

**BİNA DERECELENDİRME SİSTEMLERİNDE ÇEVRESEL ETKİ
SINIFLARININ ÖNEMİ**

Merve TUNA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2010
ANKARA**

**BİNA DERECELENDİRME SİSTEMLERİNDE ÇEVRESEL ETKİ
SINIFLARININ ÖNEMİ**

Merve TUNA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2010
ANKARA**

Merve TUNA tarafından hazırlanan “BİNA DERECELENDİRME SİSTEMLERİNDE ÇEVRESEL ETKİ SINIFLARININ ÖNEMİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ
Tez Danışmanı, Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Soofia Tahira ELIAS-OZKAN
Mimarlık Anabilim Dalı, O.D.T.Ü.

Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ
Mimarlık Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Gülsu U. HARPUTLUGİL
Mimarlık Anabilim Dalı, K.B.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Öğr. Gör. Dr. A. Berrin ÇAKMAKLI
Mimarlık Anabilim Dalı, O.D.T.Ü.

Tarih: 27/09/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans / Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Merve TUNA

BİNA DERECELENDİRME SİSTEMLERİNDE ÇEVRESEL ETKİ SINIFLARININ ÖNEMİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Merve TUNA

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2010

ÖZET

Gelişen teknolojiyle birlikte ortaya çıkan çevre sorunları, küresel, bölgesel ve yerel ölçekte birçok etkiye neden olmaktadır. Bu sorunların büyük bir kısmı yapılı çevreden ve yapılı çevrede kullanılan ürünlerin doğru seçilememesinden kaynaklanmaktadır. Son yıllarda tanımlanan “sürdürülebilirlik” kapsamında, yapıların çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve buna göre binaların sertifikalandırılması gündeme gelmiş ve bu kapsamda birçok metot ve araç geliştirilmiştir. Bina derecelendirme sistemleri bu nedenle geliştirilmiş araçlar olup, bu araçlar sürdürülebilirlik ölçütlerine göre binaların çevresel etkisini ölçmekte ve buna göre binaları sertifikalandırmaktadır. Yapı ürünü seçimi ve korunumuna yönelik “malzemeler” alanında yapı ürünü etki değerlendirmesinde kullanılan etki sınıfları ve bu sınıflara verilen önem ağırlıkları her derecelendirme sistemine göre farklılık göstermektedir. Bu durum yapı ürününün derecelendirme sistemine göre farklı değerlendirilebilmesi anlamına gelmekte ve sistemlerin güvenilirliği konusunda düşündürmektedir. Bu bağlamda tez çalışmasının amacı, derecelendirme sistemlerinin kullandığı farklı önem ağırlıklarının, ürünün etki sonuç değerinde ortaya çıkardığı niceliksel ve yüzdesel farkın belirlenmesi ve sistemlerin güvenilirliğinin sorgulanmasıdır.

Tez çalışmasında, tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun çevresel etki değerleri, BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerinin kullandığı önem ağırlıklarına bağlı olarak değerlendirilmekte ve elde edilen çevresel etki sonuç değerlerinin niceliksel ve yüzdesel farkları irdelenerek kullanılan önem ağırlıklarının etkisi ölçülmektedir.

Bilim Kodu : 804.1.102
Anahtar Kelimeler : Yapı Ürünleri, Çevresel Etki Sınıfları, Önem Ağırlıkları, Derecelendirme sistemleri, BREEAM, LEED
Sayfa Adedi : 133
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

**IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL IMPACT CATEGORIES IN
RATING SYSTEMS
(M.Sc. Thesis)**

Merve TUNA

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2010**

ABSTRACT

Environmental problems which emerges into parallel developed technology, leads global, regional and local several effects. The cause of the majority of these problems is buildings and wrong selection of the construction. In recent years, assessment of buildings environmental impact and certification of building came up under the “sustainability” concept and developed many method and tools. Therefore, building rating systems are developed tools which measure environmental impact of building and certificate according to sustainability criteria. Impact categories and importance weights which use construction products impact assessment are different each rating systems. This situation is meant that same construction product rates differently according to each rating systems and was thought reliability of rating systems in assessment of environmental impact of construction products. In this context, the aim of thesis is, determined the quantitative and percentile difference in impact result value of product according to different importance weights and is examined reliability of systems.

In this working of thesis, environmental impact values of brick, aerated concrete and lightweight concrete pumice block are assessed with importance weights of BREEAM and LEED and quantitative and percentile difference

obtained environmental impact result values are examined. Thus, impact of importance weightings are measured.

Science Code : 804.1.102

**Key Words : Construction Products, Environmental Impact Categories,
Importance Weights, Rating Sysyems, BREEAM, LEED**

Page Number: 133

Adviser : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ'ye, tez çalışması boyunca başından sonuna kadar katkılarıyla beni yalnız bırakmayan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL'e, tecrübelerinden yararlandığım değerli hocam Öğ. Gör. Timuçin HARPUTLUGİL'e, değerli katkılarından dolayı hocalarım Öğ. Gör. Dr. İdil AYÇAM'a, Yrd. Doç. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN'e, manevi desteğiyle yanımda olan değerli hocam Prof. Dr. Hüseyin YURTSEVER'e, işyerimde huzurlu çalışma ortamı sağlayan ve daimi desteklerini esirgemeyen bölüm başkanım Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ'ye, hocalarım Öğ. Gör. Günay ÖZBAY'a, Yrd. Doç. Dr. Suat ALTUN'a, Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI'ya, çalışma arkadaşlarım, Mim. Beyza ONUR'a, Mim. Bengi YURTSEVER'e, Mim. Sinem KAYA'ya ve Yük. Mim. Feyza SEZGİN'e ve tüm öğrencilerime, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli annem Müberra TUNA ve babam Hasan TUNA'ya, manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim çok değerli arkadaşım Mim. Gülçin SÜT'e ve her zaman yanımda olacağını bildiğim H. Mehmet KAYILI'ya içtenlikle teşekkür ederim. Ayrıca, bu çalışmanın yürütülebilmesi için gereken verileri sağlamada yardımlarını esirgemeyen Ekodenge Mühendislik Mimarlık Danışmanlık Şirketi ve Dr. Zeynep YÖNTEM ile Yük. Mim. Seda TEMİZER YÖNTEM'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
2.1. Ekoloji, Ekosistem, Çevre ve Çevre Sorunları	7
2.2. Yapı, Yapı Ürünleri ve Çevre Etkileşimi	14
2.3. Yapı Ürünleri Çevresel Etki Gruplandırması	17
2.4. Yapı Ürünleri Çevresel Etki Sınıfları	27
2.4.1. Abiyotik kaynak tüketimi	27
2.4.2. Küresel ısınma potansiyeli	37
2.4.3. Stratosferdeki ozon tüketim potansiyeli	44
2.4.4. Asitleşme potansiyeli	47
2.4.5. Ötrofikasyon potansiyeli	48
2.4.6. Ekolojik zehirlenme	50
2.4.7. Fotokimyasal ozon gazı oluşum potansiyeli	51
2.4.8. İnsan zehirlenme potansiyeli	52

Sayfa

2.4.9. Radyoaktif radyasyon.....	60
2.5. Bina Derecelendirme Sistemleri Ve Bu Sistemlerde Yapı Ürünü Çevresel Etki Sınıflarının Yeri	61
2.5.1.BREEAM	67
2.5.2. LEED	70
3. MATERYAL ve METOT	75
3.1. Materyal	75
3.1.1. “ecoinvent” veritabanı.....	75
3.1.2. Tuğla ve çevresel etki değerleri	77
3.1.3. Gazbeton ve çevresel etki değerleri	81
3.1.4. Bims duvar bloğu ve çevresel etki değerleri	85
3.1.5. Çevresel etki sınıfları ve önem ağırlıkları	89
3.1.6. Normalizasyon (normalization) faktörleri.....	95
3.2. Metot	98
3.2.1. Yapı ürünlerinin küresel etki değerleri kullanılarak çevresel performansının belirlenmesi	98
3.2.2. Yapı ürünlerinin yerel etki değerlerinin belirlenerek sistemlere göre çevresel performansının belirlenmesi	102
4. BULGULAR.....	106
4.1. Küresel etki değerleri kullanılarak etki sınıfları kapsamında sistemlere göre çevresel performans değerleri	106
4.2. Yerel etki değerleri kullanılarak etki sınıfları kapsamında sistemlere göre çevresel performans değerleri	111
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR	121

Sayfa

ÖZGEÇMİŞ	132
----------------	-----

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Yapıların çevre kirliliği üzerindeki yüzdesel payları.....	14
Çizelge 2.2. Bazı yapı ürünlerinin üretiminde gerekli olan enerji miktarları	15
Çizelge 2.3. Çevresel etki gruplarının etki sınıfları bağlamında karşılaştırılması	26
Çizelge 2.4. Fosil yakıtların salımları (1 tep enerji için kg olarak)	29
Çizelge 2.5. 2000 yılı dünya birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı	29
Çizelge 2.6. Taşıma sırasında açığa çıkan gazlar ve tüketilen enerji miktarı	30
Çizelge 2.7. Ağır metallerin insan sağlığına tehlikeli olabilecek maksimum değerleri.....	33
Çizelge 2.8. Sera gazlarının atmosferik yaşam ömrü ve küresel ısınma potansiyelleri	38
Çizelge 2.9. Sera gazları ve bu gazların küresel ısınmadaki etki yüzdeleri.....	38
Çizelge 2.10. Bazı yapı ürünleri için oluşum enerji miktarları.....	43
Çizelge 2.11. Bazı yapı ürünlerinin üretiminde salınan ve depolanan karbon emisyon miktarları	44
Çizelge 2.12. Havadaki su oranının solunum için uygunluğu	54
Çizelge 2.13. EPA maksimum iç ortam hava kirletici konsantrasyonları	55
Çizelge 2.14. İç mekan hava kalitesinin bozulmasından kaynaklanan muhtemel semptom ve insan sağlığı bozulmaları.....	56
Çizelge 2.15. Derecelendirme sistemleri ve gelişim tabanları.....	66
Çizelge 2.16. BREEAM Office 2008 derecelendirme alanları ve ağırlık yüzdeleri	69
Çizelge 2.17. BREEAM'e göre çevresel etki sınıfları önem ağırlıkları	70
Çizelge 2.18. LEED-NC v3.0 Derecelendirme alanları ve ağırlık yüzdeleri.....	72

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.19. LEED’e göre çevresel etki sınıfları önem ağırlıkları.....	74
Çizelge 3.1. “ecoinvent” veritabanındaki etki değerlendirme yöntemleri için kullanılan kategoriler	77
Çizelge 3.2. Tuğlaya ait bilgiler.....	79
Çizelge 3.3. Tuğlanın CML 2001’e göre YDED değerleri ve özellikleri.....	80
Çizelge 3.4. Gazbetona ait bilgiler.....	83
Çizelge 3.5. Gazbetonun CML 2001’e göre YDED değerleri ve özellikleri.....	84
Çizelge 3.6. Bims duvar bloğuna ait bilgiler	88
Çizelge 3.7. Bims duvar bloğunun CML 2001’e göre YDED değerleri ve özellikleri.....	89
Çizelge 3.8. Derecelendirme sistemlerinde kullanılan çevresel etki sınıflarının CML 2001’de kabul edilen karşılıkları	92
Çizelge 3.9. BREEAM’e göre çevresel etki sınıfları önem ağırlıkları	93
Çizelge 3.10. LEED’e göre çevresel etki sınıfları önem ağırlıkları.....	93
Çizelge 3.11. BREEAM ve LEED sistemlerinin çevresel etki sınıfları ve önem ağırlıkları.....	95
Çizelge 3.12. CML 2001 kapsamında küresel normalleştirme faktörleri	96
Çizelge 3.13. CML 2001 kapsamında Avrupa için normalleştirme faktörleri.....	97
Çizelge 3.14. CML 2001 kapsamında ABD için normalleştirme faktörleri	97
Çizelge 3.15. Tuğlanın küresel etki değerleriyle BREEAM’e göre abiyotik tüketiminin hesaplanması için gerekli olan veriler	100
Çizelge 3.16. Tuğlanın küresel etki değerleriyle LEED’e göre abiyotik tüketiminin hesaplanması için gerekli olan veriler	101
Çizelge 3.17. Tuğlanın yerel etki değerleriyle BREEAM’e göre abiyotik tüketiminin hesaplanması için gerekli olan veriler	103
Çizelge 3.18. Tuğlanın yerel etki değerleriyle LEED’e göre abiyotik tüketiminin hesaplanması için gerekli olan veriler	104

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Tuğlanın küresel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri	107
Çizelge 4.2. Gazbetonun küresel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri.....	108
Çizelge 4.3. Bims duvar bloğun küresel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri.....	109
Çizelge 4.4. Tuğlanın yerel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri	112
Çizelge 4.5. Gazbetonun yerel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri.....	113
Çizelge 4.6. Bims duvar bloğun yerel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri.....	114
Çizelge 5.1. Küresel değerlerle sistemlere göre ulaşılan sonuç değerlerinin değişim oranları.....	119
Çizelge 5.2. Yerel değerlerle sistemlere göre ulaşılan sonuç değerlerinin değişim oranları.....	119

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması	6
Şekil 2.1. Canlı çevre bileşenleri	10
Şekil 2.2. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü	16
Şekil 2.3. Türkiye mevcut su potansiyelinin kullanım oranları	31
Şekil 2.4. Dünya’da su miktarı oranları	32
Şekil 2.5. Atık camların değerlendirilmesi grafiği.....	36
Şekil 2.6. Sera etkisi.....	39
Şekil 2.7. Ülke ve yıllara göre CO ₂ emisyon miktarları	42
Şekil 2.8. Ozonun stratosferdeki dağılımı.....	45
Şekil 2.9. Güney kutbunda ozon tabakasındaki şiddetli incelmenin görüldüğü alan - 4 Ekim 2004	46
Şekil 2.10. Ozon tabakasındaki incelmelerin yıllara göre durumu	46
Şekil 2.11. Ötrofikasyon şeması	49
Şekil 2.12. Hasta ve sıkıcı bina sendromuna neden olan etkenler	59
Şekil 3.1. Tuğlanın sembolik gösterimi	78
Şekil 3.2. Gazbetonun yapısında bulunan gözenekler	81
Şekil 3.3. Gazbetonun sembolik görünümü	82
Şekil 3.4. Gazbetonun üretim süreci	83
Şekil 3.5. Bims taşının genel görünümü	85
Şekil 3.6. Bims bloğun sembolik görünümleri	86
Şekil 3.7. Bimsblok üretim şeması	87

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
CO₂	kardondioksit
CH₄	metan
NO_x	azotoksit
O₃	ozon
SF₆	sülfürhekzaflorit
CO	karbonmonoksit
SO₂	kükürtoksit
Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADP	Abiotic Depletion
AP	Acidification Potential
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air- Conditioning Engineers
BEES	Building Environmental and Economical Sustainability
BP	British Petroleum
BREEAM	Building Research Establishment Enviromental Assessment
BRE	Building Research Establishment
BRI	Building Related Illness
CFC	Kloroflourokarbon

Kısaltmalar**Açıklama**

CHAINET	European Network on Chain Analysis for Environmental Decision Support
CML	The Centre of Environmental Science
ÇEP	Çevresel Etki Potansiyeli
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
EDIP	Environmental Design of Industrial Products
EP	Eutrophication Potential
EPA	Environmental Protection Agency
EPESUS	Eco-Industrial Park Environmental Support System
GHG	Sera Gazları
HFC	Hidroflorokarbon
HCFC	Hidrokloroflorokarbon
HHE	Health Hazard Evaluations
HTP	Human Toxicity Potential
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ILEC	International Lake Environment Committee
IPU	Institute for Product Development
LEED	Leadership in Energy and Environment Design
LCANET	European Network for Strategic Life-Cycle Assessment Research and Development
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
NMVOCs	CH ₄ İçermeyen Uçucu Organik Bileşikler
NIST	Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ODP	Ozone Depletion Potential
POCP	Photochemical Ozone Depletion Potential
SBS	Sick Building Syndrom

Kısaltmalar**Açıklama****SETAC**

The Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SVOCs

Semi-Volatile Organic Compounds

TBS

Tight Building Syndrom

TETP

Terrestic Ecotoxicity Potential

TÜİK

Türkiye İstatistik Kurumu

TRACI

Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts

USGBC

U.S. Green Building Council

US NIOSH

U.S. National Institute for Occupational Safety and Healt

UV

Ultra Viole

VOCs

Volatile Organic Compounds-Uçucu Organik Bileşikler

WHO

World Health Organization

YDD

Yaşam Döngüsü Değerlendirme

1. GİRİŞ

Gelişen teknolojiyle birlikte temiz kırlardan kirli kentlere geçişlerin yaşanması, kaynakların sınırlılığına karşın tüketim toplumlarının çevreye verdiği atık ve kirliliğin sınırsız olması, 21. yüzyılda diğer mesleki alanlara (çevre mühendisliği, çevre kimyası vb.) paralel olarak, yapılı çevrenin ekolojik sürdürülebilirliğini artan bir önemle var etmektedir. Sadece enerji ihtiyacı düşünüldüğünde yapılı çevrenin ülke ekonomisinde büyük bir güce sahip olduğu görülürken, yapılan araştırmalar yapının tasarım ve yapım aşamasında tercih edilecek ürün seçiminin ekolojik yapıya katkısının gözardı edilmekte olduğunu göstermektedir [Yılmaz ve Ciravoğlu, 2010; www.dbce.csiro.au].

Yapı ürünlerinin yaşam süreçlerinde kullanılan kaynaklar doğal çevreyi ve insan sağlığını büyük oranda etkileyebilmektedir. Bu bağlamda ürün seçiminde doğru, sağlıklı ve yeterli kaynak kullanımı öne çıkmaktadır.

Yapıda kullanılan ürünün, yaşam döngüsü boyunca çevreye olan etkileri genel itibariyle iklim değişikliği, asitleşme, stratosferdeki ozon tükenimi, ekolojik zehirlenme, kaynak tüketimi, insan zehirlenmesi, fotokimyasal ozon gazı üretimi, alan kullanımı ve ötrofikasyon olarak sıralanabilmektedir. Bu göstergeler tüm ürünlerin çevre ile olan ilişkilerinin tanımlanmasında dikkate alınmakta ve yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi ile ürünün çevresel performansının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Fakat bu göstergeler ortak bir sınıflandırma tabanına oturtulmadığından, sistem ve kurumlara göre farklı şekillerde isimlendirilmekte ve değişik gruplandırmalar altında verilmektedir. Ayrıca son yıllarda sürdürülebilirlik kapsamında inşa edilen binaların kriterlere dayalı değerlendirilmesinde öne çıkan bina derecelendirme sistemlerinin, ürün seçimine yönelik belirlediği etki sınıfları ve bu sınıfların değerlendirilmesinde kullanılan önem ağırlıkları da kendi içerisinde farklılık ve çelişkiler taşımaktadır.

Ülkelere özgü, farklı kurum ve kuruluşlarca geliştirilmelerinden dolayı bu sistemlerin kullandığı değerlendirme alanları, bu alanların içinde istenilen ölçütler

ve yapı ürünü değerlendirmede kullanılan önem ağırlıkları da farklılık göstermektedir. Öyle ki iki sistemin kullandığı bazı etki sınıflarının önem ağırlıkları arasında %9'a varabilecek düzeyde farklar bulunmaktadır. Bu durum, değerlendirme sürecinde aynı yapı ürününün derecelendirme sistemlerine göre farklı çevresel performans değerine sahip olması anlamına gelebilir.

Bu bağlamda tez çalışmasının amacı, derecelendirme sistemlerinin yapıyı sertifikalandırma sürecinde, yapı ürünlerinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullandığı farklı önem ağırlıklarının, ürünlerin çevresel performans değerini niceliksel olarak değiştirmede ne kadar etkili olduğunu, sonuç değerinde hangi oranlarda farklar yaratabileceğini görmektir. Bu amaç paralelinde tez çalışmasında, seçilen yapı ürünlerinin BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment) ve LEED (Leadership in Energy and Environment Design) derecelendirme sistemlerinin kullandığı önem ağırlıklarına göre etki sınıfları kapsamında çevresel performans değerleri hesaplanmış ve sonuç değerlerde ortaya çıkan niceliksel farklar incelenmiştir.

Enerji etkin yapı tasarımının gerçekleştirilmesinde yapı kabuğunun ısıl performansının önemli bir rolü olması nedeniyle yapı kabuğunda kullanılan malzemelerin seçimi, enerji etkin ve sürdürülebilir yapı tasarımında önemli olmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın somutlaştırılması amacıyla yapı kabuğunda kullanılan ürünlerden tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun üretim aşamasındaki çevresel etki değerleri BREEAM ve LEED sistemlerinin kullandığı farklı önem ağırlıkları ile hesaplanarak bu ürünler için her etki sınıfı kapsamında sonuç değerlere ulaşılmış ve değerler arasında oluşan sayısal farklar belirlenmiştir. Bu ürünlerin çevresel performansının irdelenmesi, derecelendirme yapılacak yapının bütününde kullanım oranının yüksek olması nedeniyle de önem taşımaktadır.

Çalışmada kullanılan tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun çevresel etki değerleri Hacettepe Teknokenti'nde çalışmalarını sürdüren Ekodenge Mühendislik Mimarlık Danışmanlık Şirketinin yürüttüğü Eco-Industrial Park Environmental Support System (EPESUS) projesi kapsamında kullanılan Eco-invent veritabanından

alınan değerlerdir. Bu veritabanında birçok yaşam döngüsü etki değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Fakat herbirinin değerlendirme yaptığı alt sınıflar farklılık göstermektedir. Bu sınıflardan asitleşme, iklim değişikliği, ötrofikasyon gibi etki sınıflarında değerlendirme yapabilmesi, sertifika sistemlerinin kullandığı etki sınıflarıyla benzerlik göstermesi nedeniyle tez çalışmasında kullanılmak üzere CML 2001 yönteminin belirttiği etki değerleri kabul edilmiştir. CML 2001 verilerinin seçilmesinin bir diğer nedeni ise sertifika sistemlerinin kullandığı farklı etki sınıflarının ortak paydada toplanarak CML 2001 yöntemine uyarlanabilme oranının yüksek olmasıdır.

Çalışma kapsamında Türkiye’de üretilen tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğuna ait yaşam döngüsü etki değerlerine ulaşamadığından Avrupa’da üretilen tuğla, İsviçre’de üretilen gazbeton ve Almanya’da üretilen bims beton duvar bloğunun küresel etki değerleri kullanılmaktadır. Yapı ürünlerinin etki değerleri, Türkiye’de sık kullanım alanı bulan ve Türkiye’ye uyarlanması konusunda adı geçen iki derecelendirme sistemi BREEAM ve LEED ‘in, yapı ürünü çevresel etki değerlendirmesinde kullandıkları önem ağırlıkları ile hesaplanarak, ürünlerin etki sınıfı kapsamında çevresel performans değerlerine ulaşılmıştır. Tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun performansına ulaşılırken iki farklı yöntem üzerinden gidilmiştir. Bu yöntemlerden ilki, yapı ürünleri değerlendirilirken küresel etki değerleri kullanılarak sonuca ulaşılmasıdır. Diğer yöntem ise, bu küresel değerlerin, derecelendirme yapılan sistemlerin ülkelerinin normlarına göre düzenlenmesiyle elde edilen yerel etki değerleri kullanılarak, ürünlerin çevresel performansına ulaşılmasıdır. Çalışma kapsamında bu iki yöntemin kullanılmasının nedeni yapı ürününün çevresel etki performansının belirlenmesinde, ülkelerin değerlendirme yapılan ülkenin normlarına göre yapı ürününün etki değerlerini uyarlayabilmesi ya da küresel değerleri olduğu gibi kabul edebilmesidir [Australian LCA Inventory Project, 1999].

Yapı ürünlerinin küresel etki değerlerinin ülke normlarında uyarlanması kapsamında, çalışmada esas alınan derecelendirme sistemlerinden BREEAM ve LEED sistemlerinin oluşturulduğu ülkeler olması nedeniyle İngiltere (Avrupa) ve

ABD ülkeleri esas alınmış ve bu ülkelerin normalizasyon faktörleri, değerleri uyarlama sırasında kullanılmıştır.

Yapı ürünlerinin çevresel performansının belirlenmesinde iki farklı yöntemin kullanılması ve bu iki yöntem sonucu elde edilen değerlerdeki değişimin belirlenmesi, önem ağırlıklarının sahip olduğu sayısal farklılıkların çevresel etki değerlerinde neden olduğu farkı daha net gösterebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen performans sonuç değerleri ve bu değerler arasındaki yüzdesel farka paralel olarak, derecelendirme sistemlerinin ürün seçimi ve ürün değerlendirme sürecinde güvenilirliği sorgulanabilmektedir. Yaşanılan küresel sorunlara paralel olarak değerlendirmede kullanılan önem ağırlıklarının yeniden düzenlenmesi ya da ortak bir paydaya getirilmesi gereğinin önemi vurgulanmaktadır. Bu bağlamda çalışma Türkiye’de oluşturulacak ya da Türkiye’ye uyarlanacak olan herhangi bir derecelendirme sisteminde kullanılacak önem ağırlıklarının oluşturulması, güncellenmesi ya da iyileştirilmesi için girdi oluşturabilir.

Yukarıda ifade edilen sorunlar ve kısıtlar kapsamında hazırlanan tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır:

Tez çalışmasının giriş bölümünden sonra, belirlenen amaca uygun olarak temel kavramlara yer verilmekte, çevre ve çevre sorunları kapsamında çevresel etki grupları ve grupların içerdiği sınıflar irdelenmektedir. CML 2001’in kabul ettiği çevresel etki sınıflarının incelendiği araştırmada, bu sınıfları değerlendirmede farklılıklar gösteren derecelendirme sistemleri genel olarak ele alınmakta, BREEAM ve LEED sistemleri çevresel etki sınıfları ve önem ağırlıkları kapsamında irdelenmektedir.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde, çalışmada kullanılacak materyaller olan tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğuna ait bilgilere, üretim aşamasındaki çevresel etki değerlerine, küresel etki değerlerinin yerel etki değerlerine dönüştürülmesinde kullanılacak normalizasyon faktörlerine ve bu değerlerin alındığı “Ecoinvent”

veritabanının özelliklerine yer verilmektedir. Ayrıca örnek çalışmada kullanılacak yöntemler açıklanmaktadır.

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde derecelendirme sistemlerinin çevresel etki değerlendirmesinde kullandığı önem ağırlıklarının, ürünün çevresel performansında meydana getirdiği niceliksel farkın ortaya çıkarılması amacıyla tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun her etki sınıfı kapsamında etki sonuç değerlerine ulaşılmaktadır. Elde edilen sonuç değerler her iki sisteme göre ele alınıp, sonuç değerler arasındaki sayısal ve yüzdesel farklar belirlenmektedir.

Tez çalışmasının sonuç bölümünde, örnek çalışma sonucu elde edilen veriler sunulmaktadır. Bu veriler ışığında sistemlerin meydana getirdiği farklar yerel ve küresel değerler kapsamında irdelenmekte ve buna yönelik sistemlerin yapı ürünü seçimindeki güvenilirliğine yönelik görüşlere yer verilmektedir. Sistemlerin değerlendirme alanlarından malzeme ve ürün seçimine yönelik ayırdığı dilimin yeterliliği sorgulanarak, Türkiye’de oluşturulacak yada Türkiye’ye uyarlanacak herhangi bir sistemde kullanılacak önem ağırlıklarının oluşturulmasında, dikkat edilmesi gereken önerilere yer verilmektedir. Tez çalışması kapsamında ele alınan yapı ürünlerinin çevresel etki değerleri bu ürünlerin çevreye olan etkilerini gösterdiğinden, bu kapsamda sürdürülebilirlik bağlamında yapı ürünü seçiminde tuğla, gazbeton ve bims duvar bloğunun yeri tartışılmaktadır.

Tez çalışmasının kapsamı, Şekil 1.1’de akış şeması ile ifade edilmektedir.



Şekil 1.1. Tez akış şeması

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ekoloji, Ekosistem, Çevre ve Çevre Sorunları

İnsanoğlu ve diğer canlı türleri, çevreyi oluşturan tüm öğelerden (hava, su ve toprak gibi) yararlanarak varlığını sürdürmektedir. İnsan çevre ilişkileri; insanın hava, su, toprak ve bu ortamlarda yaşayan diğer canlı türleri, ortamı oluşturan ya da toprak ve su altında bulunan cansız varlıklar ile olan ilişkilerinin tümünü kapsamaktadır. İnsanın doğada ya da çevrede karşılaştığı sorunların tümü, niteliklerinin gereği olarak bir bütün oluşturmakta ve aralarında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Çünkü insanoğlu içinde yaşamını sürdürdüğü doğayı amaçlarına ulaşmak için bir araç olarak kullanmakta ve bunun sonucu olarak ortaya çıkan bozulma ve kirlenmeler, insanoğlunun karşısına “çevre” ve “çevre sorunları” terimlerini sıklıkla getirmektedir.

Çevre ve çevre sorunları teriminin tanımından önce bu terimlerin net olarak anlaşılabilmesi için “ekosistem” ve “ekoloji” terimlerinin tanımlanması gerekmektedir.

Berkes ve Kışlalıoğlu (1990) ekosistemi, “değişik çeşit organizmalarla, onların cansız çevrelerinin oluşturduğu ve bir bütün olarak ele alınabilen birimdir”, biçiminde tanımlamaktadır.

Kızıroğlu (1990) ekosistemi, “ biyotik ve abiyotik etmenleri, karşılıklı olarak etkili olduğu ekolojik topluluk”, şeklinde tanımlamaktadır [Erdönmez, 1997].

Gürpınar (1992) ekosistemi, “ doğada yaşayan organizmalar ve yaşayan toplulukların fiziksel çevreleriyle ilişkileri ve tüm yaşamlarının üzerinde kurulduğu denge sistemi” olarak tanımlamaktadır [Erdönmez, 1997].

Ele alınan tanımlardan görülebileceği gibi, canlı ve cansız çevrelerin oluşturduğu yapı olarak nitelenebilen ekosistemden insanoğlu bağımsız değildir. Bu bağlamda

insan kaynaklı etkileşimler önce ekosisteme zarar verecek ve sonrasında döngünün gereği olarak yine insana ulaşacaktır.

Genel olarak canlı ve çevre etkileşimini irdeleyen bilim dalı olarak tanımlanabilen, ilk olarak 1866'da Alman biyolog ve filozof olan Ernst Haeckel tarafından kullanılan ekoloji terimi, Çepel'e göre (1983) "yaşayan organizmaların karşılıklı ilişkileri ile çevrelerini inceleyen bilim dalı" olarak tanımlanmaktadır [Erdönmez, 1997].

Kızıroğlu (1990) ekolojiyi "canlılar arasındaki karşılıklı etkileşim ve abiyotik çevre ile organizmalar arasındaki ilişkileri inceleyen bilim" olarak tanımlamaktadır [Erdönmez, 1997].

Yukarıdaki tanımlamalardan ekolojinin sahip olduğu en önemli üç nokta, abiyotik varlıklar (cansız varlıklar), biyotik varlıklar (canlı varlıklar) ve abiyotik ve biyotik varlıklar arasındaki etkileşimdir. Görüleceği üzere bu temel üç nokta ekosistemde de ortak öğeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda ekoloji ve ekosistem arasında yakın bir ilişki olduğu açıktır. Erdönmez (1997), yapmış olduğu bir çalışmada, ekolojiye ekosistem bilimi demenin olanaklı olabileceğini ifade etmektedir.

Ekosistem ve ekoloji tanımlarının ele alınması, çevre ve çevre sorunlarının daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda "çevre" teriminin tanımları;

"...dış koşul ve etkilerin tümü ..." [Freeman, 1972],

"...organizmanın dışında olan herşey olup, fizik, biyolojik ve sosyal çevre olmak üzere üçe ayrılır..." [Güler, 1994],

"... canlıların kendi aralarındaki ve cansızlarla olan ilişkilerini nüfus, örgüt, teknoloji ve doğal çevrenin karşılıklı etki ve tepkileri..." [Yavuz ve Keleş, 1983],

"... yaşam içinde yer alan ilişkiler ve yaşamın olduğu ortamlar bütünü ..." [Balanlı ve Öztürk, 1993-4; Tuna Taygun, 2005],

“... tüm canlı varlıkları (biyotik çevre), cansız varlıkları (abiyotik çevre) ve canlı varlıkların eylemlerini etkileyen fiziksel, kimyasal, biyolojik, toplumsal etmenler ...” [Keleş ve Ertan, 2002],

“... bireyle ilgili canlı ve cansız herşeyi kapsar, böylelikle her organizmanın çevresi canlı ve cansız olmak üzere iki kısımdan oluşur ...” [Berkes ve Kışlalıoğlu, 1990] şeklinde yapılmaktadır.

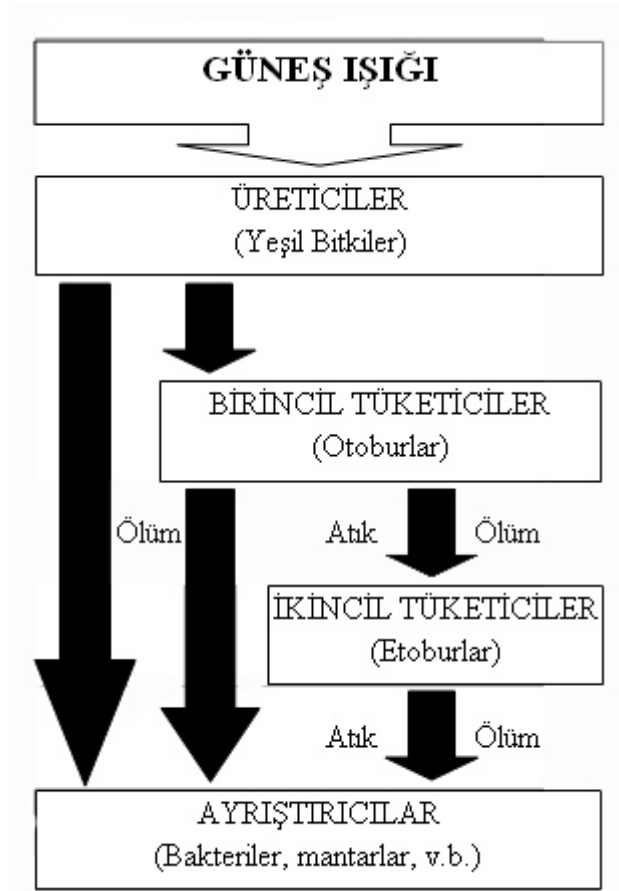
Yukarıda verilen tanımlardan görülebileceği üzere çevreyi canlı ve cansız çevre olarak irdelemek mümkündür.

Canlı çevre; canlı ile aynı mekanı paylaşan ve canlı üzerinde direkt veya dolaylı etkili olan diğer tüm canlı varlıklardan oluşmaktadır. Canlı çevre bileşenleri üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılardan oluşmaktadır (Bkz. Şekil 2.1) [Dilaver, 2005].

Cansız çevre ise; çevre terimleri sözlüğüne göre, doğadaki toprak, su ve atmosfer gibi fiziksel ve cansız kimyasal unsurlar olarak tanımlanmaktadır.

Cansız çevre bileşenleri inorganik ve organik maddelerden oluşmaktadır. Karbonhidrat, protein ve yağ moleküllerinden oluşan organik maddeler, birçok canlı için enerji kaynağıdır ve ölü dokuların ayrıştırıcılar tarafından parçalanmasıyla veya canlıların faaliyetleri sonucu ortama eklenmektedir. İnorganik maddeler, canlılar tarafından çok kullanılan; karbon, kalsiyum, fosfor, nitrojen, potasyum, hidrojen ve magnezyum gibi maddelerden oluşmaktadır [Kışlalıoğlu ve Berkes, 1994].

Çevreyi oluşturan canlı ve cansız çevrenin birbirinden bağımsız olması düşünülemez. Bu iki çevre elemanı birbirleriyle sürekli bir ilişki ve uyum içerisindedir.



Şekil 2.1. Canlı çevre bileşenleri [Dilaver, 2005].

Genel olarak çevrede meydana gelen kirlenme ve bozulmalar çevre sorunları olarak tanımlanabilmektedir. Çevre sorunları için yapılan diğer tanımlamalar ise;

“... hava, toprak ve suda oluşan, insan ve diğer canlıların sağlığını olumsuz etkileyen kirlenme ve bozulmalar ...” [Keleş ve Ertan, 2002; Tuna Taygun, 2005],

“... insanların, başta sanayi olmak üzere, türlü faaliyetlerden dolayı, zehirli veya kirletici denebilecek çeşitli şekillerdeki (gaz, sıvı veya katı haldeki) maddelerin toprağa, suya veya havaya saçılması, hava titreşiminin sebep olunması (gürültü), çeşitli ışın şeklindeki enerjinin yayılması ve bunlara ilaveten tabiatteki olaylardan dolayı da dünyada var olan mahluklar dengesinin bozulması ...” [Erden, 1990],

“... çevre kirliliği de dahil olmak üzere, insan toplumlarının çeşitli etkilerinden dolayı, doğal dengede meydana gelen her türlü bozulmaları ifade eden terim ...” [Erdönmez, 1997],

“... insanların toplumsal yaşantıları sonucunda ortaya çıkan gereksinimleri gidermek amacıyla sürdürdükleri etkinliklerin, doğal kaynakların kalitesini ve miktarını azaltarak, doğal dengeleri bozması olgusu ...” [Erdönmez, 1997],

“... toplumsal (kültürel) çevrenin doğal çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkilerin bütünü...” [Erdönmez, 1997] şeklinde sıralanabilmektedir.

