerindeki etkisi sürdürülebilir kalkınma ilkesi çerçevesinde uzun dönemli olarak değerlendirmek.
- 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 esas olmak.
- 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 teşviklerin kullanılması.

- Çevrenin korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve çevre sorunlarının çözümüne yönelik gerekli teknik, idarî, malî ve hukukî düzenlemeler Bakanlığın koordinasyonunda yapılır. 2690 sayılı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu kapsamındaki konular Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından yürütülmesidir [57].

4.2.2.2 Maden Kanunu

Bu Kanun, madenlerin aranması, işletilmesi, üzerinde hak sahibi olunması ve terk edilmesi ile ilgili esas ve usulleri düzenlemektedir. Yer kabuğunda ve su kaynaklarında tabii olarak bulunan, ekonomik ve ticarî değeri olan petrol, doğal gaz, jeotermal ve su kaynakları dışında kalan her türlü madde bu kanuna göre maden olarak nitelendirilmektedir. Hammadde üretim izni olmadan üretim yapıldığının ve hammaddenin kamuya ait projelerde kullanıldığının tespit edilmesi halinde faaliyetleri, işletme projesine aykırı faaliyette bulunulması ve faaliyetlerin can ve mal güvenliği açısından tehlikeli bir durum oluşturduğunun tespit edilmesi halinde maden üretimine yönelik faaliyetler ve çevre ve insan sağlığına zarar verdiği tespit edilen madencilik faaliyetleri gerekli önlemler alınıncaya kadar durdurulmaktadır [58].

4.2.2.3 Enerji Verimliliği Kanunu

Bu Kanunun amacı; enerjinin etkin kullanılması, gereksiz yere kullanımının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır. Bu kanun kapsamında enerji verimliliği: Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Bu Kanun; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak süreç ve esasları kapsamaktadır. Enerji verimliliği hizmetlerinin etkinliğini ve enerji bilincini artırmak amacıyla aşağıdaki esaslar çerçevesinde eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri gerçekleştirilir. Bu faaliyetlerde enerji ve enerji verimliliği ile ilgili temel kavramlar, Türkiye'nin genel enerji durumu, enerji kaynakları, enerji üretim teknikleri, günlük hayatta enerjinin verimli kullanımı ile

iklim değişikliği ve çevrenin korunmasında enerji verimliliğinin önemi konularında teorik ve pratik bilgiler verilmektedir [59].

4.2.2.4 Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği

Bu Yönetmelik, binalardaki ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufunun sağlanması ve uygulama esaslarının belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır. Isı yalıtım projelerinde birçok bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır ve bu bilgilerden bazıları; ısı kayıpları-ısı kazançları, ve kazanç/kayıp oranı, binanın ısı kaybeden yüzeylerinde meydana gelebilecek olan yoğuşma, ısı geçirgenlik katsayıları olup bunlar TS 825 standardından temin edilmektedir.

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 hale getirilmiştir [60].

4.2.2.5 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak, bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit (CO₂) emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemektir.

Bu Yönetmelik; mevcut ve yeni yapılacak konut, ticari ve hizmet amaçlı kullanılan binalarda uygulanmak üzere; mimari tasarım, mekanik tesisat, aydınlatma, elektrik

tesisatı ve elektrik tüketen binaların sabit ekipmanları konularındaki asgari performans kriterlerine, enerji performans hesaplama süreçlerine, enerji kimlik belgesinin hazırlanmasına, binaların kontrolleri ve enerji kimlik belgesini hazırlayacak ve denetleyecek onaylanmış bağımsız yetkili kuruluşların yetkilendirilmesine ve yetkilerinin düzenlenmesine, ülke enerji politikasının oluşturulmasına yönelik gerekli araştırmalar, incelemeler yapılmasına ve bunun sonucunda elde edilen deneyimler ile ilgili bilgilerin toplanmasına ve Bina sahipleri ve son kullanıcıların bilinçlendirilmesi, sektörde faaliyette bulunan kurum ve kuruluşların çalışanlarının eğitimleri ve eğitimlerin güncelleştirilmesi vasıtasıyla enerjinin daha verimli kullanımına ilişkin süreç ve esasları kapsamaktadır.

Bu yönetmeliğe göre enerji kimlik belgesi: asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belge olarak tanımlanmaktadır [61]. 1 Ocak 2011 tarihinden itibaren yapı ruhsatı alacak alacak binalarda enerji kimlik belgesi hazırlanması zorunlu hale getirilmiştir. Alınan enerji kimlik belgelerinin alındığı tarihten itibaren 10 yıl geçerliliği bulunmaktadır.

