

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İÇ MEKÂN BİTİRME MALZEMELERİNİN ÜRETİM VE KULLANIM
SÜRECİ ÇEVRESEL ETKİLERİ DOĞRULTUSUNDA SEÇİMİNE YÖNELİK
BİR MODEL ÖNERİSİ**

DOKTORA TEZİ

NİL KOKULU

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

OCAK 2025

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**İÇ MEKÂN BİTİRME MALZEMELERİNİN ÜRETİM VE KULLANIM
SÜRECİ ÇEVRESEL ETKİLERİ DOĞRULTUSUNDA SEÇİMİNE YÖNELİK
BİR MODEL ÖNERİSİ**

DOKTORA TEZİ

**NİL KOKULU
(502182406)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilimleri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Seden ACUN ÖZGÜNLER

OCAK 2025

İSTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**A MODEL PROPOSAL FOR THE SELECTION OF INTERIOR FINISHING
MATERIALS BASED ON THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THEIR
PRODUCTION AND USE STAGES**



Ph.D. THESIS

**Nil KOKULU
(502182406)**

Department of Architecture

Building Science Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Seden ACUN ÖZGÜNLER

JANUARY 2025

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 502182406 numaralı Doktora Öğrencisi Nil KOKULU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İÇ MEKÂN BİTİRME MALZEMELERİNİN ÜRETİM VE KULLANIM SÜRECİ ÇEVRESEL ETKİLERİ DOĞRULTUSUNDA SEÇİMİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Seden ACUN ÖZGÜNLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Fethiye Ecem EDİS**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU
Antalya Bilim Üniversitesi

Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ
Gebze Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Caner GÖÇER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 23 Aralık 2024
Savunma Tarihi : 21 Ocak 2025





Prof. Dr. Melahat Akdeniz'e, Prof. Dr. Halit Hami Öz'e ve Erdal Yayıcı'ya...



ÖNSÖZ

Bu süreçte her an yanımda olan, yol göstericiliğiyle ilham kaynağım olan değerli danışmanım Prof. Dr. Seden ACUN ÖZGÜNLER'e en derin şükranlarımı sunarım. Tez çalışmam boyunca, tezimi geliştirmek amacıyla değerli yorumlarıyla katkı sağlayan, zamanlarını ve bilgi birikimlerini benimle paylaşan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Fethiye Ecem EDİS'e ve Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte tüm üzüntülerimi ve sevinçlerimi paylaşan, daima yanımda olarak bana güç veren, desteklerini her gün hissettiren sevgili aileme en derin şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamın en kritik anlarında, hiçbir beklentisi olmaksızın yanımda olan, tezimin dönüm noktasında bana yeniden güç veren değerli hocam Dr. İsmail Veli SEZGİN'e ve kendisiyle tanışmama vesile olan, desteğini her zaman yanımda hissettiğim sevgili dostum Arzu ÇAKMAK'a tüm kalbimle teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda emeği geçen tüm kişi ve kurumlara en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2025

Nil KOKULU
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR.....	xv
SEMBOLLER	xxi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xxiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxv
ÖZET.....	xxvii
SUMMARY	xxix
1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı.....	3
1.2 Tezin Amacı ve Hipotez.....	6
1.3 Tezin Kapsamı.....	7
1.4 Tezin Yöntemi.....	8
2. TEORİK ÇERÇEVE OLUŞTURMA SÜRECİ.....	15
2.1 Ana Bitirme Malzemeleri, Uygulama Yöntemleri ve Tamamlayıcı Malzemeler	16
2.2 Çevresel Etki Değerlendirmesi.....	22
2.2.1 Bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin önemi ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalar	22
2.2.2 Bitirme malzemelerinin çevresel etkilerine göre seçiminde/ değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler.....	23
2.2.2.1 Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini YDD ile değerlendiren model ve yaklaşımlar	24
2.2.2.2 Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDED modelleri	35
2.2.2.3 Yapı malzemelerinin çevresel etkileri doğrultusunda değerlendirilmesine yönelik oluşturulmuş diğer modeller.....	42
2.2.3 Mevcut çevresel etki yöntemlerinin değerlendirilmesi	44
2.2.3.1 Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini YDD ile değerlendiren model ve yaklaşımların değerlendirilmesi	45
2.2.3.2 Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDED modellerinin değerlendirilmesi	50
2.2.3.3 Yapı malzemelerinin çevresel etkileri doğrultusunda değerlendirilmesine yönelik oluşturulmuş diğer modellerin değerlendirilmesi	55
2.3 Nitelik Performans Değerlendirmesi.....	57
2.3.1 Bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler	57
2.3.1.1 Yapım süreci ile ilgili nitelikler	58
2.3.1.2 Kullanım süreci ile ilgili nitelikler	59
2.3.1.3 Malzeme özellikleri.....	59

2.3.2 Bitirme malzemelerinin nitelik performans değerlerinin önemi ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalar	63
2.3.3 Bitirme malzemelerinin nitelik performanslarına göre seçiminde/ değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler	64
2.3.3.1 Gereksinimlere dayalı seçim yöntemleri	65
2.3.3.2 Değerlendirme tekniğine dayalı seçim yöntemleri	70
2.3.3.3 ÇKKV yöntemleri	73
2.3.3.4 ÇKKV sürecinde kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri	82
2.3.4 Mevcut nitelik performans yöntemlerinin değerlendirilmesi	84
2.3.4.1 Gereksinimlere dayalı seçim yöntemlerinin değerlendirilmesi	84
2.3.4.2 Değerlendirme tekniğine dayalı seçim yöntemlerinin değerlendirilmesi	87
2.3.4.3 ÇKKV yöntemlerinin değerlendirilmesi	88
2.3.4.4 ÇKKV sürecinde kullanılan ağırlıklandırma yöntemlerinin değerlendirilmesi	90
2.4 Sağlık Etki Değerlendirmesi	92
2.4.1 Bitirme malzemelerinin kullanım süreci insan sağlığına etkilerinin önemi ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalar	92
2.4.2 Bitirme malzemelerinin insan sağlığına etkilerine göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler	94
2.4.2.1 Yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendiren YDED modelleri	95
2.4.2.2 Tehlike risk değerlendirmesi	95
2.4.3 Mevcut insan sağlığına etkileri değerlendiren yöntemlerin değerlendirilmesi	99
2.4.3.1 Yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendiren YDED modellerinin değerlendirilmesi	99
2.4.3.2 Tehlike risk değerlendirmesinin değerlendirilmesi	100
2.5 Bölüm Sonucu	101
3. İÇ MEKÂN BİTİRME MALZEMESİ SEÇİM MODELİ	105
3.1 Çevresel Etki Puanının Hesaplanması	105
3.1.1 Çevresel etki kategorilerinin seçilmesi	107
3.1.2 Normalleştirme	108
3.1.3 Toplam puanın hesaplanması	110
3.2 Nitelik Performans Puanının Hesaplanması	111
3.2.1 MOORA yönteminin uygulanması	113
3.2.2 Entropi yönteminin uygulanması	114
3.3 Sağlık Etki Puanının Hesaplanması	115
3.3.1 Sağlık etki kategorilerinin seçilmesi	116
3.3.2 Toplam puanın hesaplanması	117
3.4 Bitirme Malzemesi Seçiminin Gerçekleştirilmesi	122
3.5 Modelin Değerlendirilmesi	123
4. İÇ MEKÂN BİTİRME MALZEMELERİ SEÇİM MODELİNİN OTEL ODALARINA UYGULANMASI	131
4.1 Çevresel Etki Puanının Hesaplanması	132
4.2 Nitelik Performans Puanının Hesaplanması	141
4.3 Sağlık Etki Puanının Hesaplanması	143
4.4 Bitirme Malzemesi Seçiminin Gerçekleştirilmesi	146
4.5 Örnek Çalışmanın Değerlendirilmesi	147
4.5.1 Çevresel etki hesaplaması sonuçları	147

4.5.2 Nitelik performans hesaplaması sonuçları	151
4.5.3 Sağlık etki hesaplaması sonuçları	152
4.5.4 En iyi alternatifin seçilmesi.....	154
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	155
KAYNAKLAR.....	157
EKLER.....	183
ÖZGEÇMİŞ.....	229





KISALTMALAR

AAS	: Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
ADP	: Abiyotik Tükenme Potansiyeli (Abiotic Depletion Potential)
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
AP	: Asitleşme Potansiyeli (Acidification Potential)
ASTM	: Amerikan Test ve Malzemeler Derneği (American Society for Testing and Materials)
ATHENA IE	: Athena Etki Hesaplayıcısı (Athena Impact Estimator)
BEES	: Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik için Yapı (Building for Environmental and Economic Sustainability)
BELES	: Yapı Çevresel Yükleri Değerlendirme Sistemi (Building Environment Loads Evaluation System)
BEPAS	: Yapı Çevresel Performans Değerlendirme Sistemi (Building Environmental Performance Assessment System)
BIM	: Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling)
BPIC-ICIP	: Yapı Ürünleri İnovasyon Konseyi - Endüstri İşbirliği İnovasyon Programı (Building Products Innovation Council -Industry Cooperative Innovation Programme)
BRE-EP	: Bina Araştırma Kurumu Çevre Profili (Building Research Establishment Environmental Profile)
BREEAM	: Bina Araştırma Kurumu Çevre Değerlendirme Yöntemi (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
BWM	: En İyi ve En Kötü Yöntemi

	(Best-Worst Method)
CalTOX	: Kaliforniya Toksik Emisyon Değerlendirme Modeli (California Toxics Emissions Assessment Model)
CASBEE	: Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)
CEN	: Avrupa Standartlar Komitesi (European Committee for Standardization)
CIB	: Uluslararası İnşaat Araştırma ve İnovasyon Konseyi (International Council for Research and Innovation in Building and Construction)
CML	: Leiden Çevre Bilimleri Merkezi (Centrum voor Milieukunde Leiden)
CRITIC	: Kriterler Arası Korelasyon İle Kriter Önem Derecesi (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation)
ÇKKV (MCDM)	: Çok Kriterli Karar Verme (Multi Criteria Decision Making)
ECHA	: Avrupa Kimyasallar Ajansı (European Chemicals Agency)
EDIP	: Endüstriyel Ürünlerin Çevresel Tasarımı (Environmental Design of Industrial Products)
ELCD	: Avrupa Referans Yaşam Döngüsü Veritabanı (European Reference Life Cycle Database)
ELECTRE	: Gerçekliği Yansıtan Eliminasyon ve Seçim (Elimination and Choice Expressing Reality)
EP	: Ötrofikasyon Potansiyeli (Eutrophication Potential)
EPA	: Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
EPD	: Çevresel Ürün Beyanı (Environmental Product Declaration)
EPS	: Çevresel Öncelik Stratejileri (Environmental Priority Strategies)
GAIA	: Coğrafi Bilgi Analizi ve Gruplama (Geographical Analysis and Grouping)

GDSS	: Grup Karar Destek Sistemi (Group Decision Support System)
GWP	: Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential)
HBN	: Sağlıklı Bina Ağı (Healthy Building Network)
HBS	: Hasta Bina Sendromu (Sick Building Syndrome)
HWD	: Tehlikeli Atık Bertarafı (Hazardous Waste Disposal)
ILCD	: Uluslararası Yaşam Döngüsü Veri Sistemi (International Life Cycle Data System)
IRIS	: Entegre Risk Bilgi Sistemi (Integrated Risk Information System)
IRP	: İyonlaştırıcı Radyasyon (Ionizing Radiation Potential)
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization)
ITRI	: Endüstriyel Teknoloji Araştırma Enstitüsü (Industrial Technology Research Institute)
JEPIX	: Japon Çevresel Etki Endeksi (Japan Environmental Policy Index)
LEED	: Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design)
LIME	: Son nokta Modellemesine Dayalı Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme Yöntemi (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modelling)
MDF	: Orta Yoğunluklu Lif Levha (Medium Density Fiberboard)
MEEup	: Enerji Kullanan Ürünlerin Ekotasarımı için Metodoloji Çalışması (Methodology study for Ecodesign of Energy-using Products)
MOORA	: Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis)
NHWD	: Tehlikeli Olmayan Atık Bertarafı (Non-Hazardous Waste Disposal)

NIST	: Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (National Institute of Standards and Technology)
NREL	: Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (National Renewable Energy Laboratory)
ODP	: Stratosferik Ozon Tabakasının İncelme Potansiyeli (Ozone Depletion Potential)
PCR	: Ürün Kategori Kuralları (Product Category Rules)
PMFP	: Partikül Madde Oluşumu (Particulate Matter Formation Potential)
POCP	: Troposferik Ozonun Oluşum Potansiyeli (Photochemical Ozone Formation Potential)
POPs	: Kalıcı Organik Kirleticiler (Persistent Organic Pollutants)
PROBAS	: Çevre Yönetim Araçları İçin Süreç Odaklı Temel Veriler (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente)
PROMETHEE	: Zenginleştirme Değerlendirmeleri için Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)
PVC	: Polivinilklorür (Polyvinyl Chloride)
REACH	: Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması (Registration, Evaluation, Authorization, and Restriction of Chemicals)
RWD	: Radyoaktif Atık Bertarafı (Radioactive Waste Disposal)
SAW	: Basit Ağırlıklı Toplama (Simple Additive Weighting)
SETAC	: Çevresel Zehirlenme ve Kimya Derneği (Society of Environmental Toxicology and Chemistry)
SPINE	: Çevre için Sürdürülebilir Ürün Bilgi Ağı (Sustainable Product Information Network for the Environment)
SWARA	: Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis)
TOPSİS	: İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği

	(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)
TRACI	: Kimyasalların ve Diğer Çevresel Etkilerin Azaltılması ve Değerlendirilmesi Aracı (Tool for Reduction and Assessment of Chemicals and Other Environmental Impacts)
TRI	: Toksik Salım Envanteri (Toxic Release Inventory)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UN Environment Programme)
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler (Volatile Organic Compounds)
US LCI	: ABD Yaşam Döngüsü Envanteri (U.S. Life Cycle Inventory)
VIKOR	: Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (Multi-Criteria Optimization and Compromise Solution)
WDP	: Su Tüketim Potansiyeli (Water Deprivation Potential)
WPM	: Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (Weighted Product Method)
WSM	: Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Weighted Sum Method)
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment)
YDE	: Yaşam Döngüsü Envanteri (Life Cycle Inventory)
YDED	: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (Life Cycle Impact Assessment)
YDY	: Yaşam Döngüsü Yorumu (Life Cycle Interpretation)



SEMBOLLER

R	: Isıl iletkenlik direnci
S	: Isı biriktirme kapasitesi
λ	: Isı iletkenlik katsayısı





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Duvar-döşeme-tavan ana bitirme malzemeleri, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemeleri	21
Çizelge 2.2 : Ana malzemelerin servis ömürleri	21
Çizelge 2.3 : Yapı yaşam döngüsü aşamalarında sistem sınırları.....	25
Çizelge 2.4 : Yaşam döngüsü envanter veritabanları	27
Çizelge 2.5 : YDED'nin zorunlu evrelerinin örneklendirilmesi.....	36
Çizelge 2.6 : Normalleştirme yöntemleri.....	37
Çizelge 2.7 : Ağırlıklandırma yöntemleri.....	38
Çizelge 2.8 : YDD model ve yaklaşımlarının değerlendirme tablosu	46
Çizelge 2.9 : YDED modellerinin değerlendirme tablosu.....	52
Çizelge 2.10 : YDED modellerinde kullanılan çevresel etki kategorileri	55
Çizelge 2.11 : Diğer çevresel etki modellerinin değerlendirme tablosu.....	56
Çizelge 2.12 : Renklere göre ışık yansıtma değerleri	60
Çizelge 2.13 : İç mekan bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler	64
Çizelge 2.14 : Likert ölçeği örneği	71
Çizelge 2.15 : Derecelendirme ölçeği örneği	72
Çizelge 2.16 : Sınıflandırma ölçeği örneği	72
Çizelge 2.17 : ÇKKV yöntemlerinin değerlendirme tablosu.....	91
Çizelge 2.18 : Ağırlıklandırma yöntemlerinin değerlendirme tablosu	91
Çizelge 2.19 : Sağlık risk değerlendirmesinin adımları.....	97
Çizelge 3.1 : EPD veritabanlarının listesi.....	108
Çizelge 3.2 : Malzemelerin servis ömürlerine göre 50 yılda yenilenme sıklıkları..	110
Çizelge 3.3 : Niteliklerin önem ve beklenti değerleri.....	112
Çizelge 3.4 : Yapı malzemelerinde bulunan kimyasallar	118
Çizelge 3.5 : Bakım ürünlerinde bulunan kimyasallar	120
Çizelge 3.6 : Örnek çalışmada 1. adım	122
Çizelge 3.7 : Örnek çalışmada 2. adım	123
Çizelge 3.8 : Örnek çalışmada 3. adım	123
Çizelge 3.9 : Geliştirilen ÇE modelinin YDED modelleri ile karşılaştırması.....	124
Çizelge 3.10 : Geliştirilen SE modelinin YDED modelleri ile karşılaştırması	128
Çizelge 4.1 : Türkiye için seçilen çevresel etki kategorileri.....	134
Çizelge 4.2 : Malzemelerin üretim süreci (A3) etki kategori sonuçları	138
Çizelge 4.3 : Malzemelerin UM değerleri	138
Çizelge 4.4 : Malzemelerin ED _i değerleri	139
Çizelge 4.5 : Malzemelerin NTED _i değerleri	139
Çizelge 4.6 : Malzemelerin toplam NTED _i ve CP _{altın} değerleri	140
Çizelge 4.7 : Malzemelerin toplam çevresel etki puanları	140
Çizelge 4.8 : Malzemelerin nitelik değerleri	141
Çizelge 4.9 : MOORA Yönteminin uygulanması.....	142
Çizelge 4.10 : Entropi yönteminin uygulanması	142

Çizelge 4.11 : Malzemelerin toplam puanları ve sıralama	143
Çizelge 4.12 : Seçilen sağlık etki kategorileri	143
Çizelge 4.13 : Malzemelerin içinde bulunan kimyasallar.....	144
Çizelge 4.14 : Malzemelerin puanları.....	145
Çizelge 4.15 : Malzemelerin bakım puanlarının hesaplanması	146
Çizelge 4.16 : Malzemelerin toplam puanı	146
Çizelge 4.17 : Malzeme-puan matrisi	146
Çizelge 4.18 : Malzemelerin sıralanması.....	147
Çizelge 4.19 : Seçim	147
Çizelge H.1: Bitirme malzemelerinin bakım yöntemleri.....	224
Çizelge H.2: Bitirme malzemelerinin bakım sıklıkları.....	224
Çizelge H.3: Bitirme malzemelerinin onarım yöntemleri	225
Çizelge H.4: Bitirme malzemelerinin onarım sıklıkları	225
Çizelge H.5: Bitirme malzemelerinin yenileme yöntemleri.....	226
Çizelge H.6: Bitirme malzemelerinin yenileme sıklıkları	226