Yukarıda sıralanan tanımlamalardan Erden’in yapmış olduğu tanımlama “çevre sorunları” olarak adlandırılmış olmasına rağmen, verilen tanım çevre kirliliği terimini açıklamaktadır. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi bu iki terim birbirinin yerine kullanılmaktadır. Oysa ki çevre sorunları çevre kirliliğini de içermekte ve böylelikle birbirinin yerine kullanılması doğru olmamaktadır.

Çevre sorunlarının çevre kirliliğini içine alması nedeniyle önce çevre kirliliğine neden olan etkenlerin sıralanması doğru olacaktır. Bu etkenlerden öne çıkanlar Tortop’a göre (1973), şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Şehirleşme, şehir çevresinin hızla büyümesi ve endüstrileşme,
- Teknolojide gelişmeler,
- Alt yapı hizmetlerinin yetersizliği,
- Şehir merkezleriyle yerleşim alanlarının birbirine karışması,
- Hükümetlerin çevre koruma politikalarının yetersizliği ve ekonomik gelişmeye ağırlık veren tek yönlü politikaları,
- Fabrika ve motorlu araç kirleticileri.

Dünya ölçeğinde çevre sorunları Kışlalıoğlu’na (1993) göre, dört başlık altında gruplandırılmaktadır. Bunlar;

- 1- Ozon tabakasının tahribi,
- 2- Tropik ormanların yok edilmesi,
- 3- İklim değişikliği,
- 4- Nükleer kirlenmeler şeklindedir.

Bir diğer çalışmada çevre sorunları aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır;

- Su kirliliği
- Hava kirliliği,
- Toprak kirliliği,
- Doğal bitki örtüsünün bozulması,
- Hayvan türlerinin tükenmesi,
- Kültürel çevrenin kirlenmesi,
- Gürültü kirliliği,
- Radyoaktif kirlilik,
- Küresel çevre sorunları [Keleş ve Ertan, 2002; Kışlalıoğlu ve Berkes, 2001].

Yukarıda değişik gruplar altında verilen çevre sorunlarının birçoğu yapılı çevreden kaynaklanmaktadır. Su, hava ve toprak kirliliği insanoğlunun yapılı çevre ile etkileşimi sonucu ortaya çıkmakta, yapının yapım, kullanım ve bakım onarım evrelerinde kaynak kullanımının önemine dikkat çekmektedir.

Çevre sorunlarına neden olan etkenler Baykal ve Baykal'a göre (2008), belirli bir öncelik sırasını yansıtmaksızın aşağıdaki gibi bir listeyi oluşturmaktadır:

- Nükleer kazalar,
- Genetik kaynaklar ve biyolojik çeşitlilikteki kayıplar,
- Kaynaklar ve yeraltı suyunun kalitesinin bozulması,
- Tehlikeli atıkların taşınımı ve depolanması,
- Orman tahribatı,
- Atıkların imhasında izlenen yanlış yöntemler,
- Nükleer atıklar,
- Havada bulunan dayanıklı zehirli maddeler,
- Sanayi kazaları,
- Denizlerin doğrudan akıtma veya boşaltma ile kirlenmesi,
- Atıkların bertarafında toprak kirlenmeleri,
- Tehdit altındaki türlerin korunamaması,
- Toprak ve kaynak kirlenmeleri,
- Atıklar,

- Habitatların yaşam zincirlerindeki kopmalar ve yıkılmalar,
- Nehirler vasıtasıyla denizlere kirlilik taşınımı,
- Büyük nehir ve göllerin yönetimi,
- Çölleşme,
- Turizmden kaynaklanan baskılar ve değer kayıpları,
- Kentsel atıklar,
- Dayanıklı organik bileşiklerin canlılarda birikimi,
- Enerji ihtiyacının giderilmesi ve üretim sırasında ortaya çıkması muhtemel riskler ve kirliliklere karşı güvenliğin sağlanamaması,
- Biyoteknoloji riskleri,
- Yüzeysel suların mikrobiyolojik kirlenmesi,
- Denizlerde petrol döküntülerinin çevre kirliliğine yol açan tabaka ve alanları,
- Toprakların aşırı ve yoğun kullanımı,
- Yeni araştırmalar sonucunda olduğu gibi değişen ekolojik dengelerin gereği olarak da yeni organizmaların literatüre katılması,
- Deniz kıyılarındaki erozyon,
- Tarım alanlarındaki kayıplar,
- Sulak alanların kurutulması,
- Dalga boyu 10 - 8 metreden uzun olan radyasyonlar,
- Peyzaj değişikliği,
- Sismik faaliyetler, volkanlar,
- Zararlı böcekler ve çekirgeler.

Yukarıda sayılan etkenlerin birçoğu yapı ve yapılı çevreden doğrudan ya da dolaylı olarak kaynaklanan etkenlerdir. Bunlardan doğrudan etkililer sayılacak olursa; UV radyasyonunun artışı, tehlikeli atıkların taşınımı ve depolanması, orman tahribatı, atıkların imhasında izlenen yanlış yollar, nükleer atıklar, havada bulunan dayanıklı toksik maddeler, atıkların bertarafında toprak kirlenmeleri, enerji ihtiyacının giderilmesi ve üretim sırasında ortaya çıkması muhtemel riskler ve kirliliklere karşı güvenliğin sağlanamaması, toprakların aşırı ve yoğun kullanımı, tarım alanlarındaki kayıplar olarak sıralanabilmektedir. Bunların dışında kalan etkenlerde birçok yönden yapılı çevreden kaynaklanan sorunlardır.

2.2. Yapı, Yapı Ürünleri ve Çevre Etkileşimi

Gelişen teknolojiye paralel olarak yapı sektöründe yapı üretimi, kullanımı, bakım onarımı sırasında kullanılan ve yok edilmesi ya da geri dönüşümü esnasında ortaya çıkan etkenler çevre sorunlarının büyük bölümünü oluşturmaktadır. Öyleki; binaların üretimi ve kullanımının doğurduğu olumsuz sonuçlar sadece atmosfere salınan gazlardan ibaret olmamaktadır (Bkz. Çizelge 2.1). Dünyanın tatlısu kaynaklarının 1/6'sının, kesilen ağaçların 1/4'ünün ve fosil yakıtlar ve üretilen gereçlerin 2/5'inin tüketmelerinden sorumlu tutulmaktadır [Wines, 2008].

Çizelge 2.1. Yapıların çevre kirliliği üzerindeki yüzdesel payları [Edwards, 2001]

Çevre kirliliği	Yüzdesel pay (%)
Hava kalitesi	24
İçme suyu kirliliği	40
Katı atıklar	20
Küresel ısınmaya neden olan gazlar	50
CFC/HCFC	50

Günümüzde Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde, toplam enerji kullanımının %40'tan fazlası, CO₂ salımının %30'u ve sentetik atıkların %40'ı bina sektöründen kaynaklanmaktadır [Ashford, 1998 ve 1999; Zeytun, 2000].

Bu durum başka bir kaynakta şöyle özetlenmektedir [Edwards, 2007];

- Küresel olarak tüm kaynakların %50'si,
- Üretilen enerjinin %46'sı,
- Küresel olarak kullanılan suyun %50'si,
- Birincil tarım arazisinin %60'ı,
- Küresel kereste üretiminin %70'i yapı üretiminde kullanılmaktadır.

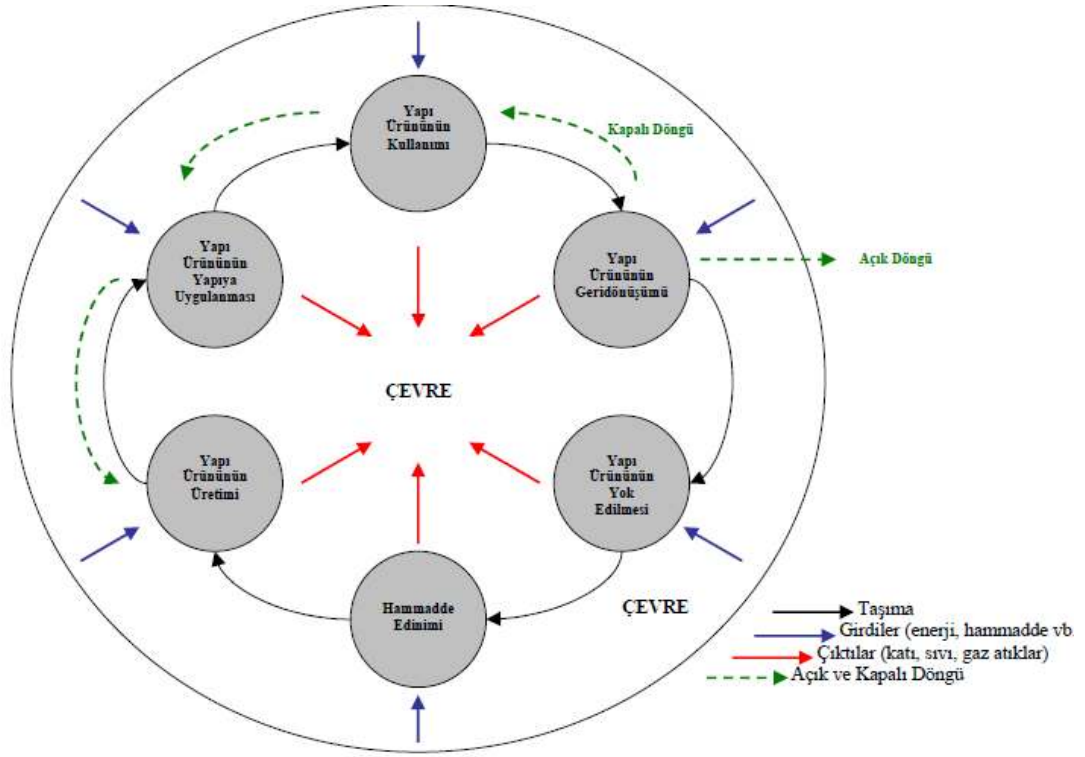
Çizelge 2.2. Bazı yapı ürünlerinin üretiminde gerekli olan enerji miktarları [Terzi, 2009]

Düşük enerjili ürünler	(kwh/kg)	Orta enerjili ürünler	(kwh/kg)	Yüksek enerjili ürünler	(kwh/kg)
Kum, çakıl	0,01	Alçı, panel	1	Plastik	10
Ahşap	0,1	Tuğla	1,2	Çelik	10
Beton	0,2	Çimento	2,2	Kurşun	14
Kireç	0,4	Elyaf yalıtım	3,9	Bakır	16
Hafif beton	0,5	Cam	6	Alüminyum	56

Yeryüzünden çıkarılan malzemelerin yaklaşık %50'si bina sektörü tarafından kullanılmaktadır [WGSC, 2004]. Bu bağlamda sürdürülebilirlik düzeyinin üzerinde tüketim olduğu görülmektedir.

Sürdürülebilirlik düzeyinin üzerinde gerçekleşen bu tüketim nedeniyle yapıları çevreden kaynaklanan çevresel sorunlara etki eden etkenler arasında, yapıda kullanılan ürünlerinin rolü büyüktür. Yaşamları boyunca çevre ile etkileşimleri olan ürünler çevreye büyük hasarlar verebilmekte, büyük çevre sorunlarının kaynağını oluşturabilmektedir. Ürünlerin yaşamları boyunca çevre ile etkileşimi yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi ile belirlenebilmektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD); ürünlerin yaşam döngüleri boyunca oluşmuş ve olası çevre etkilerinin değerlendirilmesidir. Ürünler yaşamları boyunca, hammadde edinimi, üretim, yapıya uygulanması, kullanım, bakım onarım, geridönüşüm ya da yok edilmesi gibi süreçlerden geçmektedir (Bkz. Şekil 2.2). YDD' nin ilkesi; ürünlerin çevreye olan zararlı etkilerini belirlemek ve azaltmak, ekolojik çevreye en az düzeyde zarar veren ürünlerin seçilmesini sağlamaktır [Tuna Taygun, 2005; Anderson vd., 2002; Harris, 1999; Jensen vd., 1997; Keoleian vd., 1994; Scheuer ve Keoleian, 2002; Trusty ve Meil, 2000; Vigon vd., 1994].



Şekil 2.2. Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü [Taygun ve Balanlı, 2005].

Yapı sektöründe YDD yönteminin kullanımında karşılaşılan sorunlardan dolayı yönetime olan ilginin artması, ulusal ve uluslararası çalışma grupları ve araştırma programlarının oluşturulmasıyla sonuçlanmıştır. SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), CML (The Centre of Environmental Science), Nord (National Organization for Rare Disorders), IPU (Institute for Product Development), LCANET (European Network for Strategic Life-Cycle Assessment Research and Development), CHAINET (European Network on Chain Analysis for Environmental Decision Support) ve EDIP (Environmental Design of Industrial Products) gibi kuruluşların oluşturduğu çalışma grupları tarafından YDD yöntemi ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

YDD yönteminin içeriği 4 başlıkta tanımlanabilmektedir.

1. Amaç ve Kapsam Tanımı - AKT (Goal and Scope Definition)

2. Yaşam Döngüsü Veri Çözümlemesi - YDVÇ (Life Cycle Inventory Analysis - LCI)
3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi - YDED (Life Cycle Impact Assessment - LCIA)
4. Yaşam Döngüsü Yorumu - YDY (Life Cycle Interpretation)

YDD'nin ilk aşaması, amaç ve kapsamın tanımıdır. ISO 14040'a göre bu aşamada, çevresel etkileri değerlendirilecek olan yapı ürünü sistemi, bu sistemle ilgili kabul edilen varsayımlar, işlevsel birim, sistem sınırları, dağıtım yöntemleri ve veri kalite gerekleri tanımlanmalı; eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlamayla ilgili kararlar verilmelidir.

Yaşam döngüsü veri çözümlemesi aşaması, bir yapı ürünü sistemindeki girdi ve çıktılarla ilgili veri toplama (data collection) yöntemleri ve hesaplama (data calculation) yöntemlerinin oluşturulmasını ve sistem sınırlarının kesinleştirilmesini kapsamaktadır.

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi, yaşam döngüsü veri çözümlemesinden elde edilen sonuçlara göre yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirildiği aşamadır. Bu değerlendirme için ISO 14040 ve ISO 14047'ye göre bu aşamada, zorunlu (mandatory elements) ve zorunlu olmayan elemanlar (optional elements) tanımlanmakta ve eleman akışları oluşturulmaktadır.

Zorunlu elemanlar, etki sınıflarının (impact categories) seçimini, sınıf göstergelerinin (category indicator) saptanmasını ve tanımlama modellerinin (characterization model) oluşturulmasını kapsamaktadır.

Bir yapı ürününün çevresel etkilerini değerlendirmek için öncelikle çevresel etkilerin sınıflandırılması gerekir. Sınıflandırma, yaşam döngüsü veri çözümlemesinden alınan verilerin yeniden düzenlenerek etki sınıflarına atanmasıdır. Çevresel etkilere ilişkin küresel ölçekte kabul görmüş sınıflar henüz oluşturulamamıştır. Dolayısıyla, etki sınıfları çeşitli ülkelerde farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır.

Hertwich ve Hammitt'e göre yaşam döngüsü etki değerlendirmesinin sonuçlarını ayrıntılı olarak sunmak için zorunlu olmayan elemanlar kullanılabilir. Bu elemanlar, normalizasyon (normalization), gruplandırma (grouping) ve ağırlıklandırmayı (weighting) kapsamaktadır. Normalizasyon, sınıf gösterge sonuçlarının büyüklüklerinin hesaplanmasında; gruplandırma, etki sınıflarının niteliklerine göre sınıflandırılması veya derecelendirilmesinde kullanılabilir. Ağırlıklandırma ise değer ölçütlerine dayanan sayısal katsayılar kullanılarak etki sınıflarının sonuçlarının tek boyutlu bir değere dönüştürülmesi için kullanılabilecek bir yöntemdir.

Yaşam döngüsü yorumu (YDY), YDD'nin amaç ve kapsamına göre yapılır. YDY'nin amacı, çalışmadaki kısıtları açıklamak, YDVÇ ve YDED bulgularına dayalı sonuçları çözümlemek, ulaşılan sonuçlar ve önerileri şeffaf bir rapor haline getirerek çalışmanın anlaşılabilirliğini sağlamaktır [Gültekin, 2006].

Yapı üretiminde kullanılan yapı ürünleri ve çevre sorunları düşünüldüğünde yapı ürünlerinin yaşam döngüleri boyunca çevresel etkileri genel olarak şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Hammadde ediniminde yerel ve bölgesel ürünlerin kullanılması, hem yerel ekonomiye yarar sağlamakta hem de taşıma sırasında oluşabilecek zararların azaltılmasını sağlamaktadır [Roaf et al., 2004]. Fakat mermer, kireç taşı gibi tüketilen doğal taşların büyük bir kısmı Türkiye'de üretilmekte olduğundan taşıma sırasında oluşacak ekonomik ve çevresel zararların azalmasını sağlarken doğal taşların kaynağından elde edilirken topoğrafik yapıda meydana gelen bozulmalar ve hava kirliliği çevresel sorunlara neden olmaktadır [Onat, 2004].
- Demir çelik gibi yapı ürünlerinin hammaddesi olan madenlerin ocaktan çıkarılması sırasında arazi bozulması ve toprak kaybı yaşanmaktadır [Onat, 2004]. Ayrıca binlerce ton çeliğin oluşum enerjisi alüminyumun oluşum enerjisinden daha düşük bir değere sahiptir fakat sera gaz salımı yüksektir. Diğer yapı malzemesi olan beton için sera gaz salımı oluşum enerjisinin yaklaşık olarak iki katıdır. Ayrıca kireçtaşının

fosil yakıtlar kullanılarak ısıtılıp kirece dönüştürülmesinden dolayı neredeyse eşit miktarda CO₂ salımı ortaya çıkmaktadır [Calkins, 2009].

- Cam üretiminde ana hammadde olarak kullanılan kum ve silis, doğada sınırlı miktarda bulunduğundan, hammaddenin bilinçli kullanımı gerekmektedir. Ancak camın geri dönüşümü olduğu için hammadde olarak atık cam kullanılması, bu doğal kaynakların devamlılığını sağlayacaktır [Onat, 2004].

- Plastiklerin üretimi esnasında atmosfere uçucu organik bileşikler (VOCs) yayılmakta ve oluşum enerjisi olarak çok miktarda enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Bu enerji gereksinimi, küresel ısınma, asitleşme ve sis oluşumuna, çevre kirliliğine ve biyoçeşitliliğin zarar görmesine neden olmaktadır [Lippiatt, 2002; Calkins, 2009; Sayar ve ark., 2009]

- Bazı yapı ürünlerinden kaynaklanan yapı içi hava kirleticileri ve bu ürünlerinin montesi esnasında kullanılan yapıştırıcılar yapı ürününün kullanımı sürecinde yapı içini kirleterek kullanıcı sağlığına zarar verebilmekte ve iç mekan hava kalitesi düşürebilmektedir [Vural, 2004; Lippiatt, 2002; Froeschle, 1999].

- Yapı ürünlerinin geri dönüştürülmesi ve geri dönüştürülmüş yapı ürünlerinin kullanılması, hammadde tüketiminin engellenmesiyle boşa kaynak tüketimini engellemektedir [Saddleback, 2002].

- Yapı ürünlerinin yok edilmesi sırasında da çevreye zarar verebilen atıklar oluşmaktadır [Sarja, 2002].

Yukarıda sayılan bütün veriler ışığında sürdürülebilir mimarlıkta yapı malzemeleri, yapıların enerji tüketimi, doğal kaynakların korunumu ve kullanıcı çevre sağlığı açısından önemli bir yer tutmaktadır [Çelebi ve Aydın, 2001].

Görüldüğü gibi, yapı ürünlerinin yaşamlarının her aşamasında çevreye olan etkileri çevre sorunlarını oluşturmaktadır. Buna karşın çevresel etkilere ilişkin küresel

ölçekte kabul görmüş etki sınıfları henüz oluşturulamamıştır. Dolayısıyla, etki sınıfları birçok kaynağa göre farklı şekillerde isimlendirilmekte ve gruplandırılmaktadır. Sözü edilen farklılıklar etki grubunun içeriğinde kendini göstermezken, etki sınıflarını bir araya getirme ya da bir etki altında toplamada karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda Bölüm 2.3'te etki sınıflarına yönelik gruplandırmalara yer verilmektedir.

2.3. Yapı Ürünleri Çevresel Etki Gruplandırması

Yapı ürünlerinin çevreye verdikleri etkiler birçok kaynağa göre farklı şekillerde gruplanmaktadır. Bu bağlamda etki gruplaması Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği (SETAC-The Society of Environmental Toxicology and Chemistry) tarafından şu şekilde yapılmaktadır;

- Kaynak tüketimi,
- Cansız kaynakların tüketimi,
- Canlı kaynakların tüketimi,
- Kirlilik,
- Küresel ısınma,
- Ozon tabakasının incilmesi,
- İnsan zehirlenmesi,
- Ekolojik zehirlenme,
- Sis,
- Asit yağmurları,
- Ötrofikasyon,
- Ekosistemlerin ve peyzajın bozulması,
- Arsa kullanımı şeklinde yapmıştır [Vigon vd., 1994].

BEES (Building Environmental and Economical Sustainability) ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı, EPA (Environmental Protection Agency) etki gruplamasını;

- Küresel ısınma,

- Asitleşme,
- Ötrofikasyon,
- Fosil yakıt tüketimi,
- İç mekan hava kalitesi,
- Habitat tahribatı,
- Su kirletimi,
- Hava kirleticiler ölçütü,
- Ekolojik zehirlenme,
- Ozon tüketimi,
- Sis,
- İnsan sağlığı şeklinde yapmıştır [Lippiatt, 2002]

SETAC ve BEES'in yapmış olduğu gruplamalar irdelendiğinde, SETAC'ın belirtmiş olduğu canlı ve cansız kaynak tüketimi, BEES'te fosil yakıt tüketimi ve su kirletimi şeklinde ele alınmaktadır. Yine alan kullanımı olarak belirlenen etki sınıfı, BEES'te habitat tahribatı olarak irdelenmektedir. İç mekan hava kalitesi ve hava kirleticiler SETAC'ta olmayan etki sınıfları olup, insan sağlığı etki sınıfı ise SETAC'ta insan zehirlenmesi olarak verilmektedir (Bkz. Çizelge 2.3).

BRE (Building Research Establishment)'nin oluşturduğu derecelendirme sistemi BREEAM (Building Research Establishment Enviromental Assessment Method) etki gruplamasını;

- İklim değişikliği,
- Asitleşme,
- Ötrofikasyon,
- Fosil yakıt tüketimi,
- Mineral çıkarımı,
- Atık ,
- Su kirletimi,
- Duman,
- Ekolojik zehirlenme,

- Ozon tüketimi,
- İnsan sağlığı (su toksisitesi),
- İnsan sağlığı (hava toksisitesi) şeklinde yapmaktadır [Anderson et al., 2002].

US EPA's TRACI etki gruplamasını;

- Asitleşme (Acidification),
- Ekolojik zehirlenme (Ecological toxicity),
- Ötrofikasyon (Eutrophication),
- Fosil yakıt tüketimi (Fossil fuel depletion),
- Küresel ısınma (Global Warming),
- İnsan sağlığı (Human health),
- İnsan sağlığı-kanser (Human health-cancer),
- İnsan sağlığı- kanser harici ((Human health-noncancer),
- Ozon tüketimi (Ozone depletion),
- Sis (Smog) şeklinde tanımlamaktadır [Bare and Gloria, 2005].

BRE'de verilen su kirliliği, atık ve mineral çıkarımı sınıfları TRACI'de tam olarak karşılığını bulamamaktadır. Geri kalan sınıfları ile büyük oranda benzerlik göstermektedir (Bkz. Çizelge 2.3).

Froeschle' göre yeşil yapı ürünü değerlendirmesi;

- Düşük toksisite,
- Minimal salım,
- Düşük VOC çıkarımı,
- Geri dönüşüm içeriği,
- Kaynak etkinliği,
- Geridönüştürülebilir malzeme,
- Yeniden kullanılabilir bileşen,
- Sürdürülebilir kaynaklar,
- Dayanıklılık,

- Nem koruma,
- Enerji etkinliği,
- İç mekan hava kalitesi,
- Su koruma,
- Yerel üretim,
- Sağlıklı bakım,
- Satın alınabilirlik şeklinde verilmektedir [Froeschle, 1999].

Etki gruplamaları bazı koşullarda;

- Küresel etkiler,
- Bölgesel etkiler,
- Yerel etkiler gibi coğrafi ölçek bazında yapılmaktadır [Jensen vd., 1997].

Bir diğerk etki gruplaması ise GaBİ yazılımında dört kategoride ele alınmaktadır;

- Küresel etkiler (küresel ısınma, kaynak tükenimi, stratosferdeki ozon tükenimi),
- Bölgesel etkiler (asitleşme ve alan kullanımı),
- Yerel etkiler (ötrofikasyon, ekolojik zehirlenme, fotokimyasal ozon gazı üretim potansiyeli ve insan sağlığı),
- Diğerk etkiler (iyonize olmayan radyasyon) [PE International, 2010].

ISO 14047'ye göre etki gruplaması;

- İklim değışikliği (Climate change),
- Stratosferdeki ozon tükenimi
- Asitleşme (Acidification),
- Besin birikimi (Nutrification),
- Abiyotik kaynakların tükenimi (Depletion of abiotic resources),
- Biyotik kaynakların tükenimi (Depletion of biotic resources)
- İnsan zehirlenmesi (Human toxicity),
- Ekolojik zehirlenme (Ecotoxicity) [Gültekin, 2006].

CML2001'e göre etki gruplaması;

- Abiyotik kaynak tüketimi (Abiotic depletion),
- Küresel ısınma potansiyeli (Global warming potential),
- Stratosferdeki ozon tüketimi (Ozone layer depletion potential),
- Asitleşme potansiyeli (Acidification potential),
- İnsan zehirlenme potansiyeli (Human toxicity potential),
- Tatlısu ekolojisi zehirlenme potansiyeli (Freshwater aquatic ecotoxicity potential),
- Deniz suyu ekolojisi zehirlenme potansiyeli (Marine aquatic ecotoxicity potential),
- Kara ekolojisi zehirlenme potansiyeli (Terrestrial ecotoxicity potential),
- Ötrofikasyon potansiyeli (Eutrophication potential),
- Fotokimyasal ozon gazı oluşum potansiyeli (Photochemical ozone creation potential),
- Radyoaktif radyasyon (Radioactive radiation), şeklinde ele alınmaktadır [cml.leiden.edu, 2010; GaBİ, 2010].

CML 2001'e göre abiyotik tüketim olarak ele alınan etki sınıfı GaBİ yazılımının vermiş olduğu etki sınıflarından kaynak tüketimi ve alan kullanımına karşılık gelebilmektedir. CML 2001'in en dikkat çeken yanı ekolojik zehirlenmenin alt sınıfları olan tatlısu, deniz suyu ve kara ekolojisi zehirlenmelerini ayrı ayrı ele almış olmasıdır. Bu sınıflar ele alınan diğer kaynaklarda görülebileceği üzere, ekolojik zehirlenme (SETAC, GaBİ, BEES/EPA, BRE, TRACI) olarak bir etki başlığı altında verilmektedir. Ayrıca bir diğer göze çarpan etki sınıfı ise, son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle gündeme gelen radyoaktif radyasyon sınıfıdır. Bu etki sınıfına GaBİ'de iyonize olmayan radyasyon başlığı altında rastlanmakta, diğer kaynaklarda bu etki sınıfına ulaşılamamaktadır.

Yukarıda sayılan farklı gruplandırmalar incelendiğinde bu gruplandırmaların ortak bir paydada toplanabilmesi mümkün görünmektedir.

Cansız çevrenin tüketimini ve toprak tüketimini içeren abiyotik tüketim, küresel ısınmaya neden olan iklim değişimi ve ozon tabakasının tahribine yönelik ozon gazı

tüketimleri sınıfları ürün seçiminde dünya çapında etkili olan etki sınıfları olarak tanımlanabilmektedir. Bu bağlamda etki sınıflarının gruplandırılmasında mutlaka olması gereken sınıflardır. Asit yağmurlarının etkisi ile oluşan asitleşme sınıfı ve canlı çevrenin zehirlenmesine yönelik ekolojik zehirlenme, insan sağlığı, duman ve ötrofikasyon sınıfları da bir yöreyi ve bulunduğu habitatı etkileyen etki sınıflarına örnek verilebilmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile ortaya çıkan radyasyon etkisi canlı ve cansız çevreyi bütünüyle etkileyebilen bir kriterdir. Küresel, bölgesel ve yerel etkilerin tamamının dikkate alınması ürün seçiminin çevresel etkilerinin bütünüyle görülmesinde ve doğru ürün seçilebilmesinde önemli bir faktördür. Bu bağlamda ürün seçiminde kullanılan etki sınıfları aşağıdaki gibi bir şekilde toplanabilmektedir;

- Abiyotik tüketim
- İklim değişimi
- Ozon tabakasının zarar görmesi
- Asitleşme
- Ekolojik zehirlenme
- İnsan sağlığı
- Sis
- Ötrofikasyon
- Radyasyon

Yukarıda sırlanan etkiler çevre koruma kurulları tarafından verilen etki sınıfları ile karşılaştırıldığında, CML 2001'in vermiş olduğu etki sınıfları büyük oranda benzerlik göstermekte ve açıkta etki sınıfı kalmamaktadır. Bu nedenle, Bölüm 2.4'te CML 2001'in belirlemiş olduğu etki sınıfları irdelenmektedir. Buna bağlı olarak örnek çalışmada kullanılacak yapı ürünü etki verileri CML 2001 yöntemine göre seçilmektedir. Ayrıca farklı kavramlarla ifade edilen bu etki sınıflarının ortak paydada görülebilmesi amacıyla bu etki sınıfları, Çizelge 2.3'te verilmektedir.

Çizelge 2.3. Çevresel etki gruplarının etki sınıfları bağlamında karşılaştırılması

Etki sınıfları	CML2001	SETAC	BEES/EPA	BRE	TRACI	ISO 14047
Abiyotik tüketim	Abiyotik kaynak tüketimi	Cansız kaynak tüketimi Alan kullanımı	Fosil yakıt tüketimi	Fosil yakıt tüketimi	Fosil yakıt tüketimi	Abiyotik kaynakların tüketimi
			Su kirletimi	Su kirletimi		
			Habitat tahribatı	Atık Mineral çıkarımı		
İklim değişimi	Küresel ısınma potansiyeli	Küresel ısınma	Küresel ısınma	İklim değişikliği	Küresel ısınma	İklim değişikliği
Ozon tabakasının zarar görmesi	Stratosferdeki ozon tüketimi	Ozon tabakasının incelmesi	Ozon tüketimi	Ozon tüketimi	Ozon tüketimi	Stratosferdeki ozon tüketimi
İnsan sağlığı	İnsan zehirlenmesi potansiyeli	İnsan zehirlenmesi	İnsan sağlığı İç mekan hava kalitesi Hava kirleticiler	İnsan sağlığı (Hava ve su toksisitesi)	İnsan sağlığı Kanser	İnsan zehirlenmesi
Ötrofikasyon	Ötrofikasyon potansiyeli	Ötrofikasyon	Ötrofikasyon	Ötrofikasyon	Ötrofikasyon	Besin birikimi
Ekolojik zehirlenme	Tatlısu ekolojisi zehirlenme potansiyeli	Ekolojik zehirlenme Kirlilik Ekosistemlerin ve peyzajın bozulması Canlı kaynak tüketimi	Ekolojik zehirlenme	Ekolojik zehirlenme	Ekolojik zehirlenme	Ekolojik zehirlenme Canlı kaynakların tüketimi
	Deniz suyu ekolojisi zehirlenme potansiyeli					
	Kara ekolojisi zehirlenme potansiyeli					
Duman	Fotokimyasal ozon gazı oluşum potansiyeli	Sis	Duman	Duman	Sis	
Asitleşme	Asitleşme potansiyeli	Asit yağmurları	Asitleşme	Asitleşme	Asitleşme	Asitleşme
Radyasyon	Radyoaktif radyasyon					

2.4. Yapı Ürünleri Çevresel Etki Sınıfları

Çizelge 2.3'te de görüldüğü üzere CML 2001 yöntemine göre kabul edilen çevresel etki grubunun altında yer alan etki sınıfları;

- Abiyotik kaynak tüketimi
 - Fosil yakıt tüketimi,
 - Su kaynaklarının kirlenmesi,
 - Alan kullanımı,
- Küresel ısınma potansiyeli,
- Stratosferdeki ozon tüketimi,
- Asitleşme potansiyeli,
- Ötrofikasyon potansiyeli
- Ekolojik zehirlenme,
 - Tatlısu ekolojisi zehirlenme potansiyeli,
 - Deniz suyu ekolojisi zehirlenme potansiyeli,
 - Kara ekolojisi zehirlenme potansiyeli,
- Fotokimyasal ozon gazı oluşum potansiyeli,
- İnsan toksisite potansiyeli,
 - İç mekan hava kalitesi,
 - Hava kirleticiler ölçütü,
- Radyoaktif radyasyon, şeklinde sıralanabilmektedir.

Bu bağlamda irdelenecek etki sınıflarından ilki, yenilenebilen ve yenilenemeyen kaynakların tüketimini ele alan abiyotik kaynak tüketimidir.

2.4.1. Abiyotik kaynak tüketimi

Cansız çevrenin tüketimini ve toprak tüketimini içeren abiyotik tüketim etki sınıfı altında yenilenemeyen kaynaklardan fosil yakıt tüketimi, su kaynaklarının tüketimi, toprak kirliliği, habitat değişimi ve alan kullanımı ele alınmaktadır.

Fosil yakıt tüketimi

Fosil yakıtlar modern dünyanın ihtiyaçlarına cevap verebilmek üzere kullanılan birincil enerji kaynağıdır. Yenilenmesi için milyonlarca yıl gereken bu kaynakların çevreye olan zararları, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin baş aktörleri arasında gösterilmektedir. Malzemelerin hammadde çıkarımı, yapımı, ulaşımı, bakımı ve kullanımı sırasında, makine üretimi ve endüstriyel süreçlerin ilerlemesinde fosil yakıtların kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından büyük sorunlar doğurmaktadır [Calkins, 2009].

Endüstrileşmiş dünya için birinci enerji kaynağı olan fosil yakıtların yenilenmesi ayrışmasına oranla binlerce kat daha zordur. Bu açıdan bu yakıtlar yenilenemeyen kaynaklar olarak kabul edilmektedir. Böylelikle yakıt rezervlerinin azalması, ekstraksiyon (ayırıştırma) ve arıtma maliyetlerini arttırmaktadır. Fosil yakıtların tükenip tükenmeyeceğine ya da tükenme zamanının belirlenmesine yönelik bilim adamları arasında bazı anlaşmazlıklar bulunmaktadır. Ancak gerçek olan, bu yakıtların tükenmesi halinde, tükenme zamanına kadar fosil yakıtların çevreye ve iklime büyük zararlar vereceğidir [Calkins, 2009].

Fosil yakıt kullanımında ortaya çıkan sera gazları, insan sağlığı üzerinde bazı olumsuz etkiler yaratmaktadır. Yanma sırasında ortaya çıkan karbonmonoksit (CO), oksijenden daha hızlı bir şekilde kandaki hemoglobine tutunmakta, vücuttaki oksijeni bloke ederek baş ağrısı vb. gibi hastalıklara yol açmaktadır. Kömür ve petrolün yanmasıyla ortaya çıkan, kükürtdioksit (SO₂) ise kokusuyla fark edilmektedir. Sülfürik aside dönüşerek insan sağlığına ve doğal çevreye onarılmaz zararlar vererek kanser vb. hastalıklara yol açmaktadır. Doğalgazın tüketilmesiyle ortaya çıkan kokusuz ve gözle görülmeyen azotoksit ise güneş altında reaksiyona girerek nitrata dönüşmektedir. Akciğerlerin koruma mekanizmasından geçen nitrat, vücutta nitrik asite dönüşmekte ve bu da bağışıklık sistemini çökertmektedir [Ünal ve ark., 2008].

Çizelge 2.4. Fosil yakıtların salımları (1 tep* enerji için kg olarak)
[http://youthforhab.org.tr]

Kaynaklar	CO ₂	SO ₂	CO	NO _x	Partiküler
Kömür	9 900	87	1,5	30	-
Petrol	8 600	51	1,3	8	0,5
Doğalgaz	4 900	-	-	-	-

*= ton eşdeğer petrol

Türkiye için sadece fosil yakıt kullanımından dolayı tahmini CO₂ salımı 2005 yılında 410 milyon ton, 2010 yılı için ise 550 milyon ton olarak hesaplanmıştır
[http://youthforhab.org.tr]

Çizelge 2.5. 2000 yılı dünya birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı
[http://iea.org.tr]

	Dünya	ABD ve Kanada
Toplam birincil enerji arzı (Mtep)	9 200	2 600
Yaklaşık % paylar: petrol	39	38
Kömür	26	22
Doğal gaz	23	24
Hidrojen	2	2
Nükleer enerji	7	9
Güneş, rüzgar, jeotermal ve diğer	3	4

Çizelge 2.5'e göre dünyadaki toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 90'ını fosil tabanlı enerjiler oluşturmaktadır. Bunlara karşın ABD ve Kanada'nın toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 86'sını fosil tabanlı enerjiler oluşturmaktadır. Yenilenebilir ve nükleer kaynaklardan elde edilen enerji miktarı ise sadece birincil enerji tüketimi içinde % 7 ve % 3' lük paylara sahiptir.