4.2.2.6 Yapı Malzemeleri Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı, bina ve diğer inşaat mühendisliği işleri dahil olmak üzere tüm yapı işlerinde daimi olarak kullanılmak amacıyla üretilecek yapı malzemelerinin taşınması gereken temel gerekleri, bu malzemelerin tabii olması gereken uygunluk değerlendirme prosedürleri, piyasa gözetimi ve denetimi işlemleri ile ilgili süreç ve esasları belirlemektir. Bu yönetmelik malzemelerin kullanıldığı yapı elemanından beklenen performans kriterine uygulanacak kuralları kapsamaktadır. Bunlar:

1. Mekanik dayanım ve stabilite.
2. Yangın durumunda emniyet
3. Yapı işleri ikamet edecek kişiler veya komşuları için aşağıdaki nedenlerden dolayı hijyen ve sağlık açısından tehdit oluşturmayacak şekilde tasarlanıp, yapılmalıdır:

- Zehirli gaz çıkması,
- Havada tehlikeli partikül veya gazların bulunması,
- Tehlikeli boyutlarda radyasyon yayılması,

- Su veya toprağın kirlenmesi, zehirlenmesi,
- Atık su, duman, katı ve sıvı atıkların hatalı şekilde uzaklaştırılması,
- İnşaat işinin bazı kısımlarında veya içindeki yüzeylerde rutubet oluşması.

4. Kullanım emniyeti-Yapı işleri, kullanma veya çalışma sırasında kayma, düşme, çarpma, yanma, elektrik çarpması, patlama sonucu yaralanma gibi kabul edilemeyecek kaza risklerine meydan vermeyecek şekilde tasarlanıp, yapılması.

5. Gürültüye karşı koruma-Yapı işleri, gürültünün binada bulunanların ve çevredeki insanların sağlığını tehdit etmeyecek, onların yeterli koşullarda uyuma, dinlenme ve çalışmalarına izin verecek seviyede tutulacağı bir şekilde tasarlanıp, yapılması.

6. Enerjiden tasarruf ve ısı muhafazası-Yapı işleri ile bu işlerde kullanılan ısıtma, soğutma ve havalandırma tesisatları, yerel iklim koşulları ve ikamet edenlerin durumlarını dikkate alarak az bir enerji kullanımı gerektirecek şekilde tasarlanıp yapılmasıdır [62].

4.2.2.7 Yapı Denetimi Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı; can ve mal güvenliğini teminen, imar planına, fen, sanat ve sağlık kurallarına, standartlara uygun, kaliteli yapı yapılması için proje ve yapı denetimini sağlamak ve yapı denetimine ilişkin yöntem ve esasları düzenlemektir. Ayrıca Bu yapı denetim kuruluşları ve laboratuvarların çalışma usul ve esaslarını, bu kuruluşlarda görev alacak denetçi mimar ve mühendisler ile diğer görevlilerde aranacak nitelikleri, yapı denetim komisyonunun çalışma usul ve esaslarını, yapı denetimi hizmet sözleşmesi düzenlenmesi ve hizmet bedellerinin ödenmesi esaslarını, yapı denetim kuruluşları ile bu kuruluşların denetçi mimar ve mühendislerinin sicil raporlarının tutulmasına ve yapılara sertifika verilmesine dair usul ve esasları kapsamaktadır [63].

4.2.2.8 Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik

Bu Yönetmeliğin amacı, ülkemizin taraf olduğu Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü ve değişiklikleri ile kontrol altına alınan maddelerin kullanılmasına ve bazılarının tüketiminin bir takvim çerçevesinde azaltılarak kullanımdan kaldırılmasına ilişkin yöntem ve esasları belirlemektir

Bu Yönetmelik, kontrol altına alınan maddelerin ve bu maddeleri içeren ürün ve ekipmanın dış ticaretini, kullanımını, piyasaya sunulmasını, toplanıp yeniden işlenmesini, ıslahını ve bertaraf edilmesini, bu maddelere ilişkin bilgilerin rapor edilmesini ve kamuoyunun bilgilendirilmesini kapsamaktadır.

Yönetmelikte bazı kloroflorokarbonların ithalatının yasaklanmış olduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra karbontetklorür ve trikloretan maddelerinin laboratuvar amaçlı kullanımı hariç, ithalatıda yasaklanmıştır 1/1/2010 tarihinden itibaren ise bu madde-lerin ithalatı tamamen yasaktır [64].

Kloroflorokarbonlar (CFCs), tüm ozon tüketen maddeler içerisinde en fazla kullanılanıdır. Soğutucular, araba klimaları, köpük ürünleri, yalıtım maddeleri, mikroçipleri ve diğer elektronik aletleri temizlemek için çözücü, steril gaz karışımlarında bir bileşim maddesi, sprey kutularında ileri doğru itici gibi pekçok değişik ürün içerisinde bulunmaktadır [65].

4.2.2.9 Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı, tehlikeli kimyasalların kontrol altına alınarak olumsuz etkilerinden çevre ve insanın korunmasına yönelik idari ve teknik süreç ve esasları düzenlemektir.