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Yöntem akış şeması.....	13
Şekil 2.1 : Yapı ürünlerinin üretim süreci	22
Şekil 2.2 : YDD'nin metodolojik çerçevesi.....	24
Şekil 2.3 : YDED unsurları.....	35
Şekil 2.4 : Envanter sonuçlarının orta ve son nokta etki kategorileri ile ilişkisi	37
Şekil 2.5 : İç mekân bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler	58
Şekil 2.6 : Aralıklı ölçek örneği.....	72
Şekil 2.7 : Sürekli ölçek örneği.....	73
Şekil 2.8 : ÇKKV metodolojisi.....	74
Şekil 2.9 : ÇKKV sürecinde kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri	82
Şekil 3.1 : Pharos risk düzeylerinden (solda) yararlanılarak model için oluşturulan puanlama sistemi (sağda)	117
Şekil 4.1 : Normalleştirmeden önce (solda) ve sonra (sağda) kategori sonuçlarının değişimi	149
Şekil 4.2 : Çevresel etki hesaplaması sonuçları.....	150
Şekil 4.3 : Nitelik performans hesaplaması sonuçları	152
Şekil 4.4 : Sağlık etki hesaplaması sonuçları.....	154
Şekil A.1 : Malzeme karşılaştırma tabloları: Topsis yönteminin adımları (üstte), Malzemelerin karşılaştırılması (altta)	184
Şekil A.2 : Malzeme karşılaştırma tabloları: İç mekan boya çevresel etki değerlendirme tablosu (üstte), malzemelerin karşılaştırılması (altta).....	185
Şekil A.3 : Döşeme bitirme malzemeleri çevresel etki değerlendirme tablosu.....	186
Şekil A.4 : Kullanım süreci envanter bilgi föyü.....	187
Şekil A.5 : Malzeme karşılaştırma tabloları: Halı lifleri değerlendirme tablosu (üstte), halı yapıştırıcıları değerlendirme tablosu (üstte).....	188
Şekil A.6 : Malzeme karşılaştırma tabloları: Duvar kağıtlarının ağırlıklandırılması (üstte), duvar kağıtları kullanım evresi çevresel etki değerlendirme tablosu (altta)	189
Şekil A.7 : Farklı malzemelerin gölge maliyet grafiği üzerinden değerlendirilmesi	190
Şekil A.8 : Linolyum ve PVC'nin kullanım süreci çevresel etkilerinin hesaplanması	191
Şekil A.9 : YD süreçlerinde çevresel etkilerin değerlendirilmesi	192
Şekil A.10 : Malzemelerin çevresel etkilerinin kıyaslanması	193
Şekil A.11 : Döşeme kaplama malzemelerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması	194
Şekil A.12 : Fotokimyasal sis için çevresel etki hesaplama tablosu (üstte), çelik için çevresel etki değerlendirme tablosu (altta)	195
Şekil B.1: Yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için mevcut verilerin girilmesi gereken A-B-C matrisi	196

Şekil B.2: Yapı malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin karşılaştırılması	197
Şekil B.3: Boya ve seramik karonun karşılaştırılması	198
Şekil C.1: Değerlendirme özeti örneği	199
Şekil C.2: Seçeneklerin değerlendirilmesi.....	200
Şekil C.3: Taşıyıcı olmayan bir iç duvarın performans analizi	201
Şekil C.4: Gereksinme-özellik tanımlama tablosu	202
Şekil C.5: Plastik kökenli ürünler için seçim yöntemi	203
Şekil C.6: Villa mutfağı için kaplama türü seçimi	204
Şekil C.7: Fonksiyonel gereksinimler tablosu.....	205
Şekil C.8: Değerlendirme tablosu.....	207
Şekil D.1: Kırmızı liste	208
Şekil D.2: Şeffaflık listesi	209
Şekil D.3: Beşikten beşiğe yasaklı kimyasallar listesi.....	210
Şekil D.4: Tehlike kategorileri.....	211
Şekil D.5: Benchmark gösterimleri	211
Şekil E.1: Model akış şeması.....	212
Şekil F.1: Seramik karonun içindeki kimyasallar.....	213
Şekil F.2: Kimyasalların insan sağlığına etkileri.....	213
Şekil G.1: Anket çalışması	214
Şekil H.1: Ankete katılan otellerin listesi	221
Şekil H.2: Otellerin hizmet dereceleri	221
Şekil H.3: Anket katılımcılarının sektörde görev yapma süresi.....	221
Şekil H.4: Anket katılımcılarının çalıştığı departman	221
Şekil H.5: Otel yatak odalarında kullanılan duvar bitirme malzemeleri	222
Şekil H.6: Otel yatak odalarında kullanılan döşeme bitirme malzemeleri	222
Şekil H.7: Otel yatak odalarında kullanılan tavan bitirme malzemeleri.....	223
Şekil H.8: Bitirme malzemelerinin yenilenme nedenleri	223
Şekil H.9: Atık bitirme malzemelerinin yeniden kullanılması	223
Şekil H.10: Yenilemenin gerçekleştirildiği aylar	223
Şekil I.1: Yazılım ürün modeli	227

İÇ MEKÂN BİTİRME MALZEMELERİNİN ÜRETİM VE KULLANIM SÜRECİ ÇEVRESEL ETKİLERİ DOĞRULTUSUNDA SEÇİMİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

ÖZET

Yapıların doğal çevre ve kullanıcılar üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkileri en aza indirmek için yapı üretim sürecinde izlenmesi gereken önemli aşamalardan biri, malzeme seçimidir. Özellikle iç mekân bitirme malzemeleri, üretim ve kullanım aşamalarında ortaya çıkan çevresel etkileriyle bu sürecin kritik bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır. İç mekân bitirme malzemesi seçimi, birçok kriterin değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu sürecin etkili bir şekilde yönetilmesi, malzemelerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasını sağlarken, aynı zamanda malzemeden beklenen gereksinimleri karşılayacak şekilde seçilmesine olanak tanımaktadır.

İç mekân bitirme malzemelerinin seçiminde ilk önemli adım, malzemelerin üretim sürecine ait çevresel etkilerinin değerlendirilmesidir. Bu süreç; ham madde temini, işlenmesi ve imalatını içeren aşamaları kapsar ve çevresel etkiler üzerinde büyük bir rol oynar. Ancak, yapılan çalışmalarda yaşam döngüsü aşamaları arasında en az incelenen kısımlardan biridir. Bitirme malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilebilmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), malzeme seçiminde çevresel etkilerin kapsamlı bir şekilde analiz edilmesini sağlayan, yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. YDD'nin üçüncü aşaması olan Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED) bu çevresel etkilerin hesaplanabilmesine yardımcı olur. Mevcut YDED modelleri, tüm yapı malzemelerine yönelik genel bir yaklaşımla tasarlanmış olup, ülkelerin yerel koşullarını dikkate almakta, farklı subjektif normalleştirme ve ağırlıklandırma yöntemleri kullanmaktadır. Özellikle envanter sonuçlarının analizi, sınıflandırılması ve tanımlanması süreçleri önemli ölçüde zaman ve çaba gerektirmektedir. Bu faktörler, modeller arasında yöntemsel farklılıklara ve belirsizliklere yol açmaktadır.

İç mekân bitirme malzemelerinin seçiminde ikinci önemli adım, malzemelerin nitelik performanslarının değerlendirilmesidir. Malzemelerden beklenen nitelikler; yapım ve kullanım süreci ile ilgili niteliklerin yanında, malzeme özelliklerini de kapsamaktadır. Bitirme malzemelerinin nitelik performanslarının değerlendirilebilmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Mevcut yöntemler, tüm yapı malzemelerine yönelik genel bir yaklaşımla tasarlanmış olup, tekrarlı adımlar barındırmakta, her niteliği ele alamamakta ve subjektif hesaplamalar içermektedir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) karmaşık ve farklı birimlerde olan birden fazla kriterin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Nitelik performans değerlendirme için mevcut ÇKKV yöntemlerinden en hızlı, basit, objektif ve şeffaf olan metodun seçilmesi, sonuçlara ulaşmada daha güvenli ve uygulanabilir bir süreç sağlar.

İç mekân bitirme malzemelerinin seçiminde üçüncü önemli adım, malzemelerin kullanım sürecine ait insan sağlığına etkilerinin değerlendirilmesidir. Kullanım süreci;

kullanım, bakım-onarım ve yenileme gibi aşamaları kapsar ve malzemelerin insan sağlığına etkileri üzerinde büyük bir rol oynar. Bitirme malzemelerinin insan sağlığına etkilerinin değerlendirilebilmesi için bazı yöntemler bulunmaktadır. YDED, bu etkilerin hesaplanabilmesine yardımcı olan, yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Mevcut YDED yöntemleri, malzemelerin içindeki kimyasalların etkilerini dikkate almamakta, bakım ve yenileme gibi süreçleri hesaplamaya dahil etmemekte ve veri eksikliklerinden ötürü birçok belirsizliğe sebep olmaktadır. Malzemelerin içindeki kimyasalları değerlendiren Yeşilekran Risk Değerlendirmesi gibi mevcut yaklaşımlar, sonuçları sayısal olarak sunamamakta ve toplam puan oluşturarak malzemelerin karşılaştırılmasına olanak vermemektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, iç mekân bitirme malzemelerinin seçimi için üç aşamalı sistematik bir yöntem önerilmiştir. İlk aşamada, malzemelerin üretim süreci çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için bir YDED modeli geliştirilmiştir. Orta nokta yaklaşımını esas alan bu modelde, EN 15804 standardında sunulan çevresel etki kategorileri benimsenmiş, etki kategori sonuçları için Çevresel Ürün Beyanı (EPD) veritabanı önerilmiştir. Malzemelerin karşılaştırılabilmesine olanak tanıyan dahili normalleştirme yöntemi, farklı çevresel etki kategorilerinin ortak bir ölçekte ifade edilmesi için kullanılmıştır. Toplam çevresel etki puanlarının elde edilebilmesi için, malzemelerin servis ömürlerine ve modelde 50 yıl olarak kabul edilen yapı servis ömrüne dayanarak, malzemelerin yenilenme sıklık ve yöntemlerine yönelik bağıntılar oluşturulmuştur.

İkinci aşamada malzemelerin nitelik performanslarının değerlendirilebilmesi için bir model geliştirilmiştir. Öncelikle yapım ve kullanım aşamasında iç mekân bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler belirlenmiştir. Niteliklerin değerlendirilebilmesi için ÇKKV yöntemlerinden MOORA metodu esas alınmış, ağırlıklandırma adımı için Entropi yöntemi benimsenmiştir.

Üçüncü aşamada malzemelerin kullanım süreci insan sağlığına etkilerinin değerlendirilmesi için bir YDED modeli geliştirilmiştir. Son nokta yaklaşımını esas alan bu modelde Yeşilekran Risk Değerlendirmesi'nde sunulan etki kategorileri benimsenmiş, etki kategori sonuçları için Pharos veritabanı önerilmiştir. Nitel olarak ifade edilen değerlerin sayısallaştırılması için bir puanlama yöntemi önerilmiş, malzemelerin bakım ve yenilenme davranışlarına yönelik bağıntılar oluşturulmuştur.

Çalışmanın sonucunda iç mekân bitirme malzemelerinin seçimi için, fayda-zarar analizinin gerçekleştirilebildiği bir karşılaştırma yöntemi önerilmiştir. Geliştirilmiş olan model, otel yatak odalarında kullanılan boya, seramik karo ve melamin kaplı yonga levha duvar bitirme malzemelerine uygulanmıştır. Örnek çalışmanın sonuçları açıklanmış, modelin yararları, sınırlamaları ve uygulama zorlukları değerlendirilerek öneriler geliştirilmiştir. Bu modelin, küresel ölçekte iç mekân bitirme malzemelerinin seçiminde referans olabileceği öngörülmektedir.

A MODEL PROPOSAL FOR THE SELECTION OF INTERIOR FINISHING MATERIALS BASED ON THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THEIR PRODUCTION AND USE STAGES

SUMMARY

An essential stage in the building production process, critical for minimizing the negative impacts of buildings on the natural environment and users, is the selection of materials. Interior finishing materials, in particular, play a significant role due to their environmental impacts during production and use. Selecting these materials is a complex process that requires evaluating multiple criteria. Managing this process effectively ensures that materials meet functional requirements while reducing environmental harm.

The first critical step in the selection of interior finishing materials is evaluating the environmental impacts of their production stages. This includes processes such as raw material extraction, processing, and manufacturing, which play a significant role in environmental effects. However, studies show that this aspect is one of the least analyzed among life cycle stages. Several methods exist for evaluating the environmental impacts of finishing materials. Life Cycle Assessment (LCA) is one of the most widely used methods, enabling a comprehensive analysis of environmental impacts during material selection. The third phase of LCA, Life Cycle Impact Assessment (LCIA), helps calculate these environmental impacts. Existing LCIA models are designed with a generalized approach for all building materials, taking into account local conditions and using various subjective normalization and weighting methods. Particularly, the processes of inventory analysis and classification, characterization require significant time and effort. These factors lead to methodological differences and uncertainties among models.

The second critical step in selecting interior finishing materials involves evaluating their performance characteristics. The expected properties of materials encompass both construction and usage attributes as well as material-specific features. Numerous methods exist for assessing the performance characteristics of finishing materials. Current methods are designed with a generalized approach for all building materials but often involve repetitive steps, fail to address all attributes, and include subjective calculations. Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) is a method used to evaluate multiple criteria with different units of measurement. Choosing the fastest, simplest, most objective, and transparent MCDM method for performance evaluation ensures a more reliable and practical process for obtaining results.

The third critical step is evaluating the impacts of interior finishing materials on human health during their use stage. This phase includes stages such as use, maintenance, repair, and renovation, which significantly affect human health. Some methods exist for evaluating the health impacts of finishing materials. LCIA is a widely used method that helps calculate these impacts. However, existing LCIA methods do not consider the effects of chemicals within materials, fail to account for maintenance and

renovation processes, and cause significant uncertainties due to data limitations. Existing approaches, such as GreenScreen Chemical Risk Assessment, which evaluate the chemicals within materials, do not provide numerical results or allow for the calculation of overall scores.

This thesis proposes a systematic three-stage method for selecting interior finishing materials. In the first stage, an LCIA model was developed to evaluate the environmental impacts of material production stages. This model, based on the midpoint approach, adopts the environmental impact categories presented in the EN 15804 standard and recommends using Environmental Product Declaration (EPD) databases for category results. An internal normalization method that enables comparison of materials was employed to express different environmental impact categories on a common scale. To calculate total environmental impact scores, correlations were established based on material service lives and the building service life, which is assumed to be 50 years in the model.

In the second stage, a model was developed to evaluate the performance characteristics of materials. First, the attributes expected from interior finishing materials during construction and use stages were determined. The MOORA method, one of the MCDM approaches, was used for evaluating these attributes, while the Entropy method was employed for weighting.

In the third stage, an LCIA model was developed to assess the health impacts of materials during the use stage. This model, based on the endpoint approach, adopts the impact categories presented in the GreenScreen Chemical Risk Assessment and recommends the Pharos database for category results. A scoring method was proposed to quantify qualitatively expressed values, and correlations were established regarding the maintenance and renovation behaviors of materials.

Finally, a comparison method was proposed to perform cost-benefit analysis in material selection. The developed model was tested on wall finishing materials used in hotel rooms, including paint, ceramic tiles, and melamine faced particleboards.

The advantages and limitations of the developed model were extensively discussed. By providing a systematic approach to material selection, the model enables a holistic evaluation of environmental, performance, and health impacts. This comprehensive structure reduces uncertainties in material selection, leading to more transparent and reliable results. In environmental impact assessment, the use of globally accepted EPD databases facilitates a fast and reliable material selection process and allows for the evaluation of a broader range of environmental impacts. The observed increase in EPD usage in Turkey promotes sustainable material production and contributes to the preference for eco-friendly products. However, some limitations related to EPD use remain. For instance, the lack of EPD documents for certain materials results in data gaps. Additionally, despite alignment with the environmental impact categories recommended in the EN 15804 standard, the absence of certain categories may limit results tailored to local environmental conditions. Furthermore, the insufficient coverage of all life cycle stages (e.g., A1-A3, C1-C4, and D modules) in EPDs restricts comparability in environmental impact assessments.

One notable feature of the environmental impact calculations in the model is the use of an internal normalization method. Since normalization significantly influences LCIA results, selecting an appropriate method is critical. Internal normalization was preferred for two main reasons: it provides data independence, enabling applicability in countries without an EPD database, and ensures balanced consideration of different

environmental impact categories, supporting the selection of materials with lower environmental impacts. Moreover, the model highlights the importance of renewal frequency and methods in material selection by analyzing the service life of each material and its interactions with complementary materials.

In the performance evaluation stage, the MOORA method allows for objective ranking of alternatives based on multiple criteria. This method's simplicity offers a quick and practical evaluation process. Its use of normalized ratios for direct comparison is another advantage. However, it has limitations, such as potential distortions in relationships between criteria during normalization and the overshadowing of certain criteria by outlier values, which can lead to misleading results. Data inaccuracies or gaps may also adversely affect the accuracy of performance evaluation outcomes.

The Entropy method, used for weighting criteria in performance evaluation, provides an objective solution based on data variability. However, it has challenges, such as reduced informational content when criterion values are homogeneous, potentially neglecting those criteria. Furthermore, dominant effects of outlier values may overshadow the importance of other criteria, resulting in misleading outcomes. Measurement errors or data gaps in criteria may lead to incorrect weightings.

Combining the MOORA and Entropy methods makes the model's results more comprehensive but also introduces challenges. The normalization requirements of both methods may disrupt data relationships when different normalization techniques are used. Integrating these methods in large datasets may complicate calculations, and decision-makers may require time to understand these methods and accept the results.

For health impact calculations, the developed model integrates LCIA and GreenScreen Chemical Risk Assessment methods. The GreenScreen method enables detailed evaluation of chemical content and identification of potentially harmful substances, while LCIA considers use, maintenance, and renovation stages, offering a realistic and comprehensive analysis. However, limited databases, particularly for local materials and chemicals, constrain the model's applicability.