British Petroleum (BP) tarafından her yıl yayınlanan 2010 Dünya Enerji Raporu verilerine göre, doğalgaz üretimi % 2,1'lik bir gerileme yaşarken, kömür tüketimi en çok kömürün tüketildiği 1970 yılına göre %29,4'lük bir artış kaydetmiştir.

Türkiye’de 2009 yılında doğalgaz tüketiminin 2000 yılına göre % 119’luk, kömür tüketiminin % 6,6’lık ve birincil enerji tüketiminin ise % 21,4’lük artış gösterdiği rapordan izlenebilmektedir [<http://bp.com>].

Yapı ürünlerinin üretiminde kullanılacak hammaddenin taşınması aşamasında taşıtlardan atmosfere salınan ağır metaller (Pb, Cd, Zn, Cu vb.) ormanların ve ağaçların olmadığı ortamlarda rüzgarın etkisi ile uzun mesafelere taşınarak hava, su ve toprak kirliliğine yol açmaktadır. Hammaddenin ve atıkların taşınması için gerekli enerjinin elde edilmesinde kullanılan fosil kaynaklı yakıtlar, azot oksit ve karbonlu gazların çevreye yayılmasına neden olmakta ve bu gazlar iklim değişikliği yaratmaktadır. Ayrıca, bu gazların atmosferdeki yoğunluğunun artması sera etkisi ve asit yağmurlarını oluşturmaktadır [Dilaver, 2005]. Çizelge 2.6’da hammadde ve atıklarının farklı yollarla taşınması sırasında açığa çıkan gazlar ve tüketilen enerji miktarı verilmektedir. Bu bağlamda elde edilen hammaddenin taşınması sırasında, uygun koşullar gözetilerek çevreye en az zarar verecek yöntem seçilmelidir.

Çizelge 2.6. Taşıma sırasında açığa çıkan gazlar ve tüketilen enerji miktarı [Ayaz, 2002]

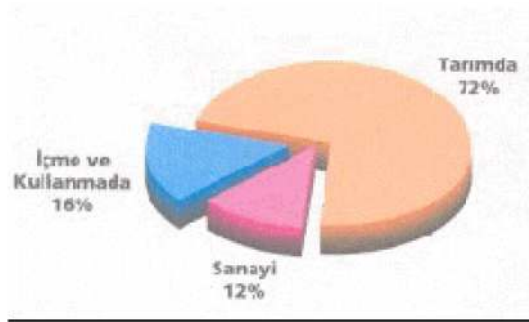
Gazlar (g/t/km)	Havayolu	Karayolu	Demiryolu	Denizyolu
CO ₂	1206	207	41	30
CO	4,4	2,4	0,05	0,12
NO _x	5,5	3,6	0,2	0,4
VOC _s	3	1,1	0,08	0,1
CH ₄	2	0,3	0,06	0,04
Enerji kj/t/km	15839	2890	677	423

Türkiye’de konut ve hizmet sektörünün enerji tüketimindeki payı yüksektir. Bu enerjinin genel olarak fosil kaynaklı olması sorunu artırmakta ve yapı sektörüne büyük sorumluluklar yüklemektedir. Yapılarda enerji tasarrufu yöntemlerinden biri de sınırlı kaynaklar kullanmak yerine, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjiyi

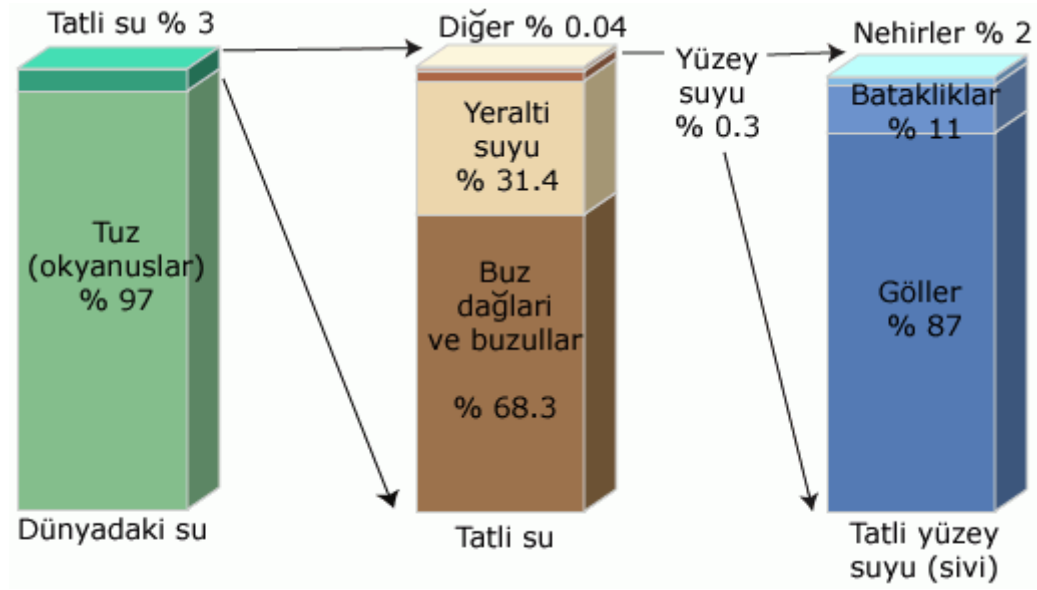
kullanmaktır. Böylelikle hem fosil yakıtların doğaya verdiği zararların önüne geçilmekte, hem de tükenebilir kaynaklar korunmaktadır.

Su kaynaklarının kirlenmesi

Nüfusun hızla artması, buna karşılık su kaynaklarının sabit kalması sebebiyle su ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Dünyadaki mevcut suyun hacmi 141 milyar m³ tür. Bu miktar dünya yüzeyini 3 km. kalınlığında bir tabaka halinde sarabilecek büyüklüktedir. Bu suyun % 98'i okyanuslarda ve iç denizlerde bulunmakta, fakat tuzlu olduğu için, içme suyu olarak kullanıma, sulamaya ve endüstriyel kullanıma uygun değildir. Dünyadaki suların ancak %3'ü tatlı sudur. Bunun da %99'u buzullarda, toprakta, atmosferde, yeraltı sularında bulunur ve kullanılamaz durumdadır (Bkz. Şekil 2.4). İnsanoğlu, su ihtiyacını yüzeysel sular ve yeraltı su kaynaklarından temin etmektedir. Tatlı suların en önemli kaynağı yağışlardır. Küresel yıllık yağış 500 bin m³ olup, her yıl yeryüzüne inen yağış aynı miktardadır. Ülkemizde ise tatlı su kaynakları oldukça sınırlı ve ihtiyaca ancak cevap vermektedir. Türkiye'nin kullanılabilir su potansiyeli 110 milyar m³ olup, bunun %16'sı içme ve kullanmada, %72'si tarımsal sulamada, %12'si de sanayide tüketilmektedir (Bkz. Şekil 2.3) [<http://çevreorman.gov.tr>].



Şekil 2.3. Türkiye mevcut su potansiyelinin kullanım oranları [<http://çevreorman.gov.tr>]



Şekil 2.4. Dünya’da su miktarı oranları [<http://suyla.com>]

Kişi başına düşen su kullanımı, toplumun gelişmişlik seviyesiyle doğru orantılıdır. Gelişmiş ülkelerde bu oran oldukça yüksek olmasına rağmen, gelişmekte olan ülkelere ise düşüktür (ABD’de 1692 m³, Avrupa’da 726 m³, Afrika’da 244 m³’tür.) [<http://çevreorman.gov.tr>].

Dünya Bankası verilerine göre sağlıklı bir yaşam için yılda kişi başına 36-72 m³ suya ihtiyaç vardır. Buna sulama, sanayi ve enerji üretimi eklenince insan hayatı için gerekli olan su miktarı kişi başına yılda 1.000 m³’e yükselmektedir [<http://iski.gov.tr>].

Tüketilen su kaynaklarının, hidrolojik çevrimi içinden çıkarıldığı anda doğal yapısının bozulması su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Su kirliliği tanımları ;

“... su ortamının doğal dengesinin (mineral oranı, tat, berraklık, asılı partikül) bozulması...” [Gürpınar, 1992’a atfen Erdönmez, 1997],

“... su kaynaklarının onun kalitesini düşürerek, kullanımını bozacak düzeyde organik, inorganik, biyolojik ve radyoaktif kirleticiler içermesi...” [Altuğ, 1990’a atfen Erdönmez, 1997] şeklinde verilmektedir.

Suyun kalitesinin büyük oranda düşmesine neden olan abiyotik ve biyotik çevreye zarar veren kirleticilerin suya karışması olarak nitelenebilecek su kirliliğinin nedenleri şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Sanayi ve yerleşim atıklarının arıtılmadan ortama bırakılması,
- Havadaki kükürtlü, azotlu, halojenli, katı ve radyoaktif maddelerin suya karışması,
- Tarımsal çalışmalar yapılan bölgelerde çeşitli kimyasal zararlı maddelerin zemin sularına karışması,
- Fosil kaynaklı yakıtların etkileri [Mackenzie, 1991; Akyüz, 1997].

Su kirliliğine neden olan sanayi ve yerleşim atıklarının ortama bırakılmasıyla bu atıklarda yüksek oranda bulunan ağır metaller, alıcı ortamlar canlılar üzerinde konsantrasyonları ile doğru orantılı olarak toksik etki yapmaktadır. Özellikle civa, kurşun ve krom gibi ağır metaller besin zinciri ile girdikleri canlı bünyelerinden atılamadıkları için fizyolojik olarak birikime neden olmaktadır. Bunun sonucunda sulara yaşayan canlıların ölmesine neden olmakta ve bu canlılar ile beslenen insanların yaşamını tehlikeye sokabilmektedir. İnsan vücudundaki civa birikimi 25 mg'ı bulduğunda nörolojik bozukluklar, 25-100 mg arasında görme ve işitm bozuklukları, denge bozuklukları ve parmak uçlarında dokunma hissi azalması, 200 mg'ın üzerindeki birikimlerde ise sağırılık, körlük, felç ve ölümler ortaya çıkabilmektedir [Altıntabak, 1996]. Diğer ağır metallerin insan sağlığına tehlikeli olabilecek maksimum değerleri ise Çizelge 2.7'de verilmektedir.

Çizelge 2.7. Ağır metallerin insan sağlığına tehlikeli olabilecek maksimum değerleri [Dilaver, 2005]

Ağır metaller	Maksimum değer (mg/l)
Arsenik	0,05
Kurşun	0,05
Krom	0,05
Siyanür	0,2
Kadmiyum	0,01

Suların kirlenmesinde büyük etkisi olan bir diğer etkili maddelerden biri de deterjan grubu olarak bilinen kimyasal bileşiklerdir. Bunlar özellikle sert suda sabunun dezavantajlarını ortadan kaldırmak için geliştirilen petrol türevleridir. DDB (dodesilbenzensülfanat), ABS (alkilbenzensülfanat), LAS (lineeralkilbenzensülfonat) en önemlileri olup, bunlardan üretilen sert deterjanlar insan ve çevre sağlığına önemli derecede zarar verebilmektedir [Altıntabak, 1996].

Su kirliliğine neden olan diğer kaynaklar ise çökebilir katı maddeler, organik maddeler, besin maddeleri ve organizmaların etkileri şeklinde sıralanabilmektedir [Karpuzcu, 1991].

BM (Birleşmiş Milletler) verilerine göre her yıl 250 milyon insan sudan kaynaklanan salgın hastalıklara yakalanmakta ve yaklaşık 10 milyon kişi hayatını kaybetmektedir. BM 22 Mart Dünya Su Günü (2005) dolayısıyla yaptığı açıklamada, kirli suya bağlı sebeplerden dolayı Dünya'da her gün 4 bin çocuğun (20 saniyede 1 çocuğun) öldüğünü ve 400 milyon çocuğun da hayatta kalabilmek için ihtiyaç duydukları asgari temiz su imkanından yoksun olduğunu belirtmiştir.

Dünya'da 1,4 milyar insan temiz içilebilir sudan mahrumdur. 470 milyon insan su kıtlığı çeken bölgelerde yaşamakta olup bu sayının 2025'te 6 kat artması beklenmektedir [<http://iski.gov.tr>].

Dünya'nın yıllık yağış ortalaması 1000 mm olup, Türkiye'nin yıllık yağış ortalaması ise 643 mm. dir. Türkiye su kıtlığı çeken ülkeler arasında yer almamakla birlikte, hızlı nüfus artışı, kirlenme ve yıllık yağış ortalamasının dünya ortalamasından düşük olması; mevcut kaynakların daha dikkatli kullanılmasını ve kirlenmeye karşı gerekli tedbirlerin bir an önce alınmasını gerektirmektedir [<http://çevreorman.gov.tr>].

Toprak kirliliği, habitat değişimi ve alan kullanımı

Toprağa bırakılan zararlı ve atık maddelerle toprağın özelliklerinin bozulması olarak tanımlanabilen toprak kirliliğine neden olan başlıca etmenler plansız kentleşme

sonucu orman ve verimli toprak kaybı, asit yağmurları, radyoaktif atıklar, tarımdaki yanlış uygulamalar ve su kirliliği olarak sıralanabilmektedir.

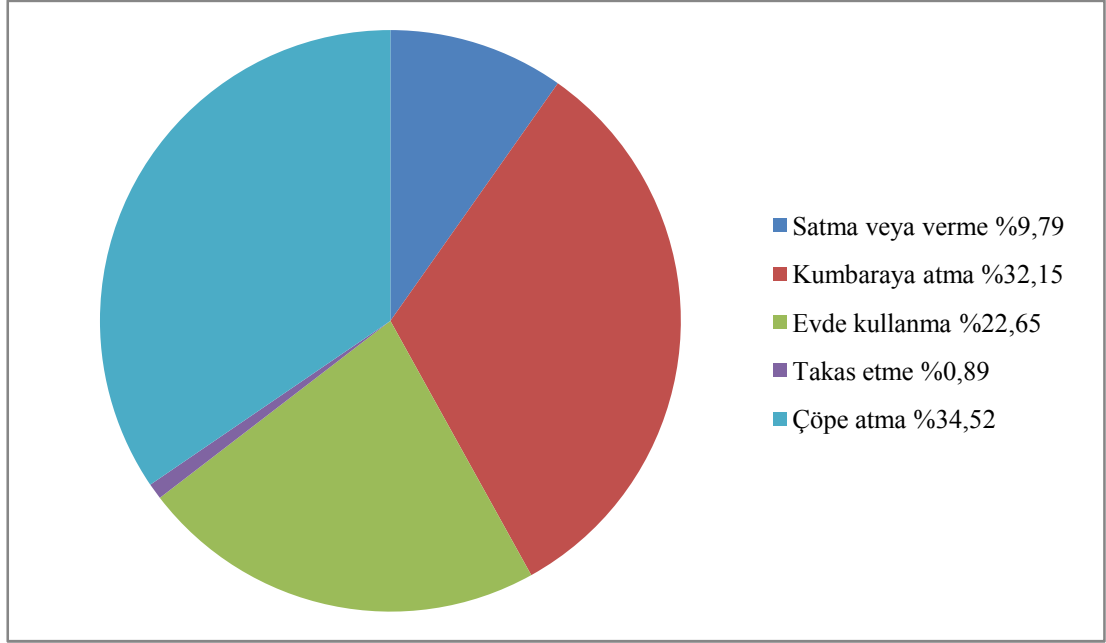
Yapılı çevre ve yapı ürünlerinden kaynaklanan toprak kirliliği, genelde ürün atıklarının yönetiminin yapılamaması sonucu gerçekleşmektedir. İnşaat, bakım onarım ve yıkım esnasında biriken yapısal atıklar farklı özellikler taşımakta ve genellikle bu atıklar üzerinde kir, boya ve kimyasal maddeler bulunmaktadır [Al-Anary et al., 2004]. Bu maddeler toprağa geçmekte ve ordanda toprağı kullanan bitki ve hayvanların dokularına geçerek insana kadar ulaşabilmektedir.

Environmental Protection Agency (EPA)'nın çalışmalarına göre; Amerika'da 1988'de inşaat ve yıkım atıklarının toplamı 136 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Bu miktar toplam atıkların %35-40 oranına tekabül etmektedir [Başar, 2007].

İnşaat ve yıkım enkazı çöp alanlarında gittikçe daha büyük paya sahip olmaktadır. Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)'e göre binaların enkazı her gün bir insan için 2.8 lbs (1.3kg) olmaktadır. İnşaat ve yıkım enkazı içerisinde %48 yıkım atığı, %44 onarım atığı, %8 yeni inşaat atığı olarak gösterilmektedir [Grabner, 2004].

Türkiye'de bir atık yönetimi altyapısı oluşturulmadığı için atık miktarına ilişkin sağlıklı bir envanter bulunmamakla birlikte Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) 2004 verilerine göre ülkemizde 34 milyon ton atık ve 17,5 milyon ton imalat sanayi atığı üretilmektedir [Köse ve ark., 2007].

Atıkların yanısıra demir, agrega gibi malzemelerin hammaddelerinin çıkartılmasında toprağın kazılmasıyla asit içeren atıklar toprak kirliliğini oluşturmaktadır. Atıkların kazanılması 1994 raporuna göre atık camlarda %34,52 oranında çöpe gitmekte %32.15 oranında ise geri dönüşüme gitmesi için toplanabilmektedir (Bkz. Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Atık camların değerlendirilmesi grafiği [Altıntabak, 1996]

Toprak kirliliğine paralel olarak, biyoloji ve su ürünleri terimleri sözlüğüne (1998) göre “Bir canlı türünü ve ya canlı topluluklarını barındıran ve kendine özgü özellikler gösteren yaşama ortamı” olarak tanımlanan habitat kavramının değişimi çevre koşullarına bağlı olarak (su ve toprak kalitesi) endüstriyel değişim süreçleri sonucunda oluşmakta ve çevrede yaşayan canlı varlıklarının değişimime ya da türlerinin azalmasına neden olmaktadır.

Habitat değişiminin su ve toprak kalitesine bağlı olarak gelişmesinin yanısıra, alan kullanımıyla da sıkı bir ilgisi bulunmaktadır. Bir yandan tarıma uygun olmayan (ormanlar, otlaklar vb.) alanların tarımsal amaçla kullanımının artması, bir yandan da tarım alanlarının tarım dışı faaliyetlere ev sahipliği yapması yanlış alan kullanımını tanımlamakta, bununla birlikte habitat değişimine ve çölleşmeye neden olmaktadır. Ayrıca tarım ve orman arazilerinin yapılaşmaya açılması çölleşme ve ormanların tahrip edilmesinde önemli etkindir.

Ülkemizde yanlış alan kullanımına yönelik değerler düşündürücü niteliktedir. Öyle ki tarıma uygun olmayan 6 milyon 111 bin hektar alan tarımsal amaçlarla

kullanılırken, tarıma uygun 4 milyon 959 bin hektar alan tarım dışı faaliyetlerde kullanılmaktadır [Gökçe, 1990].

TBMM, 1994 yılında hazırladığı rapora göre sanayileşme için kurulan organize sanayi bölgeleri yaklaşık olarak 18 bin hektarlık alanı kaplamakta ve bu arazinin % 62'sinin 1. ve 4. sınıf tarım toprakları üzerinde olduğu gözlenmektedir [Altıntabak, 1996].

2.4.2. Küresel ısınma potansiyeli

Küresel iklim değişikliği, uzun dönemli sıcaklık, yağış, rüzgar ve dünya iklimiyle ilgili tüm faktörlerin değişimi olarak tanımlanmaktadır. İklim değişikliği ile artan deniz yüksekliği, eriyen buzullar, şiddetli kasırgalar, biyoçeşitliliğin kaybolması, yiyecek desteğinin azalması ve populasyonların yer değiştirmesi gibi gezegen üzerindeki yaşamı birçok yönüyle etkileyen sonuçlar meydana gelmektedir. Küresel ısınma, küresel iklim değişikliğinin bir çeşiti olmakla birlikte yüzeye yakın havanın ve okyanusların ortalama sıcaklığının da artmasıdır [Calkins, 2009].

Küresel ısınmaya neden olan sera gazları (GHG), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), azotoksit (NO_x), ozon (O₃), sülfürhekzaflorit (SF₆), hidroflorokarbon (HFC), perklorokarbon ve kloroflorokarbonlardır (CFC). İlave olarak doğrudan küresel ısınmaya etkisi olmayan çeşit gazlar da vardır ama bunlar indirekt etkiyle yeryüzeyindeki ve stratosforik ozondaki sera gazı formunu etkilemektedir. Bunlar karbon monoksit (CO), azotoksitler (NO_x) ve CH₄ içermeyen uçucu organik bileşiklerdir (NMVOCs) [Calkins, 2009]. Bu gazların uzun ömürlü olması, salınan gazların azaltılmamasının çevreye yönelik etkilerinin ne kadar uzun sürebileceğini göstermektedir. Örneğin karbondioksit gazının yüz yıllık süreçte atmosferik yaşam ömrü 50-200 yıl arasında değişirken, sülfürhekzaflorit gazı ise 3200 yıl ömre sahiptir. Diğer gazların yaşam ömürleri Çizelge 2.8'de verilmektedir. Karbondioksit gazının küresel ısınmaya %50 oranında etkisi olan gazdır. Diğer sera gazları ve etkileri ise Çizelge 2.9'da irdelenmektedir.

Çizelge 2.8. Sera gazlarının atmosferik yaşam ömrü ve küresel ısınma potansiyelleri [Calkins, 2009]

Gaz	100 Yıllık Süreçte Atmosferik Yaşam Ömrü	Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)
CO ₂	50-200	1
CH ₄	12±3	21
N ₂ O	120	310
HFC-23	264	11 700
CF ₄	50 000	6 500
C ₂ F ₆	10 000	9 200
C ₂ F ₁₀	2 600	7 000
C ₆ F ₁₄	3 200	7 400
SF ₆	3 200	23 900

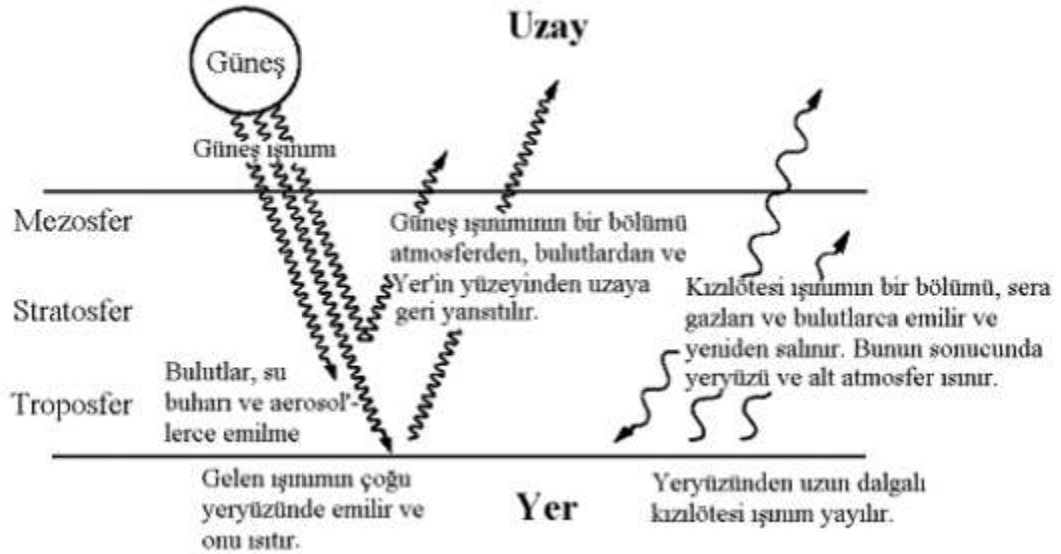
Çizelge 2.9. Sera gazları ve bu gazların küresel ısınmadaki etki yüzdeleri [ÇOB, 2007]

Sera gazları	Küresel ısınmaya etki yüzdesi (%)
CO ₂	50
CHF	22
CH ₄	13
NO _x	5
O ₃	7
H ₂ O	3

Kömür, doğalgaz ve fuel gibi fosil yakıtlar, yüksek basınç altında oluşmuş ve karbondioksit içeriği bakımından çok zengin organik maddelerdir. Bu yakıtların kullanımı sonucunda açığa çıkan CO₂ gazı, atmosfere karışmaktadır. Normalde karbon döngüsünün bir parçası olan bu olay, fosil yakıtların kullanımının artması ile atmosferdeki CO₂ miktarının normalden yüksek seviyelere çıkmasına neden olmaktadır. Havanın başlıca iki bileşeni olan oksijen ve azot gazları, güneşin gözle görülebilen dalga boylu ışınlarını yansıtmakta ve morötesi ışınların bir kısmını da soğurmaktadır. Dünya yüzeyine ulaşabilen güneş ışınları, yeryüzü tarafından soğurularak ısıya dönüştürülmektedir. Bu ısı, yeryüzündeki atomların titreşimine ve

kızılötesi ısıma yapmalarına neden olmaktadır. Yapılan bu kızılötesi ışımlar, oksijen veya azot gazı tarafından soğurulmamakta, ancak havada bulunan CO₂ ve CFC (kloroflorokarbon) gazları, kızılötesi ışımların bir kısmını soğurarak, atmosferden dışarı çıkmalarını engellemektedir. Sera etkisi olarak adlandırılan bu olay, atmosferin ısınmasına yol açmaktadır (Bkz. Şekil 2.6) [<http://kuresel-isinma.org>].

Ortaya çıkan sıcaklık artışı, birçok ekolojik dengeyi etkileyecek boyutlara ulaşmaktadır. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin etkileri yalnız küresel olmadığı gibi, bunlarla da sınırlı değildir. Geçmişteki iklim değişikliklerinde de olduğu gibi, etkilerde bölgesel ve zamansal farklılıklar olabilmektedir. Örneğin, gelecekte dünyanın bazı bölgelerinde kasırgalar, kuvvetli yağışlar ile onlara bağlı seller ve taşkınlar gibi meteorolojik afetlerin şiddetlerinde ve sıklıklarında artışlar olurken, bazı bölgelerinde uzun süreli ve şiddetli kuraklıklar ve bunlarla ilişkili yaygın çölleşme olayları daha fazla etkili olabilecektir denmektedir [<http://iklim.cevreorman.gov.tr>]. Aslında bu etkiler kendilerini özellikle son yirmi, otuz yıldır göstermeye başlamıştır [<http://aip.org>].



Şekil 2.6. Sera etkisi [Türkeş, 2001]

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) sonucunda 20. yy ortalarından beri birçok gözlem ortalama sıcaklığın insan kökenli sera gaz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak arttığını göstermektedir [Hegerl et al., 2007].

Yapılan araştırmalarda 1906 ve 2005 yılları arasında dünyanın sıcaklığı $0.74\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.18\text{ }^{\circ}\text{C}$ artış gösterdiği görülmüştür. Bunların beraber yapılan tahminlerde küresel sıcaklığın 21. yüzyıl boyunca yaklaşık $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ artacağı beklenmektedir. Diğer taraftan deniz seviyelerinin yükselmesi ile ilgili istatistiklere bakacak olursak, bu değerlerin 1961 ile 2003 yılları arası yılda ortalama 1.8 mm arttığı görülmüştür. Bu oran 1993 ile 2003 yılları arası değerlendirildiğinde yaklaşık yılda ortalama 3.1 mm arttığı ortaya çıkmıştır [Solomon et al., 2007; IPCC, 2007].

UKMO/DETR (United Kingdom Meteorological Office and Department of the Environment, Transport and the Regions)'in 1999 yılında Türkiye için yapmış olduğu araştırma raporuna göre, salımların kontrol edilmediği varsayılırsa, 2080'li yıllara kadar Türkiye üzerindeki yıllık ortalama sıcaklıklarda (1961-1990 normaliyle karşılaştırıldığında) yaklaşık olarak $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ artış; CO_2 birikimlerinin 750 ppmv 'de durdurulması durumunda, yıllık ortalama sıcaklıklarda yaklaşık olarak $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ artış; CO_2 birikimlerinin 550 ppmv 'de durdurulması durumunda, yıllık ortalama sıcaklıklarda yaklaşık olarak $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ artış öngörülmektedir [Türkeş, 2001].

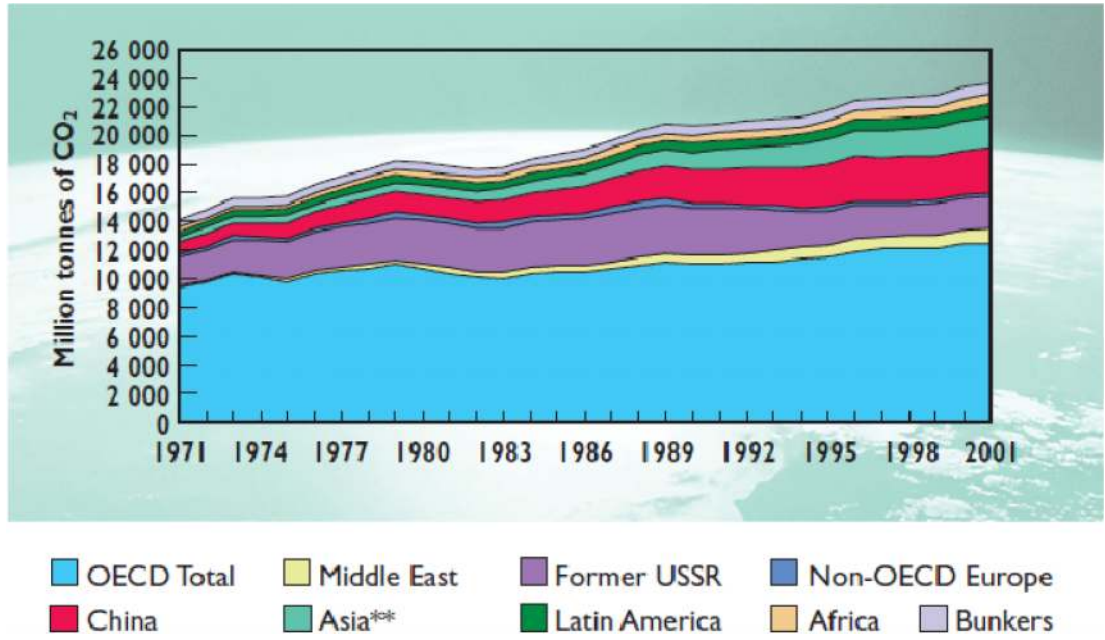
Küresel ısınmaya büyük ölçüde etkisi olan CO_2 'nin sanayileşme devriminden önce atmosferdeki toplam karbondioksit miktarı 600 milyar ton tahmin edildiği halde, bugün bu miktarın yaklaşık 750 milyar tona çıktığı bildirilmektedir. Bir yandan fosil yakıt kullanımının hızla artışı, öte yandan fotosentez için tonlarca karbondioksit harcayan ormanların ve bitkisel planktonların tahribi, atmosferdeki karbondioksit miktarını son 160 bin yılın en yüksek düzeyine ulaştırmıştır. Yapılan ölçümler, bu artışın devam ettiğini göstermektedir. Bilim insanlarının son zamanlarda geliştirdikleri matematiksel bilgisayar modellerine göre, karbondioksit yoğunluğunun iki katına çıkması halinde küresel sıcaklığın $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ artacağı hesaplanmıştır. Bu sonuç, karbondioksitin küresel ısınmadaki etki derecesinin ne kadar yüksek olduğunu bir kere daha göstermektedir. Küresel ısınmada karbondioksit etki yüzdesinin yüksek

olmasının bir diğer nedeni ise, atmosferdeki ömrünün 50-100 yıl gibi çok uzun ömürlü olmasıdır. Bu nedenle küresel ısınmaya karşı alınacak tedbirlerin başında karbondioksit salımının azaltılması gelmektedir [Ünal ve ark., 2008].

Küresel karbon döngüsü büyük miktarda karbon akışı ve rezervinden oluşmaktadır ve milyarlarca ton karbon, karbondioksit dönüşmektedir. Karbondioksit sinkler (okyanuslar ve biyokütleler) tarafından absorblanmakta ve atmosfere bitki ve hayvansal maddelerin bozunması gibi doğal süreçlerden elde edilen kaynaklardan salınmaktadır. IPCC (2001)' ye göre endüstri devriminden bu yana CO₂'in küresel atmosferik konsantrasyonu yaklaşık %35 oranında artmıştır ve bu artışın nedeni fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanımıdır [Calkins, 2009].

IPCC (2007)' ye göre 2005 de Birleşik Devletler'de fosil yakıtların kullanılmasıyla %94 oranında CO₂ salım yapıldığı ve bunun özellikle kimyasal tüketim malzemelerinden (demir ve çelik üretimi) kaynaklandığı belirtilmiştir. 2004 yılında yapılan çalışmalarda nüfusunun dünya nüfusuna oranla % 4,5 olmasına rağmen Birleşik Devletler'in küresel CO₂ salımına %22 oranında katkı sağladığı belirlenmiştir. Diğer ülkelerin CO₂ salımları ise Şekil 2.7'de görülebilmektedir.

Türkiye'de sera gazı salımı hesaplamaları, ulusal iklim değişikliği çalışmaları ve etkinlikleri kapsamında, Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) tarafından yapılmaktadır. Türkiye'nin sera gazı salımları envanterinde, IPCC 'nin en basit yaklaşımı olan "1. Yöntem" in kullanılmasına karşın, veri sıkıntısı yüzünden, yalnız yakıt tüketiminden kaynaklanan sera gazı salımları eksiksiz olarak hesaplanabilmektedir. 1990-2000 tüketim değerleri ve 2000-2020 dönemi projeksiyon değerleri, yakıt tüketiminden kaynaklanan sera gazlarının miktarında, bugüne değin olduğu gibi, gelecekte de çok hızlı bir artışın olacağını göstermektedir. Yakıt tüketimindeki artışa koşut olarak, CO₂ salımlarında da, gerçekleşen tüketim değerleri ve projeksiyonlar için hızlı bir artış eğiliminin varlığı dikkat çekicidir [TÜİK, 2007].



Şekil 2.7. Ülke ve yıllara göre CO₂ salım miktarları [<http://iea.org>]

Sera gaz salımının $\frac{3}{4}$ ' ü iş araçlarının, termik santrallerin enerji ve sentetik polimer üretimi için saf malzeme olarak fosil yakıtları kullanmasından kaynaklanmaktadır. Sera gaz salımının diğer ana sebebi ise hayvancılıktan, ormansızlaştırmadan ve çimento üretimi için kireçtaşının kirece dönüşümünden kaynaklanmaktadır. Ayrıca birçok malzemenin üretimleri için fosil yakıt kullanımına gereksinim duyulmasından kaynaklanan salımlar olduğu için sera gazı salımı yapısal malzemelerin “oluşum enerji”siyle doğrudan ilişkilidir. Örneğin, çelik üretimi için yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duyulmakta ve bu enerji ihtiyacı öncelikle kömür yakıtlarının kullanımından karşılanmaktadır. Bu da gaz salımını artırmaktadır [Calkins, 2009].

Çizelge 2.10. Bazı yapı ürünleri için oluşum enerji miktarları [Dilaver, 2005]

Yapı ürünleri	Oluşum enerjisi (kwh/kg)
Kum, çakıl	0,01
Ahşap	0,1
Beton	0,2
Kireç, kumtaşı	0,4
Hafif beton	0,5
Alçı levha	1
Tuğla	1,2
Kireç	1,5
Çimento	2,2
Cam	6
Porselen	6,1
Plastikler	10
Çelik	10
Kurşun	14
Çinko	15

Yapı ürünlerinin üretilmesi için gereken enerji olarak tanımlanabilen “oluşum enerjisi” çelik, plastik, kurşun ve çinko için çok yüksektir (Bkz. Çizelge 2.10). Bu da ürünlerin üretimi sırasında daha çok enerji gereksinimini ve bu enerjinin elde edilebilmesi daha çok kaynak tüketimini gerekli kılmaktadır. Seçilen kaynakların yenilenemeyen fosil yakıtlar olması doğrudan karbondioksit ve sera gazı salımına neden olacağından üretimde kullanılan enerjinin türü, ürünün çevresel niteliğini belirlemektedir. Bu bağlamda Çizelge 2.10 ve Çizelge 2.11 birlikte irdelendiğinde alüminyum ve çeliğin oluşum enerjisinin doğaya salınan karbon miktarıyla doğru orantılı olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.11. Bazı yapı ürünlerinin üretiminde salınan ve depolanan karbon salım miktarları [Terzi, 2009]

	Karbon salımı (kg/m³)	Karbon depolanması (kg/m³)	Açığa çıkan net karbon miktarı (kg/m³)
İşlenmiş ahşap	22	250	-228
Laminant ahşap	82	250	-168
Taşıyıcı çelik	8132	15	8117
Betonarme	182	0	182
Alüminyum	6325	0	6325

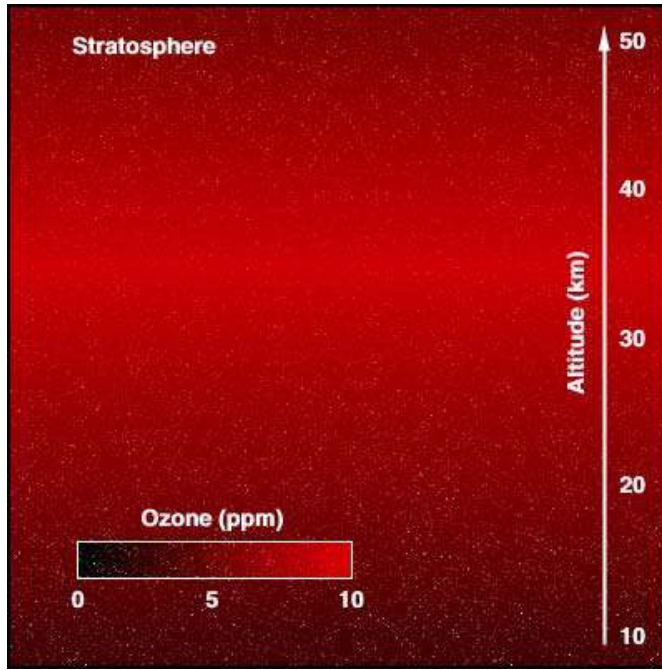
2.4.3. Stratosferdeki ozon tüketim potansiyeli

Stratosferik ozon yüksek atmosferde, stratosfer tabakasında (atmosferin yaklaşık 15–50 km’leri arasındaki tabakası) bulunduğundan, bu adla adlandırılmakta ve iyi huylu ozon olarak da bilinmektedir (Bkz. Şekil 2.8). Çünkü, stratosferdeki ozon güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarını emerek, bu ışınların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktadır [<http://dmi.gov.tr>].