Yönetmelikte, Serpantin grubu asbest lifi olarak tanımlanan krizotil türü asbestin(Beyaz asbest) özellikle yapı ürün ve malzemelerinden; boyalar ve cilalar / verniklerin, sıvılar için kullanılacak filtreler/süzgeçlerin, kaplama ağırlığının % 2 ‘sinden fazla olacak şekilde yol yüzey kaplamalarının, sıvalar, koruyucu kaplamalar, dolgular, sızdırmazlık malzemeleri, bağlayıcılar, zamklar, tutkallar, yapıştırıcılar, dekoratif tozlar ve apre malzemelerinin, yoğunluğu 1 g/cm³ ‘den az olan yalıtım veya ses geçirmezlik malzemelerinin, hava filtreleri/süzgeçleri ve doğal gaz veya havagazı isale dağıtım ve kullanımında kullanılan filtreler/süzgeçlerin, plastik yer ve duvar kaplamalarının altına konacak yalıtım astarlarının, tüketiciye sunulduğunda ortama lif yayılmasını önleyecek şekilde muameleye tabi tutulmayan tekstil ürünlerinin ve çatı keçelerinin üretiminde kullanılmayacağı belirtilmektedir.

Yönetmelik hükümlerine uygun olarak bilgilendirici nitelikte Güvenlik Bilgi Formu hazırlanmaktadır. Bu formda; tehlikeli kimyasalların özelliklerine ilişkin detaylı bilgiler ile bulunduğu işyerlerinde kimyasalın özelliğine göre alınacak güvenlik önlemleri ve kimyasalın olumsuz etkilerinden çevre ve insan sağlığının korunmasına

yönelik gerekli bilgiler içerilmektedir. Bu formun hazırlanmasından üretici, ithalatçı ve dağıtım yapanlar sorumlu olup bu formun profesyonel kullanıcılar ile tehlikeli kimyasalları depolayanlara iletilmesi zorunludur [66].

4.2.2.10 Endüstriyel Tesislerden Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı, sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan topluma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır.

Yönetmelik; tesislerin kurulması ve işletilmesi için gerekli olan ön izin, izin, şartlı ve kısmi izin başvuruları, tesisten çıkan emisyonun ve tesisin etki alanı içerisinde hava kirliliğinin önlenmesi tetkik ve tespiti ile, tesislerin, yakıtların, ham maddelerin ve ürünlerin üretilmesi, kullanılması, depolanması ve taşınmasına ilişkin süreç ve esasları kapsamaktadır [67].

4.2.2.11 Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı; her türlü atık ve artığın çevreye zarar verecek şekilde, doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesi, depolanması, taşınması, uzaklaştırılması ve benzeri faaliyetlerin yasaklanması, çevreyi olumsuz yönde etkileyebilecek olan tüketim maddelerinin idaresini belli bir disiplin altına alarak, havada, suda ve toprakta kalıcı etki gösteren kirleticilerin hayvan ve bitki nesillerini, doğal zenginlikleri ve ekolojik dengeyi bozmasının önlenmesi ile buna yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi, uygulanması ve geliştirilmesidir.

Bu Yönetmelik, evsel katı atıkları, bitki atıklarını, sanayi ve ticarethane atıklarını, evsel atık su arıtma tesislerinden elde edilen (atılan) arıtma çamurlarının ve zararlı atık sınıfına girmeyen sanayi arıtma tesisi çamurlarının, toplanması, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi, bertaraf edilmesi ve zararsız hale getirilmesine ilişkin esasları kapsamaktadır [68].

4.2.2.12 Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı; hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının çevreye zarar vermeyecek şekilde öncelikle kaynaktan azaltılması, toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel kuralları düzenlemektir [69].

4.2.2.13 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

Yönetmeliğin amacı; ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemektir.

Bu Yönetmelik, su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atık suların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atık su altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme süreçleri ve esaslarını kapsamaktadır [70].

4.2.2.14 Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı; toprak kirliliğine neden olan faaliyetler ile tehlikeli maddeler ve atıkların toprağa deşarjına, atılmasına, sızmasına ve evsel ve kentsel atık suların arıtılması sonucu ortaya çıkan arıtma çamurlarının ve kompostun; toprağa, bitkiye, hayvana ve insana zarar vermeyecek şekilde, toprakta kontrollü kullanımına ilişkin gerekli tedbirlerin alınması esaslarını sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde ortaya koymaktır [71].

4.2.2.15 Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmelik; evsel, endüstriyel, ticari ve işyeri olmasına bakılmaksızın yurt içinde piyasaya sürülen plastik, metal, cam, kağıt-karton, kompozit ve benzeri malzemelerden yapılmış bütün ambalajları ve bu ambalajların atıklarını kapsamaktadır.

Yönetmeliğin amacı; çevresel açıdan belirli ölçütlere, temel koşul ve özelliklere sahip ambalajların üretimi, ambalaj atıklarının çevreye zarar verecek şekilde doğrudan ve dolaylı bir şekilde alıcı ortama verilmesinin önlenmesi, önlenemeyen

ambalaj atıklarının tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yolu ile bertaraf edilecek miktarının azaltılması ve ambalaj atıklarının belirli bir sistem içinde, kaynağında ayrı toplanması, taşınması, ayrıştırılması konularında teknik ve idari standartların oluşturulması ile ilgili esasların belirlenmesidir [72].