Considering the advantages and limitations of the developed model, future studies could adapt it to a broader range of material types. Utilizing databases for environmental and chemical data may contribute to more precise analyses of impacts. Furthermore, aligning the model with international standards could enhance its applicability in the global construction sector. This model is anticipated to serve as a reference for the selection of interior finishing materials on a global scale.



1. GİRİŞ

Günümüzde insan sayısının çoğalması ile doğanın korunmasına yönelik ihtiyacın artması, çeşitli sektörlerde sürdürülebilirlik anlayışının gelişmesine neden olmuştur. İnşaat sektörü, sebep olduğu çevresel problemler ile bu geçişe önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Bu sektörden kaynaklı oluşan çevresel etkilerin en büyük sebeplerinden biri, yapı malzemeleri olarak bilinmektedir. Bu konudaki çalışmalar özellikle strüktürel malzemeler ve yalıtım malzemelerine odaklanmaktadır (Jeong ve diğ., 2019; Weinland ve diğ., 2024; Zeyad, 2023). Ancak son yıllarda yapılan araştırmalar, çevresel etkilerin oluşmasında iç mekân bitirme malzemelerinin de büyük etkisinin olduğunu göstermektedir (Dixit ve diğ., 2019; Hussain, 2021; Jönsson ve diğ., 1997; Wi ve diğ., 2021). İç mekân bitirme malzemeleri; küresel ısınma, hammadde, su ve enerji kaynaklarının tükenmesi, asitleşme, ötrofikasyon gibi problemlere yol açmasının yanında, insan sağlığına da büyük hasarlar vermektedir (Kokulu & Acun Özgünler, 2019; Zhang ve diğ., 2019).

Yapının tasarımı sırasında görev alan karar vericiler, iç mekân bitirme malzemelerinden kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Malzemelerin çevresel etkileri söz konusu olduğunda, malzeme seçimine yönelik çeşitli yöntemler bulunmaktadır (Alptekin, 2014; Esin, 2007; Jönsson, 2000). Ancak bitirme malzemesi seçim süreci birçok veri, kriter ve zaman gerektirdiğinden, beklenen performans gereksinimini karşılayabilecek alternatifin seçilmesi zorlaşmaktadır. Seçim sırasında malzemelerin servis ömrü, ısı, ses, yangın, yüklere dayanım, maliyet, çevreye ve insan sağlığına etki gibi birçok kriterin ölçülmesi ve yorumlanması önemlidir. İç mekân bitirme malzeme alternatiflerinin sayısının fazlalığı ve beklenen performans gereksinimlerinin kararı için sistematik bir yöntemin izlenmesi gerekmektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), bir ürünün ya da hizmetin beşikten beşiğe yaratabileceği potansiyel çevresel etkilerinin hesaplanması ve yorumlanması için kullanılan bir metodolojidir. YDD çalışmaları ilk olarak 1960-1970 yıllarında iki ürünün çevresel etkilerinin karşılaştırılması için yapılan tartışmaları sonuçlandırmak

için ortaya çıkmıştır. 1980-1990 yıllarında Amerika, Japonya, Çin, Hindistan, Kanada gibi ülkelerde sürdürülebilirlik bilinci ile birlikte çevresel etki çalışmaları gelişme göstermiştir. 2000'li yıllarda evresel Zehirlenme ve Kimya Derneği (SETAC)'nin YDD araştırmacılarını bir araya getirmesi ve Uluslararası Standardizasyon rgt (ISO) tarafından iki önemli standardın (ISO 14040 (2006): evre yönetimi- Hayat boyu değerlendirme- İlkeler ve ereve ve ISO 14044 (2006): evre yönetimi- Hayat boyu değerlendirme- Gereklere ve kılavuz) geliştirilmesi ile YDD'nin metodolojik erevesi oluşturulmuştur (Köksalan ve diğ., 2016).

YDD; amaç ve kapsam tanımı, Yaşam Döngüsü Envanteri (YDE), Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED) ve Yaşam Döngüsü Yorumu (YDY) aşamalarından oluşmaktadır (ISO, 2006). YDD'nin nc evresi olan YDED; farklı ürün ya da hizmet alternatiflerinin belirlenen sistem sınırı içerisindeki çevresel etki büyüklüklerinin hesaplanarak karşılaştırılması için kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar, i mekân bitirme malzemelerinin yaşam döngüsünde üretim süreci çevresel etkilerinin ve kullanım süreci insan sağlığına etkilerinin dikkat edilmesi gereken problemler olduğunu göstermektedir (Kokulu & Acun zgnler, 2019; Weydts ve diğ., 2015). Bunun yanında malzemelerin karşılaması beklenen performans gereksinimlerinin de malzeme seçimi sırasında düşünülmesi, bütüncül bir seçim aracı geliştirmek amacıyla önemlidir.

Malzemelerden beklenen performans gereksinimleri ÇKKV (ok Kriterli Karar Verme) yöntemleri aracılığıyla değerlendirilebilir. ÇKKV, seçenekler arasındaki en iyi alternatif'i bulmak için birçok niceliksel ve niteliksel verinin değerlendirilmesine olanak tanıyan, karmaşık karar süreçlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu alandaki ilk araştırmalar, 18. yüzyılda Benjamin Franklin'in ahlaki cebir üzerine yayınladığı çalışmalar ile başlamıştır (Franklin, 1806). 1950'lerden itibaren birçok deneysel ve teorik bilim insanı, ÇKKV yöntemleri üzerinde çalışarak, karar verme problemlerini yapılandırmak ve alternatiflerden tercihler üretmek için bir ereve sağlamayı hedeflemiştir (Taherdoost & Madanchian, 2023b). Bu alanda 1956'da Ralph L. Keeney ve Howard Raiffa'nın "Decisions with Multiple Objectives (birden fazla hedefe sahip kararlar)" adlı kitabı önemli bir kaynak olarak kabul edilmiştir (Keeney & Raiffa, 1993). 1970'ler ve 80'lerde bu yöntem, işletme, mühendislik, evre yönetimi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Figueira ve diğ., 2005). Günümüzde de çok kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Analitik Ağ Süreci (AAS), bu dönemde

geliştirilmiştir (Saaty, 1987). 1990'lı yıllardan itibaren ÇKKV yöntemlerinin bilgisayar destekli araçlarla birleştirilmesi ile karar verme süreci daha hızlı ve sistematik bir hâl almıştır. Günümüzde, ÇKKV yöntemleri, çeşitli sektörel uygulamalarda ve karar verme süreçlerinde daha geniş bir yelpazede kullanılmaktadır (Zopounidis & Doumpos, 2002).

1.1 Problemin Tanımı

Yapı malzemelerinin yaşam döngüsü boyunca çevre ve insan sağlığı üzerinde birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Yapılan küresel bir araştırmaya göre, malzeme sektörü enerji tüketiminin %36'sından, sera gazı emisyonlarının %39'undan, içme suyu tüketiminin %12'sinden ve katı atıkların %40'undan sorumludur (Global Alliance for Buildings and Construction, 2019). Bir çalışmada, bakım-onarım sırasında malzemelerin yalnızca %13'ünün değerlendirilerek yeniden kullanılabilirdiği, geri kalanların ise atık olarak çevresel problemler yarattığı belirtilmektedir (Özercan, 2020). Başka bir çalışmada yenileme sonrasında yapıların %30'unda konfor koşullarını düşüren kirli hava tespit edilmiştir (Karaman Öztaş, 2014). Özellikle işlenmiş malzemelerden yayılan emisyonların kullanıcı sağlığını olumsuz etkilediği bilinmektedir (Kokulu, 2016).

Yapı malzemelerinin çevresel etkilerine yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda iç mekân bitirme malzemeleri ve tamamlayıcı malzemeler genellikle göz ardı edilmektedir. Ancak bu malzemelerin yapının toplam sürdürülebilirliğine etkisi büyüktür (Passarelli & Mouton, 2023). Dixit ve diğ. (2019) bitirme malzemesi seçiminde bakım, onarım gibi özelliklerin malzemelerin yaşam döngüsü boyunca oluşacak maliyetlerini ve çevresel etkilerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmiştir. Zabalza Bribián ve diğ. (2011) seramik yer karolarının, seramik çatı kiremitleri ve tuğlalara göre 7,5 kat daha fazla su harcadığını bulmuştur. Bako & Jusan (2012) enerji kayıplarını önleyerek iç mekân nemini ve sıcaklığını dengelemek için kaliteli bitirme malzemelerinin önemini vurgulamıştır. Wi ve diğ. (2021) bitirme malzemelerinden kaynaklanan kirlenici emisyonların çoğu zaman göz ardı edildiğini, bunun da iç mekân hava kalitesi ve kullanıcıların sağlığı için risk oluşturduğunu belirtmiştir. Hussain (2021) bitirme malzemelerinin Irak'taki toplam inşaat atıklarının %24,26'sını oluşturduğunu ortaya koymuştur. Ekanayake & Ofori (2004) bitirme malzemelerinin atıklarının yapısal malzemelerin atıklarını aşabileceğini göstermiştir. Bu olumsuz

etkilerin azaltılabilmesi, bitirme malzemelerinin seçiminin birçok veri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

YDD'nin üçüncü evresi olan YDED çeşitli kategorilerdeki potansiyel çevresel etkilerin değerlendirilmesine odaklanır (ISO, 2006). Karaman Öztaş (2014)'e göre YDED, çok sayıda verinin toplanması ve işlenmesini gerektirdiği için zorlu bir süreçtir. Malzemelerin yaşam döngüsü boyunca her aşamadaki çevresel etkilerini araştırmacıyla buluşturan çeşitli uluslararası veri tabanları bulunmaktadır (Lasvaux ve diğ., 2015). EN 15804 Yapıların sürdürülebilirliği- Mamullere ilişkin çevresel beyanlar- Yapı mamullerinin mamul kategorisi için ana kurallar (EN, 2019) standardı ile oluşturulan Çevresel Ürün Beyanı (EPD) bu veritabanları içerisinde yaygın olarak kullanılmakta ve diğerlerine (Gabi, Ecoinvent, Impacts Database, Synergia) göre daha yüksek standardizasyon sunmaktadır (Rangelov ve diğ., 2022). Uluslararası Yaşam Döngüsü Veri Sistemi (ILCD), YDED hesaplamalarında tutarlılık ve kalitenin sağlanması için EPD'lerin kullanılmasını tavsiye etmektedir (JCR European Commission, 2010).

İç mekân bitirme malzemelerinin yaşam döngüsü sürecinde, malzemelerin üretim süreci çevresel etkileri önemli bir yere sahip olmasına rağmen, gerçekleştirilen çalışmalar genellikle yapım, kullanım ve atık süreçlerine odaklanmaktadır (Alptekin, 2014; Gültekin & Çelebi, 2016). Üretim süreci, hammadde, enerji ve su gibi girdiler ile katı, sıvı ve gaz atıklar gibi çıktılarından oluşmaktadır. Bu atıklar; iklim değişikliği, ötrofikasyon, biyolojik çeşitliliğin azalması, asitleşme gibi çevresel problemlere sebep olmaktadır (Lippiatt, 2007; Tuna Taygun, 2005). Ayrıca malzemelerin yapı servis ömründe kaç kez yenileneceği, dolayısıyla kaç kez yeniden üretilerek çevresel etkilerini tekrarlayacağı da çevresel etkisi düşük malzeme seçimi açısından önemlidir. İç mekân bitirme malzemesi seçiminin üretim süreci çevresel etkileri düşünülerek gerçekleştirilmesi, birçok çevresel problemin önüne geçilmesine yardımcı olacaktır.

İç mekân bitirme malzemesi seçimi sırasında dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise malzemelerin sahip olduğu niteliklerdir. Yapının tasarım aşamasında malzemelerin yapım, kullanım, yangın, yüzey, ses, ısı ve yükler ile ilgili niteliklerinin değerlendirilerek, kullanıcı gereksinimine ve yapının sürdürülebilirliğine en uygun bitirme malzemesinin seçilmesi gerekmektedir. Yine bu aşamada tasarımcının farklı malzeme alternatiflerine ve çok sayıda kritere göre seçim yapması gerektiği için, sistematik ve nesnel bir yöntemin izlenmesi önem kazanmaktadır. ÇKKV yöntemi,

yapı için önemli malzeme niteliklerine yönelik sayısal ve objektif bir değerlendirme sunmaktadır (Taherdoost & Madanchian, 2023b). Bu yöntemin içinde, nesnel ve öznel ağırlıklandırma yöntemleri de kullanılabilmektedir. Değerlendirmenin doğru yapılabilmesi için, amaca yönelik en uygun ÇKKV ve ağırlıklandırma yönteminin seçilmesi, bitirme malzemelerinin niteliklerinin doğru değerlendirilmesi ve hızlı sonuca ulaşma açısından önemlidir.

İç mekân bitirme malzemesi seçiminde dikkat edilmesi gereken konulardan biri de malzemelerin insan sağlığına etkisidir. Günümüzde insanların zamanının %90'ını geçirdiği yapılarda, yapının kullanımı sırasında iç mekân bitirme malzemelerinden kaynaklı oluşan karbondioksit, karbonmonoksit, azotoksit ve radon gibi gazlar, yaşam için gerekli olan oksijen seviyesi ihtiyacını arttırmaktadır (Darçın & Balanlı, 2018; Kokulu, 2016). Malzemelerin kullanımı sırasında yayılan Uçucu Organik Bileşikler (UOB), Hasta Bina Sendromu (HBS) olarak adlandırılan, fiziksel, biyolojik ve psikolojik problemlere sebep olmaktadır (Gupta ve diğ., 2007; Kokulu, 2016). Yapılan araştırmalar, bitirme malzemelerinin kullanım süreci çevresel etkilerini değerlendiren çalışmaların çoğunlukla sınırlı sayıda olduğunu göstermiştir. Bunun en büyük sebeplerinden biri, malzemelerden yayılan emisyon tür ve değerlerinin bilinmemesi ve hesaplamanın zaman alması olarak açıklanabilir. Bu kapsamda ortaya çıkan Pharos veritabanı, malzemelerin içindeki kimyasalların tespit edilmesine ve insan sağlığına etkisinin araştırılmasına yönelik bilgiler sağlamaktadır. İç mekân bitirme malzemelerinin insan sağlığına etkisinin belirlenebilmesi için, kullanım sürecindeki bakım-onarım ve yenileme süreçlerine de önem verilmelidir.

İç mekân bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin azaltılması ancak bu süreçte alınan kararların sorgulanması ile mümkündür. Üretim sürecine ait girdi ve çıktıları toplama ve değerlendirme aşamasında EPD gibi bir veritabanının kullanılması, bitirme malzemesi seçiminin hızlı ve konu ile ilgili kişiler tarafından rahatlıkla uygulanabilecek bir süreç haline gelmesine yardımcı olacaktır. Bunun yanında bitirme malzemesi seçimi sırasında malzemelerden beklenen niteliklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi, en uygun bitirme malzemesi alternatifinin seçilmesi için önemlidir. Ayrıca bitirme malzemelerinin kullanım, bakım-onarım ve yenileme sürecinde yaydığı zararlı gazlar, UOB'ler gibi insan sağlığını tehdit eden, yapı içerisinde hastalıklara sebep olan kirleticilerin tespit edilmesi ve bu konuda önlem alınması gerekmektedir. Bu süreçte de çevresel etki değerlendirmesinde olduğu gibi

Pharos gibi bir veri tabanından yararlanılması, bitirme malzemesi firmaları aracılığı ile ulaşılamayan bilgilerin elde edilmesini hızlandıracak, maliyet ve zaman kaybını önleyecektir.

- Küresel olarak malzemelerden kaynaklanan çevresel problemlerin giderek artış göstermesi,
- Yapı kullanıcılarının sağlığının iç mekân bitirme malzemelerinden kaynaklı yapı içi hava kalitesinden olumsuz etkilenmesi,
- İç mekân bitirme malzemeleri için gerekli niteliklerin duvar-döşeme-tavan için detaylı olarak belirlenmemiş olması,
- İç mekân bitirme malzemelerine yönelik yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olması ve bu konuda hazırlanmış bütüncül bir modelin bulunmaması,
- Malzeme üretim ve kullanım süreci çevresel etkilerini değerlendiren çalışmaların yetersiz olması,
- Geliştirilmiş olan seçim araçlarının iç mekân bitirme malzemesi servis ömrüne bağlı olarak yenileme sayı ve yöntemlerini göz önünde bulundurmaması,
- Bu konu ile ilgili oluşturulan modellerde hızlı, kolay ve sistematik malzeme seçiminin gerçekleştirilebilmesi için veri tabanlarından yararlanılmaması

gibi nedenlerle bu çalışmada EPD veri tabanından yararlanılarak iç mekan bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkileri, Pharos veritabanından yararlanılarak kullanım süreci insan sağlığına etkileri ve nitelik performans değerlerine yönelik bütüncül bir malzeme seçim modeli önerilmektedir.

1.2 Tezin Amacı ve Hipotez

Bu çalışmanın amacı, iç mekân bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkileri, nitelik performans değerleri ve kullanım süreci insan sağlığına etkileri doğrultusunda seçimine yönelik bir model oluşturmaktır. Ayrıca oluşturulan model için araştırmanın alt amaçları şu şekilde belirlenmiştir:

- İç mekân bitirme malzemelerinin, tamamlayıcı malzemelerin ve uygulama yöntemlerinin belirlenmesi,
- Çevresel etki sonuçları için kullanılması önerilen veritabanının belirlenmesi,

- Çevresel etki hesaplaması için normalleştirme yönteminin belirlenmesi,
- İç mekân bitirme malzemelerinin servis ömürlerinin belirlenmesi,
- İç mekân bitirme malzemesi seçiminde yenileme ve bakım-onarım yöntem ve sıklıklarına yönelik bağıntıların belirlenmesi,
- İç mekân bitirme malzemelerinden beklenen niteliklerin belirlenmesi,
- Nitelik performans hesaplaması için kullanılacak ÇKKV ve ağırlıklandırma yönteminin belirlenmesi,
- Sağlık etki hesaplaması için kullanılması önerilen veri tabanının belirlenmesi,
- Çevresel etki, nitelik performans ve sağlık etki puanlarına göre seçim için hesaplama ve seçim yönteminin belirlenmesi

Oluşturulan model ile hızlı ve kolaylıkla kullanılacak bir yazılım altyapısının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Modelin mimarlar, iç mimarlar, bitirme malzemesi sektörü üreticileri ve kullanıcıları, inşaat sektörü çalışanları, araştırmacılar, YDD araç geliştiricileri ve kullanıcıları tarafından kullanılması amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışması, “İç mekân bitirme malzemelerinin seçiminde üretim süreci çevresel etkileri ve kullanım süreci insan sağlığına etkileri minimum seviyede, nitelik performans değerleri optimum seviyede olan malzemelerin belirlenmesini sağlayabilecek bir model geliştirilebilir” hipotezine dayanmaktadır.