Kloroflourokarbon (CFC) denilen spreylar, deodorantlar, böcek öldürücüleri vb. gibi pek çok değişik alanlarda yaygın olarak kullanılan bileşikler, stratosfere kadar bozulmadan çıkmaktadır. Atmosferik olaylar neticesinde kutuplara doğru yayılmasıyla ozonla reaksiyona girip konsantrasyonunu düşürmektedir. Böylece kutuplar üzerindeki ozon tabakasında yırtılmalar meydana gelmektedir [Ersoy ve Sanver, 1994].

Ozon tabakasında meydana gelen yırtılmalar her geçen gün büyümekte ve etkileri kendini daha fazla hissettirmektedir. Şekil 2.10’ da da görülebileceği gibi ozon yırtığı 20 yıl gibi kısa bir süre içerisinde iki katına çıkmıştır.

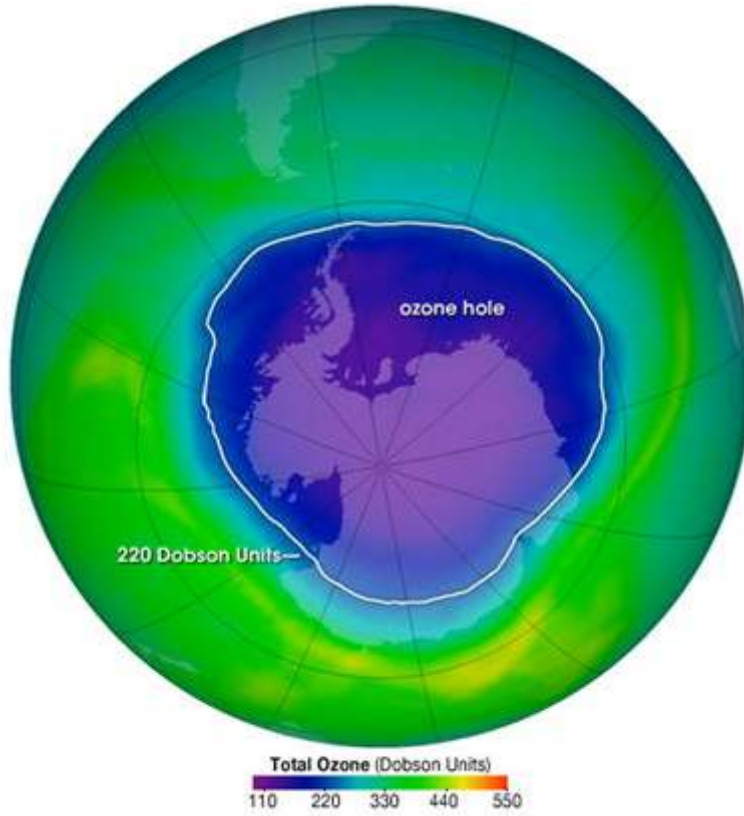
Ozonun parçalanmasına neden olan kloroflourokarbonlar (CFC) günlük hayatımızda çok sık kullandığımız organik bileşiklerdir. Böcek öldürücüler, traş köpükleri, deodorantlar, evcil hayvanların besin ürünleri, yangın söndürücüler, soğutucular akla ilk gelen CFC içeren maddelerdir. CFC'lerin bu kadar yaygın kullanılmalarının sebepleri zehirleyici etkilerinin olmaması, patlayıcı özellik göstermemeleri ve çok uzun süre dış etkilere dayanabilmeleri sayılmaktadır. Zira salındıktan sonra hiç bozulmadan stratosfere kadar yükselebilmektedir. Dünyada CFC içeren ürünler yaklaşık 1.100.000 ton olup 800.000 ton kadarı ozonun azalmasına neden olmaktadır. 65 ile 120 yıl arasında bozulma süresine sahip CFC'lerin mor ötesi ışınlarla yok edilene dek stratosferde toplanmasından açığa çıkan klor, ozonun yok olmasının temel nedenini oluşturmaktadır [Ersoy ve Sanver, 1994].



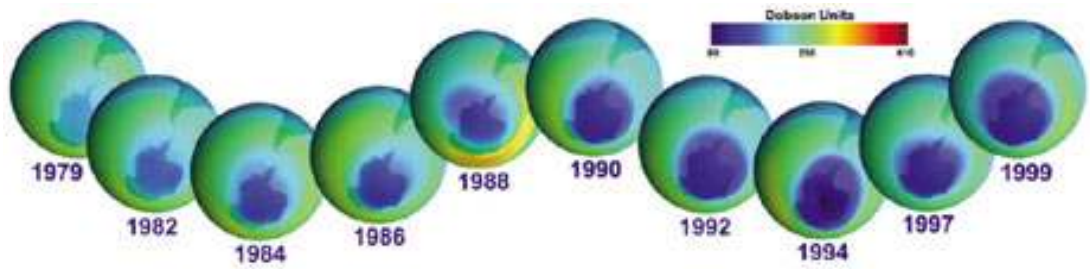
Şekil 2.8. Ozonun stratosferdeki dağılımı [<http://ds9.ssl.berkeley.edu/>]

En çok kullanılan hidrokloroflorokarbon (HCFC), tüm hidrofloroklorokarbon kullanımının %85'ini içeren HCFC-22'dir. HCFC-22 az zehirleyiciliğe ve az yanabilirliğe sahiptir ve enerji oranı yüksek bir soğutucudur. Kullanım alanları; ticari ve endüstriyel buzdolapları, klimalar, ısı pompaları, aerosol spreyler ve bazı köpük ürünleri olarak bilinmektedir.

Ayrıca ozon tüketimine neden olan diğer gazlar ise karbon tetraklorit, halon 1301, HCFC22, metil bromit ve trikloroetan olarak sıralanabilmektedir.



Şekil 2.9. Güney kutbunda ozon tabakasındaki şiddetli incelmeyi gösteren alan - 4 Ekim 2004 [<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/hole.html>]



Şekil 2.10. Ozon tabakasındaki incelmelerin yıllara göre durumu [<http://nasa.gov>]

Ozon tahribatı sonucu dünyada, cilt kanseri ve gözlerde katarakt hastalığının artması, canlıların bağışıklık sistemindeki zayıflama, tarımda verimliliğin azalması ve

okyanuslarda filo planktonların azalması gibi olumsuz etkiler görülmektedir [Lerner et al., 2003].

Ozon tabakasının incelmesini önlemek için hammadde ve kaynaklar daha verimli kullanılmalı, arıtma tesisleri kurulmalı, kloroflorokarbonlar gibi ozon tabakasına zarar veren kirleticilerin azaltılmasına çalışılmalıdır [Dilaver, 2005].

2.4.4. Asitleşme potansiyeli

Asitleşme, sülfür ve nitrojen (asit gazları) bileşiklerinin suda çözünmesiyle su yüzeyine geçmesi ya da katı parçacıklar halinde toprağa bağlanmasıyla oluşmaktadır. Bu bileşikler ilk olarak asit yağmurları şeklinde kuru ya da ıslak çökeltme sürecinde ekosisteme ulaşmaktadır [Calkins, 2009]. Sabit kaynaklardan çıkan kükürt dioksit ve azot oksit salımları, rüzgarla uzun mesafelere taşındıkça, sülfirik asit ve sülfat ile nitrat tuzları içeren azot oksit, nitrik asit dumanları ve damlacıklardan oluşan kirleticileri oluşturmaktadır. Bu kimyasallar, asit yağmuru olarak sulu formda ya da gazlar, sis, çığ ya da katı parçacık olarak, kuru halde yeryüzüne dönmektedir. Asitlerin ve asit oluşturan bileşiklerin kuru ve sulu karışımlarının dünya üzerindeki bileşimine asit birikimi ya da asit yağmuru adı verilmektedir. Büyük şehirlerdeki çok sayıda motorlu araçtan çıkan azot oksit salımları, fosil yakıt kullanımı, volkanlar ya da çürüyen bitki örtüsünden salınan sülfürdioksit ya da nitrojenoksit gazları da asit birikimine katkı yapmaktadır [Selici ve ark., 2005].

Asit birikimi, su damlacıkları ve katı parçacıkların büyük bir kısmının atmosferden uzaklaştırılmaları nedeniyle, küresel bir sorun olmaktan çok bölgesel bir sorun oluşturmaktadır [Selici ve ark., 2005].

Nehirlerin, akarsuların ve okyanusların asitleşmesine, hidrojen gücünün (pH) düşmesiyle balık ve deniz canlılarının zarar görmesine yol açmaktadır. Bu sonuç, sadece doğrudan suyun pH'sındaki azalıştan kaynaklanmamakta bu düşüş ile serbest hale gelen alüminyumun zararlı etkisi ile de yakından ilişkilidir. Balıkların yok olmasında da, alüminyumun serbest hale geçmesi etkili olmaktadır. Benzer şekilde,

sudaki kadmiyum, çinko, kurşun miktarı da zamanla artmaktadır. Bunlar, alüminyumda olduğu gibi, su içerisindeki derişimleri belirli bir düzeye ulaştığında bitkisel ve hayvansal canlılar için zararlı olmaktadır. Herhangi bir gölde meydana gelen bu istenmeyen kimyasal maddeler, su akıntıları ile bir gölden diğer bir göle de taşınabilmektedir.

Asitleşmiş göllerin suyu, temiz, parlak ve berrak görünmektedir. Bunun nedeni sudaki planktonların yok olması ve su içerisindeki humusun gölün tabanına çökmesidir. Korkutucu yanı sudaki canlıların yok oluşudur. Asitliğin etkisi ile balıklar kaybolmakta, diğer bitkisel ve hayvansal canlı varlığında önemli azalma görülmektedir. Suyun kimyasal özelliklerinde ortaya çıkan bu değişiklikler biyolojik özelliklerini de etkilemektedir. Böceklerle beslenen balıkların azalması veya yok olmasından dolayı bazı böcek varlığında artış olmaktadır. Bu nedenle, bir bakıma, asitleşmiş göller biyolojik olarak ölü göller değildir.

Göldeki asitlilik, gölü besleyen su kaynaklarına ve yağışlara bağlı olarak mevsimlik farklılıklar gösterir. Göl ve akarsuları asitliliklerinin en yüksek olduğu mevsim, karların erimesini takiben asidik suların göle karıştığı ilkbahardır. Bunun yanında, sonbahardaki yağmurlarla da suyun asitliliği artar [Kırımhan, 2004].

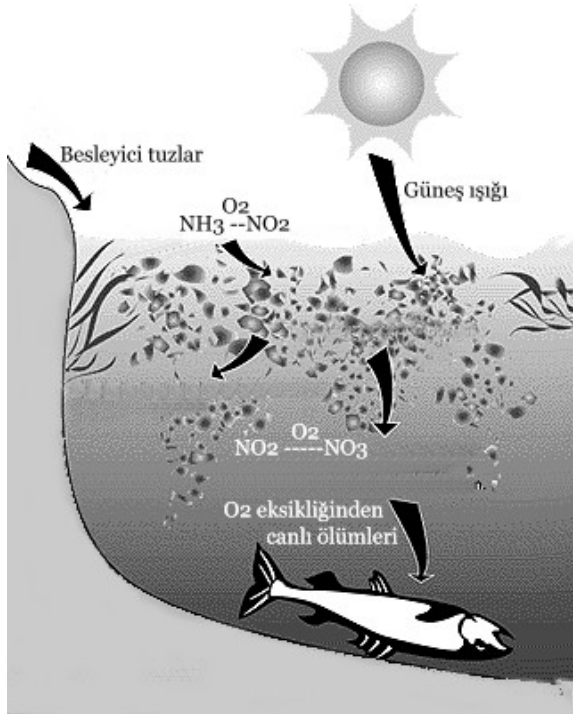
Asitleşmenin bir başka yüzü olarak karşımıza çıkan asit yağmurları, elektrik üretimi, hammadde çıkarma, üretim, ulaşım, yapım, kullanım ve bakım evresinde gerekli olan fosil yakıtların kullanımı ile meydana gelmektedir. Bu bağlamda Amerika Birleşik Devletleri'nde tüm SO₂ salımının üçte ikisi ve NO_x salımının dörtte biri elektrik enerjisi üretimi sonucu meydana gelmektedir [Calkins, 2009]. Toplam salımların % 48'ini OECD ülkeleri oluşturmaktadır. ABD, Çin ve Rusya Federasyonu dünyada asit yağmurlarına en fazla katkıda bulunan ülkelerdir [Selici ve ark., 2005].

2.4.5. Ötrofikasyon potansiyeli

Ötrofikasyon genel olarak göl gibi herhangi bir büyük su ekosisteminde, başta karalardan gelenler olmak üzere, çeşitli nedenlerle besin maddelerinin büyük oranda çoğalması sonucu bitki varlığının aşırı şekilde artması olarak tanımlanmaktadır.

Ötrofikasyon, çevre terimleri sözlüğüne göre ise, atıklarla gelen aşırı besin maddelerinin vejetasyonu uyarmasıyla göllerin çözünmüş oksijen yokluğu sonucunda ölmesine kadar gidebilen yaşlanma süreci olarak verilmektedir.

Fosfat kirlenmesi olarak da adlandırılan ötrofikasyon, sudaki çözünmüş oksijen miktarını azaltarak uzun vadede su ekosisteminin ölümüne neden olmaktadır (Bkz. Şekil 2.11). Ötrofikasyonu hızlandıran etmenler arasında iklimin kurak geçmesi, aşırı buharlaşma, göl suyunun bir kanalla sulamada kullanılması sayılmaktadır [Berkes ve Kışlalıoğlu, 1990]. Ayrıca sentetik kullanılan gübreler ve denetlenmeyen besinler de ötrofikasyonun başlıca sebepleri arasında bulunmaktadır.



Şekil 2.11. Ötrofikasyon şeması [http://artuz.com]

Ötrofikasyon sulak alan ekosistemlerini bozarak burada yaşayan kuş, balık ve diğer canlıların azalmasına ya da yok olmasına neden olmaktadır. Ötrofikasyonun ileri safhalarında oksijen tükeneceği için ilgili sistem önce bataklığa sonra çayıra dönüşerek su formundan kara formuna geçmesi bakımından tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir.

Dünya çapındaki göllerin yaklaşık %50'sinin ötrofik olduğunu bilinmektedir. Uluslararası Göl Çevre Komitesi (International Lake Environment Committee, ILEC, 1993) 'nin verilerine göre Asya göllerinin %54'ü, Avrupa göllerinin %53'ü, Kuzey Amerika göllerinin %48'i, Güney Amerika göllerinin %41'i ve Afrika göllerinin %28'i ötrofik değerdedir [Calkins, 2009, <http://ilec.or.jp>, 2010].

2.4.6. Ekolojik zehirlenme

Canlı ve cansız çevrenin oluşturduğu ekolojik denge, ekolojiyi oluşturan faktörlerin döngüsüdür. Örneğin besin zincirindeki halkalardan biri koparsa bu olay ekolojik dengeyi de etkiler. Ekolojik dengenin bozulması da çevremiz ve canlılar için olumsuz sonuçlara neden olmaktadır.

Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü süreçleri boyunca su ve kara ekolojisine olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler kendi habitatında yaşayan canlı türlerinin azalmasına ve bu bağlamda biyolojik çeşitliliğin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır.

Tatlısuda yaşayan sucul canlıların ekolojik zehirlenmesi, tatlısu olarak nitelenen göl ve akarsularda yaşayan canlı ve mikroorganizmaların olumsuz etkilenmesi anlamına gelmektedir.

Denizde yaşayan sucul canlıların ekolojik zehirlenmesi, denizde yaşayan canlı ve mikroorganizmaların çeşitliliğinin azalmasıyla bitki ve hayvan popülasyonunun olumsuz etkilenmesi anlamına gelmektedir.

Kara ekolojisi zehirlenmesi, karayı oluşturan maddelerin ve karada yaşamını sürdüren canlıların kirlenme ve ağır metal birikimi nedeniyle yaşamsal sürekliliğin sekteye uğramasını içermektedir.

Toprak kirliliği, hava ve su kirliliğinden, tarım ilaçlarından, yapay gübrelerden ve atıklardan kaynaklanabilmektedir. Bunlar, toprağın dolaylı yolla kirlenme nedenlerini oluşturmaktadır. Endüstriden, taşıt egzozlarından ya da ısınma amacı ile kullanılan yakıtlardan doğan hava kirliliği, farklı yollardan toprağı da kirletebilmektedir. Asit yağmurları, bunlara örnek olarak gösterilebilmektedir. Kentsel ve endüstriyel atık sularının arıtılmadan toprağı bırakılması, dere, ırmak, göl gibi yüzeysel suların kirlenmesine yol açmaktadır. Suların içindeki kirletici ve zararlı maddelerin toprağı karışıp birikmesi, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını etkilemektedir.

Toprak kirliliği sonucu çeşitli sorunlar oluşmaktadır. Yapısına ilişkin sorunlar toprağın verimini düşürmekte, bitkilerin gelişmesini engellemektedir. Öte yandan, toprağı iyi tanımadan gübreleme sonucunda, topraktaki besin maddesi dengesi bozulabilmekte, verim azalmakta, içme ve kullanma sularına daha fazla fosfat karışabilmektedir. Ayrıca bitkilerde kansere yol açan nitrojen gibi maddeler çoğalabilmektedir [Tuna Taygun, 2005].

Toprak kirliliğine ait detaylı bilgi için Bölüm 2.4.1’de abiyotik tüketim sınıfının altında verilen habitat ve toprak kirliliği verileri irdelenmelidir.

2.4.7. Fotokimyasal ozon gazı oluşum potansiyeli

Atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar güneş radyasyonunun başlangıcından itibaren çeşitli zamanlarda değişik aşamalarda bulunmaktadır. Kent üzerinde sabah inversiyonunun etkisiyle yükselip seyrelme fırsatı bulamamış hidrokarbonlar, azot oksitler, metalik tozlar gibi hava kirleticiler bakımından zengin hava kütlelerinde sabah erken saatlerinden başlayarak kıvıllı kahve renkli bir sis oluşmaktadır. Fotokimyasal ozon olarak tanımlanan bu sis, ozon, azot oksitler, hidrokarbon ve

diğer oksitleyici hava kirleticileri arasındaki reaksiyonlardan meydana gelmektedir [<http://globalwarmingproject.com>].

Atmosferdeki ozonun, %10'u troposferde bulunmaktadır. Yer atmosferide diyebileceğimiz yeryüzüne yakın alt kısımlarda, ozonun artması ise dünyadaki canlılara zarar vermektedir. Ozon kirliliği veya kötü ozon dediğimiz bu durumun, insan yaşamı üzerinde ciddi etkileri söz konusudur [<http://rshm.saglik.gov.tr>].

Araç egzozları, endüstriyel salımların oluşturduğu uçucu organik karışımların ve nitrojen oksitlerin havaya karışmasıyla ortaya çıkan insan aktivitelerinin sebep olduğu hava kirliliği, yer seviyesinde oluşmaktadır. Yeryüzündeki ozonun artması, bu şekilde oluşan fotokimyasal sisin anahtar bileşenidir.

2.4.8. İnsan zehirlenme potansiyeli

Yapı ürünlerinin insan sağlığındaki rolü, yaşanılan ortamda zaman geçirme oranına paraleldir. Yaşamın büyük bölümünün geçirildiği yapıların iç ortam hava kaliteleri hasta bina sendromuna neden olabilecek ölçüdedir. Bu bağlamda iç mekan hava kalitesi başlığı altında yapılarda iç mekan hava kirleticiler ve bu kirleticilerden kaynaklanan sendromlar irdelenmektedir.

Yapı içinde olduğu kadar yapının dışında insan sağlığını etkileyecek hava kirleticileri bulunmaktadır. Bu kirleticiler ve değerleri hava kirleticiler başlığı altında irdelenmektedir.

İç mekan hava kalitesi

İç mekanda havanın kalitesi; yapı bileşenleri, dış hava şartları, ev eşyaları ve insanlar gibi kaynaklardan oluşan kirleticiler nedeniyle bozulmaktadır. İnsanların içinde bulunduğu havadan farklı beklentileri olması ve farklı algılamaları nedeniyle, iç hava kalitesi göreceli bir kavramdır. Amerikan Isıtma- Soğutma ve Klima Mühendisleri Birliği (ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating, and Air-

Conditioning Engineers)’nin yayınlamış olduğu 62- 1989 ve 2001 standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi "İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki bölümünün havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir hoşnutsuzluk hissetmediğı havadır” olarak açıklanmaktadır [ASHRAE, 1989, 2001].

Günümüzde üretilen yapay yapı ürünleri ile donatılan yapılar iç mekan hava kalitesini bozmakta ve zamanla insanlarda sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Olumsuz etkilerin ortaya çıkmasında, sıcaklık, nem, akustik, radyoaktivite, elektriksel alanlar, manyetik alanlar, ışık, gaz ve partikül gibi parametreler etkili olmaktadır. Bu parametrelerden ilki ısı konforu sağlanmasıdır. Günümüz yapılarında merkezi ısıtma sonucu oluşan odalardaki eşit sıcaklık ısı monotonluğına neden olmaktadır. Bu durum yorgunluk, depresyon, tansiyon rahatsızlıkları, alerji ve terleme düzensizliğine neden olmaktadır. Hatalı malzeme seçiminden kaynaklanan iç duvar yüzeylerinin soğuk kalması nedeniyle sıcaklığın artırılması solunum zorluğu ile birlikte iç ortamda daha fazla toz ve bakteri birikimine neden olmaktadır [Varol, 1994].

Diğer parametlerden nem oranının yapılardaki değeri %40 ile % 70 arasında olmalıdır. Bu değer belli bir sıcaklıktaki havanın nem tutma kabiliyeti olan izafi nem oranıdır. Yapılarda yanlış ürün seçimi çok fazla ya da çok düşük nem oranlarına neden olmaktadır. Bu durumda düşük nem oranı havada toz, bakteri ve mikropların daha fazla barınmasına, burun mukozasında ve boğazda buharlaşmaya neden olmasıyla istenmeyen bazı zararlı zerrelerin solunum yoluyla vücuda girmesine, deri ve saç kurumalarına neden olurken, yüksek nem oranı ise eklem romatizması ve astım hastalığında etkili olmaktadır [Şenkal, 2001; Varol, 1994; Çilingiroğlu, 2010].

İç mekan havasında bulunan su oranının solunuma etkisi Çizelge 2.12’de irdelendiğinde en iyi su oranının 0-5 g/kg arasında olduğı, 25 g/kg’dan sonrasının dayanılmaz olarak değerlendirildiğı görülmektedir.

Çizelge 2.12. Havadaki su oranının solunum için uygunluğu [Darçın, 2008]

Havadaki su oranı (gr/kg)	Solunum için uygunluğu	Yapılan değerlendirme
0-5	Çok iyi	Hafif ve taze
5-8	İyi	normal
8-10	Orta	dayanılır
10-20	Kötü	Ağır bastırıcı
20-25	Tehlikeli-kötü	Islak ve sıcak
25'den fazla	Uygun değil	Dayanılmaz
43,92	Solukla dışarıda verilen havada bulunan su miktarı	
43,92'den fazla	Hava akciğerlerde yoğunlaşır	

Havada bulunan azot, oksijen, karbondioksit, su buharı, ozon gazlarının az ya da çok olması insan sağlığında çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bu gazların normal değerleri Çizelge 2.13'te verilmektedir.

İç ortam kirletici gazların yanı sıra havada küçük boyutlu partiküllerin bulunması durumunda akciğer ve solunum yollarında çeşitli rahatsızlıkları ortaya çıkmaktadır. Radyoaktivite değerlerinin yapı ve yapı ürünlerinde yüksek olması insan ömrünün kısılmasına neden olmakta, elektrik enerjisinin kullanımı ve telekomunikasyon etkileşimi sonucunda çevrede bulunan elektriksel ve manyetik alanların artması psikolojik bozukluklara ve kansere yol açarak iç mekan hava kalitesini olumsuz etkilemektedir [Balanlı ve ark., 2006; Karayılanlıoğlu, 2005; Bold, 2003; Nevers, 1995].

Enerji tasarrufu ve korunumuna yönelik çalışmalar da iç hava kalitesinin azalmasına neden olmaktadır. Örneğin binanın sıdırmazlık düzeyi arttırılmakta, iç ortam konforunu etkileyen yeni kirletici maddeler ortaya çıkmakta ve bunlar fark edilmemektedir. Tüm bu faktörler, çoğu kişinin gününün büyük bir kısmını geçirdiği iç mekanlarda, havada bulunan zehirli maddelerin artışına, hava kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır [Çilingiroğlu, 2010].

Yapı ürünlerinde kullanılan izolasyon malzemelerinden formaldehit, boyalardan kurşun ve organik gazlar oluşabilmektedir. Ayrıca yapı malzemelerinden kaynaklanan uçucu organik maddeler de bulunmaktadır. Evlerde kullanılan eşyalar da, iç hava kalitesini bozucu bazı kirleticiler yaymaktadır. Mobilyalar, formaldehit ve biyolojik maddeler; halılar, biyolojik madde ve tozlar; eskimiş yer kaplamaları, asbest boyalar ve ahşap koruyucular, organik gazlar, kursun bazlı boyalar kurşun gibi kirleticilerin kaynağıdır [İlten ve Bulgurcu, 2002]. İç mekan hava kalitesinin bozulmasından kaynaklanan insan sağlığı bozulmaları Çizelge 2.14'te irdelenmektedir.

Uygun olmayan hava kalitesine neden olan bir diğer madde ise uçucu organik bileşikler (VOCs: Volatile Organic Compounds) ve yarı uçucu organik bileşikler (SVOCs: Semi-Volatile Organic Compounds) olarak bilinmektedir. Bu bileşikler daha çok karbon içeren kimyasallardır ve temizleme malzemelerinde, kozmetik, boya, solventler, sigara dumanında, spreylere v.b. bulunmaktadır. Hava içinde bulunarak kısa ve uzun süreler içinde insan sağlığına olumsuz etki etmektedir [Çilingiroğlu, 2010].

Çizelge 2.13. EPA maksimum iç ortam hava kirletici konsantrasyonları [http://epa.gov]

İç Ortam Kirleticileri	İç Ortam Hava Kirletici Konsantrasyonları
Karbonmonoksit (CO)	<9 ppm
Karbondioksit (CO ₂)	<800 ppm
Küf	İç ve dış havadaki değerler aynı olmalı
Formaldehit	<20 µg/m ³
Toplam uçucu organik bileşikler	<200 µg/m ³
4 fenil siklohekzan (4-PC)	<3 µg/m ³
Toplam partikül (PM)	<20 µg/m ³
Düzenli kirleticiler	<ulusal iç ortam standardı
Diğer kirleticiler	<sınır değerin %5'i

Çizelge 2.14. İç mekan hava kalitesinin bozulmasından kaynaklanan olası semptom ve rahatsızlıklar [Çilingiroğlu, 2010]

Semptom veya rahatsızlıklar	Bilinen Sebepler	Binayla İlişkili Olası Sebepler	İç Mekan Hava Kalitesiyle Bağlantılı Olası Sebepler
Baş ağrısı	Stres, Göz gerginliği, Sinüzitler, Migren, Boyun kas gerginliği	Stres, Göz gerginliği, Psiko-sosyal	Hava içindeki kimyasal maddeler
Vücutta meydana gelen kızılık ve lekeler	Böcek ısırması, Egzama, Cilt veya deri iltihabı, Diğer cilt hastalıkları	Stresle ilgili deri iltihabı	Fiberglass ve cam yünü
Gözlerin kamaşması	Kontakt lens problemleri, Alerji, Enfeksiyon	Göz gerginliği	Düşük nem, Küf, Kimyasal maddeler, Toz, Fiberglass
Burun kanaması	Alerji Enfeksiyon Çarpma, darbe		Düşük nem
Yorgunluk	Bir dizi ciddi hastalıklar, Depresyon, Uykusuzluk, Kronik yorgunluk sendromu	Sıkıntı İşten doğan tatminsizlik Aşırı çalışma	Muhtemel (nadiren buharlaşabilir kimyasallar)
Astım	Kedi, köpek, toz ve polen alerjileri, Egzersiz sebebiyle, Soğuk hava		Toz ve küf alerjileri Nadiren tahriş edici kimyasallar
Konsantrasyon sıkıntısı	Bir çok ciddi hastalık, Depresyon, Uykusuzluk, Kronik yorgunluk sendromu	Sıkıntı İşten doğan tatminsizlik Aşırı çalışma	Muhtemel (nadiren buharlaşabilir kimyasallar)

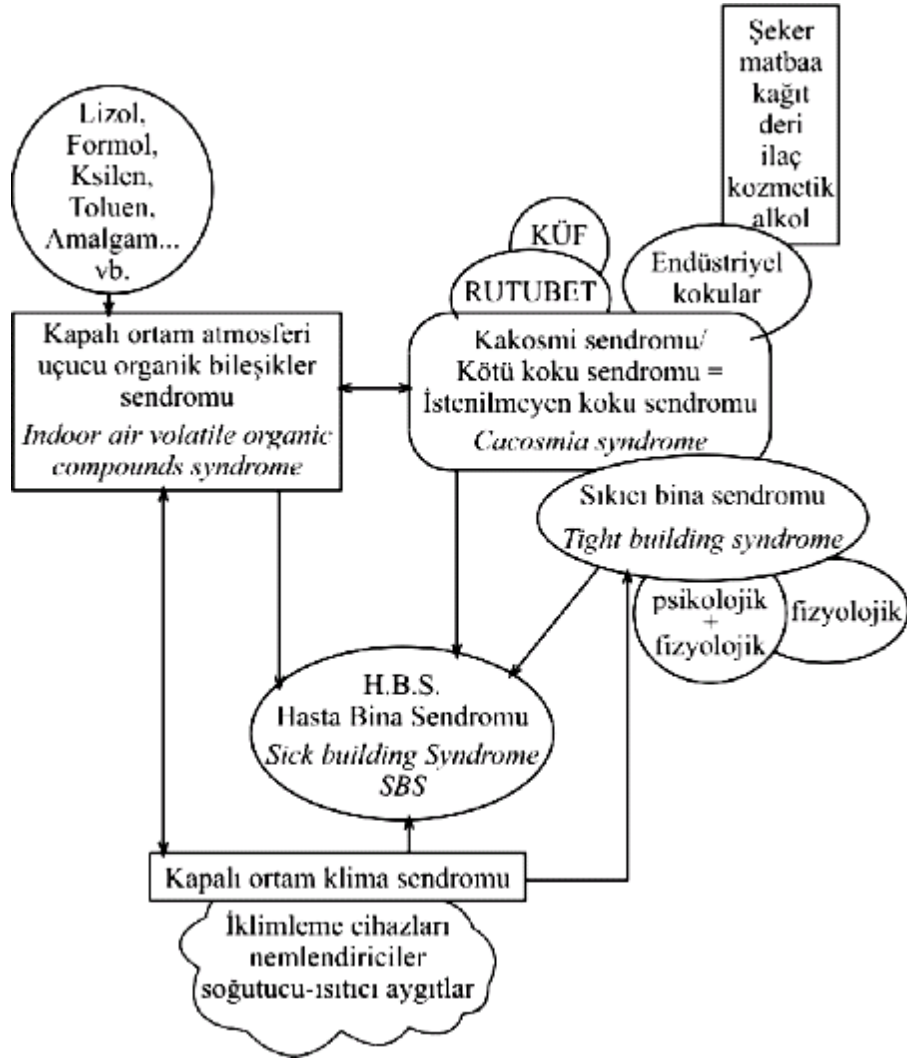
ABD’de bina-içi hava kirliliğinin her yıl binlerce kanser sebebiyle ölümlere ve yüz binlerce solunum yolu hastalıklarına yol açtığı tahmin edilmektedir. Ayrıca, çocukların kanlarındaki yüksek kurşun seviyelerinin kısmen bina-içi hava kalitesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bina-içi hava kalitesinin yükseltilmesi suretiyle çok önemli sağlık kazançlarının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bunun için, profesyonel eğitimin geliştirilmesi, yeni ve yenilenecek binalarda yeniliklerin geliştirilmesi, halkın bilgilendirilmesi yoluyla mevcut binalarda hava kalitesini artıracak tedbirlerin alınmasının sağlanması, yeni malzeme ve teknolojilerin geliştirilmesi, sağlığı ön planda tutan bireysel davranış ve tüketicilerin bilgilendirilmesi, bu alanda araştırma ve geliştirme için yapılan çalışmalarda önemli miktarda artışın gerekliliği ortaya konmaktadır [Sofuoğlu, 2007].

Dünya Sağlık Örgütü (WHO-World Health Organization)’nın yapmış olduğu çalışma, birçok çalışma amaçlı ortamda çok sayıda insanın, kapalı ortamlarda geçirdiği sürelerin 8 saat/gün’den 16 ve 24 saat/gün’e kadar artan saatlerde farklılık gösterdiğini söylemektedir. Diğer taraftan insanların dışarıda harcadıkları zaman ortalama 2 saat/gün civarındadır. Bu nedenle, insanların bahsi geçen hastalık yapıcı etmenler ile en fazla etkileşimi bina içinde ve kapalı ortamda oldukları zaman meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak bu ortamlarda zaman geçiren insanlarda 1.Sıkıcı Bina Sendromu (TBS-Tight Building Syndrom), 2.Hasta Bina Sendromu (SBS-Sick Building Syndrom) ve 3.Binayla İlişkili Hastalıklar (BRI-Building Related Illness) olarak adlandırılan sağlık problemleri belirlenmektedir [Heperkan, 2008].

Sıkıcı Bina Sendromu’nu tetikleyen etkenler arasında gürültü faktörü ile ışıklıandırmanın yanı sıra yaşam alanında bulunan negatif iyonların oldukça büyük etkisi bulunmaktadır. Yüksek ya da istenilmeyen gürültü faktörü bina dışından kaynaklanabileceği gibi binanın içersinde çalışan alet, makine aksamı, havalandırma sistemi, ısıtıcı-soğutucu sistemlere ait fanlar, ses çıkartan lambalar ve elbette aşırı kalabalığa dayalı çok ve yüksek sesle konuşan kişilerden kaynaklanabilmektedir. Böyle bir ortamda çalışmak durumunda kalan kişide zaman içerisinde oluşan psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklar dayalı TBS bulguları olarak sayılabilmektedir.

Hasta bina sendromu, kullanıcı sayısı yüksek binalarda karşılaşılan baş ağrısı, yorgunluk, gözlerde, burun ve boğazlarda tahriş gibi belirtilerin, üçte ikilik bir kısmının kökenini oluşturmaktadır. Kronik ya da sonradan çıkan sağlık sorunları, genelde ilk aşamada teşhisi güç yada yıllar sonra ortaya çıkabilen özelliktedir. Akut semptomlar kolaylıkla teşhis edilirken hastalığın asıl nedeninin saptanması güç olabilmektedir. Araştırmalar düşük hava kalitesi ile bazı kullanıcıların karşılaştıkları, akut veya kronik sağlık sorunları arasında bağlantı olduğunu göstermektedir. Karşılaşılan sorunların yarısından fazlası, yetersiz ya da uygun olmayan havalandırmadan ve ısıtma – soğutma – iklimlendirme sistemlerinin eksikliklerinden kaynaklanmaktadır (Bkz. Şekil 2.12). Belirtiler kişilerin binayı terk etmesiyle azalmakta ya da yok olmaktadır. Ancak binada hastalığın oluşmasına ait kesin bir neden saptanamamaktadır [Çilingiroğlu, 2010; Heperkan, 2008].

Binayla ilişkili hastalıkları hasta bina sendromundan ayıran en önemli fark, belirtilerinin klinik olarak tanımlanabilmesi ve nedenlerinin açıkça belli olmasıdır. Bu gruba giren şikayetler, hasta bina sendromu rahatsızlıklarının tersine, kullanıcının yapıyı terk etmesinden sonra da sürmektedir. Teşhisi konmuş ve belirtileri tanımlanmış rahatsızlıkları kapsayan binayla ilişkili hastalıklar, insan sağlığı için daha tehlikeli bir durum ortaya çıkarmaktadır. Bina bağlantılı hastalıklar alerji, astım, aşırı isteksizlik/yorgunluk hali, baş ağrısı, baş dönmesi/sersemleme/göz kararması, boğaz problemleri, burun problemleri, deri-cilt problemleri, gecikmiş tip aşırı duyarlılık, alerjik alveolit, göğüs enfeksiyonları, göz problemleri, hırıltılı solunum, histeri, hasta bina sendromu, influenza, mide bulantısı, öksürük, soğuk algınlığı, solunum güçlüğü, solunum enfeksiyonları ve stres olarak sayılabilmektedir [Quagraine and Boschi 2006; Özyaral, 2003; Alptekin, 2007].