4.2.2.16 Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (ÇED)

ÇED; gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ya da olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmaları kapsamaktadır. Demir ve çeliğin ergitilmesi ile ilgili tesisler, asbest çıkartılması ve asbest içeren ürünleri işleme veya dönüştürme tesisleri, tehlikeli ve özel işleme tabi atıkların geri kazanılması, ara depolanması ve/veya nihai bertarafını yapacak tesisler., katı atıkların yakma, kompost ve diğer tekniklerle ara işleme tabi tutulması ve bertaraf edilmesi için kurulan tesisler, orman ürünleri ve selüloz tesisleri, cam veya cam elyafı üretim tesisleri, madencilik projeleri ve çimento fabrikaları veya klinker üretim tesisleri ÇED uygulanacak projeler arasında yer almaktadır [73].

4.2.2.17 Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik

Bu Yönetmeliğin amacı; kamu ve özel kurum ve kuruluşlar ile gerçek kişilerce kullanılan her türlü yapı, bina, tesis ve işletmelerin, tasarımı, yapımı, işletimi, bakımı ve kullanımı aşamalarında, herhangi bir şekilde çıkan yangının, can ve mal kaybını en aza indirerek söndürülmesini sağlayacak yangın öncesinde ve sırasında alınacak tedbirler ile organizasyon, eğitim ve denetimi sağlamaktır.

Yönetmeliğe göre binalarda kullanılacak malzemeler dikkate alındığında; yangın güvenliği açısından kolay alevlenen B3 sınıfı yapı malzemelerinin inşaatta kullanılmasına müsaade edilmez. Bunlar ancak bir kompozit içinde veya özel önlemler alınması yolu ile normal alevlenen B2 sınıfına dönüştürüldükten sonra kullanılabilirler. B3 yapı malzemeleri; ahşap, talaş, kağıt gibi kolay alev alan malzemeler, B2 malzemeleri ise ahşap, silikon, derts dolgusu, polistiren ve poliüreten köpük gibi normal alev alan yapı malzemeleri olarak nitelendirilmektedir. Birçok bina tipine göre yapı malzemeleri ve elemanları için uyulması gereken yangın dayanım şartları bulunmaktadır [74].

4.2.2.18 Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik

Bu Yönetmeliğin amacı; atıkların oluşumlarından bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetimlerinin sağlanmasına yönelik genel esasların belirlenmesidir. Bu yönetmelik hükümleri, Ek-4 listesindeki atıkları kapsamaktadır fakat; atmosfere salınan gaz atıkları, radyoaktif atıkları; taş ocağı faaliyetleri ile mineral kaynakların aranması, çıkarılması, işlenmesi ve depolanması sonucu oluşan atıkları, hayvan kadavraları ile tarımsal atıkları (tarımda kullanılan hayvan dışkı ve diğer doğal ve tehlikeli olmayan maddeler), sıvı haldeki atıklar hariç atık suları, kullanım ömürleri bitmiş patlayıcıları ve atıklarını, kapsamamaktadır [75].

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede artan nüfus ile birlikte ihtiyaçlar da artmaktadır. Özellikle farklı yaşam alanlarına olan ihtiyaç artmakta ve ihtiyaçların giderilmesi üzere hızlı yapılaşma süreci çoğu kez çevresel kalitenin düşmesine neden olmaktadır. İnşaat sektörü artan nüfus ve yeni teknolojilerin getirileri ile birçok sektörün temelini oluşturmaktadır. Türkiye’de yapı endüstrisi içerisinde birçok sektör yer almaktadır. Hızlı yapılaşma sonucu, yapı malzeme ve elemanlarına olan ihtiyaç artmakta ve bu da beraberinde hammadde temininde büyük ölçüde doğal kaynakların kullanılmasına, yoğun enerji tüketimine, sıvı ve katı atık oluşumuna ve zararlı malzemelerin oluşturduğu salım gibi çevreye olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre doğal kaynakların büyük bir oranı yapılı çevrenin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Ayrıca binaların yaşam döngüsü boyunca % 50 den daha fazla oranda CO₂ emisyonuna neden oldukları hesaplanmıştır. Bu nedenle ve giderek ciddi ölçüde artan binaların çevreye olan olumsuz etkilerinden en önemlilerinden biri de, binalarda kullanılan malzemenin hammadde temininden son kullanımına kadar geçen süreçteki etkisidir. Diğer bir deyişle yapı sanayisinin neden olduğu çevresel sorunlar ciddi ölçüdedir.