1.3 Tezin Kapsamı

Bu tez kapsamında değerlendirilen ürün sistemi, inşaat sektöründe kullanılan iç mekân bitirme malzemeleri ve bitirme malzemelerinin tamamlayıcı malzemeleridir. Modelde bitirme malzemelerinin ve tamamlayıcı malzemelerin üretim süreci çevresel etkileri ele alınmaktadır. Çalışma kapsamında; hazırlanmış olan malzeme seçim modelleri, bitirme malzemelerinin çevresel etkileri ve bu konuda yapılmış mevcut çalışmalar incelenerek önerilen YDED modeli için, EN 15804 standardında verilen etki kategorileri kullanılmaktadır. Kategori sonuçları için, EPD belgelerinden yararlanılmaktadır.

Bitirme malzemelerinin nitelik performans değerlendirmesi için, yapım süreci ve kullanım süreci nitelikleri ile malzeme özellikleri ele alınmaktadır. Çalışma

kapsamında; bitirme malzemesi seçim yöntemleri, bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler ve bu konuda yapılmış mevcut çalışmalar incelenerek model için seçilen nitelikler; yapım süreci ile ilgili nitelikler, kullanım süreci ile ilgili nitelikler, yangın ile ilgili nitelikler, yüzey özellikleri ile ilgili nitelikler, ses ile ilgili nitelikler, ısı ile ilgili nitelikler ve yükler ile ilgili nitelikler başlıkları altında çalışma kapsamına dahil edilmiştir.

İç mekân bitirme malzemelerinin sağlık etki değerlendirmesi için; kullanım, bakım ve yenileme süreci etkileri dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında; hazırlanmış olan malzeme seçim modelleri, bitirme malzemelerinin kullanım süreci sağlık etkileri ve bu konuda yapılmış mevcut çalışmalar incelenerek önerilen YDED modeli için Yeşilekran Risk Değerlendirmesi'nde verilen etki kategorileri kullanılmaktadır. Kateogori sonuçları için Pharos veri tabanından yararlanılmaktadır.

Örnek çalışmada çevresel etki hesaplaması için seçilen etki kategorileri; iklim değişikliği -toplam, ozon tabakasının incelməsi, asitleşme, ötrofikasyon -toplam, abiyotik kaynakların tükenmesi -mineraller ve metaller, abiyotik kaynakların tükenmesi -fosil yakıtlar, su kullanımı, tehlikeli atık bertarafı, tehlikeli olmayan atık bertarafı, radyoaktif atık bertarafıdır. Sağlık etki hesaplaması için seçilen etki kategorileri; kanser üretkenliği, mutajenite/genotoksisite, üreme toksisitesi, gelişimsel toksisitesi, endokrin aktivitesi, akut memeli toksisitesi, sistemik toksisite/organ etkileri-tek maruz kalma, sistemik toksisite/organ etkileri dahil, immünotoksisite-tekrarlanan maruz kalma, nörotoksisite-tek maruz kalma, nörotoksisite-tekrarlayan maruz kalma, cilt hassaslaşması, solunum hassasiyeti, cilt tahrişi/aşındırma, göz tahrişi/aşındırıcılıktır.

1.4 Tezin Yöntemi

Bu çalışmayla ilgili ilk aşamada, iç mekân bitirme malzemelerine yönelik literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle ana bitirme malzemeleri, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemeler belirlenmiştir. Bu aşamada aynı zamanda ana malzemelerin servis ömürleri tespit edilmiştir.

Daha sonra bitirme malzemelerinin çevresel etkilerine göre seçiminde/değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlere yönelik literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Bitirme malzemelerine yönelik geliştirilen yöntemlerin sınırlı

sayıda olması sebebiyle yapı malzemelerini değerlendiren yöntemler literatür kapsamına dahil edilmiştir. Bu yöntemler, üç başlık altında ele alınmıştır:

- Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini YDD ile değerlendiren model ve yaklaşımlar (Alptekin modeli, Anderson yaklaşımı, Anink yaklaşımı, Bayraktar modeli, Demkin yaklaşımı, Gültekin modeli, Hollanda Modeli, Paulsen modeli, Taygun modeli, Urie-Dagg modeli, Wooley yaklaşımı)
- Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDED modelleri (Athena Etki Hesaplayıcısı (Athena IE), Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik için Yapı (BEES), Yapı Çevresel Yükleri Değerlendirme Sistemi (BELES), Yapı Çevresel Performans Değerlendirme Sistemi (BEPAS), Yapı Ürünleri İnovasyon Konseyi- Endüstri İş birliği İnovasyon Programı (BPIC-ICIP), BRE Çevresel profil (BRE-EP), Karaman Öztaş modeli)
- Yapı malzemelerinin çevresel etkileri doğrultusunda değerlendirilmesine yönelik oluşturulmuş diğer modeller (Çağnan-Özer modeli, Esin modeli, Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modeli)

Daha sonra bu yöntemler değerlendirilmiş, çevresel etki hesaplamasının gerçekleştirilebilmesi için bir YDED modelinin geliştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ardından bitirme malzemelerinin nitelik performanslarına göre seçiminde/ değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlere yönelik literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada öncelikle bitirme malzemelerinin seçim kriterlerini oluşturmak amacıyla malzemelerden beklenen nitelikleri belirlemeye yönelik literatür araştırması yapılmıştır. Nitelikler, 2 başlık altında ele alınmıştır:

- Yapım Aşaması (yapım süreci ile ilgili nitelikler)
- Kullanım Aşaması (kullanım süreci ile ilgili nitelikler, malzeme özellikleri)

Daha sonra bitirme malzemesi seçiminde önemli bir karar aşamasını oluşturan malzeme nitelik performanslarına yönelik oluşturulmuş seçim ve karar yöntemleri incelenmiştir. Yöntemler, 3 başlık altında ele alınmıştır:

- Gereksinimlere dayalı seçim yöntemleri (Arioğlu yöntemi, Balanlı yöntemi, Black-Christensen yöntemi, Fischmeister-Larson yöntemi, Hill yöntemi, Hillerborg yöntemi, Japon yöntemi, Petterson yöntemi)
- Değerlendirme tekniğine dayalı seçim yöntemleri (deneysel yöntemlere bağlı seçim, geri beslemeye bağlı seçim, ölçeklere bağlı seçim, subjektif seçim)
- ÇKKV yöntemleri (Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği (TOPSIS), Oran Analizine Dayalı Çok Amaçlı Optimizasyon- Oran yöntemi (MOORA yöntemi), Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (VIKOR), Gerçekliği Yansıtan Eliminasyon Ve Seçim (ELECTRE), Zenginleştirme Değerlendirmeleri için Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi (PROMETHEE), Ağırlıklı Toplam Yöntemi (WSM), Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (WPM), Basit Ağırlıklı Toplama (SAW))

Bu bölümde son olarak ÇKKV ile birlikte kullanılabilecek ağırlıklandırma yöntemleri araştırılmıştır:

- Entropi (ENTROPY)
- Eşit ağırlık
- İstatistiksel varyans
- Kriterler Arası Korelasyon ile Kriter Önem Derecesi (CRITIC)
- Standart sapma

Daha sonra bu yöntemler değerlendirilmiş, nitelik performans hesaplamasının gerçekleştirilebilmesi için MOORA ve Entropi yöntemlerinin kullanılması kararına varılmıştır.

Son olarak bitirme malzemelerinin insan sağlığına etkilerine göre seçiminde/ değerlendirilmesinde kullanılan yöntemleri yönelik literatür araştırması gerçekleştirilmiştir. Bitirme malzemelerine yönelik geliştirilen yöntemlerin sınırlı sayıda olması sebebiyle yapı malzemelerini değerlendiren yöntemler literatür kapsamına dahil edilmiştir. Yöntemler iki başlık altında toplanmıştır:

- Yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendiren YDED modelleri (Athena IE, BEES, BELES, BEPAS, BPIC-ICIP, BRE-EP, Karaman Öztas modeli)

- Tehlike risk değerlendirmesi (Sağlık risk değerlendirmesi, Yeşilekran Risk Değerlendirmesi)

Bu yöntemler incelenmiş ve insan sağlığına etki hesaplamasının gerçekleştirilebilmesi için Yeşilekran Risk Değerlendirmesi'nin kullanıldığı bir YDED modelinin geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Daha sonra iç mekân bitirme malzemesinin seçimi için model geliştirilmiştir. Çevresel etki hesaplaması için EN 15804 standardında sunulan çevresel etki kategorileri benimsenmiş ve etki kategorilerinin sonuçları için EPD veritabanı önerilmiştir. Malzemelerin karşılaştırılabilmesini sağlamak amacıyla, farklı çevresel etki kategorilerini ortak bir ölçekte ifade eden dahili normalleştirme yöntemi kullanılmıştır. Toplam çevresel etki puanlarının hesaplanması için, malzemelerin servis ömürleri ve modelde 50 yıl olarak kabul edilen yapı servis ömrüne dayalı olarak yenilenme sayıları ve yöntemlerine ilişkin bağıntılar oluşturulmuştur.

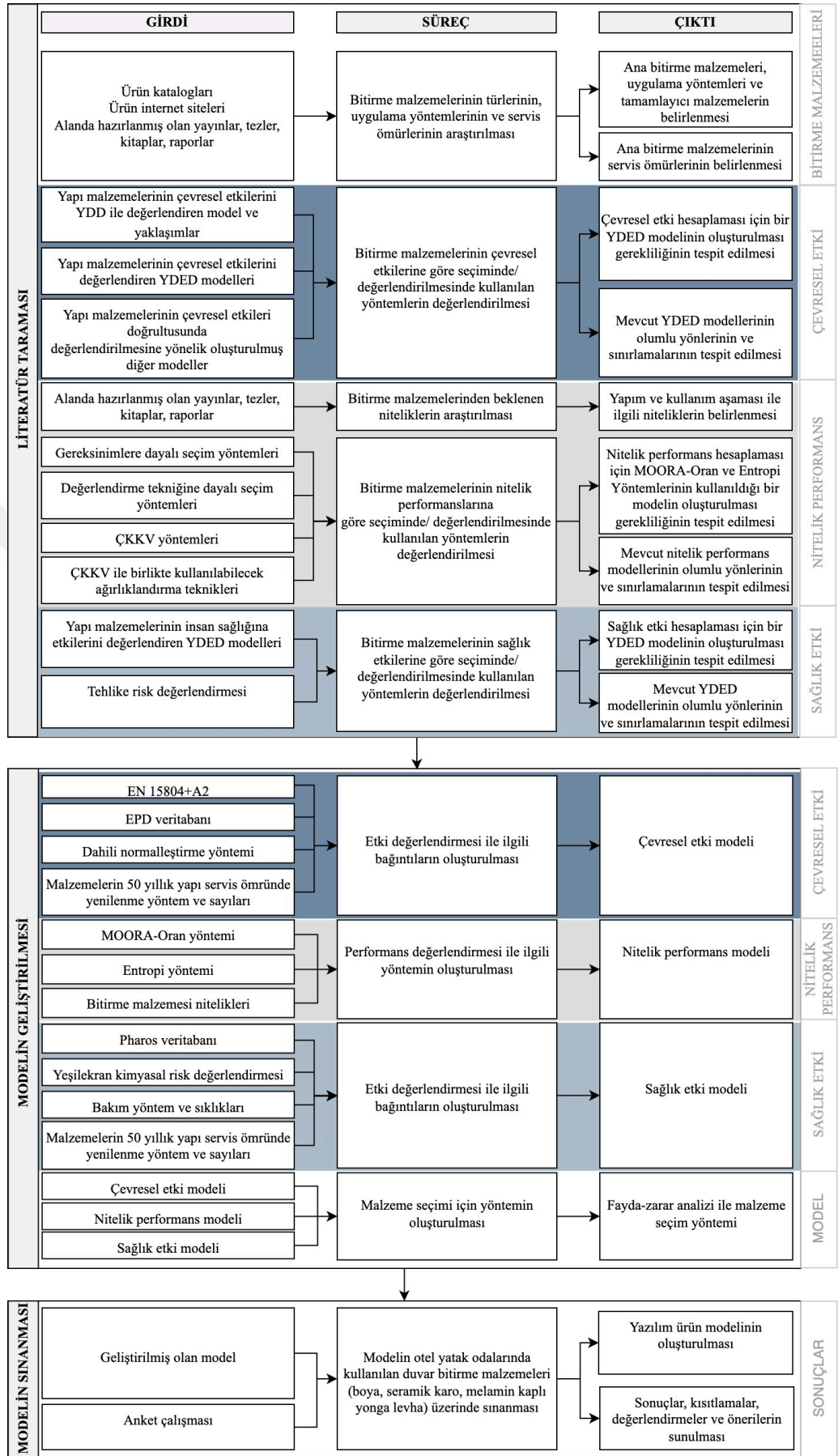
İkinci aşamada, malzemelerin nitelik performanslarının değerlendirilebilmesi için bir model geliştirilmiştir. Bu doğrultuda, yapım ve kullanım aşamasında iç mekân bitirme malzemelerinden beklenen niteliklerin değerlendirilmesinde ÇKKV yöntemlerinden MOORA metodu temel alınmış ve ağırlıklandırma adımı Entropi yöntemi kullanılmıştır.

Üçüncü aşamada, malzemelerin kullanım sürecindeki insan sağlığına etkilerini değerlendirmek üzere bir YDED modeli tasarlanmıştır. Son nokta yaklaşımını temel alan bu modelde, Yeşilekran Risk Değerlendirmesi'nde sunulan etki kategorileri benimsenmiş ve etki kategori sonuçları için Pharos veritabanı önerilmiştir. Nitel olarak ifade edilen değerlerin sayısallaştırılması amacıyla bir puanlama yöntemi geliştirilmiş ve malzemelerin bakım ile yenilenme davranışlarına yönelik bağıntılar oluşturulmuştur. Son aşamada, bitirme malzemelerinin seçimi için fayda-zarar analizine olanak tanıyan bir karşılaştırma yöntemi önerilmiştir.

Modelin uygulanması aşamasında, öncelikle Türkiye'nin Antalya ili Konyaaltı bölgesinde bulunan otellere yönelik bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu bölgedeki 137 otel evren büyüklüğü olarak kabul edilmiş ve örneklem çalışmasıyla bu sayı 101 otel olarak sınırlandırılmıştır. Anket aracılığı ile otellerin hizmet derecesi, anket katılımcılarının sektördeki pozisyonu ve görev süresi, duvar-döşeme-tavanda en çok kullanılan bitirme malzemeleri, bu malzemelerin bakım, onarım ve yenileme

yöntemleri ile sıklıkları, malzemelerin yenilenme nedenleri ve atık malzemelerin yeniden kullanımı gibi bilgiler elde edilmiştir. Anket analizleri için, farklı disiplinlerde gerçekleştirilen çalışmalarda yararlanılan İt  Lisanslı Yazılımlarından IBM SPSS Statistics 28.0.0.0 ve Excel kullanılmıştır. Geliştirilen model, Türkiye’deki otel yatak odalarında kullanılan boya, seramik karo ve melamin kaplı yonga levha duvar bitirme malzemeleri üzerinde test edilmiştir. Örnek çalışmanın sonuçları açıklanmış, modelin avantajları, sınırlamaları ve uygulama zorlukları değerlendirilerek öneriler sunulmuştur. Yöntem akış şeması, Şekil 1.1’de sunulmaktadır.





Şekil 1.1 : Yöntem akış şeması.



2. TEORİK ÇERÇEVE OLUŞTURMA SÜRECİ

Bu bölümde öncelikle ana bitirme malzemeleri, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemelere yönelik literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda iç mekan duvar-döşeme-tavanda kullanılan ana bitirme malzemeleri tespit edilmiş, bu malzemelerin uygulama yöntemleri detaylı şekilde aktarılmış, uygulama yöntemine göre kullanılabilecek tamamlayıcı malzemeler belirlenmiştir. Bu aşamada aynı zamanda ana bitirme malzemelerinin servis ömürleri üzerine literatür taraması gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra, modelde iç mekan bitirme malzemesi seçiminde ilk aşama olan çevresel etki değerlendirmesine yönelik literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu adımda öncelikle bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin önemine ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalara yer verilmiştir. Ardından, bitirme malzemelerinin çevresel etkilerine göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Son olarak bu yöntemler değerlendirilmiştir.

Bir sonraki aşamada modelde bitirme malzemesi seçiminde ikinci aşama olan nitelik performans değerlendirmesine yönelik literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu adımda öncelikle bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler araştırılmıştır. Daha sonra bitirme malzemelerinin nitelik performans değerlerinin önemine ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalara yer verilmiştir. Ardından bitirme malzemelerinin nitelik performanslarına göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Son olarak bu yöntemler değerlendirilmiştir.

Daha sonra, modelde bitirme malzemesi seçiminde üçüncü aşama olan sağlık etki değerlendirmesine yönelik literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu adımda öncelikle bitirme malzemelerinin kullanım süreci insan sağlığına etkilerinin önemine ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalara yer verilmiştir. Ardından bitirme malzemelerinin insan sağlığına etkilerine göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Son olarak bu yöntemler değerlendirilmiştir.

2.1 Ana Bitirme Malzemeleri, Uygulama Yöntemleri ve Tamamlayıcı Malzemeler

Ana bitirme malzemeleri, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemeler; ürün katalogları, ürün internet sayfaları, bu alanda oluşturulmuş tezler, bu alanda hazırlanmış kitaplar, raporlar ve yayınlar aracılığıyla belirlenmiştir.

1. Duvar bitirme malzemeleri, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemeler: İç duvar katmanları sırasıyla bitirme malzemesi, duvar gövdesi, bitirme malzemesi şeklinde ifade edilebilir (Toydemir ve diğ., 2000). Yapılan literatür araştırması sonrasında, iç duvarlarda kullanılan ana bitirme malzemeleri; ahşap kaplama, alçı kaplama, boya, cam kaplama, doğal taş kaplama, duvar kâğıdı, kompozit kaplama, mantar kaplama, metal kaplama, organik kaplama, polimer kaplama, seramik kaplama, sıva ve yapay taş kaplama olarak belirlenmiştir. Bu malzemelerin uygulama yöntemleri ve uygulama sırasında kullanılan tamamlayıcı malzemeler, aşağıda detaylı olarak ele alınmaktadır.