Şekil 2.12. Hasta ve sıkıcı bina sendromuna neden olan etkenler [Özyaral, 2003]

Hava kirleticiler ölçütü

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) en yaygın olarak karşılaşılan altı hava kirleticiyi 'criteria' kirletici olarak belirlemiş, bunlar için birincil ve ikincil standartlar koymuştur. Birincil standart, insan sağlığını hassas insanlar (astımlılar, çocuklar, yaşlılar) da dahil olmak üzere korumak için geliştirilmiştir. İkincil standart ise halk sağlığını, hayvanları, zirai ürünleri, bitki örtüsünü ve binaları korumak üzere geliştirilmiştir. Yaygın hava kirleticilerinin havadaki konsantrasyonları ve salırları Amerikan Çevre Koruma Ajansı tarafından sürekli takip edilmektedir. Veriler göstermektedir ki ABD'de yaklaşık 30 milyon insan, altı yaygın kirleticinin en az

birinin insan sağlığını tehdit eden konsantrasyonlarda bulunduğu bölgelerde yaşamaktadır [Sofuoğlu, 2007].

Hava kirleticiler olarak belirlenen gazlar elektrik santrallerinde ve fosil yakıtların yakılmasıyla (SO₂, NO_x, PM₁₀, Ni, Hg), motorlu araç trafiğinde (CO, NO_x, PM₁₀, Pb, benzen), endüstriyel üretim merkezlerinde (benzo(a)piren, SO₂, NO_x, PM₁₀, benzen), konut ısıtmada (SO₂, PM₁₀, CO, Ni, benzo(a)piren), tarımda (Cd) ve çöplerin yakılmasıyla (NO_x, Hg, PM₁₀, Cd) ortaya çıkmaktadır. Bu hava kirleticilerinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki en önemli zararlı etkileri şunlardır:

- SO₂, solunum yollarını etkiler ve asitleşme yoluyla çevre üzerinde zararlı etkiler bırakmaktadır,
- PM₁₀ solunum yollarını etkilemektedir,
- NO veya NO₂ şeklinde yayılan, NO₂ şeklinde atmosferde taşınan NO_x solunum yollarını etkilemektedir. Fakat en önemli etkisi ise, troposferdeki ozona (sis) katkıda bulunarak çevreyi etkilemektedir; geniş ölçekli atmosferik taşıma ve çökeltme yoluyla asitleşme ve ötrofikasyona yol açmaktadır,
- CO kanın oksijen taşıma kapasitesini düşürmektedir,
- Pb'nin, solunum veya besin zinciri yoluyla kana alınması, sinir sistemini etkilemektedir,
- Benzen, insan genleri üzerinde kanserojen etkide bulunmaktadır,
- Benzo(a)piren, kanserojen bir maddedir ve kanserojen potansiyelinin sonucu olarak aynı anda çok sayıda poliaromatik hidrokarbonların bulunmasında araç işlevi görmektedir,
- As, Cd, Hg ve Ni, temel olarak besin zinciriyle alımları sonucu insan sağlığını etkilemektedir [<http://havakalitesi.cevreorman.gov.tr>].

2.4.9. Radyoaktif radyasyon

İyonize ve iyonize olmayan radyasyon olarak sınıflandırılabilen radyasyonun süre ve doz ilişkisi değerlendirildiğinde türüne bağımsız olarak aşırı etkileşimesinin bütün sistemlerde hasarların oluşmasına neden olduğu bilinmektedir. Fakat duruma tahrip

gücü açısından bakıldığında iyonize radyasyonların daha tehlikeli olduğu kolaylıkla görülmektedir. İyonizasyon en basit şekliyle sözü edilen radyasyon veya ışınların, geçtikleri ortamda iyonlar oluşturmalarına neden olmaları olarak tanımlanmaktadır.

İyonize ışınlar, canlılarda moleküler ve hücresel düzeylerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik onarılabilen ya da kalıcı değişikliklere yol açmaktadır. İyonize ışınlar olarak tanımlanan X ve gama ışınlarının yanısıra alfa ve beta parçacıkları da geçtikleri ortamda iyonizasyona yol açarlar. Geçirdiği bazı reaksiyonlar sonucu, canlılarda hücre bölünmesi sırasında büyüme kesintiye uğramakta, kromozomların kırılmasına, birbirine yapışmasına, kenetlenmesine ve kıvrılmasına ve hücresel hasarlara neden olmaktadır [Kaya, 2002].

İyonize olmayan radyasyon ise atomların hareket etmesi için yeterli enerjiye sahip olmayan radyasyon türü olarak tanımlanmaktadır. Bu tür ışınlar ses ve radyo dalgaları, mikrodalgalar, haberleşme ve gıda sektörlerinde kullanılmaktadır [<http://epa.gov>].

Yapı ürünü seçimine yönelik çevresel etki sınıflarının ayrı ayrı irdelenmesi, yapı ürünlerinin çevresel sorunlarda büyük kaynak oluşturduğunu göstermektedir. Bu bağlamda binaların çevre sorunlarındaki rolü de ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda bu durumun farkedilmesiyle sürdürülebilirlik kavramı altında bina derecelendirme sistemleri ortaya çıkmıştır. Binaların çevreye olan etkisine göre kriterlere dayalı derecelendirme yapan bu sistemler de yapı ürünü çevresel etki sınıflarına malzeme değerlendirmesinde yer vermektedir. Bölüm 2.5'te bu durum detaylı olarak irdelenmektedir.

2.5. Bina Derecelendirme Sistemleri Ve Bu Sistemlerde Yapı Ürünü Çevresel Etki Sınıflarının Yeri

Bölüm 2.4'te irdelendiği üzere yapı ve yapıli çevrede kullanılan ürünlerin ne gibi çevresel etkileri olduğu görülmektedir. Farklı etki sınıflarına sahip yapı ürünlerinin çevresel etkileri ve yapıda kullanılan enerji miktarı yapının çevresel niteliğini

belirlemede doğrudan etkilidir. Günümüzde gelişen teknolojinin etkisiyle ortaya çıkan yeni yapı ürünlerinin kullanıldığı yapıların, toplamda çevresel etkisini ölçmek ve buna bağlı olarak sürdürülebilir yapı tasarımını sağlamak önemlidir.

1993 Haziran'ında Chicago'da Uluslararası Mimarlar Birliği'nin (UIA: Union of International Architects) düzenlediği Dünya Mimarlar Kongresi'nde, uzmanların işlerini mimarlık disiplini içerisinde, sürdürülebilir tasarım şartlarına uygun olarak çerçevelendirmeleri gereğini onaylayan bir demeç verilmiştir. Hem sosyal hem de çevresel sürdürülebilirliği kapsayan bu demeçte; çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğin, çalışma ve profesyonel sorumlulukların merkezine konulması; sürdürülebilir tasarımın uygulanabilmesini sağlayacak prosedürler, ürünler, müfredat, servis ve standartlar oluşturulması ve bunların sürekli geliştirilmesi; uzmanlar, müşteriler, öğrenciler ve toplumun sürdürülebilir tasarımın kritik önemi ve sağlam fırsatları konusunda eğitilmesi; sürdürülebilir tasarımın normal uygulama haline gelmesini sağlayacak politikalar, kısıtlamalar, iş ve hükümet uygulamalarının oluşturulması; yapılmış çevrenin tüm varolan ve gelecekte varolacak elemanlarının, tasarımlar, üretim, kullanım ve yeniden kullanım açısından sürdürülebilir standartlara uygun hale getirilmesi gereği vurgulanmaktadır [Williamson at all, 2003].

Binaların çevresel etkisinin azaltılması, yaşadığımız çevre ve insan aktivitelerinin devamını sağlamak üzere çevreyle dost yapıların geliştirilmesi konusunda yapılan tüm çalışmaların sonucunda binalarda sürdürülebilirlik ve çevresel performansın değerlendirilmesine yönelik sistemler ortaya çıkmıştır. Bu sistemlerin temelleri, çevresel bina değerlendirmesi konusunun bundan 80 yıl önce, İngiltere'de ele alınmasıyla atılmıştır [Civan, 2005].

“Rating systems” olarak bilinen bu sistemler, bazı kaynaklarda değerlendirme sistemleri olarak da anılmaktadır. Fakat bu sistemler yapıyı sürdürülebilirlik ölçütlerine göre puanlayıp, buna göre yapıyı mükemmel, çok iyi, iyi, geçer gibi derecelere ayırmaktadır. Bu nedenle bu sistemlerin “derecelendirme sistemleri” olarak anılması daha uygun görünmektedir.

Sürdürülebilir binaların çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve etki puanlarına göre derecelendirmesi işini yürüten derecelendirme sistemleri pek çok kaynakta model, analiz modeli, araç, metot ya da program gibi farklı kavramlarla ifade edilmektedir. Fakat bu sistemlerin tanımlanmasında kullanılması gereken en uygun kavram “araç” olarak söylenebilmektedir.

Derecelendirme sistemlerinin öne çıkmasındaki temel neden binaları somut ve nesnel bir değerlendirmeye tabi tutması ve sonuçlarının kolay algılanabilmesidir. Ayrıca bu sistemler yapı sektöründe rol alan kişi ve kuruluşların dikkatini çevresel sorunlara çekmekle kalmayıp, sektörün çevre üzerindeki yıkıcı etkilerini önlemede önemli adımlar atılmasını sağlamıştır. [Sev ve Canbay, 2009].

İlk derecelendirme sistemi 1990 yılında İngiltere’de Yapı Araştırma Kurumu (BRE: Building Research Establishment) tarafından geliştirilen BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)’dir. Bu sistemle birlikte pek çok sistem ortaya çıkmıştır. BREEAM’dan sonra sık kullanım alanı bulan bir diğer derecelendirme sistemi ise USGBC (U.S. Green Building Council) tarafından geliştirilerek 1998 yılında uygulamaya konulan LEED (Leadership in Energy and Environment Design)’dir.

Dünya genelinde, ülkelerin kendi bünyesinde var olan yapı araştırma kurumu tarafından oluşturulmuş ya da bu konuda uzmanlaşmış kurumların geliştirdiği sistemlerin yerel ve bölgesel olarak ülkelere uyarlanması ile kullanım alanı bulan bir çok derecelendirme sistemi bulunmaktadır. Bunlar, dünya çapında, BREEAM (UK), LEED (ABD) EcoProfile (Norveç), PromisE (Finlandiya), Green Star (Avustralya), SBAT (Güney Afrika), HK-BEAM ve CEPAS (Hong Kong), Green Mark for Buildings (Singapur), Green Globes (US), SPIRIT (US), Haute (Fransa), DGNB (Almanya), NABERS (Avustralya), Energy Star (US), EnerGuide (Kanada), Environmental Status (İsveç), EEWH (Taiwan) gibi bir sistemlerdir [Fowler and Rauch, 2006].

Çizelge 2.15'te ifade edildiği gibi ; LEED, BREEAM, CASBEE, SBTTool, DGNB ve Labs21 derecelendirme sistemleri yapı araştırma kurumu ya da yeşil bina konseyleri tarafından kendi iklim verilerine göre oluşturulan özgün sistemlerdir. Verilen diğer sistemler de temel değerlendirme sistemlerinden kendi bölgesel iklim verilerine göre uyarlanarak oluşturulmuşlardır.

Yapı Araştırma Kurumu (BRE) tarafından İngiltere'de geliştirilen BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) ve USGBC tarafından ABD'de geliştirilen LEED (Leadership in Energy and Environment Design) İngiltere ve ABD'yle birlikte Türkiye'de de sık kullanım alanı bulmuştur. Belirledikleri sürdürülebilirlik ölçütlerine göre binayı puanlayarak sertifikalandıran bu sistemler onları teşvik eden resmi kurumlar birlikte hareket etmektedir. Örneğin ABD'de LEED sertifikasyonunu veren USGBC'nin kimliğine bakacak olursak; %44 mimarlar, %10 danışmanlar, %10 mühendisler, %10 müteahhitler, %6 yapı malzemesi üreticileri, %4 STK'lar, %3 üniversite ve araştırma enstitüleri, %3 devlet ve/veya yerel yönetimler ve %10 diğer ilgili profesyonellerden oluşmaktadır [Scheuer and Keoleian, 2002].

LEED sertifika sisteminin kısa bir sürede oldukça yaygınlaşmış olması devlet ve yerel yönetimler tarafından aldığı teşvik ve desteklerden kaynaklanmaktadır. ABD'de yerel yönetimler tarafından binaların LEED sertifikası alması teşvik edilmektedir; arazi, vergi gibi konularda avantaj sağlanmaktadır. Örneğin Seattle'da tüm ticari yapıların LEED sertifikasyonu almasının zorunlu olması için çalışılmaktadır [Scheuer and Keoleian, 2002].

Binaların sertifikalandırılması süreci derecelendirilmek istenen binanın, sistemin geliştirildiği yapı araştırma kurumuna başvurusuyla başlamaktadır. Yetkili birimler binanın sürdürülebilirlik ölçütlerine göre derecesini belirleyerek ve yapıyı sertifikalandırmaktadır. Bu bağlamda bu sistemler bazı kaynaklara göre sertifika sistemleri olarak da anılabilmektedir.

Sertifikalandırmada esas alınan sürdürülebilirlik ölçütleri genel olarak bina yönetimi, sağlık ve memnuniyetin sağlanması, enerji korunumu, ulaşım, su korunumu, malzeme seçimi ve korunumu, arsa kullanımı ve ekolojinin korunması, atık yönetimi ve kirlilik kontrolü olarak sayılabilmektedir.

Yapı ürünü seçimine yönelik etki sınıflarının değerlendirildiği malzeme seçimi ve korunumu alanında, her derecelendirme sisteminin farklı şekilde ele aldığı çevresel etki sınıfları bulunmaktadır. Ancak farklı isimlerle adlandırılan bu etki sınıflarının içeriği irdelendiğinde ortak noktaları barındırdığı görülmektedir. Yani bu etki sınıfları her derecelendirme sistemine göre farklı adlandırılrsa bile içerik olarak ortak paydada toplanabilmektedir.

Derecelendirme sistemlerinde ele alınan çevresel etki sınıfları her derecelendirme sistemine göre farklı önem ağırlıklarına sahiptir (Bkz. Çizelge 2.17 ve Çizelge 2.19). Bu durum yapı ürününün derecelendirmesinde farklı değerlendirmeler yapılabilmesi anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, varsayımın geçerliliğini belirleyebilmek, bu tez çalışmasının temel amacını oluşturmaktadır.

Çizelge 2.15. Derecelendirme sistemleri ve gelişim tabanları [Fowler and Rauch, 2006]

Derecelendirme Sistemleri	Gelişim Tabanı
BREEAM	Özgün
BREEAM Canada	BREEAM
BREEAM Green Leaf	BREEAM, Green Leaf™
LEED®	Özgün
LEED Canada	LEED®
LEED India	LEED®
LEED Mexico	LEED®
Calabaras LEED	LEED®
CASBEE	Özgün
SBTool	Özgün
CEPAS	LEED®, BREEAM, HK-BEAM, IBI
Green Star	BREEAM, LEED®
Green Globes	Green Globes Canada
Green Globes Canada	BREEAM, Green Leaf
Green Globes UK	Green Globes Canada
HK BEAM	BREEAM
Labs21	Özgün
SPİRİT	LEED®
GOBAS	LEED®, CASBEE
Green Building Rating System-KOREA	LEED®, BREEAM, BEPAC
Protocol ITACA	SBTool
MSBG	LEED®, GBC '98, BREEAM
DGNB	Özgün

Yaygın olarak kullanılan BREEAM ve LEED derecelendirme sistemleri Türkiye’de inşa edilen yapılarda sertifikalandırma olanağı bulması, Türkiye’nin kendi derecelendirme sistemini oluşturması sırasında, bu sistemlerin Türkiye’ye uyarlanma olasılıklarını gündeme getirmiştir. Bu bağlamda, bu sistemlerin özellikleri

irdelenmelidir. Özellikleri irdelenecek derecelendirme sistemlerinden ilki BREEAM'dir.

2.5.1. BREEAM

1990 yılında İngiltere Yapı Araştırma Kurumu (BRE: Building Research Establishment) tarafından geliştirilen BREEAM (Building Research Establishment Enviromental Assessment Method) kriterlere dayalı, bina derecelendirme sistemlerinin ilk örneğidir. Müşteriler, müteahhitler ve tasarımcıları ilgilendiren BREEAM, düşük enerjili binalar için piyasa tanımlamasına giderken aynı zamanda yapının çevreye olan etkilerinin belirlenmesi, çalışma ve yaşama mekanlarının kalitesinin arttırılması ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi için kullanılan bir araçtır.

BREEAM'i geliştiren BRE, çevresel politikaların sürekli güncellenmesi ve yerel koşullarla harmanlanması gereğine dikkat çekmektedir. Kurumun BREEAM'i oluştururken hareket noktası, sürdürülebilir kalkınmanın en kapsamlı bileşeni olan çevresel kalkınmadır.

BREEAM ilk olarak 1990 yılında ev ve ofis binalarını değerlendirmek üzere iki yapı tipiyle başlamıştır. Kurulduğu günden bu yana bir çok yapı tipini sertifikalandırabilme özelliğine sahip olan BREEAM ile ofisler, ekokonutlar, okullar, küçük ticarethaneler, endüstriyel işletmeler, adalet yapıları değerlendirilebilmektedir. Makro ölçekte irdelendiğinde BREEAM yapı tipleri;

- BREEAM: Adalet Yapıları
- BREEAM: Ekoevler
- BREEAM: Sağlık Yapıları
- BREEAM: Endüstriyel İşletmeler
- BREEAM: Küçük Ticarethaneler
- BREEAM: Yapı Grupları

- BREEAM: Ofisler
- BREEAM: Eğitim Yapıları
- BREEAM: Hapishaneler şeklinde incelenebilmektedir. [[http:// breeam.org/](http://breeam.org/)]

İngiltere dışındaki ülkelerde yapılacak değerlendirmeler için BREEAM International, Avrupa ülkeleri ve Türkiye için BREEAM Europe ve körfez bölgesindeki ülkeler için BREEAM Gulf geliştirilmiştir. Diğer yapı türleri için (oteller, laboratuvarlar, karma fonksiyonlu yapılar) ise, sipariş üzerine kurum tarafından hazırlanan BREEAM Bespoke ile derecelendirme alanları yapı türüne özgü biçimde belirlenebilmektedir.

Sürdürülebilir tasarım kriterlerinin BRE tarafından yorumlanarak derecelendirme alanlarının oluşturulması sonucu, bu alanların altında tanımlanan kriterlere göre sonuç puana ulaşılmaktadır. Bu derecelendirme alanları;

- Yönetim (Management)
- Sağlık ve memnuniyet (Health & Wellbeing)
- Enerji (Energy)
- Ulaşım (Transport)
- Su (Water)
- Malzemeler (Materials)
- Alan kullanımı ve ekoloji (Land use& Ecology)
- Kirlilik (Pollution)
- Atık (Waste), olmak üzere dokuz grupta ele alınmaktadır. [<http://breeam.org/>]

Binanın derecelendirilmesinde kullanılan alanların ağırlık yüzdeleri farklılık göstermektedir. (Bkz. Çizelge 2.16)

Ayrıca BREEAM'in son sürümünde (BREEAM Office 2008) yeni bir derecelendirme alanı olan “yenilik (innovation)” alanına yer verilmektedir.

Çizelge 2.16. BREEAM Office 2008 derecelendirme alanları ve ağırlık yüzdeleri
[<http://breeam.org>]

Derecelendirme Alanları	Ağırlık Yüzdeleri (%)
Yönetim	8,9
Sağlık ve Memnuniyet	12,5
Enerji	19
Ulaşım	8,9
Su	5,3
Malzemeler	12,5
Alan Kullanımı ve Ekoloji	8,9
Kirlilik	10,7
Atık	6,2
Yenilik	8,9
Toplam	101,8

Çizelge 2.16’da görülebileceği üzere en büyük paya sahip derecelendirme alanı enerjinin korunumudur. Malzeme seçimi ve korunumuna yönelik malzemeler alanı ise toplamda %12,5 ‘luk paya sahiptir.

Derecelendirme, değerlendirme alanları (yönetim, sağlık ve memnuniyet, enerji, ulaşım, malzeme vb.) altında tanımlanan ölçütlere göre yapıp, projenin sağladığı her kriter için hakedilen puan verilerek oluşturulmaktadır. Değerlendirme sonucunda yapıda çevresel ölçütler yüzdesi %30’un altındaysa yapıya sertifika verilmemekte ve bu rakamın üzerinde çevresel ölçüt yüzdesine sahip olan yapılar kademeli olarak değerlendirilmektedir. %30 ile %40 arasında olanlar geçer (pass), %40 ile %55 arasında olanlar good (iyi), %55 ile % 70 arasında olanlar çok iyi (very good), %70 ile %85 ve üzerinde olanlar mükemmel (excellent), %85’in üzerinde olanlar ise seçkin (outstanding) dereceli sertifikaya sahip olmaktadır [Geworkion, 2010; Aotake et al., 2005].

BREEAM derecelendirme sisteminde çevresel etki sınıfı oranları

BREEAM derecelendirme sisteminde bulunan derecelendirme alanlarından biri olan malzemeler kriterine etkiyen çevresel etki sınıfları (asitleşme, ötrofikasyon vb.) Bölüm 2.4’te detaylı olarak açıklanmıştır. BREEAM, yapı ürünlerinin çevresel performansının ölçülmesinde Çizelge 2.17’de verilen ağırlıklar kullanılmaktadır

Çizelge 2.17. BREEAM’e göre çevresel etki sınıfları önem ağırlıkları [Anderson et al., 2002]

Çevresel Etki Sınıfları	Önem ağırlığı (%)
İklim değişikliği	38
Asitleşme	5,1
Ötrofikasyon	4,3
Fosil yakıt tüketimi	12
Mineral çıkarımı	3,5
Atık	6,1
Su kirletimi	5,4
Sis	3,8
Ekolojik zehirlenme	4,3
Ozon tüketimi	8,2
İnsan sağlığı (su toksisitesi)	2,6
İnsan sağlığı (hava toksisitesi)	7,0
Toplam	100

2.5.2. LEED

USGBC (U.S. Green Building Council) tarafından geliştirilerek 1998 yılında uygulamaya konulan Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik (LEED- Leadership in Energy and Environment Design) değerlendirme sistemi, bütün binanın tasarımında çevre dostu olmayı desteklemek, bina endüstrisinde çevre dostu olmak konusunda liderlik yapmak, çevre dostu olma rekabetini arttırmak, çevre dostu tüketimde tüketiciyi bilinçlendirmek, bina endüstrisini transfer etmek, sürdürülebilir yapıların

çoğaltılması ve yapıların çevreye verdikleri zararlara inşaat sektöründeki kişi ve kuruluşların dikkatini çekmek amacıyla geliştirilmiştir.

USGBC; mimarlar, yapı ürünü üreticileri, mal sahipleri, yükleniciler ve çevre grupları tarafından 1993 yılında oluşturulan gönüllü bir kurumdur. İlk üyeler, var olan modellerin incelenmesinden sonra ABD’ deki yapılar için ‘yeşil yapı’yı tanımlayan yeni bir modelin geliştirilmesine karar vermiş ve 1998 yılında ‘LEED 1.0’ pilot modeli oluşturulmuştur. 1998’den 2000’e kadar pilot uygulamayla LEED v1 ve LEED v2 olarak geliştirilip Mart 2000’de tam şeklini alan LEED 2009 Nisan’ında LEED v3 olarak yenilenmiştir [Sev, 2009].

Binaların renovasyonu, endüstriyel iç mimari, semtlerin planlanması ve hastaneler gibi spesifik alanlarda çeşitlenerek her alan için farklı kriterlerden oluşan sertifikalar oluşturabilen LEED’in derecelendirdiği yapı tipleri;

- LEED-NC: Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar
- LEED-EB: Mevcut Yapılar
- LEED-CI: Ticari İç Mekanlar
- LEED-CS: Bina çekirdeği ve kabuğu
- LEED-S: Okullar
- LEED-H: Evler
- LEED-ND: Mahalle Kalkındırma
- LEED-R”: Alışveriş Merkezleri
- LEED-HC”: Hastane ve Klinikler [Starrs, 2010; Kubba, 2010; <http://www.usgbc.org>] şeklinde sayılabilmektedir.

LEED değerlendirme sisteminin altında sürdürülebilirlik kriterlerine paralel altı adet derecelendirme alanı bulunmaktadır. Bu alanlar ;

- Sürdürülebilir arsa (Sustainable sites)
- Su korunumu (Water efficiency)

- Enerji ve atmosfer (Energy and atmosphere)
- Malzemeler ve kaynaklar (Materials and resources)
- İç mekan çevre kalitesi (Indoor and quality)
- Tasarım ve yenilik (Design and innovation) olmak üzere altı grupta toplanabilmektedir [Haselbach, 2008; Geworkian, 2008; Yudelson, 2008; Kawazu et al., 2005; <http://www.usgbc.org>]. Bu derecelendirme alanlarının, puanlamada ağırlık yüzdeleri farklılık göstermektedir. (Bkz. Çizelge 2.19)

Ayrıca bu alanlar her sınıf için aynı adla anılsalar da sınıflara ait değerlendirme oranları ve bir bütünde aldıkları paylar değişiklik göstermektedir. Örneğin LEED-NC'deki sürdürülebilir arazi konusu, değerlendirme sisteminde %24,5'lük bir alana sahipken LEED-CI' de bu oran %13'e gerileyebilmektedir.

LEED derecelendirme sisteminde diğer sistemlerden farklı olan bazı değerlendirme alanlarından puan alınabilmesi için sağlanması gereken bazı önkoşullar bulunmaktadır. Ön koşulun yerine getirilmesi istenen değerlendirme alanları sürdürülebilir alanlar, su tasarrufu, enerji ve atmosfer, malzemeler ve kaynaklar, iç mekan çevre kalitesi olarak sayılabilmektedir. Bu değerlendirme alanlarına karşılık gelen ön koşullar ise Çizelge 2. 18'de verilmektedir.

Çizelge 2.18. LEED-NC v3.0 Derecelendirme alanları ve ön koşulları [<http://usgbc.org>]

Değerlendirme Alanları	Ön Koşul
Sürdürülebilir arsa	Erozyon ve çökme kontrolü
Su korunumu	%20 su kullanımı oranında azalma
Enerji ve atmosfer	Akıllı bina sistemleri kullanımı
	Asgari enerji kullanımı
	HVAC sistemleri ile CFC azaltımı
Malzemeler ve kaynaklar	Geri dönüşümlü malzemelerin depolanması
İç mekan çevre kalitesi	Asgari iç mekan çevre kalitesi performansı
	Ekolojik tütün kullanımı

Diğer derecelendirme sistemlerinde olduğu gibi LEED’de de derecelendirme alanlarının altındaki kriterlerin herbiri puanlanmakta ve ortaya çıkan sonuç değerlendirilerek sertifika derecesine karar verilmektedir.

Değerlendirme sonucunda yapıda çevresel kriterler puanı 40’ın altındaysa yapıya sertifika verilmemekte ve bu rakamın üzerinde çevresel kriter puanına sahip olan yapılar kademeli olarak değerlendirilmektedir. 40 ile 49 puan arasında olanlar sertifikalı (certified), 50 ile 59 arasında olanlar gümüş (silver) 60 ile 79 arasında olanlar altın (gold), 80’in üzerinde olanlar ise platin (platinum) dereceli sertifikaya sahip olmaktadır [<http://usgbc.org>].

LEED derecelendirme sisteminde çevresel etki sınıfı oranları

BEES yazılım aracı, yaşam döngüsü değerlendirme danışmanlık şirketi Five Winds International, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) ile çalışarak çevresel etki sınıfları hakkında bir dizi ağırlık ataması için yaptığı çalışma sonucu ortaya çıkan önem ağırlıkları ABD Yeşil Bina Konseyi LEED 2009 sertifika sisteminde kullanılmak üzere kabul edilmiştir [<http://buildinggreen.com>]. Bu ağırlıklar Çizelge 2.19’da verilmiştir.

Çizelge 2.19. LEED’e göre çevresel etki sınıfları önem ağırlıkları [Lippiatt, 2002]

Çevresel Etki Sınıfları	Önem ağırlığı (%)
Küresel ısınma	29
Asitleşme	3
Ötrofikasyon	6
Fosil yakıt tüketimi	10
İç mekan hava kalitesi	3
Habitat tahribatı	6
Su kirletimi	8
Hava kirleticiler ölçütü	9
Ekolojik zehirlenme	7
Ozon tüketimi	2
Sis	4
İnsan sağlığı	13
TOPLAM	100

Çizelge 2.17 ve Çizelge 2.19’da görüldüğü üzere BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerinde kullanılan malzeme seçimine yönelik etki sınıfları ve bunlara verilen önem ağırlıkları farklılık göstermektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Tez çalışmasında yapı ürünü seçiminde derecelendirme sistemlerinin farklı önem ağırlıkları kullanmasının ürünün çevresel performans değerindeki etkisi belirlenmektedir. Çalışma kapsamında bütün yapı tiplerinde sık kullanım olanağı bulan tuğla ve son yıllarda tuğlanın işlevine eş olarak oluşturulan gazbeton ve bims beton duvar bloğunun çevresel etki değerleri seçilmiştir. Tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun yaşam döngüsü etki değerleri BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerinin kullandığı önem ağırlıkları ile hesaplanmış ve her etki sınıfı için sonuç değerlere ulaşılmıştır.

Hesaplamalarda küresel etki değerleri ve derecelendirme yapılan ülkelerin yerel normlarına göre düzenlenmiş etki değerleri kullanılarak iki tür değere ulaşılmış ve bu değerler arasındaki farkın niceliği irdelenmiştir. Bu bölümde çalışmada ele alınan materyallerin ayrıntılı olarak incelenmesine ve kullanılan yöntemlere yer verilmiştir.

3.1. Materyal

Farklı önem ağırlıklarının çevresel performans değerinde neden olduğu farkın niceliğinin somut olarak görülebilmesi nedeniyle, çalışma kapsamında yapı ürünü olarak tuğla, gazbeton ve bims duvar bloğu seçilmiştir. Bu ürünlerin derecelendirme sistemlerine göre çevresel performans değerinin belirlenebilmesinde kullanılan etki değerleri ve alındığı veritabanı, sistemlere ait önem ağırlıkları ve normalizasyon faktörleri bu bölümde irdelenmiştir.

3.1.1. “Ecoinvent” veritabanı

Tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun çevresel etki verilerinin sağlandığı ecoinvent veritabanının merkezi İsviçre’de bulunan EMPA’dır (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research). EMPA yapı ürünleri ve bileşenlerini derlemektedir. EMPA liderliğinin altındaki ‘The Swiss Centre for Life

Cycle Inventories’, farklı yaşam döngüsü envanter veritabanlarını birleştirip genişleterek “ecoinvent” veritabanını oluşturmuştur.

Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi, ürünlerin yaşam döngüleri boyunca oluşmuş yada oluşacak çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir yöntemdir. Ecoinvent veritabanı; yaşam döngüsü değerlendirme çalışmalarını daha etkili ve kolay hale getirmek ve raporların güvenilirliğini ve kabulünü arttırmak amacıyla ortaya çıkmıştır. Enerji, atık yönetimi, yapı ürünleri, tarım, taşıma metaller, kağıt kimyasalların yaşam döngüsü envanterlerini kapsayan bu veritabanı hava, toprak, kaynak ve su gibi kategorilere ayrılarak kendi içinde farklı sınıflara ait bilgiler içermektedir [Tuna Taygun, 2005; <http://ecoinvent.org>, 2010].

Ecoinvent veritabanında çeşitli yaşam döngüsü etki değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar, Eco-indicator 99, IMPACT 2002 +, EDIP , CML 2001 olarak sayılabilmektedir. Herbirinin değerlendirme yaptığı alt kategoriler farklılık göstermekte olup (Bkz. Çizelge 3.1), Cumulative Energy Demand yöntemi fosil, su, nükleer, rüzgar ve toprak değerlendirebilirken, IPCC 2001 yöntemi sadece iklim değişikliğine yönelik değerlendirme yapmaktadır. Bu bağlamda bu yöntemlerin içinde asitleşme, iklim değişikliği, ötrofikasyon, ozon tüketimi , abiyotik tüketim gibi etki sınıflarında değerlendirme yapabilmesi, sertifika sistemlerinin kullandığı etki sınıflarıyla benzerlik göstermesi nedeniyle tez çalışmasında kullanılmak üzere CML 2001 yönteminin tuğla (brick), gazbeton (aerated concrete block) ve bims beton duvar bloğuna (lightweight concrete block, pumice) yönelik belirttiği veriler kabul edilmiştir.

CML 2001 verilerinin seçilmesinin bir diğer nedeni ise derecelendirme sistemlerinin kullandığı farklı etki sınıflarının ortak paydada toplanarak bu sınıfların CML 2001 yöntemine uyarlanabilme oranının yüksek olmasıdır.

Çizelge 3.1. “Ecoinvent” veritabanındaki etki değerlendirme yöntemleri için kullanılan kategoriler [Tuna Taygun, 2005]

Etki değerlendirme yöntemleri	Sınıflar
“Cumulative Energy Demand”	Fosil, nükleer, su, rüzgar, toprak
“Eco indicator 99 (E,E)”	Ekosistem niteliği, insan sağlığı, kaynaklar, toplam
“Eco indicator 99 (H,A)”	Ekosistem niteliği, insan sağlığı, kaynaklar, toplam
“Eco indicator 99 (I,I)”	Ekosistem niteliği, insan sağlığı, kaynaklar, toplam
“IMPACT 2002+”	İklim değişikliği, ekosistem niteliği, ötrofikasyon, insan sağlığı, ozon tabakasının incilmesi
“IPCC 2001”	İklim değişikliği
“EDIP”	Çevresel etki, kaynak tüketimi
“CML 2001”	Asitleşme, iklim değişikliği, ötrofikasyon, insan sağlığı, ozon tabakası tüketimi, abiyotik tüketim, ekolojik zehirlenme, sis ve radyasyon

3.1.2. Tuğla ve çevresel etki değerleri

Dünya tarihinde üretilen ilk yapı malzemesi olarak bilinen tuğla suya, dona ve ateşe karşı oldukça dayanıklı olması nedeniyle temel bir yapı malzemesi olarak bilinmektedir. Kil minerali içeren, belli ölçüde suyla karıştırıldığında plastik çamur haline gelen, şekillenme özelliğine sahip ve 900–1000 °C’de pişirildiğinde, çatlamadan sertleşebilen bütün topraklar, tuğla hammaddesi olarak kabul edilmektedir. Tuğla toprağı genellikle illit, az miktarda montmorillonit, kaolinit, kuvarz, demir mineralleri, az miktarda organik maddeler ve suda çözülebilen tuzlar ihtiva etmektedir. Kil minerallerinin en önemli özelliği belirli oranda su ile (% 25–35) karıştırıldığında plastik hale gelmesi, şekillenebilmesi ve kurutulup pişirildikten sonra dayanıklı bir malzeme yeteneğinin olmasıdır. Buna karşın, kil içinde bulunan

silisli, demirli ve alkali bileşikler plastikliğini ve ateşe dayanma yeteneğini azaltmaktadır [Ulusoy, 2008].

TS 705'e göre tuğlalar donatı dayanıklılıklarına, delik oranlarına, deliklerin yönlerine ve yapı standartlarına göre sınıflandırılmaktadır.



Şekil 3.1. Tuğlanın sembolik görünümü

Tuğla, killi toprağın su ile hamur şekline getirilip, şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra özel ocak ve fırınlarda yüksek sıcaklıklarda (900–1300°C) pişirilmesi ile elde edilmektedir [Ulusoy, 2008]. Tuğla üretimi genel olarak hammaddenin hazırlanması, şekillendirme, kurutma ve pişirme aşamalarından oluşmaktadır.

Türk standartlarında yer alan tuğla çeşitleri aşağıda verilmektedir;

- TS 704 Harman tuğlası (duvarlar için)
- TS 705 Fabrika tuğlaları-duvarlar için dolu ve düşey delikli
- TS 1260 Taşıyıcı döşeme tuğlaları (statik çalışmaya katılan)
- TS 1261 Taşıyıcı döşeme tuğlaları (statik çalışmaya katılmayan)
- TS 4562 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-klinker tuğla
- TS 4563 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-yatay delikli
- TS 4377 Fabrika tuğlaları-duvarlar için-düşey delikli, hafif

- TS 562 Oluklu kiremitler ve mahya kiremitleri-Akdeniz tipi, Marsilya tipi
- TS 3457 Kiremit (pişmiş topraktan)

Türkiye’de bir yılda üretilen tuğla miktarı DPT’ye göre (Devlet Planlama Teşkilatı) “6.200.000.000” adettir. Bu kadar sık kullanım alanı bulan tuğlanın çevreye olan etkilerinin irdelenmesi önemlidir. Fakat Türkiye koşullarında üretilen tuğlanın yaşam döngüsü etki değerlerine ulaşamamaktadır. Bu bağlamda çalışma kapsamında kullanılacak verilerecoinvent veritabanı kapsamında Avrupa’da üretilen tuğlanın verileridir. Bu veriler Çizelge 3.2’de ve etki sınıflarına göre Çizelge 3.3’te ayrıntılı olarak verilmektedir.

Çizelge 3.2. Seçilen yapı ürünü tuğlaya ait bilgiler

Özellikler	Bilgiler
Üretim yeri	Avrupa (RER)
Birim	kg
Kategori	Konstrüksiyon malzemeleri

Tuğlanın CML 2001 metoduna göre hesaplanan verileri Çizelge 3.3’te verilmektedir. Bu çizelgede görülen etki sınıfları CML 2001 metodunun ürün değerlendirmede kabul ettiği etki sınıflarıdır. Her etki sınıfının neden olduğu gazlar Bölüm 2.3’te etki sınıflarının altında verilmektedir.