Yapı malzemelerinin çevreye olan olumsuz etkilerinin önemi nedeniyle gerekli önlemlerin alınması için birçok sektörde çevresel etkileri ölçmede ve değerlendirmede kullanılmakta olan YDD yönteminden inşaat sektörü yararlanılmaktadır. Yapı malzemelerin yaşam döngüsü; hammadde çıkarımı, işlenmesi, paketlenmesi, taşınması, yapımı, kullanımı, bakım ve onarımı, ömür sonunda geri dönüştürülme ve bertaraf süreçlerini içermektedir. YDD yöntemi yapı malzemeleri enerji, su ve hammadde girdileri ile hava, su ve toprağa salımlar, uçucu organik bileşikler ve partiküller, su esaslı atıklar, katı atıklar ve yan ürünler çıktıkları ile çevresel olarak değerlendirilmekte ve bunlara bağlı olarak etki kategorileri oluşturulmaktadır.

Dünyada YDD yöntemini kullanarak ürünlerin çevresel performansını belirleyen araçlar ve bildirimler bulunmaktadır. Bu bildirimlerle çevre üzerinde daha az olumsuz

etkiye sahip ürün ve hizmetlere talebin arttırılması ve böyle ürünlerin teşvik edilmesi ile sürekli bir çevresel gelişme potansiyeli sağlanmaktadır ve böylelikle sürdürülebilirlik kavramı da oluşmaktadır. Yapının oluşumu; çevreye dost, toplumsal yaşamın refahını sağlayacak şekilde sürdürülebilir olmalıdır. Yapı sektöründe, yapıların inşa edilmesinde sürdürülebilirliğin temelini oluşturan ekonomik, çevresel ve sosyal boyutlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapı endüstrisi için ülke bazında standartlar oluşturulmalı ve mevcut olanlarda geliştirilmelidir. Türkiye’de standart hazırlamakla sorumlu kurum Türk Standartları Enstitüsüdür (TSE). Avrupa ya da uluslar arası standartlar adapte edilerek Türk standardı haline de getirilebilmektedir. TS EN ISO 14000 serisi Çevre Yönetim standartları TSE tarafınca adapte edilmiş olup Türkçeye çevrilmişlerdir, ancak yeşil bina malzemeleri için etki değerlendirme ve ÇÜB alanında yeterli ve detaylı değildir. Bu ve benzeri standartlar her yapı malzemesinin çevre açısından değerlendiren “Çevre Ürün Bildirimi” ‘ne sahip olacağı şekilde genişletilmesi gereklidir. Avrupa’da bu konu üzerine birçok çalışma mevcut olup ülkemizde de son zamanlarda yeşil bina kavramı ve sürdürülebilir malzemeler üzerine yapılan çalışmalar doğrultusunda ÇÜB’ne olan ilgi LEED, BREEAM gibi yeşil bina değerlendirme sistemlerine olan ilginin artmasına paralel olarak bu tür yeşil bina değerlendirme sisteminde ISO 14040, ISO 14044, ISO 14025 ve ISO 21930 Bina İnşaatı-Yapıda Sürdürülebilirlik-Yapı Ürünlerinin Çevresel Bildirimi standartlarından ve yapı malzemeleri için tasarımda karar destek araçları olan ATHENA Çevresel Etki Tahmin Edici ve Eko-Hesaplayıcı , Eco-Quantum ve Envest araçlarından yararlanılmaktadır.

Bu tür yeşil bina sertifikasyon sistemlerine destek olarak, Türkiye’de yapı malzemelerinin YDD yöntemine göre değerlendirilmesi için mevcut olan ISO 14040 standardından yararlanılmalıdır. Bu standartlar için malzemelerin hammadde edinimi, üretimi, yapımı, kullanımı ve yıkım ve yıkım sonrası aşamalarında ilgili girdiler ve çıktılara gerek duyulmaktadır. Ülkemizde de binayı bir bütün olarak değerlendirme sistemleri arasında bulunan BREEAM’e olan ilgi artmaktadır.

Çalışmanın 4.bölümünde yer verilen örnek ÇÜB çalışmasında olduğu gibi tüm veriler malzeme üretici firmalar tarafından temin edilmesi gerekmektedir. Bu yönde teşvik edici çalışmalar yapılmalıdır. Bina ve yapı malzemelerinin çevresel performansı hakkında veri sağlayan ve değerlendiren sistemler oluşturulmalıdır.

Bunların oluşturulması için, bina ve yapı malzemelerin yaşam döngüleri ve özellikleri ile ilgili doğru ve bilimsel nitelik taşıyan verilere ihtiyaç vardır. Örneğin; binalarda yapılan ısı yalıtım projeleri için yapı bileşenlerinin ısıl geçirgenlik katsayıları ile ilgili bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır ve bunun firmalar tarafından doğru bir şekilde temin edilmesi gerekmektedir. Bunun gibi üretici firma tarafından hazırlanacak belgeler yapı sektöründe malzemelerin daha verimli ve uygun bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Yapı kalitesinin artması için inşaat sektöründe araştırma geliştirme çalışmalarına ağırlık verilmelidir ve bu alanda eğitimli çalışan sayısının artmasına destek olunmalıdır.