- Sıvama yolu ile uygulanan kaplamalar: Sıva, bu yöntem ile uygulanır (Toydemir ve diğ., 2000). “Kaba sıva katmanı harcın duvara mala ile uygulanmasıyla ya da makineyle püskürtülmesiyle yapılabilir. Kaba sıva bittikten sonra ince sıva katmanı uygulanır. İnce sıva tahta tirfille perdelanarak yüzeyin düzgünlüğü sağlanır” (Ergenç, 2007).
- Sürme yolu ile uygulanan kaplamalar: Boya, bu yöntem ile uygulanır (Toydemir ve diğ., 2000). “İç duvarlarda boya uygulaması duvarın hazırlanması, birinci kat astarlama, macunlama, ikinci kat astarlama ve boyanması sırası ile yapılır” (Ergenç, 2007). İç cephede kullanılan boyalar; dispersiyon polimer boya, selülozik boya, sentetik boya ve yağlı boyadır (Suproll, t.y.).
- Yapıştırıcı ile uygulanan kaplamalar: Metal malzemeler (Decdor, t.y.), alçı levha (Dalsan, t.y.; Toydemir ve diğ., 2000), polimer paneller (Polat Strafor ve Panel, t.y.), mantar kaplamalar (Teska, 2020), organik kaplamalar ve duvar kâğıtları (Armada Decowall Coverings, t.y.) yapıştırılarak uygulanır.
- Harç ile uygulanan kaplamalar: Doğal taş, yapay taş, seramik ve cam ana malzemesi, harç ile uygulanır (Ergenç, 2007).

- Geçme yolu ile uygulanan kaplamalar: Ahşap (Berkin, 2022), polimer (Ergenç, 2007) ve metal kaplamalar geçme yolu ile (Toydemir ve diğ., 2000) uygulanabilir. “Duvarda kaplamanın yatay ya da düşey uygulanmasına göre ahşap ızgara oluşturulur. Yatayda uygulanan kaplamada düşey olarak belirli aralıklarla bir ızgara sistemi oluşturulur. Izgara duvara dübel ya da ankrajlaması ile yerleştirilir. Yatay kaplama yapılırken kaplama tahtaları, yalı baskısı geçme ve bindirme şeklinde içeri su geçirmeyecek biçimde profilendirilerek biçilir ve galvanize çivilerle alttaki ızgaraya çakılır. Düşey kaplama yapılması durumunda ise kaplamalar lamba-zıvana geçmeyle birbirlerine bağlanmalıdır” (Ergenç, 2007). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.
- Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit: “Kaplama ile duvar arasında bir boşluk bırakılması ve kaplamanın harç kullanılmadan kuru bir şekilde kenet ya da ızgara sistemi yardımı ile duvar yüzeyine kaplanmasıdır” (Ergenç, 2007). Kenetli tespit sistemi ile uygulanan kaplamalarda “metal kenet duvarda ve kaplamada açılan kanallara yerleştirilir ve sonrasında kanal harçla doldurulur. Böylece kaplama duvara uygulanmış olur” (Ergenç, 2007). Kaplamaların aralarına derz dolgusu uygulanır. Doğal ve yapay taş kaplamalar harçlı kenetli yöntem ile uygulanabilir (Ergenç, 2007).
- Çakılarak uygulanan kaplamalar: “Ahşap kaplamalar birbirleri üzerine enine ve boyuna olarak bindirilir ve galvanize çiviyle çivilenerek çakılarak uygulanır” (Ergenç, 2007). Ahşap ve polimer malzemeler bu yöntem ile uygulanabilir. Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.
- Kancalı yöntem ile uygulanan kaplamalar: “Her yöne kolaylıkla ayarlanabilen kancalara kaplamanın asılması ve kancaların duvara harçla yerleştirilmesi ile uygulama yapılır”. Taş kaplamalar kancalı yöntem ile uygulanabilir (Ergenç, 2007). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.
- Profilli klipsli yöntem ile uygulanan kaplamalar: “‘L’ braketler ve askı profilleri kullanılır. Çelik dübel ya da sıvı dolgu ile uygulanan tutucu braket üzerine alüminyum profil perçin ya da civata ile uygulanır. Askı profillerine yerleştirilen ankrajlar aracılığıyla kaplamalar taşıtılır”. Yapay taş kaplama plakları duvar yüzeyine lama ve kenetlerle; başkalaşım ve katılaşım taşları ise tel kenet ve kancalarla yerleştirilir. Doğal taş, yapay taş, seramik ve metal

kaplamalar profilli klipsli yöntem ile uygulanabilir (Ergenç, 2007). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.

- Profilli gizli yöntem ile uygulanan kaplamalar: Profilli klipsli yöntemden farklı olarak, dikey profillere yatay profiller bağlanır. Dikey profillerin birleşme yerlerinde 1 cm genişleme aralıkları bırakılarak profiller braketlere bağlanır. Kaplamanın arka yüzlerine özel kanca açma makineleri ile kırlangıç kuyruğu yuvalar açılarak dört adet klips ve dübel aradan kaplamaya tutturulur. En alttaki kaplamadan başlanarak klips ya da dübel takılmış kaplamalar yatay profillere yerleştirilir. Doğal taş, yapay taş, kompozit, metal ve polimer kaplamalar bu yöntem ile uygulanabilir (Ergenç, 2007). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.
- Vidalama yöntemi ile uygulanan kaplamalar: Kaplama, duvara dübel ve vidalarla bağlanmaktadır. Vidalama yönteminde kaplamalar duvara sadece vidalarla, araya ısı yalıtımı konarak uygulanabilir. Başka bir yöntemde M şeklindeki profillere vidalanan kaplamaların bu profillerle birlikte duvara vidalanmasıyla da olabilir (Ergenç, 2007). Doğal taş, yapay taş ve alçı pano bu şekilde uygulanabilir (Toydemir ve diğ., 2000).

2. Döşeme bitirme malzemeleri, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemeler: Döşeme katmanları sırasıyla bitirme malzemesi, altlık, taşıyıcı sistem, tavan şeklinde ifade edilebilir (Toydemir ve diğ., 2000). Yapılan literatür araştırması sonrasında döşemelerde kullanılan ana bitirme malzemeleri; ahşap kaplama, doğal taş kaplama, halı kaplama, kompozit kaplama, linolyum kaplama, mantar kaplama, polimer kaplama, seramik kaplama ve yapay taş kaplama olarak belirlenmiştir. Bu malzemelerin uygulama yöntemleri ve uygulama sırasında kullanılan tamamlayıcı malzemeler, aşağıda detaylı olarak ele alınmaktadır.

- Yapıştırıcı ile uygulanan kaplamalar: Ahşap kaplamalar şap üzerine yapıştırılarak döşenebilir. Laminat parkelerin bir diğer uygulama yönteminde çimento şapın üzerine şilte serilir, daha sonra birbirine yapıştırılan parkeler döşenebilir. Polimer kaplamalar, linolyum kaplamalar ve mantar kaplamalar da çimento şap üzerine yapıştırıcı uygulanarak döşenir (Coşar, 2002). Kompozit ve seramik kaplamalarda çimento esaslı yapıştırıcı kullanılır (Berkin, 2022; Toydemir ve diğ., 2000). Halı kaplamaları kısmen ya da

tamamen yapıştırıcı kullanılarak yapılabilir (Berkin, 2022; Coşar, 2002). Doğal ve yapay taş kaplamalar çimento esaslı yapıştırıcı (Berkin, 2022; KYK Yapı Kimyasalları, t.y.) ve derz dolgusu (Coşar, 2002) kullanılarak uygulanabilir.

- Bir konstrüksiyon sistemi ile uygulanan kaplamalar: Ahşap kaplamaların uygulama yöntemlerinden biri, kadronların üzerine ya da doğrudan döşeme kirişlerine çivilenerek uygulanmasıdır. Ahşap parke, kadronların üzerine kör döşmeden sonra döşenebilir (Coşar, 2002). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.
- Geçme yoluyla uygulanan kaplamalar: Ahşap lamine ve laminat parke geçme yoluyla döşenebilir (Berkin, 2022; Toydemir ve diğ., 2000). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.
- Serbest döşeme yoluyla uygulanan kaplamalar: Halı kaplamalar, germe yoluyla uygulanabilir (Coşar, 2002). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.

3. Tavan bitirme malzemeleri, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemeler: Döşeme katmanları sırasıyla bitirme malzemesi, altlık, taşıyıcı sistem, tavan şeklinde ifade edilebilir (Toydemir ve diğ., 2000). Yapılan literatür araştırması sonrasında tavanda kullanılan ana bitirme malzemeleri; ahşap kaplama, alçı kaplama, boya, cam kaplama, metal kaplama, mineral kaplama, polimer kaplama ve seramik kaplama belirlenmiştir. Bu malzemelerin uygulama yöntemleri ve uygulama sırasında kullanılan tamamlayıcı malzemeler, aşağıda detaylı olarak ele alınmaktadır.

- Doğrudan taşıyıcı konstrüksiyona oturtulan sistem: Malzemeler, bir alt konstrüksiyona (metal ya da ahşap karkasa) tutturulur. Bileşenleri birbirine bağlamak için geçme, kaynak, vidalama, çivileme gibi montaj yöntemleri kullanılır (Güler & Kasapoğlu, 2021). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.
- Askı çubuğu ile asılan sistem: “Askı çubuğu ile asılan asma tavan sistemlerinde, tavan malzemesi, metal ya da ahşap karkas altına kancalarla asılmaktadır. Askı çubuğu ile asılan sistemler; sabitleyiciler, kanca, askılar, taşıyıcı profiller, bağlayıcılar ve tavan malzemesinden oluşmaktadır” (Güler & Kasapoğlu, 2021). Bu yöntemde herhangi bir tamamlayıcı malzeme yoktur.

Asma tavan malzemeleri, doğrudan tavana da uygulanabilir. Bu durumda malzemeler; “özel çivi tabancasıyla betona çivilenme yoluyla, tavana matkapla açılmış deliğe yerleştirilen dübellere vidalanma ile ya da betonarme kalıbının üzerine yerleştirilen konik ahşap takozlara vidalanarak” tespit edilmektedir (Güler & Kasapoğlu, 2021). Asma tavan kullanılmadığında tavan, gerekirse alçı ve/veya sıva yardımı ile tamir edilerek boyanabilir ya da tavana sıva uygulanabilir.

Duvar döşeme ve tavanda kullanılan ana malzemeler, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemeler, Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

İç mekân bitirme malzemelerinin servis ömürleri, malzemelerin neden olacağı çevresel etkiler üzerinde önemli bir rol oynar. Bir malzemenin servis ömrü, yapı servis ömrü boyunca kaç kez yenilenmesi gerektiğini ve bu süreçte çevresel etkinin kaç kez tekrar ortaya çıkacağını belirler. Malzemelerin servis ömrünün çevresel etkiler üzerindeki rolü, çeşitli çalışmalar aracılığı ile incelenmiştir. Dixit ve diğ. (2019) malzemelerin yaşam döngüsü boyunca oluşacak maliyetleri ve çevresel etkileri üzerinde, servis ömrünün önemli rolü olduğunu belirtmiştir. Junnila & Horvath (2003), çevresel etkilerin malzemelerin servis ömürlerine bağlı olarak %4 ile %25 arasında değiştiğini vurgulamıştır. Grant ve diğ. (2014), çevresel etki değerlendirmelerinde servis ömrünün öneminden bahsetmiş ve YDED yöntemlerinin genellikle sabit malzeme ve sistem yenileme döngülerine dayandığını ifade etmişlerdir. Junnila (2008) servis ömrü ile bakım süreci çevresel etkisi arasında bir ilişki olduğu belirtilerek, halının kısa servis ömrü nedeniyle çalışmada değerlendirilen diğer döşeme bitirme malzemelerine görece yüksek yaşam döngüsü etkisine sahip olduğu ifade edilmiştir. Ding (2014) çalışmasında yaşam döngüsü çalışmalarında malzeme servis ömürlerinin etkisinden bahsetmiştir. Haapio & Viitaniemi (2008) yapı malzemelerinin servis ömrünün bir binanın çevresel etkilerini değiştirdiğini ancak, bu konunun genellikle göz ardı edildiğini belirtmiştir. Francart & Malmqvist (2020) yapı malzemeleri için servis ömrü seçimlerinin, hangi alternatifin en düşük çevresel etkiye sahip olacağı konusunda önemli bir belirsizlik yarattığından bahsetmiştir. İç mekân bitirme malzemelerinin servis ömürleri Çizelge 2.2’de verilmektedir.

Çizelge 2.1 : Duvar-döşeme-tavan ana bitirme malzemeleri, uygulama yöntemleri ve tamamlayıcı malzemeleri (Dalsan, t.y.; Suproll, t.y.; Armada Decowall Coverings, t.y.; Teska 2020; KYK Yapı Kimyasalları, t.y.; Polat Strafor ve Panel, t.y.; Berkin, 2022; Coşar, 2002; Ergenç, 2007; Güler & Kasapoğlu, 2021; Toydemir ve diğ., 2000).

	ANA MALZEME	UYGULAMA YÖNTEMİ	TAMAMLAYICI MALZEME
DUVAR	Ahşap kaplama	Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit / Geçme yolu ile	-
	Alçı kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
		Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit	Derz alçısı + saten alçı
	Boya	Sürme yolu ile	1 kat astar + (gerekli ise) macun
	Cam kaplama	Harç ile	Harç + derz dolgusu
	Doğal taş kaplama	Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit	-
		Harç ile	Harç
	Duvar kâğıdı	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
	Kompozit kaplama	Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit	-
	Mantar kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
	Metal kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
		Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit / Geçme yolu ile	-
	Organik kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
	Polimer kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
		Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit / Geçme yolu ile	-
DÖŞEME	Seramik kaplama	Harç ile	Harç + derz dolgusu
		Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit	-
	Sıva	Sıvama yolu ile	Kaba sıva
	Yapay taş kaplama	Harç ile	Harç + derz dolgusu
		Bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit	-
	Ahşap kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
		Bir konstrüksiyon sistemi ile / Geçme yolu ile	-
	Doğal taş kaplama	Yapıştırıcı ile	Çimento esaslı yapıştırıcı + derz dolgusu
	Halı kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
		Serbest döşeme yolu ile	-
	Kompozit kaplama	Yapıştırıcı ile	Çimento esaslı yapıştırıcı
	Linolyum kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
	Mantar kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
	Polimer kaplama	Yapıştırıcı ile	Yapıştırıcı
	Seramik kaplama	Yapıştırıcı ile	Çimento esaslı yapıştırıcı + derz dolgusu
TAVAN	Yapay taş kaplama	Yapıştırıcı ile	Çimento esaslı yapıştırıcı + derz dolgusu
	Ahşap kaplama	Doğrudan taşıyıcı konstrüksiyona oturtulan sistem- Askı çubuğu ile asılan sistem- Tavana direk uygulama	-
	Alçı kaplama		
	Boya	Tavana direk uygulama	Alçı sıva
	Cam kaplama	Doğrudan taşıyıcı konstrüksiyona oturtulan sistem- Askı çubuğu ile asılan sistem- Tavana direk uygulama	-
	Metal kaplama		
	Mineral kaplama		
	Polimer kaplama		
	Seramik kaplama		

Çizelge 2.2 : Ana malzemelerin servis ömürleri (BBSR, 2011; SFOE, 2019).

	DUVAR	DÖŞEME	TAVAN
Malzeme			
Ahşap kaplama			
Alçı kaplama			
Boya			
Cam kaplama			
Doğal taş kaplama			
Duvar kâğıdı			
Kompozit kaplama			
Mantar kaplama			
Metal kaplama			
Organik kaplama			
Polimer kaplama			
Seramik kaplama			
Sıva			
Yapay taş kaplama			
Ahşap kaplama			
Doğal taş kaplama			
Halı kaplama			
Kompozit kaplama			
Linolyum kaplama			
Mantar kaplama			
Polimer kaplama			
Seramik kaplama			
Yapay taş kaplama			
Ahşap kaplama			
Alçı kaplama			
Boya			
Cam kaplama			
Metal kaplama			
Mineral kaplama			
Polimer kaplama			
Seramik kaplama			
Servis ömrü	50 50 10 27 50 27 27 50 50 27 27 50 27 50 100 100 10 26 25 15 25 75 75 20 75 10 30 30 30 30 70		

2.2 Çevresel Etki Değerlendirmesi

Bu adımda öncelikle bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin önemine ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalara yer verilmiştir. Ardından, bitirme malzemelerinin çevresel etkilerine göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Son olarak bu yöntemler değerlendirilmiştir.

2.2.1 Bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin önemi ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalar

Malzeme üretim süreci, ham maddelerin toplanması ve işlenmesi ile ürünlerin imalatı gibi üretim için gerekli olan kaynak ve enerji tüketimi dahil olmak üzere, binalarda kullanılacak malzemelerin üretim sürecini kapsar (Şekil 2.1). Jaemoon ve diğ. (2023)'e göre, yapı yaşam döngüsü sürecinde en yüksek çevresel etkilere sahip olan malzeme üretim süreci, malzeme seçimi sırasında yeterince dikkate alınmamaktadır. Dünyada hammaddelerin %40-50'sinin inşaat sektöründe kullanıldığı düşünüldüğünde, malzeme üretim sürecinin kontrol altına alınması gerektiği belirtilmektedir (Esin & Yüksek, 2013; Geng ve diğ., 2017). Esin & Yüksek (2013)'e göre yapı malzemelerinin neden olduğu çevresel etkinin seviyesi ülkeden ülkeye ve üretim tesisinden üretim tesisine değişebilir. Bu durum, yapı malzemelerinin üretim sürecinde kullanılan teknoloji ve yöntemlerdeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, bir yerde ekolojik olan bir yapı malzemesi, başka bir yerde daha az ekolojik olabilir.



Şekil 2.1 : Yapı ürünlerinin üretim süreci (Tuna Taygun, 2005).