Etki sınıfına bir çok kimyasal madde neden olmaktadır. Bu durum ise ürünün toplam etki değerini belirlemede güçlük oluşturacağından, etki sınıfına neden olan kimyasal gazlardan birinin etki sınıfına etkisi “1” olarak kabul edilmekte ve diğer gazların etkisi ona dönüştürülerek belirlenmektedir. Örneğin küresel ısınma sınıfında temel gaz CO₂ kabul edilmekte, diğer gazların etkisi ise CO₂ eşitliğinde hesaplanmaktadır. Bu yöntem yaşam döngüsü değerlendirme yönteminde “*karakterizasyon*” olarak adlandırılmaktadır.

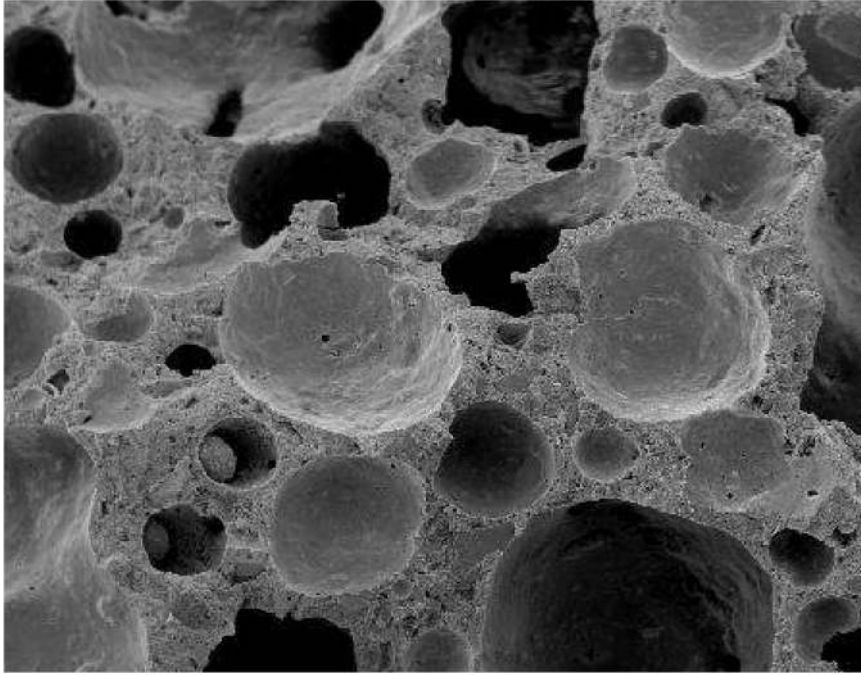
Diğer etki sınıflarında da durum aynıdır. Asitleşme potansiyeli için eşitlik alınan gaz kükürtdioksit (SO₂), ötrofikasyon potansiyeli için fosfat (PO₄), abiyotik tüketim potansiyeli için antimon (Sb), stratosferdeki ozon tüketim potansiyeli için kloroflourokarbon (CFC 11), fotokimyasal ozon oluşum potansiyeli için etilen, ekolojik zehirlenme potansiyelleri için diklorobenzen (DCB) gazıdır.

Çizelge 3.3. Tuğlanın üretim aşamasında CML 2001'e göre YDED değerleri ve özellikleri

Çevresel Etki Sınıfları	Etki Özellikleri ve YDED Değeri			
	İsim	Ülke	Birim	Değer
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Genel	Küresel	kg Sb	1,18E-03
CML 2001, Asitleşme Potansiyeli (AP)	Genel	Küresel	kg SO ₂	6,19E-04
CML 2001, Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)	Genel	Küresel	kg PO ₄	7,17E-05
CML 2001, Tatlısu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (FAETP inf.)	FAETP infinite	Küresel	kg 1,4-DCB	5,96E-03
CML 2001, Küresel Isınma Potansiyeli (GWP 100 yıl)	GWP 100a	Küresel	kg CO ₂	2,39E-01
CML 2001, İnsan Zehirlenme Potansiyeli (HTP inf.)	HTP infinite	Küresel	kg 1,4-DCB	6,51E-02
CML 2001, Deniz suyu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (MAETP inf.)	MAETP inf.	Küresel	kg 1,4-DCB	4,63E+02
CML 2001, St. Ozon Tüketim Potansiyeli (ODP, kararlı hal)	ODP kararlı hal	Küresel	kg CFC-11	1,78E-06
CML 2001, Fotokimyasal Ozon Gazı Oluşum Potansiyeli (POCP)	high NOx POCP	Küresel	kg ethylene	3,97E-05
CML 2001, Radyoaktif Radyasyon	iyonize radyasyon	Küresel	DALYs	4,09E-10
CML 2001, Kara Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (TETP inf.)	TETP inf.	Küresel	kg 1,4-DCB	2,24E-04

3.1.3. Gazbeton ve çevresel etki değerleri

Gazbeton; silisli kum (kuvarsit), çimento, kireç ve su karışımıyla oluşturulan harcın, basınçlı buhar altında sertleşmesi ile elde edilen gözenekli bir yapı malzemesidir. Yapısının %84'ü, durgun hava içeren gözeneklerden oluşmaktadır (Bkz.Şekil 3.2). Gazbetonda bulunan küçük gözenekler içine sıkışmış kuru hava, yüksek ısı yalıtımı ve hafiflik sağlamaktadır.



Şekil 3.2. Gazbetonun yapısında bulunan gözenekler

60*25*10-35 cm (uzunluk, genişlik, kalınlık) boyutlarında üretilen gazbeton yanmayan bir yapı malzemesi olarak bilinmektedir (Bkz. Şekil 3.3). 1000 °C civarında sinterleşmeye, 1100-1200 °C arasında erimeye başlamaktadır. 225 ile 450 °C arasında malzeme bünyesinde kılcal çatlaklar meydana gelmektedir [Borhan, 1990].

Gazbetonun üretiminde kullanılan silisli kum, çimento ve kirecin toz kıvamında öğütülmesiyle elde edilen malzeme su ve gözenek oluşturucu alüminyum ilave edilerek elde edilen karışım kalıp arabalarına dökülmektedir. Döküm işlemi

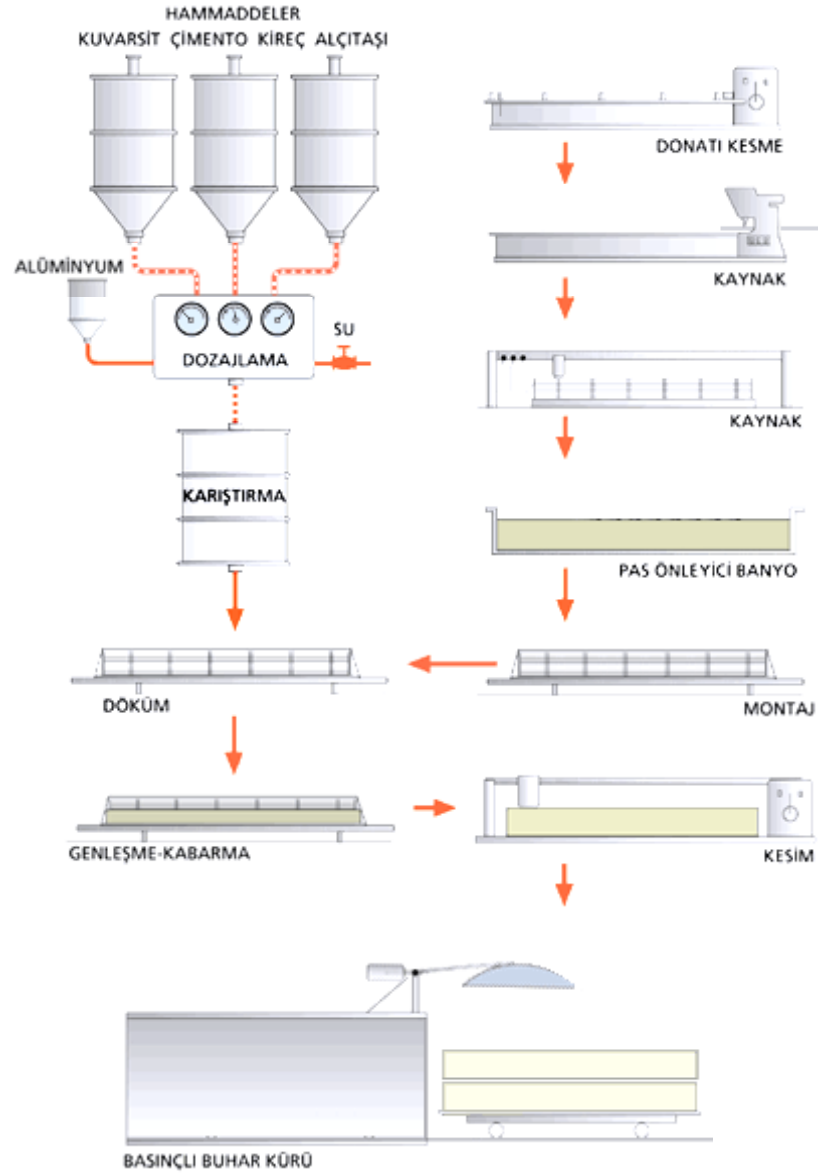
öncesinde, yapı elemanları için korozyona karşı korunmuş, çelik hasır donatılar kalıba yerleştirilmekte, döküm sonrasında karışım, sıcaklığı sürekli kontrol altında tutulan bekleme tüneline sertleşmeye bırakılmaktadır. 3-4 saatlik süre sonunda kesim sertliğine ulaşan gazbeton, bilgisayar kontrollü kesim tezgahlarına alınarak ve istenilen boyutlarda milimetrik duyarlılıkta kesilmektedir. Kesim işleminden çıkan gazbeton, otoklavlara alınarak buhar kürüne tabi tutulmaktadır (Bkz. Şekil 3.4) [<http://tgub.org>].



Şekil 3.3. Gazbetonun sembolik görünümü

Türkiye’de son yıllarda kabukta kullanılacak yapı malzemesi olarak üretilen gazbetonun çevresel etki değerlerinin incelenmesi, diğer yapı ürünleri olan tuğla ve bims beton blokla karşılaştırılabilmesi bakımından önemlidir. Böylelikle yapı kabuğunda kullanılan ürünler arasında da bir kıyaslama imkanı sunulabilecektir.

Çalışma kapsamında yine Türkiye’de üretilen gazbetonun çevresel etki değerlerine ulaşamadığından İsviçre’de üretilen gazbeton seçilmiş ve bu ürünün çevresel etki değerleri ecoinvent veritabanından alınmıştır. Seçilen gazbetonun özellikleri ve çevresel etki değerleri Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5’te verilmektedir.



Şekil 3.4. Gazbetonun üretim süreci [<http://tgub.org>]

Çizelge 3.4. Gazbetona ait bilgiler

Özellikler	Bilgiler
Üretim yeri	İsviçre (CH)
Birim	kg
Kategori	Konstrüksiyon malzemeleri

Çizelge 3.5’te verilen gazbetona ait çevresel etki değerlerinde eşitlik alınan gaz küresel ısınma potansiyeli için CO₂, asitleşme potansiyeli için kükürdioksit (SO₂),

ötrofikasyon potansiyeli için fosfat (PO₄), abiyotik tüketim potansiyeli için antimon (Sb), stratosferik ozon tabakası potansiyeli için kloroflourokarbon (CFC 11), fotokimyasal ozon potansiyeli için etilen, ekolojik zehirlenme potansiyelleri için diklorobenzen (DCB) gazıdır.

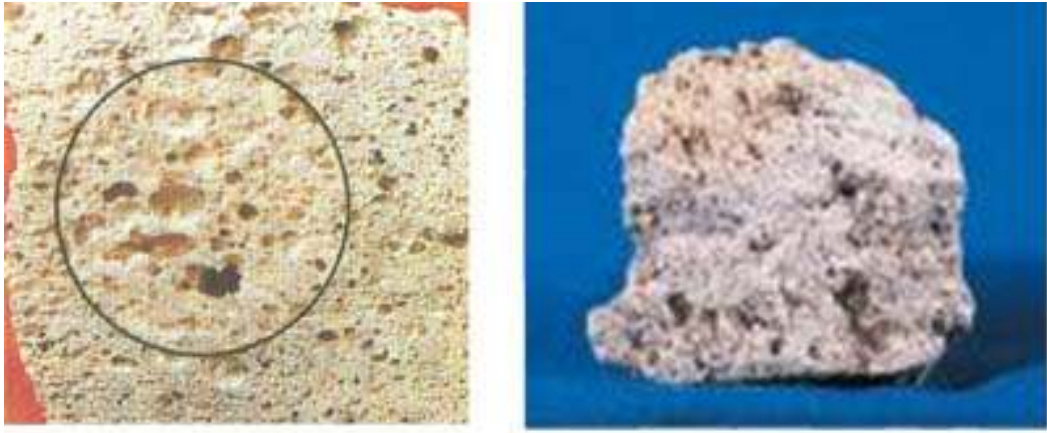
Çizelge 3.5. Gazbetonun üretim aşamasında CML 2001'e göre YDED değerleri ve özellikleri

Çevresel Etki Sınıfları	Etki Özellikleri ve Değeri			
	İsim	Ülke	Birim	Değer
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Genel	Küresel	kg Sb	1,39E-03
CML 2001, Asitleşme Potansiyeli (AP)	Genel	Küresel	kg SO ₂	7,23E-04
CML 2001, Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)	Genel	Küresel	kg PO ₄	9,61E-05
CML 2001, Tatlısu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (FAETP inf.)	FAETP infinite	Küresel	kg 1,4-DCB	1,29E-02
CML 2001, Küresel Isınma Potansiyeli (GWP 100 yıl)	GWP 100a	Küresel	kg CO ₂	4,11E-01
CML 2001, İnsan Zehirlenme Potansiyeli (HTP inf.)	HTP infinite	Küresel	kg 1,4-DCB	6,12E-02
CML 2001, Deniz suyu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (MAETP inf.)	MAETP inf.	Küresel	kg 1,4-DCB	5,17E+01
CML 2001, St. Ozon Tüketim Potansiyeli (ODP, kararlı hal)	ODP kararlı hal	Küresel	kg CFC-11	2,30E-08
CML 2001, Fotokimyasal Ozon Gazı Oluşum Potansiyeli (POCP)	high NO _x POCP	RER	kg ethylene	4,22E-05
CML 2001, Radyoaktif Radyasyon	iyonize radyasyon	Küresel	DALYs	1,10E-09
CML 2001, Kara Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (TETP inf.)	TETP inf.	Küresel	kg 1,4-DCB	6,49E-04

3.1.4. Bims beton duvar bloğu ve çevresel etki değerleri

Hafif beton blok olarak kullanılan “bims” volkanik bir kayaç olup, T.S. 3234’e göre volkanik faaliyetlerle oluşan birbirine bağlantısız boşluklardan oluşan, sünger görünümlü, silikat esaslı, camsı doku gösteren bir maddedir. Bims adı Almanca’dan gelmektedir. Diğer dillerde bu farklı olarak (İtalyanca’da “pomza”, Fransızca’da “ponce”, İngilizce’de “pumice” şeklinde) adlandırılabilir. Türkçe’de ise karşılığı süngertaşı, nasır ya da topuk taşı şeklinde veya teknoloji ithalatının etkisiyle bims yada pomza olarak anılmaktadır [Çiçek, 2002; <http:bims.gen.tr>]. Tez kapsamında bu terim “bims” şeklinde kullanılacaktır.

Bims, gözenekli yapısından dolayı, düşük ısı ve ses geçirgenliğine sahiptir. Bünyesinde %75 oranında silis bulunmaktadır. Bileşim olarak, %60-75 SiO₂, %13-17 Al₂O₃, %1-3 Fe₂O₃, %1-2 CaO, %7-8 Na₂O-K₂O ve eser miktarda TiO₂ ve SO₃’ten oluşmaktadır.



Şekil 3.5. Bims taşının genel görünümü [<http:kaleblokbims.com/bims.php>]

Bims agregası bimsin kırma ve eleme suretiyle hafif yapı elemanı üretimine elverişli mıcır haline getirilmiş halidir. Bims blok bu agreganın T.S. 3234’ün vermiş olduğu kurallara uygun olarak çimento ve su ilavesi ile, otomatik tesislerde yüksek basınçta vibrasyonla ve buhar kürü tatbiki ile sıkıştırılıp şekillendirilen hafif bir yapı elemanıdır.

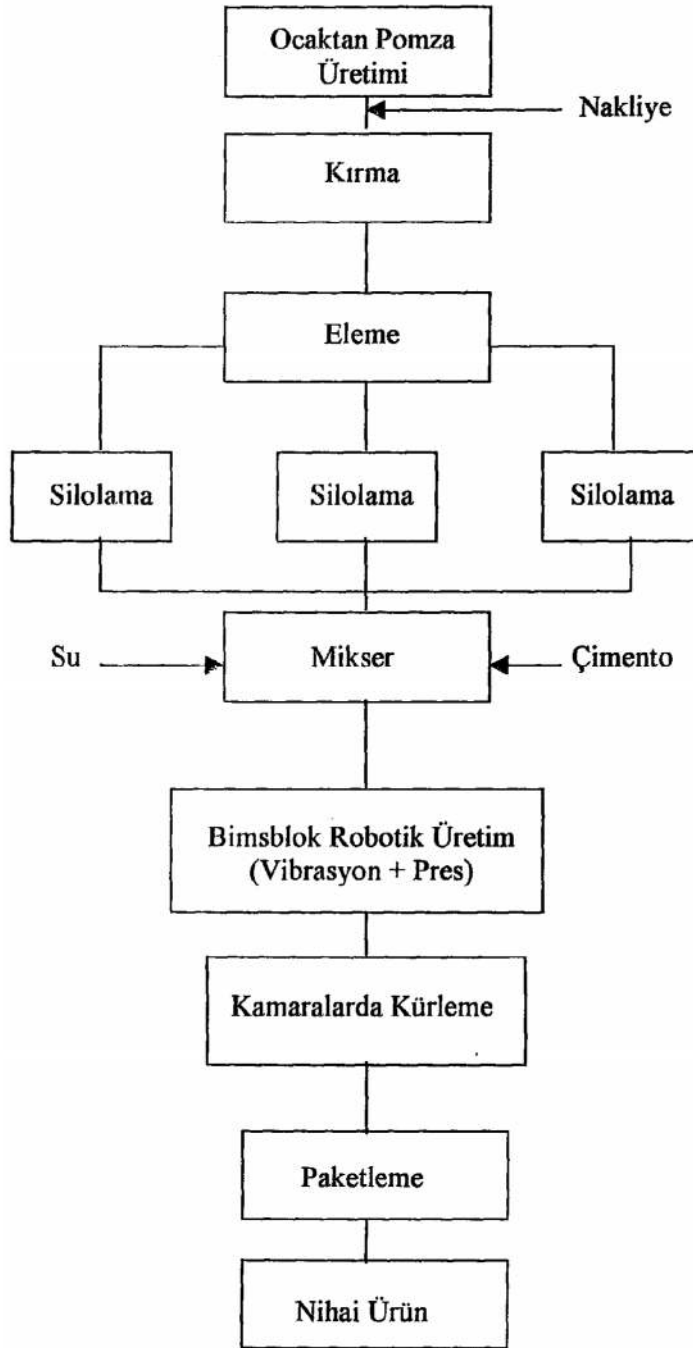
Bims blok üretimi, pomza taşının bimsblok agregası haline dönüştürülmesiyle başlar. Bu agregalar boyutlandırılmış olarak silolalara ayrı ayrı gönderilir. Silolarda toplanan bims agregası, çimento ve suyla homojen bir şekilde karıştırılmak üzere mikserde alınır. Bu karışım yüü karışımsek basınç ve vibrasyon altında kalıplara preslenir. Kalıp içerisinde istenilen şekli alan bu karışım priz kazandırılmak üzere kameralara yerleştirilir. İstenilen dayanıma ulaşan bims bloklar stok alanına sevk edilerek üretimi tamamlanır (Bkz. Şekil 3.7) [Serin, 1999].

Gözenekli yapısından dolayı ses bimsbloğun ses absorbsiyon özelliği fazladır. Ayrıca nefes alan yapısı sayesinde sağlıklı ve kokusuz mekanlar sağlamaktadır. Ayrıca su buharı difüzyonuna karşı katsayısı 2-4 arasındadır. Bu değer tuğla duvarda 10 iken gazbetonda 5-10 arasındadır. Bu nedenden dolayı ıslanan bims blok diğerlerine göre daha hızlı kurumakta, bu da küfün ve yoğuşmanın engellenmesi anlamına gelmektedir.



Şekil 3.6. Bims bloğun sembolik görünümüleri

TS 2823 (Bims betondan mamül yapı elemanları) standardına göre bims blok ürünleri genelde bims betondan üretilmektedir. Bu ürünler şekil, boyut ve geometrik durumlarına göre bims tuğla, boşluklu duvar bims blokları ve asmolenler olmak üzere üç ana grupta toplanmaktadır. Boşluklu duvar bims blokları, tek sıra, iki, üç ve dört sıra boşluklu bims bloklar şeklinde dörde ayrılmaktadır. Asmolenler ise kendi içinde düz ve fligran tipi asmolen olarak ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 3.7. Bimsblok üretim şeması [Serin, 1999]

Çalışma kapsamında Türkiye’de üretilen bims beton duvar bloğunun çevresel etki değerlerine ulaşamadığından Almanya’da üretilen ürün seçilmiş ve çevresel etki değerleri “Ecoinvent” veritabanından alınmıştır. Seçilen bims beton duvar bloğunun özellikleri ve çevresel etki değerleri Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7’de verilmektedir

Çizelge 3.6. Bims beton duvar bloğuna ait bilgiler

Özellikler	Bilgiler
Üretim yeri	Almanya (DE)
Birim	kg
Kategori	Konstrüksiyon malzemeleri

Çizelge 3.6.'da verilen bims beton duvar bloğuna ait çevresel etki değerlerinde eşitlik alınan gaz küresel ısınma potansiyeli için CO₂, asitleşme potansiyeli için kükürtdioksit (SO₂), ötrofikasyon potansiyeli için fosfat (PO₄), abiyotik tüketim potansiyeli için antimon (Sb), stratosferik ozon tabakası potansiyeli için kloroflourokarbon (CFC 11), fotokimyasal ozon potansiyeli için etilen, ekolojik zehirlenme potansiyelleri için diklorobenzen (DCB) gazıdır.

Çizelge 3.7. Bims beton duvar bloğunun üretimi aşamasında CML 2001'e göre YDED değerleri ve özellikleri

Çevresel Etki Sınıfları	Etki Özellikleri ve Değeri			
	İsim	Ülke	Birim	Değer
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Genel	Küresel	kg Sb	5,79E-04
CML 2001, Asitleşme Potansiyeli (AP)	Genel	Küresel	kg SO ₂	4,80E-04
CML 2001, Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)	Genel	Küresel	kg PO ₄	7,62E-05
CML 2001, Tatlısu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (FAETP inf.)	FAETP infinite	Küresel	kg 1,4-DCB	9,68E-03
CML 2001, Küresel Isınma Potansiyeli (GWP 100 yıl)	GWP 100a	Küresel	kg CO ₂	2,14E-01
CML 2001, İnsan Zehirlenme Potansiyeli (HTP inf.)	HTP infinite	Küresel	kg 1,4-DCB	4,16E-02
CML 2001, Denizsuyu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (MAETP inf.)	MAETP inf.	Küresel	kg 1,4-DCB	2,70E+01
CML 2001, St. Ozon Tüketim Potansiyeli (ODP, kararlı hal)	ODP kararlı hal	Küresel	kg CFC-11	8,59E-09
CML 2001, Fotokimyasal Ozon Gazı Oluşum Potansiyeli (POCP)	high NOx POCP	RER	kg ethylene	1,67E-05
CML 2001, Radyoaktif Radyasyon	iyonize radyasyon	Küresel	DALYs	4,99E-10
CML 2001, Kara Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (TETP inf.)	TETP inf.	Küresel	kg 1,4-DCB	4,50E-04

3.1.5. Çevresel etki sınıfları ve önem ağırlıkları

Yapı ürünü seçimine yönelik etki sınıflarının değerlendirildiği malzeme seçimi ve korunumu alanında her derecelendirme sisteminin kullandığı çevresel etki sınıfları

farklılık göstermektedir. Ancak farklı isimlerle adlandırılan etki sınıflarının içeriği irdelendiğinde ortak noktaları barındırdığı görülmektedir. Yani bu etki sınıfları her derecelendirme sistemine göre farklı adlandırılırsalarda, içerik olarak aynı noktaları işaret ettiğinden, ortak paydada toplanabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında, son yıllarda sıklıkla kullanılması ve Türkiye'ye uyarlanması düşünülen BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerinin etki sınıfları ve önem ağırlıkları, seçilen yapı ürünlerinin çevresel performansının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

BREEAM ve LEED sistemlerinin etki sınıflarının farklı adlandırılması, yapı ürününün çevresel performansının belirlenmesini güçleştirmektedir. Bu bağlamda seçilen yapı ürünlerine ait etki sınıflarının, CML 2001 yönteminin etki sınıflarına uyarlanması hesaplamanın gerçekleşebilmesini sağlamaktadır. Çizelge 3.8'de BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerinde kullanılan etki sınıfları CML 2001'e uyarlanmaktadır. Bu durum yaşam döngüsü değerlendirme sisteminde, etki sınıflarının etki kategorileri üzerinden ilişkisiyle gerçekleştirilip, "*sınıflandırma*" (classification) olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 3.8'de görülebileceği üzere BREEAM ve LEED sisteminde bulunan su kirliliği, fosil yakıt tüketimi CML 2001'de cansız kaynak tüketimini esas alan abiyotik tüketim sınıfı altında kabul edilmiştir. BREEAM'in etki sınıfı olan ağır metal çıkarımıyla kaynak tüketimine neden olan mineral çıkarımı ve atık sınıfı, LEED sisteminin kabul ettiği habitat tüketimi de yine abiyotik tüketim sınıfında irdelenmiştir.

Uzun dönemli sıcaklık, yağış, rüzgar ve dünya iklimiyle ilgili tüm faktörlerin değişimi olarak tanımlanan, iklim değişikliği ya da küresel ısınma olarak anılan bu etki sınıfı ise yine aynı adla anılan küresel ısınma potansiyeli ile eşleştirilmiştir. İyi huylu ozon tüketimini esas alan stratosferdeki ozon tüketimi potansiyeli ve asit yağmurlarına neden olan asitleşme BREEAM, LEED ve CML2001'de ortaktır. BREEAM'de su ve hava kaynaklı insan zehirlenmesi, LEED'de insan sağlığı olarak

isimlendirilen etki sınıfı CML 2001’de insan toksisite potansiyeli kapsamında kabul edilmiştir. İç mekan hava kalitesi ve hava kirleticilerin irdelendiği önemli etki sınıfı ise insan sağlığını önemli oranda etkilemesi nedeniyle yine insan zehirlenme potansiyeli ile eşleştirilmiştir. CML 2001’de tatlısu, deniz suyu ve kara ekolojisi zehirlenme potansiyeli olarak ayrı ayrı irdelenen bu etki sınıfları BREEAM ve LEED’de ekolojik zehirlenme başlığı altında verilmiştir. Göl gibi herhangi bir büyük su ekosisteminde bitki varlığının aşırı şekilde artması olarak tanımlanan ötrofikasyon potansiyeli BREEAM, LEED ve CML 2001’de ortak adla anılmaktadır. Ozon, azot oksitler, hidrokarbon ve diğer oksitleyici hava kirleticileri arasındaki reaksiyonlardan meydana gelen fotokimyasal ozon gazı , BREEAM ve LEED’de sis olarak adlandırılmaktadır. Yapı ürünlerinde radyasyon etkisi insan ve canlı hayatında büyük etkilere sebep olmaktadır. Bu nedenle bu etkinin önemi yadsınamayacak derecededir. Fakat bu etki sınıfı derecelendirme sistemlerinde ele alınmamakta, ürün değerlendirilmesinde bu sınıfın rolü göz ardı edilmektedir. Bu bağlamda CML 2001’de bulunan radyoaktif radyasyon sınıfı derecelendirme sistemlerinde karşılık bulamamıştır (Bkz. Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Derecelendirme sistemlerinde kullanılan çevresel etki sınıflarının CML 2001’de kabul edilen karşılıkları

CML 2001	BREEAM	LEED
Abiyotik tüketim potansiyeli	Su kirletimi Fosil yakıt tüketimi Mineral çıkarımı Atık	Su kirletimi Fosil yakıt tüketimi Habitat tahribatı
Küresel ısınma potansiyeli	İklim değişimi	Küresel ısınma potansiyeli
Stratosferdeki ozon tüketimi	Stratosferdeki ozon tüketimi	Stratosferdeki ozon tüketimi
Asitleşme potansiyeli	Asitleşme	Asitleşme
İnsan zehirlenme potansiyeli	İnsan zehirlenmesi (su ve hava)	İnsan sağlığı Hava kirleticiler ölçütü İç mekan hava kalitesi
Tatlısu ekolojisi zehirlenme potansiyeli	Ekolojik zehirlenme	Ekolojik zehirlenme
Deniz suyu ekolojisi zehirlenme potansiyeli		
Kara ekolojisi zehirlenme potansiyeli		
Ötrofikasyon potansiyeli	Ötrofikasyon	Ötrofikasyon
Fotokimyasal ozon gazı oluşum potansiyeli	Sis	Sis
Radyoaktif radyasyon		

BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerinin ürün seçimine yönelik kullandığı önem ağırlıkları da etki sınıflarında olduğu gibi farklılık göstermektedir. BREEAM ve LEED sistemlerinin yapı ürünü değerlendirmede kullandığı önem ağırlıkları Bölüm 2.5.1 ve 2.5.2’de, Çizelge 2.17 ve 2.19 olarak verilmektedir. Ancak Çizelge 3.11’in oluşturulma yönteminin daha rahat görülebilmesi için bu çizelgeler Çizelge 3.9 ve 3.10 olarak yeniden verilmiştir. Bu ağırlıklar tez çalışmasında kullanılacak yapı ürünlerinin derecelendirme sistemlerine göre çevresel performansının belirlenmesinde kullanılacaktır.

Çizelge 3.9. BREEAM’e göre çevresel etki sınıfları önem ağırlıkları [Anderson et al., 2002]

Çevresel Etki Sınıfları	Önem ağırlığı (%)
İklim değişikliği	38
Asitleşme	5,1
Ötrofikasyon	4,3
Fosil yakıt tüketimi	12
Mineral çıkarımı	3,5
Atık	6,1
Su kirletimi	5,4
Sis	3,8
Ekolojik zehirlenme	4,3
Ozon tüketimi	8,2
İnsan sağlığı (su)	2,6
İnsan sağlığı (hava)	7,0
Toplam	100

Çizelge 3.10. LEED’e göre çevresel etki sınıfları önem ağırlıkları [Lippiatt, 2002]

Çevresel Etki Sınıfları	Önem ağırlığı (%)
Küresel ısınma	29
Asitleşme	3
Ötrofikasyon	6
Fosil yakıt tüketimi	10
İç mekan hava kalitesi	3
Habitat tahribatı	6
Su kirletimi	8
Hava kirleticiler ölçütü	9
Ekolojik zehirlenme	7
Ozon tüketimi	2
Sis	4
İnsan sağlığı	13
TOPLAM	100

Tez çalışması kapsamında kullanılacak BREEAM ve LEED önem ağırlıklarının CML 2001 etki sınıflarına göre düzenlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda derecelendirme sistemlerinin kullandığı etki sınıflarının CML 2001 kapsamında düzenlendiği Çizelge 3.8 altlık olarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.11'nun oluşturulmasında Çizelge 3.8'deki kabuller esas alınmıştır. Örneğin BREEAM'de yer alan su kirletimi, fosil yakıt tüketimi, mineral çıkarımı ve atık CML 2001 kapsamında abiyotik tüketim altında kabul edildiğinden (Bkz. Çizelge 3.8) bu sınıfların önem ağırlıkları olan % 5,4 (su kirletimi), % 12 (fosil yakıt tüketimi), % 3,5 (mineral çıkarımı) ve % 6,1 (atık) toplanarak abiyotik tüketimin önem ağırlığını (%27) oluşturmuştur. LEED'de ise %8 (su kirletimi), %10 (fosil yakıt tüketimi) ve % 6 (habitat tahribatı) toplanmış CML 2001'de abiyotik tüketimin önem ağırlığına (%24) karşılık gelmiştir.

CML 2001'de yer alan insan toksisite potansiyelinin derecelendirme sistemlerine göre önem ağırlığının düzenlenebilmesi için aynı şekilde Çizelge 3.9'da verilen BREEAM'in etki sınıfları su ve hava kaynaklı insan toksisitesinin (%2,6 ve %7) ve Çizelge 3.10'da verilen LEED'in etki sınıfları insan sağlığı, hava kirleticiler ölçütü ve iç mekan hava kalitesinin (%13, %9 ve %3) önem ağırlıkları toplanarak %9,6 (BREEAM) ve %25 (LEED) oranlarına ulaşılmıştır (Bkz. Çizelge 3.11).

Tatlısu, deniz suyu ve kara ekolojisi zehirlenme potansiyellerinin önem ağırlığının verilmesinde, derecelendirme sistemlerinin kullandığı ekolojik zehirlenme etkisinin önem ağırlıklarının aritmetik ortalaması alınmıştır. Bu bağlamda BREEAM'in ekolojik zehirlenme sınıfının önem ağırlığı olan % 4,3 oranı, %1,3, %1,3 ve %1,4, LEED'in ekolojik zehirlenme sınıfının önem ağırlığı olan % 7 oranı, %2,3, %2,3 ve %2,4 olarak tatlısu, deniz suyu ve kara ekolojisi zehirlenme potansiyellerine dağıtılmıştır (Bkz. Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11. BREEAM ve LEED sistemlerinin çevresel etki sınıfları ve önem ağırlıkları

CML 2001	BREEAM	LEED
Abiyotik tüketim potansiyeli (ADP)	27	24
Asitleşme potansiyeli (AP)	5,1	3
Ötrofikasyon potansiyeli (EP)	4,3	6
Tatlısu ekolojisi zehirlenme potansiyeli (FAETP inf.)	1,3	2,3
Küresel ısınma potansiyeli (GWP 100 yıl)	38	29
İnsan zehirlenme potansiyeli (HTP inf.)	9,6	25
Deniz suyu ekolojisi zehirlenme potansiyeli (MAETP inf.)	1,3	2,3
St. ozon tabakası tüketimi potansiyeli (ODP, kararlı hal)	8,2	2
Fotokimyasal ozon oluşum potansiyeli (POCP)	3,8	4
Radyoaktif radyasyon	0	0
Kara ekolojisi zehirlenme potansiyeli (TETP inf.)	1,4	2,4
Toplam	100	100

3.1.6. Normalizasyon (normalization) faktörleri

Normalizasyon faktörü, sınıf gösterge sonuçlarının büyüklüklerinin hesaplanmasında kullanılan değerdir. Sınıf gösterge sonucunun normal değerlerdeki yerinin bulunmasında kullanılmaktadır. Normalizasyon faktörü yaşam döngüsü değerlendirme yönteminde zorunlu bir elemandır. Fakat tez çalışmasında seçilen yöntem ülkesel değerleri gerektirdiğinden bu değerler yaşam döngüsü etki değerlerinin ülke normlarında düzenlenmesinde kullanılacaktır. Seçilen yapı ürünü tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğun etki değerlerinin derecelendirme sistemlerinin ülke normlarına göre yerel değerlerin oluşturulabilmesinde BREEAM için Avrupa, LEED için ABD normalizasyon faktörleri ve küresel etki değerlerinin kullanılması nedeniyle küresel normalizasyon faktörü kullanılmıştır. CML 2001 kapsamında küresel normalizasyon değerleri Çizelge 3.12’de, ABD’nin ve Avrupa’nın normalizasyon faktörleri Çizelge 3.13 ve Çizelge 3.14’te verilmektedir. Normalizasyon faktörlerinde verilen değerler yine etki değerlerinde kullanılan karakterizasyona (Sb, SO₂ gibi) göre verilmektedir.

Değerlerde kullanılan E sembolü 10'luk sistemi, sembolün yanındaki rakam 10^n formülündeki “n” değerini, + ya da – değeri ise “n” değerinin pozitif ve negatifliğini göstermektedir. Bu sembol çok haneli pozitif ve negatif haneli rakamların ifade edilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, abiyotik tüketim normalizasyon faktörü $1,5654E+11$ olarak ifade edilmiştir. Bu değer açık ifadesi 156540000000'dir.