Ülkemizde de yapı malzemelerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde ve azaltılmasına yönelik mevcut olan standart ve yasal düzenlemelerden yararlanılmakta ancak bu yasal düzenlemeler malzeme konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu yasal düzenlemelerin çoğu doğrudan yapı malzemeleri ile ilgili değildir. İçerdikleri bazı hükümleriyle yapı malzemesinin yaşam döngüsü evresinde birçok çevresel konuya yön vermektedir. 4.Bölümde değinilmiş olan bu yönetmelikler; Çevre Kanunu, Maden Kanunu, Enerji Verimliliği Kanunu, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, Yapı Denetimi, Uygulama Usul ve Esasları Yönetmeliği, Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik, Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği Endüstriyel Tesislerden Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği (ÇED) olarak sıralanmaktadır. İnşaat sektörünün olumsuz etkilerinin oranı oldukça yüksek olduğundan dolayı bu yönetmelikler yapı sanayisinin çevresel sorunları ve ihtiyaçları doğrultusunda, ÇÜB örnek çalışmasındaki tüm aşamalardaki verileri kapsayacak şekilde düzenlenmelidir. Ayrıca tüm malzemelerin ÇÜB'ne sahip olması için çalışmalar tüm malzemeleri kapsayacak şekilde genişletilmelidir.

Ülkemizde yeni ve mevcut yapılar yapı denetimi ve kalite kontrolü çok düşük seviyededir. İnşaat ve alt yapı sektöründe sürdürülebilirlik ilkelerine uygun yeni teknolojiler geliştirilmelidir. Tüm teknik standartları, çevreye olan olumsuz etkileri içinde bulunduran yapı yönetmeliğine ihtiyaç vardır. Mevcut yasal düzenleme ve

standartlar ile, Türkiye'ye özgü veritabanları oluşturularak yazılımlar geliştirilebilir. Bunun için Türkiye'deki mevcut yapı malzemeleri ile düzenlemeler ve standartlar incelenerek daha etkin hale bir hale getirilmeye çalışılmalı ve bunlar doğrultusunda yeni değerlendirme sistemleri oluşturmak yerine mevcut olanlardan yararlanarak onların ülkemize adaptasyonu çalışmaları yapılmalıdır. Bu konuda ülkemizde Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), Türkiye'deki yapı sektörünün sürdürülebilir ilkeler ışığında gelişmesine katkı sağlamak amacıyla kurulmuş sivil toplum kuruluşudur. Dernek; inşaatta enerji ve çevre duyarlılığı adına eko-malzeme yapımını desteklemekte ayrıca bina değerlendirme sistemlerini geliştirmeye ve bu sistemlerin yasal mevzuata geçmesi için çalışmalar yürütmektedir. Son çalışmaları arasında BREEAM'in Türkiye'ye adaptasyonu yer almaktadır. Bu gibi çalışmalar yasal düzenlemelere yol göstermektedir. Hem yeşil binalar için hem de yeşil binalar için zorunlu olan ÇÜB'e sahip yerli malzemelerin edinilmesi için bu çalışmalar ÇEDBİK gibi sivil toplum örgütlerinin gönüllü çalışmalarının yanı sıra zorunlu yasal düzenlemelerle de desteklenmelidir. Aksi durumda ülkemizde giderek yaygınlaşan BREEAM, LEED yeşil bina sertifikasyon sistemleri için ÇÜB'e sahip yerli malzemelerinin eksikliği sorun olmaya devam edecek ve yeşil binalar için malzeme konusunda doğru kararlar verilmesinde ciddi bir engel oluşturacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M., Walker, P., 2001. "Building Houses with Local Materials: Means to Drastically Reduce the Environmental Impact of Construction," *Building and Environment*, Vol. **36**, pp. 1119–1126.
- [2] United Nations Environment Programme., 2007. Buildings and Climate Change; Status, Challenges and Opportunities, pp. 8-16.
- [3] Khasreen, M.M., Banfill, P.F.G., Menzies G.F., 2009. "Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings," *Sustainability*, Vol. **1**, p. 3.
- [4] Ortiz, O., Castells, F., Sonnemann, G., 2009. "Sustainability in the Construction Industry: A Review of Recent Developments Based on LCA," *Construction and Building Materials*, Vol. **23**, pp. 28–39.
- [5] Url-1 <<http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm>>, alındığı tarih 27.04.2011.
- [6] Institut Català d'Energia, 2004. "Sustainable Building," *Design Manual*, Vol. **2**, pp. 1-3, The Energy and Resources Institute, India.
- [7] Yudelson, J., 2007. Green Building A to Z: Understanding the Language of Green Building, p. 3.
- [8] Kibert, C. J., 2008. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, pp. 36-290, John Wiley & Sons Inc.
- [9] USGS, 1998. *Materials Flow and Sustainability*, Fact Sheet, FS-068-98.
- [10] NSTC, 2008. Federal Research and Development Agenda for Net-Zero Energy, High performance Green Buildings, *Report of the Subcommittee on Buildings Technology Research and Development*, p. 33.
- [11] Candace, S., 2008. "Sustainable Rating Systems around the world," *CTBUH Journal*, Vol. **2**, pp. 18-29.
- [12] Kim, J.J., Rigdon, B., Graves, J., 1998. Sustainable Architecture, p. 8, National Pollution Prevention Center for Higher Education, Michigan University.
- [13] Carroll, D.T., 2006. Using LCA Methods to Evaluate the Ability of LEED to Compare Green Buildings, *Master Thesis*, Arizona State University.
- [14] Bayraktar, T., 2010. Türkiye’de Yapı Malzemesi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi için bir sistem önerisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı.
- [15] Calkins, M., 2009. Materials for Sustainable Sites, pp. 6-289, John Wiley & Sons Inc.