Literatürde bitirme malzemelerinin üretim sürecinin çevresel etkilerine yönelik hazırlanmış olan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bošković & Radivojević (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, kenevir betonun üzerine uygulanan kireç sıva ve kum kaplamalarının toplam küresel ısınma potansiyelini 19.054–30.793 kg karbondioksit eşdeğerinde artırdığı ve diğer tüm etki kategorilerinde de belirgin bir etki yarattığını

ifade etmiştir. Yine bu çalışmada, dış ve iç kireç sıva ve kum duvar kaplamalarının üretiminin, toplam sera gazı emisyonlarının %8,88'ini oluşturduğu ifade edilmiştir. Kalkan (2020), metro istasyonlarındaki duvar-döşeme-tavan bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerini değerlendirdiği çalışmada, malzeme seçiminin çevresel etkilerin azaltılmasındaki rolünü vurgulamıştır. Esin (2007), yapı malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model oluşturmuş ve bu modeli cam, çimento, gaz beton, alüminyum, demir, su yalıtımı, lif levha, kontrplak, mermer, boya ve polivinilklorür (PVC) üzerinde sınamıştır. Jaemoon ve diğ. (2023) okul binalarında kullanılan malzemelerin üretim süreci çevresel etkilerini araştırdığı çalışmada bitirme malzemelerinin sonuç puanları üzerindeki etkisini vurgulamıştır. PVC'nin diğer malzemelere oranla üretim sürecinde daha fazla enerji harcadığı, boyanın ise demir dışındaki diğer malzemelere oranla üretim sürecinde daha fazla su harcadığı tespit edilmiştir. Matnagh (2019), giydirme cephe kaplama sistemlerinde kullanılan bitirme malzemelerinin üretim ve kullanım süreci çevresel etkilerini karşılaştırmış ve malzeme seçiminde tüm yaşam döngüsü aşamalarının göz önünde bulundurulması gerektiğinden bahsetmiştir.

2.2.2 Bitirme malzemelerinin çevresel etkilerine göre seçiminde/ değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler

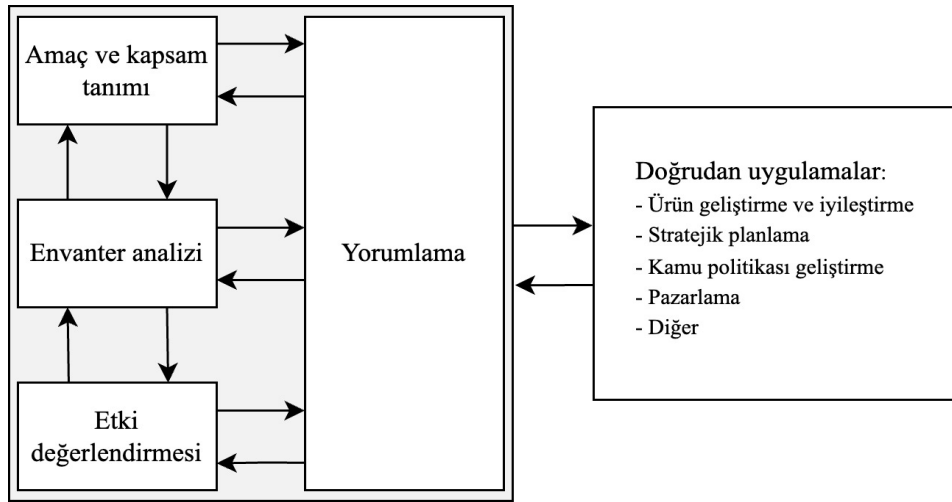
Bu bölümde, bitirme malzemelerinin çevresel etkilerine göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler araştırılmıştır. Literatürde yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak bitirme malzemelerine yönelik oluşturulmuş bir yöntem bulunmamaktadır. Bu nedenle bu bölümde yapı malzemelerine yönelik oluşturulmuş, bitirme malzemelerinin de değerlendirilmesine ve seçimine olanak sağlayan model ve yaklaşımlar incelenmiştir.

Yöntemler, üç başlık altında toplanmıştır:

- Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini YDD ile değerlendiren model ve yaklaşımlar,
- Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDED modelleri,
- Yapı malzemelerinin çevresel etkileri doğrultusunda seçimine yönelik oluşturulmuş diğer yaklaşım, yöntem ve modeller.

2.2.2.1 Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini YDD ile değerlendiren model ve yaklaşımlar

YDD, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca, hammadde ediniminden, üretim ve kullanım aşamalarına ve atık yönetimine kadar kullanılan potansiyel çevresel etkileri ve kaynakları değerlendirmeye yönelik geliştirilmiş sistematik bir araçtır (ISO, 2020). Şekil 2.2’de görüldüğü üzere, YDD dört aşamada gerçekleştirilmektedir. Bu aşamalar; amaç ve kapsam tanımı, envanter analizi, etki değerlendirmesi ve yorumlama olarak adlandırılmaktadır (ISO, 2006).



Şekil 2.2 : YDD’nin metodolojik çerçevesi (ISO, 2006).

YDD’nin ilk aşaması olan amaç ve kapsam tanımı; çalışmanın neden yapıldığının ve çalışmada hangi sorulara yanıt arandığının belirlendiği aşamadır. Bu süreçte, YDD’nin bağlamı belirlenerek kapsam tanımının temeli oluşturulur. Amaç ve kapsam tanımı, çalışmanın sonuçları yorumlanırken dikkate alınması gereken çok önemli unsurlardır çünkü bu tanımlar, verilerin toplanma biçimini ve sistemin nasıl modellenip değerlendirileceğini belirleyen seçimleri içerir. Bu nedenle, YDD sonuçlarına dayalı olarak yapılan çıkarım ve önerilerin geçerliliği üzerinde güçlü bir etkiye sahiptirler (Hauschild, 2018). Amaç ve kapsam tanımı sırasında şu unsurlar belirlenir:

- Hedef kitlenin belirlenmesi: Sonuçların hangi kitleye yönelik olduğu belirlenir. Örneğin, iç paydaşlar, tüketiciler, yatırımcılar veya düzenleyici kurumlar için bir YDD çalışması gerçekleştirilebilir (ISO, 2020).
- Fonksiyonel birimin tanımlanması: Ürünlerin değerlendirilebilmesi için, ortak bir referans birimin oluşturulması gerekmektedir. Bu noktada girdi ve çıktı birimleri normalleştirilerek ölçülebilir değerler haline getirilir (ISO, 2020).

- Sistem sınırının belirlenmesi: İncelenen ürünün yaşam döngüsüne hangi faaliyetlerin ve süreçlerin dahil olduğu belirlenir (Çizelge 2.3). Bu aşamada ürün; beşikten kapıya, kapıdan alana, beşikten alana, beşikten kullanım sonuna, beşikten mezara ve beşikten beşiğe değerlendirilebilir (Song ve diğ., 2020).

Çizelge 2.3 : Yapı yaşam döngüsü aşamalarında sistem sınırları (Song ve diğ., 2020).

Yapı Yaşam Döngüsü Aşamaları																Tamamlayıcı bilgiler	
Ürün			Yapım		Kullanım								Yaşam sonu				Tekrar kullanım Geri dönüşüm Geri kazanım
Ham madde Temini	Taşıma	Üretim	Taşıma	Yapım- Kurulum	Kullanım	Bakım	Onarım	Yenileme	Yenileştirme	Operasyonel enerji kullanımı	Operasyonel su kullanımı	Söküm- yıkım	Taşıma	Atık işleme	Bertaraf		
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
			Beşikten kapıya														
					Kapıdan alana												
					Beşikten alana												
												Beşikten kullanım sonuna					
Beşikten mezara																	
Beşikten beşiğe																	

- Değerlendirme parametrelerinin seçilmesi: Çalışmada değerlendirilmek istenen etkiler belirlenir. Bu aşamada suya, havaya ve toprağa verilen emisyonlar tanımlanır. Veriler, malzemelerin üretildiği alanlardan toplanabilir ya da farklı kaynaklar aracılığı ile elde edilebilir (ISO, 2020).
- Çalışmanın coğrafi ve zamansal sınırlarının ve ayarlarının seçilmesi: Çalışmanın hangi alanda uygulanacağı ve hangi zaman sürecinde gerçekleştirileceği belirlenir. Bu aşamada çalışmanın teknolojik kapsamı, tutarlılığı, verilerin temin edildiği yer, verilerin bulunmadığı durumda izlenebilecek yöntem, çalışmanın formatı gibi bilgilere de yer verilir (ISO, 2020).
- Çalışmada uygulanacak perspektifin belirlenmesi: Bir alternatifi seçmenin olası sonuçlarını değerlendiren bir sonuçsal çalışma (consequential LCA) mı yoksa incelenen faaliyetle ilişkili etkileri değerlendiren bir atıfsal çalışma (attributonal LCA) mı yapılacağına karar verilir (Hauschild, 2018). Örneğin, bir şirketin bir üretim sürecini değiştirmesi durumunda, bunun tedarik zincirine, enerji kullanımına veya emisyonlara nasıl bir etkisi olacağının araştırılması, sonuçsal çalışmaya örnektir. Bu tür bir çalışma, bir değişikliğin neden olacağı etkileri anlamaya yöneliktir. Bir ürünün üretim sürecinde kullanılan malzemelerin, enerji kaynaklarının ve emisyonların şu anki

durumuna bakmak ve mevcut faaliyetlerin çevresel etkilerini analiz etmek ise atıfsal çalışmaya örnek verilebilir.

- Kritik inceleme yapma gerekliliğinin belirlenmesi: Çalışmanın kamuya açıklanacak karşılaştırmalı bir iddia içerip içermediği belirlenir (Hauschild, 2018).

YDD'nin ikinci aşaması olan envanter analizinde; kaynakların, malzemelerin, yarı mamullerin ve ürünlerin girdi akışları ile ürün sistemi için emisyonlar, atıklar ve değerli ürünlerin çıktıları hakkında bilgi toplanır. Analizde, ürün sistemine ait olduğu belirlenen tüm süreçler incelenir ve akışlar, fonksiyonel birimden elde edilen referans ürün akışına göre ölçeklendirilir. Çoğu ürün sisteminin kapsamlı olması nedeniyle, envanter analizi genellikle malzeme üretimi, ısı veya elektrik üretimi, ulaşım veya atık yönetimi gibi bir birim süreç için giriş ve çıkış akışlarını sunan birim süreç veritabanlarından veya beşikten kapıya verilerden türetilmiş genel verilere dayanır. Envanter verileri, belirli bir kaynaktan toplanabileceği gibi, alan analizi ile de elde edilebilir. Verilerin elde edilebileceği ulusal ve uluslararası veritabanlarının listesi, Çizelge 2.4'te verilmektedir.

YDD'nin üçüncü aşaması olan etki değerlendirmesinde; çevreden elde edilen bilgiler ve modeller kullanılarak ürün sisteminin fiziksel akışları ve müdahaleleri çevre üzerindeki etkilere dönüştürülür. Etki değerlendirmesi; ISO (2020) standardına göre ilk üçü zorunlu olmak üzere beş unsurdan oluşur. Bu unsurlar; etki kategorilerinin seçilmesi, sınıflandırma, karakterizasyon, normalleştirme ve ağırlıklandırma olarak adlandırılmaktadır.

YDD'nin dördüncü aşaması olan yorumlama evresinde çalışmanın sonuçları yorumlanır. Yorumlama hem envanter analizinin sonuçlarını hem de etki değerlendirmesi unsurlarını dikkate alır. Sonuçların yorumlanması sırasında, sonuçlardan çıkarımları yönlendirmek, çıkarımların sağlamlığını değerlendirmek ve çıkarımları daha da güçlendirmek için duyarlılık analizi ve belirsizlik analizi uygulanabilir (Hauschild, 2018). Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini YDD ile değerlendiren model ve yaklaşımlar aşağıda aktarılmaktadır.

Çizelge 2.4 : Yaşam döngüsü envanter veritabanları (Hauschild, 2018; Kalkan, 2020).

Veritabanı ismi	İçerik	Ülke
Agri-footprint	Yem, gıda, biyokütle	Hollanda
Australian LCI Data Project	Tarım, enerji, malzeme üretimi, endüstriyel ürünler, hizmetler, atık yönetimi	Avustralya
BUWAL 250	Tarım, sanayi, yapı malzemeleri, enerji, ulaşım ve hizmetler	İsviçre
Canadian Raw Materials Database	Doğal kaynaklardan elde edilen hammadde ve malzemeler (örneğin, mineral, bitkisel ve hayvansal kaynaklar)	Kanada
Dutch Input Output	Tarım, ormancılık, balıkçılık, madencilik, imalat, enerji, inşaat, ticaret, ulaşım, depolama, hizmet, atık yönetimi ve geri dönüşümü	Hollanda
Ecoinvent	Taşıma, enerji, yapı malzemeleri, tarım	İsviçre
Endüstriyel Ürünlerin Çevresel Tasarımı (EDIP)	Tarım, enerji, imalat ürünleri, inşaat malzemeleri, elektronik ürünler, tüketim ürünleri, ulaşım araçları, atık yönetimi	Danimarka
Avrupa Yaşam Döngüsü Veritabanı (ELCD)	Enerji, malzeme üretimi, bertaraf, taşıma	Avrupa
Franklin US LCA	Tarım, imalat ürünleri, enerji, inşaat malzemeleri, hizmetler	Amerika
Gabi Veritabanı	Tarım, elektronik ve otomotiv sanayileri, tekstil, perakende, hizmet sektörleri, yapı malzemeleri	Almanya
German Network on LCI Data	Tarım, enerji, sanayi, yapı malzemeleri, atık yönetimi	Almanya
Endüstriyel Teknoloji Araştırma Enstitüsü (ITRI) Database	Elektronik, otomotiv, malzeme üretimi ve enerji sektörleri	Tayvan
IVAM LCA Data	Tarım, enerji, malzeme ve atık yönetimi	Hollanda
Japon Çevresel Etki Endeksi (JEPIX)	Tarım, enerji, endüstri ve hizmetler	Japonya
LCA commons	Tarım üretimi ve tarımsal kökenli ürünler	Amerika
LCA-food	Tarım, su ürünleri yetiştiriciliği, balıkçılık, sanayi, toptan satış ve süpermarket dahil olmak üzere temel gıda ürünleri ve ilgili süreçler hakkında atık işleme süreçleri	Danimarka
Life Cycle Data Network – (LCDN)	Tarım, gıda, enerji, malzeme üretimi, ulaşım, sanayi ürünleri, atıklar	Avrupa
NEEDS	Gelecekteki enerji tedarik sistemleri, gelecekteki malzeme tedariki ve gelecekteki ulaşım hizmetleri	Avrupa
Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL)	Malzeme, bileşen üretimi ve montajı	Amerika
Ökobaudat	Yapı malzemeleri, inşaat süreçleri ve nakliye süreçleri	Almanya
Çevre Yönetim Araçları İçin Süreç Odaklı Temel Veriler (PROBAS)	Enerji, yapı malzemeleri, ulaşım ve bertaraf	Almanya
Çevre için Sürdürülebilir Ürün Bilgi Ağı (SPINE)	Tarım ve gıda, enerji, imalat ürünleri, ambalaj malzemeleri, tüketim ürünleri, yapı malzemeleri, ulaşım araçları, atık yönetimi	İsveç
Swedish National LCA database	Çeşitli endüstriyel süreçler ve ev eşyaları ile hizmetler, yapı malzemeleri	İsveç
Swiss agricultural LCA Database	Tarımsal üretim süreçleri	İsviçre
Thailand LCI Database Project	Tarım, enerji, imalat, atık yönetimi	Tayland
ABD Yaşam Döngüsü Envanteri (US LCI) Database Project	Gıda, enerji, imalat, ulaşım ve yapı malzemeleri	Amerika

Alptekin modeli

Bu çalışmanın amacı, ÇKKV yöntemi kullanılarak malzeme seçimine olanak veren bir model geliştirmektir. Modelde çevresel etki kategorilerine atanan önem derecelerinin sonuçlar üzerindeki etkisi de araştırılmaktadır. Ayrıca geliştirilen bu modelle, ileride kullanılabilecek bir yazılımın temeli de oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında öncelikle değerlendirilecek olan çevresel etki kategorileri belirlenmiştir. ÇKKV yöntemleri analiz edilerek, İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği (TOPSİS) yöntemine karar verilmiştir. Kategoriler, Türkiye’de bir veritabanı bulunmaması sebep gösterilerek, Amerikan Ulusal Teknoloji ve Standartlar Enstitüsü aracılığı ile belirlenmiştir. Değerlendirilen kategoriler; iklim değişikliği, iç hava kalitesi, insan sağlığı, asitleşme, besin birikimi, fosil yakıt tüketimi, biyoçeşitliliğin zarar görmesi, su tüketimi, hava kirliliği, fotokimyasal sis oluşumu, stratosferde ozon tükenmesi ve ekolojik zehirlenmedir. Modelde ağırlıklandırma yöntemi olarak faktör analizi kullanılmıştır. Geliştirilen modelin tüm yaşam döngüsü evrelerinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Alptekin, 2014). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A1’de görülebilir. Modelin adımları şu şekildedir:

1. Malzeme alternatiflerinin belirlenmesi,
2. Çevresel etki sonuçlarının bir veritabanı aracılığı ile elde edilmesi,
3. Çevresel etki kategorilerinin önem derecelerinin faktör analizi kullanılarak belirlenmesi,
4. TOPSİS kullanılarak değerlendirmenin gerçekleştirilmesi,
5. Sonuç puanlarına göre alternatiflerin sıralanması (Alptekin, 2014).

Anderson yaklaşımı

Bu çalışmanın amacı, malzemeleri çevresel etkilerine göre karşılaştırma matrisleri üzerinden değerlendiren bir yöntem oluşturmaktır. Malzemeleri değerlendirmek için matrislerde hem A+, B, C, D, E harfleri hem de sayısal değerler kullanılır. Değerlendirilen malzemeler; çatılar, döşemeler ve döşeme kaplamaları, döşeme konstrüksiyonları, iç bölme duvarlar, asma tavanlar ve tavan kaplamaları, kapılar, boyalar, yalıtımlar, peyzaj elemanlarıdır. Etki kategorileri; iklim değişimi, fosil atık tüketme, ozon incilmesi, havaya karışan toksinler, atık yönetimi, su tüketimi, asit tortusu/birikmesi, ötrofikasyon, ekotoksisite, yaz dumanı/sisi, minerallerin çıkarılması, suya karışan toksinler olarak belirlenmiştir (Anderson ve diğ., 2009;

Koyaz, 2016). Yaklaşımına yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A2’de görülebilir. Yaklaşımın adımları şu şekildedir:

1. Malzeme alternatiflerinin belirlenmesi,
2. Malzeme – çevresel etki değerlendirme matrislerinin oluşturulması,
3. Malzemelerin A+, B, C, D, E harfleri ve sayısal değerler kullanılarak puanlanması,
4. Malzemelerin çevresel etkilerine göre karşılaştırılması (Anderson ve diğ., 2009; Koyaz, 2016).