Çizelge 3.12. CML 2001 kapsamında küresel normalizasyon faktörleri

Çevresel Etki Sınıfları	Normalizasyon Faktörü	Birim
Abiyotik tüketim (ADP)	$1,57E+11$	kg Sb
Asitleşme Potansiyeli (AP)	$2,99E+11$	kg SO ₂
Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)	$1,29E+11$	kg PO ₄
Tatlısu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (FAETP inf.)	$2,03E+12$	kg DCB
Küresel Isınma Potansiyeli (GWP 100 years)	$4,45E+13$	kg CO ₂
İnsan Toksisite Potansiyeli (HTP inf.)	$4,97E+13$	kg DCB
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (MAETP inf.)	$5,11E+14$	kg DCB
St. Ozon Tabakası Tüketimi Potansiyeli (ODP, kararlılık hali)	$5,15E+08$	kg R11
Fotokimyasal Ozon Gazı Potansiyeli (POCP)	$4,55E+10$	kg Ethene
Radyoaktif Radyasyon	$1,34E+05$	DALY
Kara Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (TETP inf.)	$2,67E+11$	kg DCB

Çizelge 3.13. CML 2001 kapsamında Avrupa için normalizasyon faktörleri

Çevresel Etki Sınıfları	Normalizasyon Faktörü	Birim
Abiyotik Tüketim (ADP)	2,02E+10	kg Sb
Asitleşme Potansiyeli (AP)	3,73E+10	kg SO ₂
Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)	1,70E+10	kg PO ₄
Tatlısu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (FAETP inf.)	6,88E+11	kg DCB
Küresel Isınma Potansiyeli (GWP 100 yıl)	6,45E+12	kg CO ₂
İnsan Zehirlenme Potansiyeli (HTP inf.)	1,03E+13	kg DCB
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (MAETP inf.)	1,55E+14	kg DCB
St. Ozon Tabakası Tüketimi Potansiyeli (ODP, kararlı hal)	1,13E+08	kg R11.
Fotokimyasal Ozon Gazı Oluşum Potansiyeli (POCP)	1,12E+10	kg Ethene
Radyoaktif Radyasyon	6,64E+04	DALY
Kara Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (TETP inf.)	6,45E+10	kg DCB

Çizelge 3.14. CML 2001 kapsamında ABD için normalizasyon faktörleri

Çevresel Etki Sınıfları	Normalizasyon Faktörü	Birim
Abiyotik tüketim (ADP)	2,49E+10	kg Sb
Asitleşme Potansiyeli (AP)	4,71E+10	kg SO ₂ -
Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)	2,07E+10	kg PO ₄
Tatlısu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (FAETP inf.)	4,94E+11	kg DCB
Küresel Isınma Potansiyeli (GWP 100 yıl)	7,36E+12	kg CO ₂
İnsan Zehirlenme Potansiyeli (HTP inf.)	9,48E+12	kg DCB
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (MAETP inf.)	1,17E+14	kg DCB
St. Ozon Tabakası Tüketimi Potansiyeli (ODP, kararlı hal)	1,01E+08	kg R11
Fotokimyasal Ozon Gazı Oluşum Potansiyeli (POCP)	9,39E+09	kg Ethene
Radyoaktif Radyasyon	4,10E+04	DALY
Kara Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli (TETP inf.)	5,46E+10	kg DCB

3.2. Metot

Yapı ürününün çevresel etki performansının oluşturulmasında ülkeler değerlendirme yaptıkları ülkenin normlarına göre yapı ürününün değerlerini uyarlayabilmekte ya da küresel değerleri olduğu gibi kabul etmektedir [Australian LCA Inventory Project, 1999]. Bu bağlamda, tez çalışmasında tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğun BREEAM ve LEED sistemleri kapsamında çevresel performansının belirlenebilmesi için BREEAM ve LEED sistemlerinin kabul ettiği önem ağırlıklarının esas alınmasının yanısıra bu belirleme için iki yöntem kullanılmaktadır. Bu iki yöntem aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir;

1. Tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğun küresel etki değerleri kullanılarak BREEAM ve LEED önem ağırlıklarına göre çevresel performansının belirlenmesi
2. Tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğun küresel etki değerlerinin ülke normlarında düzenlenmesiyle elde edilen yerel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED önem ağırlıklarına göre çevresel performansının belirlenmesi

3.2.1.Yapı ürünlerinin küresel etki değerleri kullanılarak çevresel performansının belirlenmesi

Yapı ürününün çevresel performansının belirlenebilmesi, hiçbir hesaplama gerekmeksizin yaşam döngüsü etki değerleri üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Yalnız yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin zorunlu olmayan elemanları kullanılarak bir takım değerler üzerinden sonuç değerlere de ulaşılabilir. Küresel değerlerden ziyade yerel değerlere ihtiyaç duyulması sırasında ülkelerin normalizasyon değerleri gerekmektedir. Ayrıca etki sınıflarının kendi içinde önemliliğine göre verilen önem ağırlıkları yada katsayılar kullanılarak ürün çevresel performansı için sayısal değere ulaşılabilir.

Çalışma kapsamında yerel ve küresel değerler üzerinden iki tür bulgulara ulaşmak yöntem olarak belirlendiğinden, ürünün küresel değerlerinin kullanılmasında her etki

sınıfı için yaşam döngüsü etki değerleri esas alınan etki sınıfının küresel normalizasyon faktörüne bölünerek küresel “normalize edilmiş etki değerlerine” ulaşılmaktadır (Bkz. Eş.3.1) Elde edilen bu etki değerleri derecelendirme sisteminin seçilen etki sınıfı için belirlemiş olduğu yüzdesel oranla çarpılarak, ürünün o etki sınıfının sonuç değerine ulaşılmaktadır (Bkz. Eş.3.2).

$$NYDED : YDED \div Nf \quad (3.1)$$

NYDED: Normalize edilmiş y.d. etki değeri,
YDED: Yaşam döngüsü etki değeri,
Nf: Normalizasyon faktörü

$$SDed : NYDED \times (\ddot{O}A \div 100) \quad (3.2)$$

SD_{ed}: Etki sınıfı için sonuç değeri,
NYDED: Normalize edilmiş y.d. etki değeri,
ÖA: Önem ağırlığı (%)

Yöntemin somutlaştırılması amacıyla yapı ürünlerinden tuğlanın küresel etki değerleri üzerinden abiyotik tüketim için derecelendirme sistemlerinden BREEAM ve LEED’e göre küresel düzeydeki çevresel performansı için gerekli sonuç değere ulaşılması Örnek 3.1 ve 3.2’de verildiği gibidir;

Örnek 3.1.

Tuğla için BREEAM sistemine göre abiyotik tüketim çevresel performans sonuç değerine ulaşılması sırasında Çizelge 3.3, 3.11 ve 3.12’den ürüne ait YDED değeri, etki sınıfına ait küresel normalizasyon faktörü ve seçilen sistemin etki sınıfı için verdiği önem ağırlığı belirlenir. Çizelge 3.15 tuğlanın abiyotik etki sınıfı için sonuç değere ulaşılmasında gerekli olan belirlemeleri içermektedir.

Çizelge 3.15. Tuğlanın küresel etki değerleriyle BREEAM'e göre abiyotik tüketiminin hesaplanması için gerekli olan veriler

Çevresel Etki Sınıfı	Etki Özellikleri ve YDED Değeri			
	İsim	Ülke	Birim	Değer
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Genel	Küresel	kg Sb	1,18E-03
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Normalizasyon Faktörü (Küresel)		Birim	
	1,57E+11		kg Sb	
CML 2001			BREEAM ÖA(%)	
Abiyotik tüketim potansiyeli (ADP)			27	

Çizelge 3.15'te verilen değerler kullanılarak Eşitlik 3.1 ve 3.2 üzerinden sonuç değeri hesaplaması yapıldığında;

$$NYDED: YDED \div Nf$$

$$NYDED : 1,18E-03 \div 1,57E+11$$

$$NYDED: 7,52E-15$$

$$SD_{ed}: NYDED \times (\text{ÖA} \div 100)$$

$$SD_{ed}: 7,52E-15 \times (27 \div 100)$$

SD_{ed} : **2,03E-15** olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak tuğlanın abiyotik tüketim küresel sonuç değeri BREEAM sisteminin önem ağırlığında 2,03E-15 olarak bulunmuştur. Seçilen diğer yapı ürünleri, derecelendirme sistemleri ve her etki sınıfı için bu işlemler, kurallar dahilinde tekrarlanmaktadır. Her etki sınıfı için çıkan sonuç değerler toplanarak ürünün toplam çevresel performans değerine ulaşılabilir. Fakat tez çalışması kapsamında, toplam performans yerine değişimlerin daha net görülebilmesi açısından, yapı ürününün her etki sınıfı için sahip olduğu sonuç değerler üzerinden değişim oranları hesaplanarak yoruma gidilecektir.

Örnek 3.2.

Tuğla için LEED sistemine göre abiyotik tüketim çevresel performans sonuç değerine ulaşılması sırasında Çizelge 3.3, 3.11 ve 3.12’den ürüne ait YDED değeri, etki sınıfına ait küresel normalizasyon faktörü ve LEED’in etki sınıfı için verdiği önem ağırlığı belirlenir. Çizelge 3.16 tuğlanın abiyotik etki sınıfı için sonuç değere ulaşılmasında gerekli olan belirlemeleri içermektedir.

Çizelge 3.16. Tuğlanın küresel etki değerleriyle LEED’e göre abiyotik tüketiminin hesaplanması için gerekli olan veriler

Çevresel Etki Sınıfı	Etki Özellikleri ve YDED Değeri			
	İsim	Ülke	Birim	Değer
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Genel	Küresel	kg Sb	1,18E-03
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Normalizasyon Faktörü (Küresel)		Birim	
	1,57E+11		kg Sb	
CML 2001			BREEAM ÖA(%)	
Abiyotik tüketim potansiyeli (ADP)			24	

Çizelge 3.16’da verilen değerler kullanılarak Eşitlik 3.1 ve 3.2 üzerinden sonuç değeri hesaplaması yapıldığında;

$$NYDED: YDED \div Nf$$

$$NYDED : 1,18E-03 \div 1,57E+11$$

$$NYDED: 7,53E-15$$

$$SD_{ed}: NYDED \times (\ddot{O}A \div 100)$$

$$SD_{ed}: 7,53E-15 \times (24 \div 100)$$

$$SD_{ed}: \mathbf{1,81E-15} \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

Sonuç olarak tuğlanın abiyotik tüketim küresel sonuç değeri LEED sisteminin önem ağırlığında $1,81E-15$ olarak bulunmuştur. Seçilen diğer yapı ürünleri, derecelendirme sistemleri ve her etki sınıfı için bu işlemler, kurallar dahilinde tekrarlanmaktadır.

Örnek 3.1 ve 3.2’de tuğlanın abiyotik etki sınıfı için derecelendirme sistemlerine göre sonuç değerlerin farkı iki sistemle elde edilen yüzdesel değişimin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Örnek 3.1 ve 3.2’de BREEAM ve LEED’e göre elde edilen değerler $2,03E-15$ ve $1,81E-15$ olup iki değer arasındaki fark (LEED SD-BREEAM SD şeklinde) $-2,3E-16$ ’dır. İki sistem sonucu arasındaki yüzdesel değişim oranı $[(LEED\ SD - BREEAM\ SD) \div LEED\ Sd]$ eşitliğinden yola çıkılarak $\%-12,5$ olarak belirlenmiştir.

3.2.2.Yapı ürünlerinin yerel etki değerlerinin belirlenerek sistemlere göre çevresel performansının belirlenmesi

Küresel değerlerin yerel değerlere dönüştürülmesi esnasında dönüştürülen ülkenin normalizasyon faktörüne ihtiyaç duyulmaktadır. Küresel değerlerin kullanıldığı Bölüm 3.2.1’de küresel normalizasyon faktörü üzerinden normalize edilmiş etki değerlerine ulaşılmıştı. Bu bölümde ise derecelendirme sistemlerinin ülke normlarında etki değerlerinin oluşturulabilmesi için Avrupa (BREEAM) ve ABD (LEED) normalizasyon faktörleri kullanılmaktadır.

Ürünün küresel değerlerinin yerel değerlere dönüştürülmesi sırasında her etki sınıfı için yaşam döngüsü etki değerleri, esas alınan etki sınıfının o ülke için verilen normalizasyon faktörüne bölünerek seçilen ülke için “normalize edilmiş etki değerlerine” ulaşılmaktadır (Bkz. Eş.3.1) seçilecek normalizasyon faktörü hesaplama yapılacak derecelendirme sistemine göre (BREEAM için Avrupa ve LEED için ABD) belirlenecektir. Elde edilen normalize edilmiş etki değerleri derecelendirme sisteminin seçilen etki sınıfı için belirlemiş olduğu yüzdesel oranla çarpılarak, o etki sınıfının sonuç değerine ulaşılmaktadır (Bkz. Eş.3.2).

Yöntemin somutlaştırılması amacıyla yapı ürünlerinden tuğlanın küresel etki değerlerinin yerel etkilere dönüştürülmesi ve bu değerler üzerinden abiyotik tüketim için BREEAM'e ve LEED'e göre yerel düzeydeki sonuç değere ulaşılması Örnek 3.3 ve 3.4'de verildiği gibidir;

Örnek 3.3.

Tuğla için BREEAM sistemine göre abiyotik tüketim çevresel performans sonuç değerine ulaşılması sırasında Çizelge 3.3, 3.11 ve 3.13'den ürüne ait YDED değeri, etki sınıfına ait Avrupa normalizasyon faktörü ve BREEAM'in etki sınıfı için verdiği önem ağırlığı belirlenir. Çizelge 3.17 tuğlanın abiyotik etki sınıfı için sonuç değere ulaşılmasında gerekli olan belirlemeleri içermektedir.

Çizelge 3.17. Tuğlanın yerel etki değerleriyle BREEAM'e göre abiyotik tüketiminin hesaplanması için gerekli olan veriler

Çevresel Etki Sınıfı	Etki Özellikleri ve YDED Değeri			
	İsim	Ülke	Birim	Değer
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Genel	Küresel	kg Sb	1,18E-03
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Normalizasyon Faktörü (Avrupa)		Birim	
	2,02E+10		kg Sb	
CML 2001			BREEAM ÖA(%)	
Abiyotik tüketim potansiyeli (ADP)			27	

Çizelge 3.17'de verilen değerler kullanılarak Eşitlik 3.1 ve 3.2 üzerinden sonuç değeri hesaplaması yapıldığında;

$$NYDED: YDED \div Nf$$

$$NYDED : 1,18E-03 \div 2,02E+10$$

$$NYDED: 5,82E-14$$

$$SD_{ed}: NYDED \times (\ddot{O}A \div 100)$$

$$SD_{ed}: 5,82E-14 \times (27 \div 100)$$

SD_{ed} : **1,57E-14** olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak tuğlanın abiyotik tüketim yerel (Avrupa) sonuç değeri BREEAM sisteminin önem ağırlığında 1,57E-14 olarak bulunmuştur. Seçilen diğer yapı ürünleri, derecelendirme sistemleri ve her etki sınıfı için bu işlemler, kurallar dahilinde tekrarlanmaktadır.

Örnek 3.4.

Tuğla için LEED sistemine göre abiyotik tüketim çevresel performans sonuç değerine ulaşılması sırasında Çizelge 3.3, 3.11 ve 3.14'ten ürüne ait YDED değeri, etki sınıfına ait ABD normalizasyon faktörü ve LEED'in etki sınıfı için verdiği önem ağırlığı belirlenir. Çizelge 3.18 tuğlanın abiyotik etki sınıfı için sonuç değere ulaşılmasında gerekli olan belirlemeleri içermektedir.

Çizelge 3.18. Tuğlanın yerel etki değerleriyle LEED'e abiyotik tüketiminin hesaplanması için gerekli olan veriler

Çevresel Etki Sınıfı	Etki Özellikleri ve YDED Değeri			
	İsim	Ülke	Birim	Değer
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Genel	Küresel	kg Sb	1,18E-03
CML 2001, Abiyotik tüketim (ADP)	Normalizasyon Faktörü (ABD)		Birim	
	2,49E+10		kg Sb	
CML 2001			LEED ÖA(%)	
Abiyotik tüketim potansiyeli (ADP)			24	

Çizelge 3.18'de verilen değerler kullanılarak Eşitlik 3.1 ve 3.2 üzerinden sonuç değeri hesaplaması yapıldığında;

$$NYDED: YDED \div Nf$$

$$NYDED : 1,18E-03 \div 2,49E+10$$

$$NYDED: 4,73E-14$$

$$SD_{ed}: NYDED \times (\ddot{O}A \div 100)$$

$$SD_{ed}: 4,73E-14 \times (24 \div 100)$$

SD_{ed} : **1,13E-14** olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak tuğlanın abiyotik tüketim yerel (ABD) sonuç değeri LEED sisteminin önem ağırlığında 1,13E-14 olarak bulunmuştur. Seçilen diğer yapı ürünleri, derecelendirme sistemleri ve her etki sınıfı için bu işlemler, kurallar dahilinde tekrarlanmaktadır. Her etki sınıfı için çıkan sonuç değerler toplanarak ürünün toplam çevresel performans değerine ulaşılabilir. Fakat tez çalışması kapsamında, toplam performans yerine değişimlerin daha net görülebilmesi açısından, yapı ürününün her etki sınıfı için sahip olduğu sonuç değerler üzerinden değişim oranları hesaplanarak yoruma gidilecektir.

Örnek 3.3 ve 3.4'te tuğlanın abiyotik etki sınıfı için derecelendirme sistemlerine göre sonuç değerlerin farkı, iki sistemle elde edilen yüzdesel değişimin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Örnek 3.3. ve 3.4'te BREEAM ve LEED'e göre elde edilen değerler 1,57E-14 ve 1,13E-14 olup iki değer arasındaki fark (LEED SD-BREEAM SD şeklinde) -4,4E-15'dir. İki sistem sonucu arasındaki yüzdesel değişim oranı [(LEED SD- BREEAM SD) ÷ LEED Sd] eşitliğinden yola çıkılarak %-38,5 olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun küresel ve yerel değerleri kullanılarak çalışma yöntemi dahilinde BREEAM ve LEED sistemine göre çevresel performansı belirlenerek, bu sistemlerin her etki sınıfı üzerinde yaratmış olduğu değişim oranları irdelenecektir.

4.1. Küresel Etki Değerleri Kullanılarak Etki Sınıfları Kapsamında Sistemlere Göre Çevresel Performans Değerleri

Bölüm 3.1’de verilen materyaller ve 3.2.1’de verilen metot kapsamında tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğun BREEAM ve LEED’in her etki sınıfına yönelik çevresel performans sonuç değerlerine ulaşılmıştır. Küresel değerlerin küresel normalizasyon faktörüyle normalize edilmesiyle oluşan bu değerler BREEAM ve LEED’in önem ağırlıklarıyla hesaplanarak sonuç değerler oluşturulmuştur. Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3 üretim aşamasında tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğun BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performanslarını göstermektedir

Çizelge 4.1. Tuğlanın küresel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri

Çevresel Etki Sınıfları (CML 2001)	*YDED Tuğla	*N. F. Krs.	*NYDED Tuğla	BREEAM %	*SD	LEED %	*SD	Fark	% Değişim
Abiyotik Tüketim	1,18E-03	1,57E+11	7,53E-15	27	2,03E-15	24	1,81E-15	-2,3E-16	% 12,5 azalma
Asitleşme Potansiyeli	6,19E-04	2,99E+11	2,07E-15	5,1	1,05E-16	3	6,2E-17	-4,3E-17	% 70 azalma
Ötrofikasyon Potansiyeli	7,17E-05	1,29E+11	5,55E-16	4,3	2,39E-17	6	3,33E-17	9,44E-18	% 28,33 artma
Tatlısu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	5,96E-03	2,03E+12	2,94E-15	1,3	3,82E-17	2,3	6,75E-17	2,94E-17	% 43,48 artma
Küresel Isınma Potansiyeli	2,39E-01	4,45E+13	5,36E-15	38	2,04E-15	29	1,56E-15	-4,8E-16	% 31,03 azalma
İnsan Zehirlenme Potansiyeli	6,51E-02	4,98E+13	1,31E-15	9,6	1,26E-16	25	3,27E-16	2,02E-16	% 61,6 artma
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	4,63E+02	5,12E+14	9,05E-13	1,3	1,18E-14	2,3	2,08E-14	9,05E-15	% 43,48 artma
St. Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli	1,78E-06	5,15E+08	3,46E-15	8,2	2,83E-16	2	6,91E-17	-2,1E-16	% 310 azalma
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	3,97E-05	4,55E+10	8,73E-16	3,8	3,32E-17	4	3,49E-17	1,75E-18	% 5 artma
Radyoaktif Radyasyon	4,09E-10	1,34E+05	3,06E-15	0	0	0	0	0	değişim yok
Kara Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	2,24E-04	2,68E+11	8,36E-16	1,4	1,17E-17	2,4	2,01E-17	8,36E-18	% 41,67 artma

*YDED Tuğla: Tuğla İçin Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*N.F. Krs.: Küresel Normalizasyon Faktörü,

*NYDED Tuğla: Tuğla İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*SD: Sonuç değer

Çizelge 4.2. Gazbetonun küresel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri

Çevresel Etki Sınıfları (CML 2001)	*YDED Gazbeton	*N. F. Krs.	*NYDED Gazbeton	BREEAM %	*SD	LEED %	*SD	Fark	% Değişim
Abiyotik Tüketim	1,39E-03	1,57E+11	8,88E-15	27	2,4E-15	24	2,13E-15	-2,7E-16	% 12,5 azalma
Asitleşme Potansiyeli	7,23E-04	2,99E+11	2,41E-15	5,1	1,23E-16	3	7,24E-17	-5,1E-17	% 70 azalma
Ötrofikasyon Potansiyeli	9,61E-05	1,29E+11	7,45E-16	4,3	3,2E-17	6	4,47E-17	1,27E-17	% 28,33 artma
Tatlısu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	1,29E-02	2,03E+12	6,37E-15	1,3	8,28E-17	2,3	1,46E-16	6,37E-17	% 43,48 artma
Küresel Isınma Potansiyeli	4,11E-01	4,45E+13	9,23E-15	38	3,51E-15	29	2,68E-15	-8,3E-16	% 31,03 azalma
İnsan Zehirlenme Potansiyeli	6,12E-02	4,98E+13	1,23E-15	9,6	1,18E-16	25	3,07E-16	1,89E-16	% 61,6 artma
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	5,17E+01	5,12E+14	1,01E-13	1,3	1,31E-15	2,3	2,32E-15	1,01E-15	% 43,48 artma
St. Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli	2,30E-08	5,15E+08	4,47E-17	8,2	3,67E-18	2	8,94E-19	-2,8E-18	% 310 azalma
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	4,22E-05	4,55E+10	9,28E-16	3,8	3,52E-17	4	3,71E-17	1,86E-18	% 5 artma
Radyoaktif Radyasyon	1,10E-09	1,34E+05	8,25E-15	0	0	0	0	0	değişim yok
Kara Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	6,49E-04	2,68E+11	2,42E-15	1,4	3,39E-17	2,4	5,81E-17	2,42E-17	% 41,67 artma

*YDED Gazbeton: Gazbeton İçin Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*N.F. Krs.: Küresel Normalizasyon Faktörü,

*NYDED: Gazbeton İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*SD: Sonuç değer

Çizelge 4.3. Bims beton duvar bloğun küresel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri

Çevresel Etki Sınıfları CML 2001	*YDED Bims B.D.B.	*N. F. Krs.	*NYDED Bims B.D.B	BREEAM %	*SD	LEED %	*SD	Fark	% Değişim
Abiyotik Tüketim	5,79E-04	1,57E+11	3,70E-15	27	9,98E-16	24	8,87E-16	-1,11E-16	% 12,5 azalma
Asitleşme Potansiyeli	4,80E-04	2,99E+11	1,60E-15	5,1	8,17E-17	3	4,81E-17	-3,36E-17	% 70 azalma
Ötrofikasyon Potansiyeli	7,62E-05	1,29E+11	5,90E-16	4,3	2,54E-17	6	3,54E-17	1,00E-17	% 28,33 artma
Tatlısu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	9,68E-03	2,03E+12	4,77E-15	1,3	6,20E-17	2,3	1,10E-16	4,77E-17	% 43,48 artma
Küresel Isınma Potansiyeli	2,14E-01	4,45E+13	4,80E-15	38	1,82E-15	29	1,39E-15	-4,32E-16	% 31,03 azalma
İnsan Zehirlenme Potansiyeli	4,16E-02	4,98E+13	8,36E-16	9,6	8,02E-17	25	2,09E-16	1,29E-16	% 61,6 artma
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	2,70E+01	5,12E+14	5,27E-14	1,3	6,86E-16	2,3	1,21E-15	5,27E-16	% 43,48 artma
St. Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli	8,59E-09	5,15E+08	1,67E-17	8,2	1,37E-18	2	3,33E-19	-1,03E-18	% 310 azalma
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	1,67E-05	4,55E+10	3,68E-16	3,8	1,40E-17	4	1,47E-17	7,36E-19	% 5 artma
Radyoaktif Radyasyon	4,99E-10	1,34E+05	3,73E-15	0	0	0	0	0	değişim yok
Kara Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	4,50E-04	2,68E+11	1,68E-15	1,4	2,35E-17	2,4	4,04E-17	1,68E-17	% 41,67 artma

*YDED Bims.D.B.: Bims Beton Duvar Bloğunun Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*N.F. Krs.: Küresel Normalizasyon Faktörü,

*NYDED Bims B.D.B.: Bims Beton Duvar Bloğu İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*SD: Sonuç değer

Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'te tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğun küresel etki değerleri BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerine göre hesaplanmış ve bu yapı ürünlerde her etki sınıfı için sistemlerin meydana getirmiş olduğu değişim oranları verilmiştir. Görüldüğü üzere sistemlerin önem ağırlıkları ile hesaplanan etki sonuç değerleri arasında farklı “fark değerleri” oluşmaktadır. Fakat yüzdesel farklar değişmemektedir. Yani CML 2001 yönteminin belirlemiş olduğu etki sınıfları ve bu sınıflara verilen küresel etki değerleri derecelendirme sistemlerinin önem ağırlıklarıyla ağırlandırıldığında, yapı ürünü farkı olmaksızın aynı yüzdesel değişim oranları gözlenmektedir.

Çevresel etki sınıflarından abiyotik tüketim potansiyelinin önem ağırlıkları BREEAM’de %27 olup, LEED’de %24’tür. %3 oranındaki bu fark performans sonucunu %12,5 oranında etkilemektedir. Yani LEED’e göre hesaplanan değer BREEAM için hesaplanan değerden %12,5 daha küçüktür. Asitleşme potansiyelinde görülen %2,1 oranındaki fark performansta %70 oranında değişime neden olurken, ötrofikasyon potansiyelinde %1,7’lik ağırlık farkı sonuç değeri %28,33 oranında değiştirmektedir. Küresel ısınma potansiyelinde görülen %9 oranındaki ağırlık değeri farkı, sonucu %31,03 oranında etkilemektedir. İnsan zehirlenme potansiyelinin sistemlerde %9,6 ve %25 oranında ele alınması, sonucu %61,6 oranında değiştirirken, deniz suyu ekolojisi zehirlenme potansiyelinde bu ağırlıkların %1,3 ve %2,3 olması sonuç değeri %43,48 oranında değişime uğratmaktadır. Stratosferdeki ozon tabakası tüketim potansiyeli sistem ağırlıklarında izlenen %6,2 oranındaki fark, sonuçta %310 oranında büyük bir değişime neden olmaktadır. Yani LEED’e göre hesaplanan değer BREEAM için hesaplanan değerden %310 daha küçüktür. Fotokimyasal ozon oluşum potansiyelinin sistemlere göre ağırlıkları %3,8 ve %4 olarak gözlenmektedir. Bu farklı ağırlıklar sonucu %5 oranında etkilemektedir. Kara ekolojisi zehirlenme potansiyelinin sahip olduğu %1’lik ağırlık farkı sonuç değerde %41,67 oranında değişime neden olmaktadır. Radyoaktif radyasyon etki sınıfının iki derecelendirme sisteminde de bulunmaması, etki sınıfı için hesaplama yapılamaması anlamına gelmektedir. Böylelikle yapı ürününün bu etki sınıfı için belirlenen etki değerlerinin değerlendirilmeye alınamadığı gözlenmektedir. Bu bağlamda değişim de

gözenmemektedir. Bu durum yapı ürünü değerlendirmesinde derecelendirme sistemlerinin göze çarpan olumsuz özelliği olarak izlenmektedir.

4.2. Yerel Etki Değerleri Kullanılarak Etki Sınıfları Kapsamında Sistemlere Göre Çevresel Performans Değerleri

Bölüm 3.1’de verilen materyaller ve 3.2.2’de verilen metot kapsamında tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun BREEAM ve LEED’in her etki sınıfına yönelik çevresel performans sonuç değerlerine ulaşılmıştır. Küresel değerlerin yerel (BREEAM için Avrupa ve LEED için ABD) normalizasyon faktörüyle normalize edilmesi sonucu oluşan bu değerler BREEAM ve LEED’in önem ağırlıklarıyla hesaplanarak sonuç değerler oluşturulmuştur. Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6 tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğun BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performanslarını göstermektedir.

Çizelge 4.4. Tuğlanın yerel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri

Çevresel Etki Sınıfları (CML2001)	*YDED Tuğla	*N. F. EU	*NYDED Tuğla (EU)	BREEAM %	*SD	*N. F. ABD	*NYDED Tuğla (ABD)	LEED %	*SD	Fark	% Değişim
Abiyotik Tüketim Potansiyeli	1,18E-03	2,02E+10	5,82E-14	27	1,57E-14	2,49E+10	4,73E-14	24	1,13E-14	-4,4E-15	%38,5 azalma
Asitleşme Potansiyeli	6,19E-04	3,73E+10	1,66E-14	5,1	8,46E-16	4,71E+10	1,31E-14	3	3,94E-16	-4,5E-16	%115 azalma
Ötrofikasyon Potansiyeli	7,17E-05	1,70E+10	4,21E-15	4,3	1,81E-16	2,07E+10	3,47E-15	6	2,08E-16	2,68E-17	%12,9 artma
Tatlısu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	5,96E-03	6,88E+11	8,66E-15	1,3	1,13E-16	4,94E+11	1,21E-14	2,3	2,77E-16	1,65E-16	%59,4 artma
Küresel Isınma Potansiyeli	2,39E-01	6,45E+12	3,70E-14	38	1,41E-14	7,36E+12	3,24E-14	29	9,40E-15	-4,7E-15	%49,6 azalma
İnsan Zehirlenme Potansiyeli	6,51E-02	1,03E+13	6,31E-15	9,6	6,06E-16	9,48E+12	6,87E-15	25	1,72E-15	1,11E-15	%64,7 artma
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	4,63E+02	1,55E+14	2,99E-12	1,3	3,89E-14	1,17E+14	3,96E-12	2,3	9,10E-14	5,21E-14	%57,3 artma
St. Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli	1,78E-06	1,13E+08	1,57E-14	8,2	1,29E-15	1,01E+08	1,77E-14	2	3,53E-16	-9,4E-16	%265 azalma
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	3,97E-05	1,12E+10	3,53E-15	3,8	1,34E-16	9,39E+09	4,23E-15	4	1,69E-16	3,49E-17	%20,6 artma
Radyoaktif Radyasyon	4,09E-10	6,64E+04	6,16E-15	0	0	4,10E+04	9,98E-15	0	0	0	değişim yok
Kara Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	2,24E-04	6,45E+10	3,47E-15	1,4	4,86E-17	5,46E+10	4,10E-15	2,4	9,84E-17	4,98E-17	%50,6 artma

*YDED Tuğla: Tuğla İçin Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*N.F. EU: Avrupa Normalizasyon Faktörü,

*N.F. ABD: ABD Normalizasyon Faktörü,

*NYDED Tuğla (EU) : TuğlanınAvrupa İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*NYDED Tuğla (ABD) : Tuğlanın ABD İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*SD: Sonuç değer

Çizelge 4.5. Gazbetonun yerel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri

Çevresel Etki Sınıfları (CML2001)	*YDED Gazbeton	*N. F. EU	*NYDED Gazbeton (EU)	BREEAM %	*SD	*N. F. ABD	*NYDED Gazbeton (ABD)	LEED %	*SD	Fark	% Değişim
Abiyotik Tüketim Potansiyeli	1,39E-03	2,02E+10	6,86E-14	27	1,85E-14	2,49E+10	5,57E-14	24	1,34E-14	-5,15E-15	%38,5 azalma
Asitleşme Potansiyeli	7,23E-04	3,73E+10	1,94E-14	5,1	9,88E-16	4,71E+10	1,53E-14	3	4,60E-16	-5,28E-16	%115 azalma
Ötrofikasyon Potansiyeli	9,61E-05	1,70E+10	5,65E-15	4,3	2,43E-16	2,07E+10	4,65E-15	6	2,79E-16	3,59E-17	%12,9 artma
Tatlısu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	1,29E-02	6,88E+11	1,88E-14	1,3	2,44E-16	4,94E+11	2,62E-14	2,3	6,02E-16	3,58E-16	%59,4 artma
Küresel Isınma Potansiyeli	4,11E-01	6,45E+12	6,37E-14	38	2,42E-14	7,36E+12	5,58E-14	29	1,62E-14	-8,03E-15	%49,6 azalma
İnsan Zehirlenme Potansiyeli	6,12E-02	1,03E+13	5,93E-15	9,6	5,69E-16	9,48E+12	6,45E-15	25	1,61E-15	1,04E-15	%64,7 artma
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	5,17E+01	1,55E+14	3,34E-13	1,3	4,34E-15	1,17E+14	4,41E-13	2,3	1,01E-14	5,81E-15	%57,3 artma
St. Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli	2,30E-08	1,13E+08	2,03E-16	8,2	1,67E-17	1,01E+08	2,29E-16	2	4,57E-18	-1,21E-17	%265 azalma
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	4,22E-05	1,12E+10	3,75E-15	3,8	1,43E-16	9,39E+09	4,49E-15	4	1,80E-16	3,70E-17	%20,6 artma
Radyoaktif Radyasyon	1,10E-09	6,64E+04	1,66E-14	0	0	4,10E+04	2,69E-14	0	0	0	değişim yok
Kara Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	6,49E-04	6,45E+10	1,01E-14	1,4	1,41E-16	5,46E+10	1,19E-14	2,4	2,85E-16	1,44E-16	%50,6 artma

*YDED Gazbeton: Gazbeton İçin Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*N.F. EU: Avrupa Normalizasyon Faktörü,

*N.F. ABD: ABD Normalizasyon Faktörü,

*NYDED Gazbeton (EU) : Gazbetonun Avrupa İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*NYDED Gazbeton (ABD) : Gazbetonun ABD İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*SD: Sonuç değer

Çizelge 4.6. Bims beton duvar bloğunun yerel etki değerleri kullanılarak, BREEAM ve LEED sistemlerine göre çevresel performans değerleri

Çevresel Etki Sınıfları (CML2001)	*YDED Bims D.B.	*N. F. EU	*NYDED Bims D.B (EU)	BREEAM %	*SD	*N. F. ABD	*NYDED Bims D.B (ABD)	LEED %	*SD	Fark	% Değişim
Abiyotik Tüketim Potansiyeli	5,79E-04	2,02E+10	2,86E-14	27	7,72E-15	2,49E+10	2,32E-14	24	5,57E-15	-2,14E-15	%38,5 azalma
Asitleşme Potansiyeli	4,80E-04	3,73E+10	1,29E-14	5,1	6,56E-16	4,71E+10	1,02E-14	3	3,06E-16	-3,50E-16	%115 azalma
Ötrofikasyon Potansiyeli	7,62E-05	1,70E+10	4,48E-15	4,3	1,93E-16	2,07E+10	3,68E-15	6	2,21E-16	2,85E-17	%12,9 artma
Tatlısu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	9,68E-03	6,88E+11	1,41E-14	1,3	1,83E-16	4,94E+11	1,96E-14	2,3	4,50E-16	2,68E-16	%59,4 artma
Küresel Isınma Potansiyeli	2,14E-01	6,45E+12	3,31E-14	38	1,26E-14	7,36E+12	2,90E-14	29	8,42E-15	-4,18E-15	%49,6 azalma
İnsan Zehirlenme Potansiyeli	4,16E-02	1,03E+13	4,03E-15	9,6	3,87E-16	9,48E+12	4,39E-15	25	1,10E-15	7,10E-16	%64,7 artma
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	2,70E+01	1,55E+14	1,74E-13	1,3	2,27E-15	1,17E+14	2,31E-13	2,3	5,30E-15	3,04E-15	%57,3 artma
St. Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli	8,59E-09	1,13E+08	7,58E-17	8,2	6,22E-18	1,01E+08	8,52E-17	2	1,70E-18	-4,51E-18	%265 azalma
Fotokimyasal Ozon Oluşum Potansiyeli	1,67E-05	1,12E+10	1,49E-15	3,8	5,66E-17	9,39E+09	1,78E-15	4	7,13E-17	1,47E-17	%20,6 artma
Radyoaktif Radyasyon	4,99E-10	6,64E+04	7,53E-15	0	0,00E+00	4,10E+04	1,22E-14	0	0	0,00E+00	değişim yok
Kara Ekolojisi Zehirl. Potansiyeli	4,50E-04	6,45E+10	6,98E-15	1,4	9,78E-17	5,46E+10	8,24E-15	2,4	1,98E-16	1,00E-16	%50,6 artma

*YDED Bims B.D.B: Bims Beton Duvar Bloğun Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*N.F. EU: Avrupa Normalizasyon Faktörü,

*N.F. ABD: ABD Normalizasyon Faktörü,

*NYDED Bims B.D.B. (EU) : Bims Beton Duvar Bloğun Avrupa İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri,

*NYDED Bims B.D.B. (ABD) : Bims Beton Duvar Bloğun ABD İçin Normalize Edilmiş Yaşam Döngüsü Etki Değeri, *SD: Sonuç değer

Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6’da tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun yerel etki değerleri BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerine göre hesaplanmış ve bu yapı ürünlerde her etki sınıfı için sistemlerin meydana getirmiş olduğu değişim oranları verilmiştir. Görüldüğü üzere sistemlerin önem ağırlıkları ile hesaplanan etki sonuç değerleri arasında farklı “fark değerleri” oluşmaktadır. Fakat yüzdesel değişim oranları değişmemektedir. Yani CML 2001 yönteminin belirlemiş olduğu etki sınıfları ve bu sınıflara verilen yerel etki değerleri derecelendirme sistemlerinin önem ağırlıklarıyla ağırlandırıldığında, yapı ürünü farkı olmaksızın aynı yüzdesel değişim oranları oluşmaktadır.