- [16] **Dixit, M.K., Solís, J.L.F., Lavy,S., Culp, C.H.**, 2010. “Identification of Parameters for Embodied Energy Measurement:,” *Energy and Building*, Vol. **42**, pp. 1238-1247.
- [17] **Haynes, Richard.**, 2010. Embodied Energy Calculations within Life Cycle Analysis of Residential Buildings, p.4.
- [18] **Reddy, B.V., Jagadish, K.S.**, 2003. “Embodied Energy of Common and Alternative Building Materials and Technologies,” *Energy and Buildings*, Vol. **35**, pp. 129–137
- [19] **Shukla, A., Tiwari, G.N., Sodha, M.S.**, 2009. “Embodied Energy Analysis of Adobe House,” *Renewable Energy*, Vol. **34**, pp. 755–761
- [20] **Cevik, U., Damla, N., Van Grieken, R., Vefa Akpınar, M.**, 2011. “Chemical composition of building materials used in Turkey,” *Construction and Building Materials*, Vol. **25**, pp. 1546–1552
- [21] **USGS**, 2009. *Use of Minerals and Materials in the United States From 1900 Through 2006*, Fact Sheet 2009-3008.
- [22] **U.S. Environmental Protection Agency**, 2006. Life Cycle Assessment: Principles and Practice.
- [23] **Tanaçan, L.**, 2009. “Tematik Sunuş” , Ekolojik Yapı Tasarımı, Malzeme, Teknoloji, ve Çevre Sempozyumu, Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, Tüyap Kongre ve Fuar Merkezi(Davetli Konuşmacı), İstanbul,
- [24] **Çelebi, G. ve Aydın, A. B.**, 2005. “Yapı sektörü - çevre ilişkisine dair bir yöntem irdelemesi: yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)”, *Çevre ve Ormanlık Şurası*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Antalya.
- [25] **Department of Environmental Systems Analysis**, Environmental Assessment Tools, s. 1358-1362, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden
- [26] **Özçuhadar, T.**, 2007. Sürdürülebilir Çevre için Enerji Etkin Tasarımın Yaşam Döngüsü Sürecinde İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü, İstanbul.
- [27] **James, A.F.**, 2005. Building Design & Construction, *Progress Report on Life Cycle Assessment*.
- [28] **Peuportier, B.L.P.**, 2001. “Life Cycle Assessment Applied to the Comparative Evaluation of Single Family Houses in the French Context,” *Energy and Buildings*, Vol. **33**, s. 443–450
- [29] **Tanaçan, L.**, 2011, “The parameters of Internationally accepted Green Building Material Selection Criteria”, Proceedings of the 9th China Urban Housing Conference “ Low Carbon Green City and Harmonious Habitat Society, CUHK-Chinese University of Hong Kong, 8-9 July-2011, s. 412-419.
- [30] **Tanaçan, L.**, 2002 “Ekolojik Yapı Malzemelerinin Tanımlanmasındaki Sorunlar”, 1. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, Kongre Bildirileri-II, TMMOB İstanbul Büyük kent Şubesi, s. 719-730, İstanbul.

- [31] **Url-2** <<http://www.tse.org.tr/TSEIntWeb/Standard/Standard/StandardAra.asPx>>, alındığı tarih 18.06.2011.
- [32] **TS EN ISO 14040**, 2007. Çevre Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme – İlkeler ve Çerçeve, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [33] **TS EN ISO 14044**, 2007. Çevre Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme – Gereklere ve Kılavuz, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [34] **Verbeeck, G., Hens, H.**, 2010. “Life Cycle inventory of buildings: A calculation method,” *Buildings and Environment*, Vol. **45**, s. 1037-1041
- [35] **Gültekin, A.B.**, 2006. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [36] **Dixit, M.K., Solís, J.L.F., Lavy,S., Culp, C.H.**, 2010. “Identification of Parameters for Embodied Energy Measurement:,” *Energy and Building*, Vol. **42**, s. 1238-1247.
- [37] **Url-3** <http://en.wikipedia.org/wiki/Life_cycle_assessment#Cradle-to-gate>, alındığı tarih 17.04.2011
- [38] **Calkins, M.**, 2009. *Materials for Sustainable Sites*, pp. 6-289, John Wiley & Sons Inc.
- [39] **Khasreen, M.M., Banfill, P.F.G., Menzies G.F.**, 2009. “Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings,” *Sustainability*, Vol. **1**, s. 3.
- [40] **The European Committee for Standardization**, 2008. CEN Guide 4, *Guide for addressing environmental issues in product standards*
- [41] **Zhang, X., Wang, J., Huang, Z.**, Life Cycle Assessment on Energy Consumption of Building Materials Production, *College of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai and Architectural Engineering, Anhui University of Technology, Anhui China*,
- [42] **Reddy, B.V., Jagadish, K.S.**, 2003. “Embodied Energy of Common and Alternative Building Materials and Technologies,” *Energy and Buildings*, Vol. **35**, pp. 129–137
- [43] **Scheuer, C.W., Keoleian, G.A.**, 2002. Evaluation of LEED Using Life Cycle Assessment Methods, *National Institute Of Standards And Technology*, pp. 15-24.
- [44] **USGBC**, 2010. *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System*, p.14.
- [45] **BRE Global Ltd.**, 2009. *BREEAM Europe Commercial 2009 Assessor Manual* pp. 9-37.
- [46] **Url-4** <<http://www.athenasmi.org/tools/ecoCalculator/>>, alındığı tarih 12.04.2011.