Anink yaklaşımı

Bu çalışmanın amacı, kullanıcılara belirli bir kullanım amacına göre seçilmiş dört malzeme alternatifi sunarak, malzeme seçimlerinin yapılmasına yardımcı olmaktır. Yöntemde malzemeler; *1. Tercih, 2. Tercih, 3. Tercih ve Önerilmeyen* başlıkları altında sunulmaktadır. Ayrıca bu grupta, malzemelerin çevresel performansı hakkında bilgiler verilmektedir. Yaklaşım aracılığı ile yapı elemanını oluşturan malzemeler değerlendirilebilir. Etki kategorileri; enerji kullanımı, kirlilik, kaynak çıkarımı ve atık üretimini en aza indirmeyi amaçlayan çevresel etki faktörleri olarak belirlenmiştir (Anink ve diğ., 1996). Yaklaşımına yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A3’te görülebilir. Yaklaşımın adımları şu şekildedir:

1. Malzemelerin kullanım alanının belirlenmesi,
2. Yaklaşım tarafından önerilen malzeme alternatiflerinin tercih sıralamasına göre değerlendirilmesi,
3. Seçim (Anink ve diğ., 1996).

Bayraktar modeli

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki malzemelerin çevresel etkilerinin belirlenmesi için bir değerlendirme yöntemi oluşturmaktır. Bu kapsamda öncelikle malzemelerin tüm YDD süreçleri için girdi ve çıktı verilerini gösteren teknik föylerin altyapısı oluşturulmuştur. Model aracılığı ile tüm yapı malzemeleri değerlendirilebilir. Etki kategorileri; iklim değişikliğine olan etkiler (küresel ısınma, ozon incilmesi), ekosistemlere olan etkiler (asitleşme, ötrofikasyon), insan sağlığına olan etkiler (fotokimyasal duman, kanserojenlerin salınımı), kaynaklara olan etkilerdir (su kaynaklarının tüketilmesi, ülke hammadde rezervlerinin tüketilmesi, fosil yakıtların

tüketilmesi, enerji) (Bayraktar, 2010). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A4'te görülebilir. Modelin adımları şu şekildedir:

1. Değerlendirilecek malzemenin;
 - Fonksiyonel biriminin belirlenmesi,
 - Etki gruplarının belirlenmesi,
 - İlgili yönetmeliklerin belirlenmesi,
2. Tüm YDD süreçleri ile ilgili girdi ve çıktıları içeren bilgi föylerinin hazırlanması,
3. Verilerin değerlendirilmesi ve puanlanması (Bayraktar, 2010).

Demkin yaklaşımı

Bu çalışmanın amacı, malzemelerin çevresel etkileri üzerinden değerlendirilmesine yönelik sistematik bir yöntem oluşturmaktır. Malzemeler, malzeme – çevresel etki değerlendirme matrisleri üzerinden *iyi, iyiden kabul edilebilir derecede iyiye dönüşen, kabul edilebilir derecede iyi, kabul edilebilir derecede iyiden kötüye doğru değişen, iyiden kötüye değişen, kötü* şeklinde değerlendirilir. Yöntem, hafif strüktürler, yalıtımlar, kaplamalar, duvar bitişleri, elastik döşeme kaplamaları, mimari bitişler, cam, halı, taşıyıcı sistem, metal ve plastik borular, kumaş ve kâğıt duvar bitişlerini değerlendirebilir. Etki kategorileri; çevre ve ekosistem (hava kalitesi/atmosferik etkiler, su kalitesi/erişilebilirliği, arazi ve toprak kalitesi/ erişilebilirliği, ham madde tüketimi, biyolojik çeşitlilik/yetiştirme ortamı), sağlık ve refah (çalışanların sağlığı, bina kullanıcılarının sağlığı, toplumun sağlığı), enerji (üretim, taşıma, kullanım), bina operasyonu (kullanım ömrü/dayanım, bakım onarım, tekrar kullanım/geri dönüşüm) olarak belirlenmiştir (Demkin, 1996; Koyaz, 2016). Yaklaşımaya yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A5'te görülebilir. Yaklaşımın adımları şu şekildedir:

1. Malzeme alternatiflerinin belirlenmesi,
2. Malzeme-çevresel etki matrislerinin oluşturulması,
3. Malzeme performanslarının değerlendirilmesi (Demkin, 1996; Koyaz, 2016).

Gültekin modeli

Bu çalışmanın amacı, yapı malzemelerinin çevresel yüklerini değerlendirmek amacıyla sistematik bir yöntem oluşturmaktır. Çalışma kapsamında öncelikle yapı

ürün sistemi, varsayımlar, fonksiyonel birim, sistem sınırları, dağıtım yöntemleri ve veri kalitesi gereksinimleri kapsam ve amaç doğrultusunda tanımlanır. Daha sonra, veriler *yapı ürününe özgü veriler*, *kaynak akışlarına özgü veriler*, *yapı ürününün uygulanacağı yapıya özgü veriler* ve *kullanıcıya özgü veriler* olarak sınıflandırılır. Oluşturulan modelin yapısı, (a) yapı ürünlerinin boyutu, (b) çevresel etkiler ve (c) yaşam döngüsü aşamaları olarak gruplanmış ve alt bölümlere ayrılmıştır. Bitirme malzemeleri, strüktürel malzemeler, tesisat malzemeleri, yalıtım malzemeleri model aracılığı ile değerlendirilebilir. Etki kategorileri; iklim değişikliği, stratosferdeki ozon tükenimi, asitleşme, besin birikimi, insan zehirlenmesi, ekolojik zehirlenme, kaynakların tükenimi, fotokimyasal oksit oluşumu, kirlilik (hava, su, toprak) ve biyoçeşitliliğin zarar görmesidir (Gültekin, 2006). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A6'da görülebilir. Modelin adımları şu şekildedir:

1. Amaç ve kapsamın tanımlanması,
2. Malzemelerin girdileri ve çıktıları için veri toplama ve hesaplama yöntemlerinin oluşturulması,
3. Zorunlu ve isteğe bağlı unsur akışlarının oluşturulması,
4. Malzemeler ile ilgili önemli konuların (etki sınıfları, sınıf göstergeleri, sınıf uç noktaları) belirlenmesi,
5. Malzemelerin salım miktarlarının hesaplanması ve ağırlık değerleri ile bu miktarların çarpılması,
6. Sonuçların değerlendirilmesi (Gültekin, 2006)

Hollanda Modeli (The Dutch Method)

Bu çalışmanın amacı, bina yapım süreçlerinin ve malzemelerinin çevresel etkilerinin, inşaat ve ürün spesifikasyonlarına dayanarak belirlenmesidir. Model, tüm yapı malzemelerini değerlendirebilir. Etki kategorileri; fosil olmayan kaynaklar için abiyotik tükenme, fosil kaynaklar için abiyotik tükenme, 100 yıl için küresel ısınma, ozon tükenme, fotokimyasal oksidan yaratma, asitleşme, ötrifikasyon, insan toksisitesi, tatlı su akvaryumları için ekotoksisite, deniz akvaryumları için ekotoksisite, kara ekotoksisitesidir. Her bir etki kategorisi, kategorilere atanmış birim maliyet ile parasal ağırlıklandırma kullanılarak ağırlıklandırılmaktadır. Ağırlıklandırma faktörü veya etki kategorisi başına birim maliyet, genellikle gölge maliyeti olarak adlandırılmaktadır. Bu, hükümetin ve/veya toplumun bir birim

emisyonu azaltmak için harcamaya istekli olduğu en yüksek kabul edilebilir maliyet seviyesi olarak belirtilmektedir. YDD verileri hakkında ürün kartlarının oluşturulması aşaması, üç kategoriye bölünmüştür. İlk iki kategori, Hollanda Modeli'ne uygun olarak YDD uygulanmış markalı ve genel ürünlerin verilerini içermektedir. Üçüncü kategori ise YDD'si Hollanda Modeli'ne uygun olarak gerçekleştirilmemiş diğer ürünlerin verilerini içermektedir. Hollanda Ulusal Çevresel Veritabanında bulunan ürün kartları aracılığı ile binalarda kullanılan malzeme miktarı belirlenmektedir. Bu veritabanında bulunan araçlar yardımıyla, bina malzemelerinin çevresel etkisi; toplam gölge maliyeti olarak ifade edilen, yıllık hizmet ömrü başına Euro cinsinden, brüt zemin alanı başına (V/yıl/m² GFA) hesaplanır. Gölge maliyeti, bina segmentleri ve/veya çevresel etki kategorileri üzerinden birleştirilir (de Klijn-Chevalerias & Javed, 2017). Yönteme yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A7'de görülebilir. Yöntemin adımları şu şekildedir:

1. YDD verilerinin toplanması (üreticiden, sektörden, mevcut ya da eski veritabanlarından),
2. 3. Taraf değerlendiricileri tarafından verilerin gözden geçirilmesi,
3. 1., 2. veya 3. kategori ürün kartlarının oluşturulması,
4. Ürün kartlarının Hollanda Ulusal Çevresel Veritabanına eklenmesi,
5. Sertifikalı bir araç kullanarak Hollanda Ulusal Çevresel Veritabanından bina malzemelerinin seçilmesi,
6. Tüm çevresel etkilerin gölge maliyetlerinin hesaplanması (de Klijn-Chevalerias & Javed, 2017).

Paulsen modeli

Bu çalışmanın amacı, yapı malzemelerinin kullanım süreci çevresel etkilerine göre seçimine yönelik bir yöntemin oluşturulmasıdır. Model, tüm yapı malzemelerini değerlendirebilir. Çevresel etki kategorilerinin belirlenmesi, kullanıcıya bırakılmıştır. Ancak yöntemde tam olarak bir seçim modeli sunulmaz, kullanım süreci çevresel etkilerinin nasıl hesaplanması gerektiğine dair bilgiler verilir. Bu hesaplamanın yapılabilmesi için; *bina ürünleri için YDE verileri, kullanım aşamasındaki akışlar için YDE verileri ve bina spesifik verilerinin bilinmesi gerekmektedir* (Paulsen, 2001). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A8'de görülebilir. Yöntemin adımları şu şekildedir:

1. Ürünlerden iç mekân emisyon değerlerinin bir model aracılığı ile hesaplanması,
2. Ürünlerden dış mekân emisyon değerlerinin bir model aracılığı ile hesaplanması,
3. Bina sistemlerinde kaynak akışları ile etkileşimlerin bir model aracılığı ile hesaplanması,
4. Bakım için yardımcı ürünlerin ve kaynakların tüketiminin bir model aracılığı ile hesaplanması,
5. Malzemelerin karşılaştırılması ve seçim (Paulsen, 2001).

Çalışmada ayrıca bakım sürecinde oluşan emisyonların hesaplanması için; temizleme ve bakım yöntemleri, bakım için kullanılan ürünler ve makineler, her bakım yöntemi için kullanılan ürün ve kaynak miktarının da bilinmesi gerektiğinden bahsedilmektedir.

Taygun modeli

Bu çalışmanın amacı, malzemelerin tüm YDD süreçleri için tüm çevresel etkilerin değerlendirildiği bir model oluşturmaktır. Model tüm yapı malzemelerini değerlendirebilir. Çalışmada her malzemenin her bir YDD aşamasında meydana gelen çıktıların emisyon etkileri; çıktının miktarı ve çıktının sınır değerleri başlıkları altında değerlendirilmektedir. Değerlendirme sonucu; *kabul edilebilir değer* için yapı ürününün çevreye olumsuz etkisi yok, *kabul edilemez değer* için yapı ürününün çevreye olumsuz etkisi var, *bilinmeyen değer* için yapı ürününün çevreye etkilerine ilişkin bilgi yok olarak belirtilmektedir (Tuna Taygun, 2005). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A9’da görülebilir. Yöntemin adımları şu şekildedir:

1. Yapı malzemelerinin bilgi formları aracılığı ile tanımlanması,
2. YDD süreçleri için yapı malzemesi-çevre ile ilgili bilgilerin toplanması,
3. Malzemelerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi,
4. YDD süreçlerinde iletişimin tanımlanması (Tuna Taygun, 2005).

Urie-Dagg modeli

Bu çalışmanın amacı yenilikçi bir ürünü geleneksel bir ürünle karşılaştıran basitleştirilmiş bir YDD gerçekleştiren bir araç sunmaktır. Model aracılığı ile tüm yapı malzemeleri değerlendirilebilir. Yalnızca üç çevresel kriterin (kaynak tüketimi, enerji

kullanımı ve insan ve ekolojik etkiler) dikkate alındığı modelde göreceli bir değerlendirme gerekmektedir. Modelde öncelikle çevresel etki-YDD aşamaları matrisi oluşturulur. Karşılaştırma için bir referans ürün (örneğin geleneksel bir ürün) kullanılır ve her bir hücreye, incelenen ürünün referans ürüne göre daha iyi (pozitif bir sayı), daha kötü (negatif bir sayı) ya da aynı (sıfır) olup olmadığını göstermek üzere değerler atanır. Matrisin küçük bir ekip (muhtemelen 4 ila 6 kişi) tarafından veya daha uzun bir süre zarfında literatür incelemesi yapan bir birey tarafından tamamlanması beklenmektedir (Urie & Dagg, 2004). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A10'da görülebilir. Yöntemin adımları şu şekildedir:

1. Çevresel etki – YDD aşamaları matrisi oluşturulur,
2. Her hücreye öznel değerlendirmeye göre pozitif bir sayı, negatif bir sayı ya da 0 sayısı yazılır,
3. Bir malzeme için verilen tüm çevresel etki değerleri toplanır,
4. İki malzemenin puanlarını değerlendirmek için karşılaştırma matrisi oluşturulur (Urie & Dagg, 2004).

Wooley yaklaşımı

Bu çalışmanın amacı, yapı malzemelerinin üretim ve kullanım süreçlerindeki çevresel etkilere göre değerlendirilmesi için sistematik bir yöntem oluşturmaktır. Yaklaşımda ısı yalıtım malzemeleri, çatı kaplama malzemeleri, döşeme kaplamaları, yapıştırıcılar, bağlayıcılar, cam, boya ve ahşap değerlendirilmektedir. Etki kategorileri; enerji kullanımı, biyolojik kaynakların tüketimi, biyolojik olmayan kaynakların tüketimi, küresel ısınma, ozon incelmesi, toksinler, asit yağmurları, fotokimyasal oksidanlar, enerji kullanımı, dayanım/bakım, geri dönüşüm/tekrar kullanım/atık ve sağlıktır. Malzemeler; malzeme-çevresel etki matrisleri üzerinden verilen noktaların boyutuna göre değerlendirilir. Daha büyük noktalar, daha yüksek çevresel etki anlamına gelmektedir. Nokta boyutları 0-4 arasındaki puanlamaya eşdeğerdir (Koyaz, 2016; Woolley ve diğ., 2005; Woolley & Kimmins, 2005). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK A11'de görülebilir. Yöntemin adımları şu şekildedir:

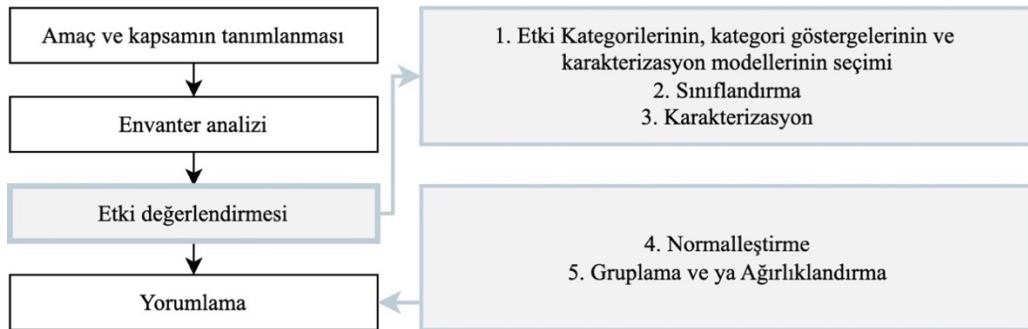
1. Malzemelerin belirlenmesi,
2. Malzeme-çevresel etki matrislerinin oluşturulması,

3. Malzemelerin görsel tekniklerle değerlendirilmesi (Koyaz, 2016; Woolley ve diğ., 2005; Woolley & Kimmins, 2005).

2.2.2.2 Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDED modelleri

YDD'nin üçüncü aşaması olan YDED, bölüm 2.3.1'de de belirtildiği gibi her temel akışın (yani bir ürün sisteminin emisyonları veya kaynak kullanımı) çevre üzerindeki etkiye katkısının büyüklüğünü değerlendirmeyi amaçlar. Amacı, etki kategorileri ve kategori göstergelerini kullanarak ürün sistemini çevresel bir perspektiften incelemektir ve bu, envanter analizinin sonuçları ile birleştirilir. Bu durum, yorumlama aşamasında faydalı bilgiler sağlayacaktır (Rosenbaum ve diğ., 2018). YDED'in unsurları, detaylı olarak şu şekilde aktarılabilir (Şekil 2.3):

Etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve nitelendirme modellerinin seçilmesi: Kapsam tanımının bir parçası olarak seçilen değerlendirme parametrelerini temsil eden etki kategorileri belirlenir. Her etki kategorisi için, temel akışların gösterge üzerindeki etkisini nicelendirerek kullanmak için bir çevresel model ile birlikte temsil edici bir gösterge seçilir (Rosenbaum ve diğ., 2018). En yaygın tanımlanan çevresel etki kategorileri arasında; küresel ısınma, asidifikasyon, ötrofikasyon ve enerji kullanımı yer almaktadır. Bununla birlikte, su kullanımı, hava kirliliği ve ekosistem kirliliği gibi diğer çevresel etki kategorileri de bazı araştırmalarda incelenmektedir (Ortiz ve diğ., 2009).



Şekil 2.3 : YDED unsurları (ISO, 2020).

Sınıflandırma: Envanterden temel akışların, seçilen göstergeye etkide bulunma yeteneklerine göre etki kategorilerine atanması gerçekleştirilir (Rosenbaum ve diğ., 2018).