Çevresel etki sınıflarından abiyotik tüketim potansiyelinin önem ağırlıkları BREEAM’de %27 olup, LEED’de %24’tür. %3 oranındaki bu fark yerel etki değerleriyle hesaplanan performans sonucunu %38,5 oranında etkilemektedir. Yani LEED’e göre hesaplanan değer BREEAM için hesaplanan değerden %38,5 daha küçüktür. Asitleşme potansiyelinde görülen %2,1 oranındaki fark performansta %115 oranında değişime neden olurken, ötrofikasyon potansiyelinde %1,7’lik ağırlık farkı sonuç değeri %12,9 oranında değiştirmektedir. Küresel ısınma potansiyelinde görülen %9 oranındaki ağırlık değeri farkı, sonucu %49,6 oranında etkilemektedir. İnsan zehirlenme potansiyelinin sistemlerde %9,6 ve %25 oranında ele alınması, sonucu %64,7 oranında değiştirirken, deniz suyu ekolojisi zehirlenme potansiyelinde bu ağırlıkların %1,3 ve %2,3 olması sonuç değeri %57,3 oranında değişime uğratmaktadır. Stratosferdeki ozon tabakası tüketim potansiyeli sistem ağırlıklarında izlenen %6,2 oranındaki fark, sonuçta %265 oranında büyük bir değişime neden olmaktadır. Yani Yani LEED’e göre hesaplanan değer BREEAM için hesaplanan değerden %310 daha küçüktür. Fotokimyasal ozon oluşum potansiyelinin sistemlere göre ağırlıkları %3,8 ve %4 olarak gözlenmektedir. Bu farklı ağırlıklar sonucu %20,6 oranında etkilemektedir. Kara ekolojisi zehirlenme potansiyelinin sahip olduğu %1’lik ağırlık farkı sonuç değerde %50,6 oranında değişime neden olmaktadır. Radyoaktif radyasyon etki sınıfının iki derecelendirme sisteminde de bulunmaması, etki sınıfı için hesaplama yapılamaması anlamına gelmektedir. Bu bağlamda değişim den söz edilememektedir. Küresel ve yerel etkilerle sistemlere göre hesaplanan etki sınıfları sonuç değerleri arasında tespit edilen yüzdesel farklar, yerel etkilerle elde

edilen sonuç değerlerinden dokuzunda kendini daha büyük oranlarda hissettirirken ikisinde ise (ötrofikasyon ve stratosferdeki ozon tüketim potansiyeli) daha küçük değişim oranları belirlenmiştir. Bu durumun nedeni küresel normalizasyon faktörlerinin ülkelere ait normalizasyon faktörlerinden büyük olmasıdır. Ötrofikasyon potansiyeli ve stratosferdeki ozon tüketim potansiyellerinin küresel etkilerle hesaplanan sonuç değerlerinde yüzdesel değişim oranları %28,33 ve %310 iken bu değerler yerel etkilerde %12,9 ve %265'e düşmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında, yapı derecelendirme sürecinde derecelendirme sistemlerinin “malzeme ve kaynaklar” değerlendirme alanı kapsamında yapı ürünlerinin değerlendirilmesinde kullandığı farklı önem ağırlıkları tespit edilmiş ve bu ağırlıklar kullanılarak tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun küresel ve yerel bazda her etki sınıfı için sonuç değerlerine ulaşılmıştır. Sistemlerin yapı ürünü değerlendirmede güvenilirliğinin sorgulanması amacıyla yapılan çalışma sonucunda, seçilen iki farklı sistemin önem ağırlıkları ile hesaplanan çevresel etki sonuç değerleri arasındaki sayısal ve yüzdesel farklar belirlenmiştir.

Yapı ürünlerinin çevresel etki sonuç değerlerinin küresel ve yerel değerler kullanılarak iki farklı değer türüyle hesaplanması sonucunda küresel ve yerel sonuç değerlerine ait değişim oranları tespit edilmiştir. Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 5.1’de görülebileceği üzere küresel değerler kullanılarak BREEAM ve LEED sistemlerinin önem ağırlıklarına göre hesaplanan sonuç değerler arasındaki yüzdesel farklar yapı ürünü farkı olmaksızın aynıdır. Yani tuğla, gazbeton ve bims beton duvar bloğunun küresel etki değerleriyle BREEAM ve LEED sistemlerinin önem ağırlıkları kullanılarak hesaplanan etki değerleri arasında, önem ağırlıklarından kaynaklanan yüzde değişim oranları ürünlere göre değişmemiş, aynı kalmıştır. Fakat önem ağırlıklarının farklı olması her etki sınıfında farklı değişim oranlarına neden olmuştur. Bu bağlamda abiyotik tüketim potansiyelinin BREEAM ve LEED’e göre hesaplanan sonuç değerleri arasında %12,5’luk bir fark gözlenirken, asitleşme ve ötrofikasyon potansiyelinde bu fark %70 ve %28,33 oranında gelişmiştir. Tatlısu ekolojisi zehirlenme potansiyelinde sistemler arası değer farkı %43,48 bulunurken, bu değer küresel ısınma potansiyelinde %31,03 olmuştur. İnsan zehirlenme, deniz suyu ekolojisi zehirlenme, stratosferdeki ozon tabakası tüketim, fotokimyasal ozon gazı üretim ve kara ekolojisi üretim potansiyellerinde bu oranlar sırasıyla %61,6, %43,48, %310, %5 ve %41,67 şeklindedir. Radyoaktif etki sınıfının derecelendirme sistemlerinde etki gruplaması içine alınmaması sonucu bu etki sınıfı için önem ağırlığı 0 kabul edildiğinden hesaplama yapılamamıştır. Bu bağlamda değişimden de söz edilememektedir. Bu durum sistemlerin yapı ürününü değerlendirirken, bu etki

sınıfına yer vermediğini göstermektedir. Dolayısıyla bu durum önem ağırlıklarının neden olduğu farkların yanı sıra değerlendirmede görülen olumsuzluklardan bir diğeri olarak karşımıza çıkmıştır.

Diğer yandan yerel değerler kullanılarak BREEAM ve LEED sistemlerinin önem ağırlıklarına göre hesaplanan sonuç değerler arasındaki yüzdesel farkların da yapı ürünü farkı olmaksızın aynı değişim oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Önem ağırlıklarının kendi içinde etki sınıfları kapsamında da farklı olması nedeniyle her etki sınıfında farklı değişim oranları gözlenmiştir. Bu bağlamda abiyotik tüketim potansiyeli yerel etki değerlerinin BREEAM ve LEED'e göre hesaplanan sonuç değerleri arasında %38,5'luk bir fark gözlenirken, asitleşme ve ötrofikasyon potansiyelinde bu fark %115 ve %12,9 oranında gelişmiştir. Tatlı su ekolojisi zehirlenme potansiyelinde sistemler arası değer farkı %59,4 bulunurken, bu değer küresel ısınma potansiyelinde %49,6 olmuştur. İnsan zehirlenme, deniz suyu ekolojisi zehirlenme, stratosferdeki ozon tabakası tüketim, fotokimyasal ozon gazı üretim ve kara ekolojisi üretim potansiyellerinde bu oranlar sırasıyla %64,7, %57,3, %265, %20,6 ve %50,6 şeklindedir. Radyoaktif etki sınıfının derecelendirme sistemlerinde etki gruplaması içine alınmaması sonucu bu etki sınıfı için önem ağırlığı 0 kabul edilip hesaplama yapılamadığından değişimden de söz edilememektedir. Bu durum sistemlerin yapı ürününü değerlendirirken bu etki sınıfına yer vermediğini göstermektedir.

Küresel ve yerel değişim oranları arasında gözlenen bir diğer durum ise yerel etki değerleri kullanılarak elde edilen değişim oranları genel itibariyle, küresel değişim oranlarına göre daha büyüktür. Sadece iki etki sınıfında (ötrofikasyon ve stratosferdeki ozon tüketim potansiyeli) bu durumun tersi gerçekleşmiş, diğer dokuz etki sınıfında ise aynı durum gözlenmiştir. Bu durumun ortaya çıkmasındaki asıl neden ise küresel normalizasyon faktörlerinin ülkelerin normalizasyon faktörüne oranla daha büyük değerlerde olmasıdır. Çünkü çevre sorunlarının ülke bazında gerçekleşmesi ile küresel bazda gerçekleşmesi arasında büyük fark bulunmaktadır. Bazı sorunlar sadece ülke ölçeğinde kalabilmekte, sorun ve çözümü dünyaya yansımayaabilmektedir. Bu anlamda büyük faktörde normalize edilen etki değerleri

küçük faktörde normalize edilen etki değerine göre daha küçük değere sahip olmakta, küçük değerler arasındaki yüzdesel değişim oranı da buna bağlı olarak küçülmektedir. Bu bağlamda yapı ürünlerinin değerlendirilmesinde yerel etki değerlerinin kullanılması önem ağırlıklarının farklı oluşundan kaynaklanan değişim ve farkların daha çok hissedilmesine neden olmaktadır.

Çizelge 5.1. Küresel değerlerle sistemlere göre ulaşılan sonuç değerlerinin değişim oranları

Çevresel Etki Sınıfları (CML 2001)	% Değişim
Abiyotik Tüketim Potansiyeli	% 12,5 azalma
Asitleşme Potansiyeli	% 70 azalma
Ötrofikasyon Potansiyeli	% 28,33 artma
Tatlısu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli	% 43,48 artma
Küresel Isınma Potansiyeli	% 31,03 azalma
İnsan Zehirlenme Potansiyeli	% 61,6 artma
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli	% 43,48 artma
St. Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli	% 310 azalma
Fotokimyasal Ozon Gazı Oluşum Potansiyeli	% 5 artma
Radyoaktif Radyasyon	-
Kara Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli	% 41,67 artma

Çizelge 5.2. Yerel değerlerle sistemlere göre ulaşılan sonuç değerlerin değişim oranları

Çevresel Etki Sınıfları (CML 2001)	% Değişim
Abiyotik Tüketim Potansiyeli	%38,5 azalma
Asitleşme Potansiyeli	%115 azalma
Ötrofikasyon Potansiyeli	%12,9 artma
Tatlısu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli	%59,4 artma
Küresel Isınma Potansiyeli	%49,6 azalma
İnsan Zehirlenme Potansiyeli	%64,7 artma
Deniz Suyu Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli	%57,3 artma
St. Ozon Tabakası Tüketim Potansiyeli	%265 azalma
Fotokimyasal Ozon Gazı Oluşum Potansiyeli	%20,6 artma
Radyoaktif Radyasyon	-
Kara Ekolojisi Zehirlenme Potansiyeli	%50,6 artma

Yapı ürünlerinin sistemlere göre ayrı ayrı değerlendirilmesi sonucu elde edilen bu oranlar göstermektedir ki, derecelendirme yapan sistemler aynı önem ağırlığını kullanmadığı sürece aynı ürünün etki sonuç değerinde, mutlaka belirli oranlarda

farklara neden olacaktır. Bu durum sürdürülebilirlik kavramı altında oluşturulan derecelendirme sistemlerinin ürün değerlendirmesinde çok hassas ve güvenilir olmadığını göstermektedir. Bu anlamda çalışmanın yapılma sebebi olan “aynı ürünün derecelendirme sistemlerine göre farklı etki sonuç değerlerine sahip olması” hipotezi doğrulanmış bulunmaktadır. BREEAM ve LEED derecelendirme sistemlerinin farklı önem ağırlıklarını kullanması, büyük değişim oranları gözlemlendiğinde ürünün sertifikalandırılma aşamasındaki derecesini de etkileyebilecektir. Ürünün farklı derecelendirilmesi, binada kullanılan bir yapı ürününün değerlendirilmesi aşamasında, değerlendirme alanının puanını olumlu yada olumsuz bir şekilde etkileyerek binanın sertifikalandırılmasına kadar uzanabilecek bir süreçtir. Bu durum sistemlerin güvenilirliğinin sorgulanmasını gündeme getirmektedir.

Avrupa ve Amerika gibi gelişmiş ülkelerde kullanılan sistemlerin önem ağırlıklarının küresel etki sınıflarına yönelik büyük miktarda farklılıklar içermesi, sistemlere göre küresel çevre sorunlarının farklı öneme sahip olması anlamına gelmekte ve bu durumun küresel sorunların çözülmesine negatif etki sağlayacağı ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda küresel etki gösteren sınıfların önem ağırlıklarında standardizasyona gidilmesi önemlidir. Böylelikle aynı yapı ürününün derecelendirme sistemlerine göre değerlendirilmesi sırasında, büyük ölçekli değer farklılıklarının önüne geçileceği düşünülmektedir.

Ayrıca Türkiye için uyarlanması düşünülen ve sıklıkla kullanım alanı bulan bu sistemlerin, derecelendirme yaparken kullandığı değerlendirme alanlarının içerisinde yer alan ürün korunumu ve seçimine yönelik “malzeme ve kaynaklar” alanının, bütün içerisinde % 12,5 (BREEAM) ve % 14,2 (LEED) oranında paya sahip olması düşündürücüdür (Bkz. Çizelge 2.16, 2.19). Bölüm 2.4’te ayrıntılı olarak görülebilen, canlı ve cansız hayatı içine alan ekosistemi etkileyebilecek önemli bir alanın, bütün içerisindeki payının sınırlı olması, sertifika sistemlerine getirilebilecek bir diğer eleştirinin anahtar noktası konumundadır.

Elde edilen bulgular ve tespitler sonucunda, Türkiye için uyarlanması düşünülen derecelendirme sistemleri hakkında derin araştırmaların yapılması gerektiği açıktır. Yapı ürünü değerlendirme bağlamında irdelenen derecelendirme sistemlerinin, diğer değerlendirme alanlarında da güvenilirliğinin belirlenmesi, sistemlerin içerdiği farklılıklar ve çelişkilerin tespit edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

AIP “İklim Değişikliği”, <http://www.aip.org/history/climate/> (2010).

Akyüz, M., “Endüstriyel Atıkların Çevre Üzerindeki Etkileri ve Alınması Gereken Önlemler”, **III. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi**, 3-5 Eylül, Kırşehir, 1-8 (1997).

Alptekin, O., “Binalarda İç Hava Kalitesi Toz Partiküllerinden İç Mekan Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 12 (2007).

Altıntabak, Ö. F., “İsparta Kentinde Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Isparta, 4,5,28 (1996).

Anderson, J., Shiers, D. E., Sinclair, M., “The Green Guide to Specification an Environmental Profiling System for Building Materials and Components”, 3rd Edition, **Blackwell Science Ltd.**, Oxford, 9-12 (2002).

Aotake, N., Ofuji, N., Miura, M., Shimada, N., Niwa, H., “Comparison Among Results Of Various Comprehensive Assessment Systems: Case Study For A Model Building Using CASBEE, BREEAM And LEED”, **The 2005 World Sustainable Building Conference**, Japan, 1734-1737 (2005).

Artüz, İ., “Amonyak'ın Kokusu Ne Zaman Ortaya Çıkar ?”, **Bilim Teknik**, <http://www.artuz.com/Artuz/IlhamSamime/Ilham/Akademik/Yazilar/CumhuriyetBilimTeknik/cumhuriyet09.htm> (2010).

Ashford, P., “Assessment of potential for the saving of carbondioxide emissions in European building stock”, **Caleb Management Services**, Bristol, 56 (1998).

Ashford, P., “The cost implications of energy efficiency measures in the reduction of carbondioxide emissions from European building stock”, **Caleb management services**, Bristol, 84 (1999).

ASHRAE, “Standard 62- 1989- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”, **American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers**, Atlanta (1989).

ASHRAE, “Standard 62- 2001- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”, **American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers**, Atlanta (2001).

Balanlı A., Öztürk A., Karabiber Z., Ünver R., Gedik G., Yavuz G., Vural M., “An Examination and Evaluation Of YTU Library And Documentation Building In Terms Of Building Biology”, **Building and Environment**, 41: 1079 – 1098 (2006).

Bare J., Gloria T., “Life Cycle Impact Assessment for the Building Design and Construction Industry”, *Building Design & Construction*, 22-24 (2005).

Başar, B., “Türkiye’de Yapısal Katı Atıkların Yeniden Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 8 (2007).

Baykal, H., Baykal T., “Küresellenen Dünya’da Çevre Sorunları”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5 (9):1-18 (2008).

Bold A., Toros H., “Manyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi”, *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, İstanbul, 62 – 68 (2003).

BP, “BP Statistical Review of World Energy June 2010”,
http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2010.pdf (2010).

BREEAM “Offices 2008 Assessor Manual”,
[http://www.breeam.org/BES5055_3_0_BREEAM_Offices1_2008\[1\].pdf](http://www.breeam.org/BES5055_3_0_BREEAM_Offices1_2008[1].pdf) (2009).

BREEAM, “BREEAM”, http://www.breeam.org/page_1col.jsp?ID=54 (2009).

BEES ve LEED etki kategorileri, “Weighting Environmental Impact Categories”
<http://www.buildinggreen.com/auth/article.cfm/2009/1/2/Weighting-Environmental-Impact-Categories/> (2010).

Berkes, F., Kışlalıoğlu, M., “Ekoloji ve Çevre Bilimleri”, *Remzi Kitabevi*, 337 (1990).

BİMS, “Bims Nedir?”, <http://www.bims.gen.tr/bims-nedir> (2010)

BİMS, “Bims”, <http://www.kaleblokbims.com/bims.php> (2010)

Calkins, M., “Materials for Sustainable Sites”, *John Wiley & Sons, Inc.*, Hoboken, New Jersey, 14-24 (2009).

Civan, U., “Akıllı binaların çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, Türkiye, 36-39 (2006).

CML “CML 2001”
<http://www.cml.leiden.edu/research/industrialecology/researchprojects/finished/new-dutch-lca-guide.html> (2010).

CML, “CML 2001”, <http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/projects/lca2/> (2010).

CSIRO MSE “Oluşum Enerjisi”,
<http://www.dbce.csiro.au/indserv/brochures/embodied/embodied.htm> (2010).

Çelebi, G., Aydın, A. B., “Yapı sektörü - çevre ilişkisine dair bir yöntem irdelenmesi: yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)”, *Çevre ve Ormancılık Şurası*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Antalya, 13 – 21 (2005).

Çevre ve Orman Bakanlığı “Küresel Isınma”
http://www.iklim.cevreorman.gov.tr/Gazi/kuresel_isinma.htm (2010).

Çevre ve Orman Bakanlığı “İklim Değişikliği”,
<http://www.iklim.cevreorman.gov.tr/Gazi/turkiye.htm> (2010).

Çevre ve Orman Bakanlığı, “Hava Kalitesi”
http://www.havakalitesi.cevreorman.gov.tr/turkish/airquality/presentations/explanatory_draft_regulation_aq_tr.pdf (2010).

Çiçek, Y.E., “Pişmiş Toprak Tuğla, Bimsbeton, Gazbeton Ve Perlitli Yapı Malzemelerinin Fiziksel, Kimyasal Ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 20-22 (2002).

Çilingiroğlu, S., “İç Hava Kalitesi”,
http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7f2a4ea3bedd425_ek.pdf?dergi=966 (2010).

Darçın, P., “Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 10 (2008).

Dilaver, D., “Yapı Ürünlerinin Çevre ile İlişkisi Kapsamında Çevre Dostu Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 4-11 (2005).

DMİ, “Stratosferik Ozon Tükenimi”, <http://dmi.gov.tr> (2010).

Lawrence Berkeley National Laboratory, “Ozon Tabakası”,
http://www.ds9.ssl.berkeley.edu/LWS_GEMS/4/unozo1.htm (2010).

E2, “E2 Sustainability in Business”,
<http://www.e2mc.com/BUWAL297%20english.pdf> (2010).

Edwards, B., “Green Architecture”, *Architectural Design*, Issue 4:71,30 (2001).

Edwards, B., (2007), Sürdürülebilirlik Kültürü ve Mimari Tasarımın Önündeki Güçlükler”, *Ekolojik Mimarlık ve Planlama Ulusal Sempozyumu*, 27-27 Nisan 2007, TMMOB Mimarlar Odası Antalya Şubesi, Antalya, (2007).

EPA, "TRACI", http://epa.gov/ORD/NRMRL/std/sab/iam_traci.htm (2010).

EPA, "TRACI" <http://www.epa.gov/nrmrl/std/sab/traci/> (2010).

Erden, A. B., "Çağımız ve Çevre Kirliliği", *Kadioğlu Matbaası*, Ankara, 55 (1990).

Erdönmez, C., "Bursa- Keles Kırsal Alanlarındaki Toplumsal Yapının Çevre Sorunları Üzerine Etkisi", Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 57-62 (1997).

Ersoy, D., Sanver, S., "Ozon tabakasının yırtılması ve dünya için önemi", *Çevre Dergisi*, 10: 1-5 (1994).

Fava, J. A., Denison, R., Jones, B., Curran, M. A., Vigon, B., Selke, S., Barnum, J., "A technical framework for life cycle assessment", *Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)*, Vermont, 1 – 44 (1990).

Fowler, K.M., Rauch, E.M., "Sustainable Building Rating Systems Summary", *Pacific Northwest National Laboratory*, <http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical.../PNNL-15858.pdf> (2006).

Freeaman, A. M., "The Distrubution Of Environmental Quality,Environmental Quality Analysis", *Resources For The Future Inc. Johns Hokins Press*, Baltimore, 243-280 (1972).

Froeschle, L.M., , "Environmental Assessment specification of green building materials", *The Constructin Specifier*, 53-57 (1999).

Geworkian, P., " Alternative Energy Systems in Building Design", *A Green Source Book*, 203-206 (2010).

Gökçe, O., Türkiye’de Arazi Kullanımı, Sorunları ve Çözüm Yolları”, *Tabiat ve İnsan Dergisi*, 2: 5-13 (1990).

Grabner B, "Construction Waste Assessment A Case Study of the South Central Iowa", *Solid Waste Agency Environmental Education Centre* <http://www.sciswa.org/Waste%20study2.pdf> (2004).

Guinée, J. B., Gorree, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Udo de Haes, H. A., Voet, E., Wrisberg, M. N., "Environmental life cycle assessment - backgrounds", *Leiden*, 15 - 17 (1998).

Güler, Ç., "Çevre Sözlüğü", I. Baskı, *Saypa*, 205 (1994)

Graham, P., "Building Ecology First Principles For a Sustainable Built Environment", *Blackwell Science Ltd*, 8-55(2003).

Gültekin, A.B., “Yaşam Döngüsü Değerlendirme” Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 6-24 (2006)

Hauschild, M., Wenzel, H., “Environmental assessment of products”, Volume 2, **London**, 32 - 37 (1998).

Haselbach, L., “The Engineering Guide to Leed-New Construction”, **Mc Graw-Hill Companies Inc.**, USA, 9 (2008).

Hegerl, G.C., F. W. Zwiers, “Understanding and Attributing Climate Change. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis”, **Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC**, http://www.eoearth.org/article/IPCC_Fourth_Assessment_Report_Working_Group_I_Chapter_9 (2007).

Heijungs, R., Guinée, J. B., Huppes, G., Lankreijer, R. M., Udo de Haes, H. A., Sleswijk, A. W., Ansems, A. M. M., Eggels, P. G., Duin, R., Goede, H. P., “Environmental life cycle assessment of products: guide and backgrounds”, **Leiden**, 21 - 25 (1992).

Hertwich, E. G., Hammitt, J. K., “A decision - analytic framework for impact assessment, part I: LCA and decision analysis”, **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 6 (1): 5 - 12 (2001).

Hertwich, E. G., Hammitt, J. K., “A decision - analytic framework for impact assessment, part II: midpoints, endpoints, and criteria for method development”, **The International Journal of Life Cycle Assessment**, 6 (5): 265- 272 (2001).

Heperkan, H.A., “İç ortam hava kalitesi ve hasta bina sendromu”, **Termoklima Dergisi**, [http:// termo-klima.net/eng/gorus2.asp](http://termo-klima.net/eng/gorus2.asp), (2010).

IEA “30 Key Energy Trends in The Iea & Worldwide”, http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2005/energy_trends.pdf (2010).

ILEC, “ILEC”, <http://ilec.or.jp> (2010).

İlten N., Bulgurcu H., “Evlerde iç hava kalitesi ile ilgili bir araştırma”, **4. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu**, 11-13 Eylül 2002, Balıkesir, <http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/hbulutiaq.pdf> (2002).

IPT, “EDIP”, <http://ipt.dtu.dk/mic/Projects.htm#EDIP97>, (2010).

İSKİ, “Dünya’da su miktarı”, <http://www.iski.gov.tr/web/UserFiles/image/melen/dunyadasumiktari.jpg> (2010).

İSKİ, “Melen projesi”,

<http://www.iski.gov.tr/Web/statik.aspx?KID=1001916> (2010).

Jane C. Bare, Thomas P. Gloria,” Critical Analysis Of The Mathematical Relationships And Comprehensiveness Of Life Cycle Impact Assessment Approaches”, *Environmental Science & Technology* , 40 (4):1105, (2006).

Jensen, A. A., Hoffman, L., Moller, B., Schmit, A., Christiansen, K., Elkington, J., Dijk, F. V., “Life Cycle Assessment, A Guide To Approaches”, *Experiences and Information Sources*, European Environment Agency, Denmark, 84 (1997).

Karayılanoğlu T., Yaren H., ‘‘Radyasyon ve İnsan Sağlığı Uzerine Etkileri’’, *TSK Koruyucu Hekimlik Bulteni*, 4: 199 – 207 (2005).

Karpuzcu, M., “Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü”, *Kubbealtı Neşriyatı*, 10-16 (1991).

Karşı, U. T., “Sürdürülebilir Mimarlık Çerçevesinde Ofis Yapılarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Performans Analizi için Bir Model Önerisi”, Sanatta Yeterlilik Tezi, *Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 214-215 (2008).

Kawazu, Y., Shimada, N., Yokoo, N., Oka, T., “Comparison Of The Assessment Result Of BREEAM, LEED, GB-TOOL and CASBEE”, *The 2005 World Sustainable Building Conference*, Japan,1700-1705, (2005).

Kaya, A., “ İyonize radyasyonun biyolojik etkileri”, *Journal Of Medical School*, 29 :3, 66 (2002).

Keleş, R., Ertan, B., Çevre Hukukuna Giriş, *İmge Kitabevi*, Ankara, 5-20 (2002).

Kırımhan, S.,“Hava Kirliliğinin Uluslararası Önemi: Hava Kirliliği ve Asitleşme”, *Tabiat ve İnsan Dergisi*, Sayı:3-4, 22-40 (2004).

Kışlalıoğlu, M., Berkes, F., “Ekoloji ve Çevre Bilimleri”, *Remzi Kitabevi*, İstanbul, 12 (1994).

Köse H. Ö., Ayaz S., Köroğlu B., “Türkiye’de Atık Yönetimi”, *Ulusal Düzenlemeler ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi Performans Denetimi Raporu*, Ocak, http://www.sayistay.gov.tr/rapor/perdenrap/2007/2007-1AtikYonetimi/2007-Atik_Yonetimi_Raporu.pdf (2007).

Kuban, B., “Fosil Yakıtlar ve Kent”, *Mimar.ist*, 3: 75-76 (2002).

Kubba, S., “LEED Practices Certification and Accreditation Handbook”, *Elsevier Inc.*, USA, 293-297 (2010).

Lerner, B. W., Lerner K., Lee “Ozone Layer Depletion”, *World of Earth Science*, Gale, Detroit, 2: 420-421 (2003).

Lindfors, L. G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Juntilla, V., Hansson, O. J., Ronning, A., Ekvall, T., Finnveden, G., “Nordic guidelines on life-cycle assessment”, *Nordic Council of Ministers*, Copenhagen, 1 - 85 (1995).

Lippiatt, B. C., “BEES© 3.0, Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide”, *NISTIR 6916, National Institute of Standards and Technology (NIST)*, Washington D. C., 8-28 (2002).

Mackenzie, D., “Green Design: Design for the Environment”, *Laurence King Publishing*, London, UK, 23-36 (1991)

NASA, “Ozon Tabakası” <http://www.ozonewatch.gsfc.nasa.gov/facts/hole.html> (2010).

NASA, “Ozon Tabakası” <http://www.nasa.gov> (2010).

Nevers N., “Air Pollution Control Engineering”, *Mc Graw – Hill*, USA, 201– 203 (1995).

Özey, R., “Çevre Sorunları”, *Aktif Yayınevi*, İstanbul, 20-45 (2001).

Özyaral, O., “Hasta Hastane Sendromu”, *3. Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon Kongresi*, 2-4 Ekim, Samsun, <http://www.das.org.tr/dosya/kongre/kongre2003/02.htm> (2003).

Özyaral O., Keskin Y., “Kapalı Alan Atmosferinin Sağlık Üzerine Etkileri :Kakosmi (Kötü Koku) Sendromu”, *Astım Allerji İmmunoloji*, 3: 86 – 96 (2005).

Quagraine V., Boschi N., “Behavioral changes can help prevent indoor air – related illness in Ghana”, *Building and Environment*, 10: 1 – 54 (2006).

PRE “Eco-indicator 99”, www.pre.nl/eco-indicator99 (2010).

Roaf, S., Fuentes, M., Thomas, S., “Ecohouse 2: A Deign Guide”, *Architectural Press*, UK, 19-57 (2004).

Saddleback, “Recycling”, *Saddleback Educational Publishing*, 12 (2009).

Sarja, A., “Integrated Life Cycle Design Of Structures”, *Spon Press*, 81 (2002).

Sağlık Bakanlığı, “Hava Kirliliği” <http://rshm.saglik.gov.tr> (2010).

Sayar, Z., Gültekin, A.B., Dikmen, Ç.B., “Sürdürülebilir mimarlık kapsamında ahşap ve pvc doğramaların değerlendirilmesi”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS09)*, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, http://iats09.karabuk.edu.tr/press/pro/11_CIVIL&CONSTRUCTION.pdf (2009).

Scheuer, C. W., Keoleian, G.A., “Evaluation of LEED: Using Life Cycle Assessment Methods”, *Center for Sustainable Systems University of Michigan* NIST GCR 02-836 - National Institute of Standards and Technology <http://www.bfrl.nist.gov/oae/publications/gcrs/02836.pdf> (2002).

Selici, T., Utlü, Z., İlten, N., “Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri ve Sürdürülebilir Gelişim Açısından Değerlendirilmesi”, *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, http://www.emo.org.tr/ekler/f096d0e005a8c79_ek.pdf (2005).

Serin, G., “Pomzanın Hafif Beton Blok Duvar Elemanı Olarak Kullanılmasının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 12-18 (1999).

Sev, A., Canbay, N., “Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri”, *Yapı Dergisi Ekoloji Eki*, <http://www.epy.com.tr/files/SertifikaSistemleri.pdf> (2009).

Sofuoğlu, A., “Hava kirliliği” http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon_2023_csk/EK-6.pdf (2010).

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller, IPCC “Summary For Policymakers In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution Of Working Group I To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change”, *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 667 (2007).

Starrs, M., “BREEAM versus LEED”, *Inbuilt Ltd.*, UK, <http://www.passivhausdesign.com/media/406565/breemvsleed.pdf> (2010).

Su miktarı, “Su oranları”, <http://www.suyla.com/images/stories/miktar.gif> (2010).

Şenkal F. “Yapıda Olusan Nem ve Küfün İnsan Sağlığına Etkileri”, *Yapı Dergisi*, 233: 89 -90 (2001).

Terzi, S., “Sürdürülebilir Çevre Açısından Uygun Yapı Ürünlerinin Seçimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 31 (2009).

TGUB, “Gazbeton Üretim Süreci”, <http://www.tgub.org.tr/default.asp?mid=236&L=TR> (2010).

Tortop, N., “Tabiatın Korunması Çağımızın Önemli Bir Sorunudur”, *Sevinç Matbaası*, 528 (1973).

Tuna Taygun, G., “Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik bir model önerisi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 18-19, (2005).

Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G., “Küresel iklim değişikliği ve olası Etkileri”, **Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları** (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24 <http://www.meteor.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx> (2000).

TÜİK, Türkiye İstatistik Yıllığı, (2007).

Udo de Haes, H. A., Clift, R., Frischknecht, R., Hofstetter, P., Grisel, L., Jensen, A. A., Lindfors, L. G., Schmidt-Bleek, F., Wrisberg, N., “LCANET Definition document”, **Leiden**, 25 - 27 (1996).

Ulusoy, A., “Uçucu Kül-Tekstil Fabrikası Atık Külü ve Bazaltik Pomzanın Tuğla Üretiminde Katkı Olarak Kullanılması”, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kahramanmaraş, 1-10 (2008).

USGBC, “LEED”, <http://www.usgbc.org/displayPage.aspx?CMSPageID=3504> (2009).

USGBC, “LEED”, <http://www.usgbc.org/showfile.aspx?DocumentID=5546> (2009).

USGBC, “LEED”, <http://www.usgbc.org/displayPage.aspx?CMSPageID=222> (2009).

USGBC, “LEED”, <http://www.usgbc.org/displayPage.aspx?CMSPageID=1970> (2009).

Ünal, Ö., Karagöz S., Ülger G., Yüce E., Erkul S., “ Küresel ısınmak ne kadar pahalı”, <http://kongreikt.ege.edu.tr/cd/pdf/53.pdf> (2006).

Varol A., “Hava Kirliliğinin Kontrolü ‘’, **Yerleşim Yerlerinde Hava Kirliliği ve Çevresel Etkisi Paneli**, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 25 – 29 (1994).

Vigon, B. W. , Tolle, D. A., Cornaby, B. W., Latham, H. C., Harrison, C. L., Boguski, T. L., Hunt, R. G., Sellers, J. D., U.S.E.P.A. “Risk Reduction Engineering Laboratory, Life – Cycle Assessment Inventory Guidelines and Principles”, **Lewis Publishers**, USA, 65 (1994).

Vural, S. M., “Yapı İçi Hava Niteliği Risk Süreci Modeli Belirlenmesi”, Doktora Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 15 (2004).

Wenzel, H., Hauschild, M., Alting, L., “Environmental assessment of products”, Volume 1, **London**, 35 - 38 (1997).

WGSC, “Working group for sustainable construction”, Working Group Sustainable Construction Methods And Techniques Final Report, <http://ec.europa.eu/environment/urban/> (2004).

Williamson, T., Redford, A., Bennets, H., “Understanding Sustainable Architecture”, *Spon Press*, London, 8 (2003).

Wines, J., “Green architecture”, *Taschen*, 9 (2008).

Wrisberg, N., and Gameson, T., “CHAINET Definition document”, Draft version, *Leiden*, 41 - 45 (1998).

Yılmaz, Z., Ciravoğlu, A., “Ülkemizde Mimarların Yapı Malzemesi Tercihlerinin Yaşam Döngüsü Açısından Değerlendirilmesi”, *Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi*, YTÜ, İstanbul, 215-222 (2010).

Yudelson, J., “The Green Building Revolution”, *Island Press*, Washington, USA, 198-201 (2008).

Zeytun, A. B., “Sustainable Buildings And Building Materials: Environment, Human Health And Energy”, *The graduate school of natural and applied sciences of METU* (2000).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TUNA, Merve
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 25.04.1985 Kastamonu
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (370) 433 82 00
 Faks : 0 (370) 433 82 04
 e-mail : mtuna@karabuk.edu.tr

Eğitim Derece

Eğitim Birimi

Mezuniyet tarihi

Lisans	Karabük Üniversitesi/ Mimarlık Bölümü	2008
Lise	Göl Anadolu Öğretmen Lisesi	2003

İş Deneyimi Yıl

Yer

Görev

2009 -	Karabük Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
--------	----------------------	---------------------

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Ayçam, İ., Tuna, M., 2010, “Sürdürülebilir Bina Derecelendirme Sistemlerinin Enerji Bağlamında İrdelenmesi”, Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu (ISBS), Gazi Üniversitesi, 26-28 Mayıs, Ankara, Türkiye, 628-632

2. Ayçam, İ., Tuna, M., Süt, G., 2010, “Sürdürülebilirlik ve Mimari Değişimin Yalıtım Malzemelerine Etkileri”, Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu (ISBS), Gazi Üniversitesi, 26-28 Mayıs, Ankara, Türkiye, 191-195
3. Kayılı, H. M., Demirdöğen, E., Tuna, M., 2010, “Yeni Nano-Malzemelerle Elde Edilen Night-Sky Radyasyon Etkisinin Ekolojik Sürdürülebilirlikteki Yeri ve Önemi”, Ekoloji Sempozyumu (EKO2010), Aksaray Üniversitesi, 05-07 Mayıs, Aksaray, Türkiye
4. Tuna, M., Sahil, S., 2010, “Karabükte Kentleşme Süreci: Cevizkent Kentsel Dönüşüm Projesinin İrdelenmesi”, Kuruluşundan Bugüne Karabük ve Demir Çelik Sempozyumu, Karabük Üniversitesi, 01-03 Nisan, Karabük, Türkiye
5. Tuna, M., Ulukavak Harputlugil G., Çelebi, G., 2010, “Sürdürülebilir Tasarım Hedefine Doğru: Örnek Konut Binasının Enerji Performansı Potansiyelinin Değerlendirilmesi”, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi (YFK)-, Yıldız Teknik Üniversitesi, 4-5 Mart, İstanbul, Türkiye, 45-52

Hobiler

Masa tenisi, bilgisayar teknolojileri, fotoğraf, yürüyüş