- [47] **National Institute of Standards and Technology**, 2007. *Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide*, pp. 23.
- [48] **Url-5** <<http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm/registration.html>>, accessed at 12.04.2011.
- [49] **Url-6** <<http://www.gabi-software.com/index.php?id=85&L=10&redirect=1>>, alındığı tarih 05.08.2011.
- [50] **TS EN ISO 14020**, 2002. Çevre Etiketleri ve Beyanları - Genel Prensipler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [51] **TS EN ISO 14024**, 2002. Çevre Etiketleri ve Beyanları – Tip I Çevre Etiketlemesi - Prensipler ve Yöntemler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [52] **TS EN ISO 14021, 2006**. Çevre Etiketleri ve Beyanları – Çevre ile İlgili İddiaların Öz Beyanı (Tip II Çevre Etiketleri), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [53] **TS EN ISO 14025**, 2008. Çevre Etiketleri ve Beyanları – Tip III Çevre Beyanları – Prensipler ve Prosedürler, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [54] **Schenck, R. C.**, 2010. A Roadmap to Environmental Product Declarations in the United States, s.1, American Center for Life Cycle Assessment Institute for Environmental Research and Education
- [55] **Url-7** <<http://bau-umwelt.de/hp325/Association.htm>>, alındığı tarih 06.08.2011.
- [56] **Url-8** <<http://bau-umwelt.de/hp481/Environmental-Product-Declarations-EPD.htm?ITServ=CY3f8790e9X13271c34c3dXY2da1>>, alındığı tarih 29.07.2011.
- [57] **Url-9** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/631.html>>, alındığı tarih 23.07.2011
- [58] **Url-10** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/716.html>>, alındığı tarih 23.07.2011
- [59] **Url-11** <http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/EV_mevzuat.html >, alındığı tarih 23.07.2011
- [60] **Url-12** <<http://www.cevresehircilik.gov.tr/turkce/html/yonetmelik40.htm>>, alındığı tarih 25.07.2011
- [61] **Url-13** <<http://www.cevresehircilik.gov.tr/turkce/html/yonetmelik41.htm>>, alındığı tarih 23.07.2011
- [62] **Url-14** <<http://bayindirlik.gov.tr/turkce/html/yonetmelik23.htm>>, alındığı tarih 23.07.2011
- [63] **Url-15** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/20822.html>>, alındığı tarih 23.07.2011
- [64] **Url-16** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/28053.html>>, alındığı tarih 23.07.2011

- [65] **Url-17** <http://tr.wikipedia.org/wiki/Kloroflorokarbon_gazlar%C4%B1>, alındığı tarih 23.07.2011
- [66] **Url-18** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/20749.html> >, alındığı tarih 15.07.2011
- [67] **Url-19** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/27113.html>>, alındığı tarih 25.07.2011
- [68] **Url-20** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/20743.html>>, alındığı tarih 25.07.2011.
- [69] **Url-21** <<http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.5401&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>>>, alındığı tarih 23.07.2011.
- [70] **Url-22** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/23053.html>>, alındığı tarih 19.07.2011.
- [71] **Url-23** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/23163.html>>, alındığı tarih 15.07.2011.
- [72] **Url-24** <<http://www.mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.15220&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=ambalaj%20at%C4%B1klar%C4%B1>>, alındığı tarih 19.07.2011.
- [73] **Url-25** <<http://www.cedgm.gov.tr/CED/AnaSayfa/yonetmelikler.aspx?sflang=tr>>, alındığı tarih 24.07.2011.
- [74] **Url-26** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/20250.html>>, alındığı tarih 19.07.2011.
- [75] **Url-27** <<http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/27906.html>>, alındığı tarih 19.07.2011.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Katya Kaya

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul / 15.05.1985

Adres: Bilezikçi Sok. Ferah Apt. No:71/5 Kurtuluş İstanbul

Lisans Üniversitesi: Fizik, Yıldız Teknik Üniversitesi (2004-2009)