Karakterizasyon: Etki kategorisi için çevresel modeller kullanılarak, atanan her bir temel akışın kategori göstergesine etki etme yeteneği nicel olarak belirlenir. Elde

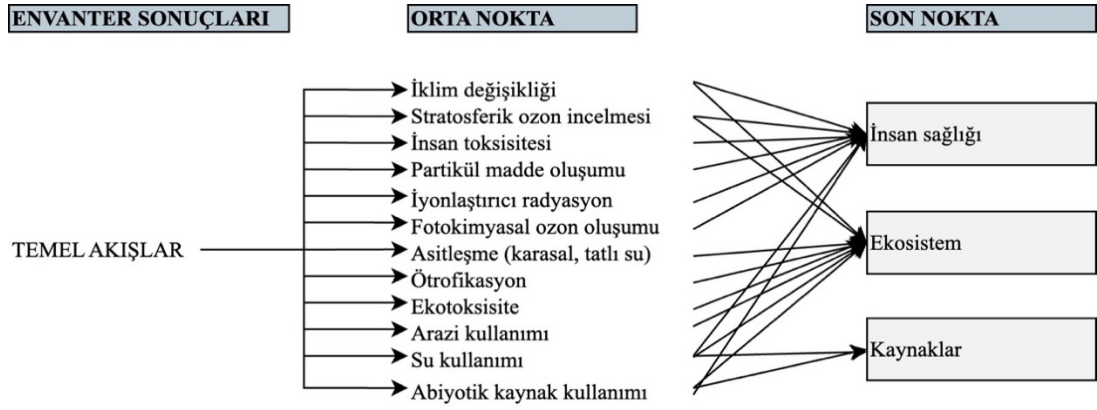
edilen karakterize edilmiş etki puanları, etki kategorisi için ortak bir ölçekte ifade edilir. Bu, tüm katkıların bir puanda toplanmasını sağlar ve ürün sisteminin o kategori için toplam etkisini temsil eder. Farklı etki kategorileri için biriktirilmiş gösterge puanlarının toplanması (her biri kendi ölçüsünde ifade edilir) ürün sisteminin karakterize edilmiş etki profilini oluşturur.

YDD çalışmalarına geliştiriciler tarafından iki farklı etki göstergesi tercih edilebilir. Orta nokta (midpoint) göstergeleri, çevresel etkilerin neden-sonuç zincirinde daha erken bir aşamada ölçülmesine olanak tanır. Bu aşama daha ayrıntılı veriler sağlar. Daha erken aşamalardaki etkiler hakkında doğrudan bilgi verir ve daha somut ölçümler yapılabilir. (Huijbregts ve diğ., 2017) tarafından oluşturulan RECIPE2016 modelinde verilen orta nokta etki kategorileri ve göstergeler, Çizelge 2.5'te verilmektedir.

Çizelge 2.5 : YDED'nin zorunlu evrelerinin örneklendirilmesi (Huijbregts ve diğ., 2017).

Etki kategorisi	Gösterge	Karakterizasyon faktörü	Birim
İklim değişikliği	Kızılötesi ışınlarının artışı	Küresel ısınma potansiyeli (GWP)	kg CO ₂ -eşdeğeri hava
Stratosferik ozon incilmesi	Stratosferik ozon incilmesi	Stratosferik ozon tabakasının incelme potansiyeli (ODP)	kg CFC-11-eşdeğeri hava
İyonlaştırıcı radyasyon	Adsorbe edilen dozun artışı	İyonlaştırıcı radyasyon (IRP)	kBq CO-60-eşdeğeri hava
Partikül madde oluşumu	PM2.5 alımı	Partikül madde oluşumu (PMFP)	kg PM2.5-eşdeğeri hava
Fotokimyasal ozon oluşumu (karasal)	Troposferik ozon artışı	Troposferik ozonun oluşum potansiyeli (POCP)	kg NO _x -eşdeğeri hava

Son nokta (endpoint) göstergeleri ise çevresel mekanizmanın daha ileri aşamalarında, yani nihai etkilere yakın bir yerde ölçüm yapar. Bu göstergeler, çevresel sonuçların insan sağlığı, ekosistem kalitesi veya doğal kaynaklar üzerindeki daha somut etkilerini değerlendirmek için kullanılır (Şekil 2.4) (JCR European Commission, 2010). Farklı ülkelerde geliştirilmiş orta nokta yaklaşım modelleri; Leiden Çevre Bilimleri Merkezi (CML), Enerji Kullanan Ürünlerin Ekotasarımı için Metodoloji Çalışması (MEEup), EPD, EDIP, CED, CExD, Ecofootprint, Kimyasalların ve Diğer Çevresel Etkilerin Azaltılması ve Değerlendirilmesi Aracı (TRACI), son nokta yaklaşım modelleri; EI99, Çevresel Öncelik Stratejileri (EPS), Ecoscarcity, EDP, JEPIX olarak bilinmektedir (Kalkan, 2020).



Şekil 2.4 : Envanter sonuçlarının orta ve son nokta etki kategorileri ile ilişkisi (JCR European Commission, 2010).

Normalleştirme: Farklı etki kategorileri için karakterize edilmiş her bir puanın göreceli büyüklüğü hakkında bilgi vermek için, bunları ortak bir referans etki setine göre düzenlemek gereklidir. Normalleştirme sonucu, ürün sisteminin normalleştirilmiş etki profilidir; burada tüm kategori gösterge puanları aynı ölçekte ifade edilir. Normalleştirme, iki farklı yaklaşım yöntemi ile gerçekleştirilebilir (Çizelge 2.6):

Çizelge 2.6 : Normalleştirme yöntemleri (Pizzol ve diğ., 2017).

Dahili	Referansa bölme	Alternatifler için karakterize edilmiş gösterge sonuçları, alternatiflerden seçilen bir temel değere bölünür
	Maksimuma bölme	Alternatifler için karakterize edilmiş gösterge sonuçları, her etki kategorisinde en yüksek puana sahip alternatif için elde edilen puanlara bölünür
	Toplama bölme	Alternatifler için karakterize edilmiş gösterge sonuçları, tüm alternatifler için elde edilen puanların toplamına bölünür
	Sıralama	Tanımlanmış gösterge sonuçlarından karşılıklı farklılıkların önemi değerlendirilir, alternatifler arasındaki kritik farklılıklarla ikili karşılaştırmalar kullanılır. Yöntem doğrusal değildir.
Harici	Küresel normalleştirme	İncelenen sistem (ler)in karakterize edilmiş gösterge sonuçları, referans süresi boyunca dünyada gerçekleşen toplam faaliyetlerin karakterize edilmiş gösterge sonuçlarına bölünür (tüketim ve üretim arasındaki varsayılan denge)
	Üretime dayalı, bölgesel sistemler	İncelenmekte olan sistem (ler)in karakterize edilmiş gösterge sonuçları, bir bölge veya ülkedeki tüm bölgesel faaliyetlerle ilişkili, ihracatı da dahil, ancak ithalatı hariç, karakterize edilmiş gösterge sonuçlarına bölünür. Böylece referans süresi boyunca o bölgenin/ülkenin fiziksel veya coğrafi sınırları içinde gerçekleşen tüm çevresel akışları hesaba katar
	Tüketime dayalı, bölgesel sistemler	İncelenmekte olan sistem (ler)in karakterize edilmiş gösterge sonuçları, bir bölge veya ülkedeki tüm bölgesel faaliyetlerle ilişkili, ihracatı da dahil, ancak ithalatı hariç, toplam bölgesel tüketimi ile ilişkili karakterize edilmiş gösterge sonuçlarına bölünür. Bu nedenle, referans süre boyunca o bölgenin/ülkenin fiziksel veya coğrafi sınırları içinde gerçekleşen tüketim faaliyetlerini desteklemek için gereken tüm yukarı ve aşağı akış süreçlerinden kaynaklanan çevresel akışları hesaba katar.
	Taşıma	Karakterize edilmiş gösterge sonuçları, temsil eden normalizasyon referanslarına bölünür.

Harici normalleştirme, bölgesel ve küresel kaynaklara dayanan, dahili normalleştirmeye göre referansa dayalı sonuç üreten bir sistemdir. Ancak normalizasyon referanslarını ve karakterizasyon faktörlerini hesaplamak için kullanılan envanterdeki tutarsızlıklar sebebiyle ciddi hatalar meydana getirebilir (Pizzol ve diğ., 2017; Sousa ve diğ., 2021).

Dahili normalleştirme, büyük ölçekli hatalardan kaçınmaya yardımcı olur. Yalnızca karşılaştırmalı değerlendirmelerde kullanılabilir (Droege ve diğ., 2021; Inti ve diğ., 2016). Dahili normalleştirmede etkiler, çalışmadaki verilerin doğrudan ürün sistem matrisinden modellenmesi ile elde edilir (Pizzol ve diğ., 2017; Sousa ve diğ., 2021).

Gruplama veya ağırlıklandırma: Etki kategorileri arasında karşılaştırmayı desteklemek için, bunları gruplandırarak ve mümkünse sıralayarak veya her etki kategorisi için diğer etki kategorilerine göre ne kadar önemli olduğunu nicel olarak ifade eden ağırlık faktörleri kullanarak ağırlıklandırma yapılır. Nicel ağırlıklandırma, tüm ağırlıklandırılmış etki puanlarının ürün sistemi için bir genel çevresel etki puanında toplanmasına olanak tanır (Hauschild, 2018; ISO, 2006). Ağırlıklandırma, dört farklı yaklaşım yöntemi ile gerçekleştirilebilir (Çizelge 2.7).

Hedefe mesafe ağırlıklandırma, bir coğrafi alandaki bir emisyonun gerçek seviyesi ile bu emisyon için kritik olduğu düşünülen seviye (hedef değer) arasındaki oran olarak tanımlanabilir (Soares ve diğ., 2006).

Panel ağırlıklandırma, paydaş paneli, uzman paneli ve çok kriterli karar verme yöntemi olmak üzere üç alt gruba ayrılır. Paydaş paneli; uzman olmayan kişiler tarafından oluşturulmuş, sonuçların görüşmeler, çalıştaylar ya da anket yoluyla elde edildiği yöntem olarak bilinmektedir. Uzman paneli; akademi ve endüstride çalışanlar ile, politikacıların görüşleri doğrultusunda oluşturulan ağırlıklandırma yöntemidir. Çok kriterli karar verme yöntemi ise, bir panelden elde edilen verileri çeşitli matematiksel işlemler ile sonuca vardırır sistemdir (Pizzol ve diğ., 2017).

Çizelge 2.7 : Ağırlıklandırma yöntemleri (Pizzol ve diğ., 2017).

Hedefe mesafe	Normatif hedefler	Etkiler, bir hedefe olan yakınlıklarına göre ağırlıklandırılır.
Panel	Paydaş paneli	Panel uzman olmayan bireylerden oluşur
	Uzman paneli	Panel akademi, sanayi ve politikacılar gibi çeşitli uzman bireylerden oluşur
	Çok kriterli karar verme	Panelden elde edilen ağırlıkları, kategori gösterge sonuçlarıyla birlikte işlemek için kullanılan matematiksel yaklaşımlardır
Parasal	Gözlemlenen tercihler	Bir malın marjinal değeri piyasa fiyatı temelinde belirlenir
	Açık tercihler	Bir malın marjinal değeri, bir ikame malın piyasa fiyatı temelinde belirlenir
	Belirlenmiş tercihler	Bir malın marjinal değeri, demografik olarak temsilci bir panel tarafından ifade edilen tercihler temelinde, varsayımsal ticaret dengesi sorularına yanıt olarak belirlenir
İkili	Eşit ağırlıklandırma	Tüm etki kategorileri eşit ağırlıkta varsayılır
	Ayakizi	Bir veya birkaç etki kategorisi seçilir ve diğer kategoriler dikkate alınmaz

Parasal ağırlıklandırma, çevresel sonuçlarla ilgili maliyetler temelinde yapılır. Gözlemlenen tercihler, ortaya çıkmış tercihler ve belirlenmiş tercihler olmak üzere üç alt grupta uygulanabilir (Pizzol ve diğ., 2017).

İkili ağırlıklandırma, eşit ağırlıklandırma ve ayakizi olmak üzere ikiye ayrılır. Eşit ağırlıklandırmada her etki kategorisinin aynı ağırlık değerine sahip olduğu kabul edilir. Ayakizinde ise bir veya daha fazla kategoriye 1 puan, diğer kategorilere 0 puan verilerek sonuç elde edilir (Pizzol ve diğ., 2017). Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDED modelleri aşağıda aktarılmaktadır.

Athena IE modeli

1997 yılında Kanada'da kurulan Athena Sürdürülebilir Malzemeler Enstitüsünün amacı, yapı malzemelerinin çevresel etkilerini doğru bir şekilde analiz edebilecek araçlar geliştirmektir. Bu doğrultuda malzemelerin ve yapı sistemlerinin karbon ayak izi, enerji tüketimi, sera gazı emisyonları gibi çevresel etkilerini ölçebilecek Athena IE modelinin temelleri 2002 yılında atıldı. Bu araç, mimarlara, mühendislik firmalarına ve inşaat sektörü profesyonellerine, malzeme ve bina sistemlerinin çevresel etkilerini karşılaştırma ve optimize etme imkânı sağladı.

Bu model, beton, çelik, ahşap, tuğla, kiremit, plastik, kompozit, alüminyum, cam ürünler, yalıtım malzemeleri, duvar ve zemin kaplamaları gibi ürünlere yönelik çevresel performans sunar. Bir orta nokta yaklaşım modelidir (ATHENA, 2013). Yöntemin YDED adımları şu şekildedir:

1. Malzemenin seçilmesi
2. Çevresel etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve tanımlama modellerinin seçilmesi
3. Sınıflandırma
4. Tanımlama
5. Normalleştirme
6. Ağırlıklandırma (ATHENA, 2013).

BEES

Bu model, maliyet açısından etkin ve çevresel açıdan tercih edilen yapı ürünlerinin seçimi için Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından tasarlanmış pratik, esnek ve şeffaf bir yöntemdir. Zemin kaplamaları, iç bölme duvarları, dış cephe

kaplamaları, iç duvar ve tavan kaplamaları, yalıtım, duvar ve çatı kaplamaları, beton ürünler ve otopark zeminleri gibi 248'den fazla ürün için çevresel ve ekonomik performans verileri sunar. Bir orta nokta yaklaşım modelidir. Herkes tarafından rahatlıkla kullanılabilir. Ekonomik ve çevresel performans, Amerikan Test ve Malzemeler Derneği (ASTM) standardı doğrultusunda çok kriterli karar analizi içeren genel bir performans ölçütüyle birleştirilir. Model, çevresel etkileri değerlendirmek için SETAC tarafından geliştirilen çevresel sorunlar yaklaşımını kullanır ve yapı malzemesinin ömrünü 50 yıl olarak değerlendirir (Lippiatt, 2007). Yöntemin YDED adımları şu şekildedir:

1. Malzemenin seçilmesi,
2. Çevresel etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve tanımlama modellerinin seçilmesi,
3. Sınıflandırma,
4. Tanımlama,
5. Normalleştirme,
6. Ağırlıklandırma (Lippiatt, 2007).

BELES

Bu model, Tsinghua Üniversitesi Bina Bilimleri ve Bina Enerjisi Araştırma Merkezi tarafından 2007 yılında, binaların çevresel etkilerini son nokta yaklaşımı temelinde değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Bina yaşam döngülerinin tümünü analiz eder. Beton, çelik, ahşap, tuğla, kiremit, plastik, kompozit, alüminyum, cam ürünler, yalıtım malzemeleri, duvar ve zemin kaplamaları gibi ürünlere yönelik çevresel performans sunar. Bina servis ömrünü 50 yıl olarak kabul eden yöntem, yapı malzemeleri için farklı servis ömürleri sunar (Gu ve diğ., 2007). Yöntemin YDED adımları şu şekildedir:

1. Malzemenin seçilmesi,
2. Çevresel etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve tanımlama modellerinin seçilmesi,
3. Sınıflandırma,
4. Tanımlama,

5. Normalleştirme,
6. Ağırlıklandırma (Gu ve diğ., 2007).

BEPAS

Tsinghua Üniversitesi İnşaat Yönetimi Departmanı tarafından 2007 yılında geliştirilen bu model, sistem sınırı olarak beşikten mezara yaklaşımını benimsemekte ve çevresel etki değerlendirmesini üç farklı alanda gerçekleştirmektedir: yapı tesisatı, yapı malzemeleri ve binanın çevresi. Kendi veritabanlarını içeren model, bina ömrünü 50 yıl olarak kabul etmektedir. Bir orta nokta yaklaşım modelidir (Zhang ve diğ., 2006). Yöntemin YDED adımları şu şekildedir:

1. Malzemenin seçilmesi
2. Çevresel etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve tanımlama modellerinin seçilmesi
3. Sınıflandırma
4. Tanımlama
5. Ağırlıklandırma (Zhang ve diğ., 2006)

BPIC-ICIP

BPIC/ICIP, Avustralya uluslararası inşaat endüstrisi için YDD modelini oluşturmayı hedeflemiştir. 2010 yılında geliştirilen modelde, son nokta etki kategorileri kullanılmaktadır (Bengtsson & Howard, 2010a-b). Yöntemin YDED adımları şu şekildedir:

1. Malzemenin seçilmesi,
2. Çevresel etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve tanımlama modellerinin seçilmesi,
3. Sınıflandırma,
4. Tanımlama,
5. Normalleştirme,
6. Ağırlıklandırma (Bengtsson & Howard, 2010a-b).

Yapı araştırma kurumu-çevresel profil (BRE-EP)

Yapı Araştırma Kurumu tarafından 1999 yılında oluşturulmuş bu model, malzemelerin çevresel etkilerini beşikten mezara değerlendirmektedir. Bir orta nokta yaklaşım modelidir (BRE, 2008). Model, yapı malzemelerinin servis ömrünü 60 yıl olarak belirlemiştir. Yöntemin YDED adımları şu şekildedir:

1. Malzemenin seçilmesi, çevresel etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve tanımlama modellerinin seçilmesi,
2. Sınıflandırma,
3. Tanımlama,
4. Normalleştirme,
5. Ağırlıklandırma (BRE, 2008).

Karaman Öztaş modeli

2014 yılında gerçekleştirilen bu çalışmada, “Türkiye’de üretilen yapı malzemelerinin tüm yaşam döngüsünü ele alan bir YDED modeli” geliştirilmiştir. Bir orta nokta yaklaşım modelidir. Malzemeler, beşikten beşiğe değerlendirilmektedir (Karaman Öztaş, 2014). Yöntemin YDED adımları şu şekildedir:

1. Malzemenin seçilmesi,
2. Çevresel etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve tanımlama modellerinin seçilmesi,
3. Sınıflandırma,
4. Tanımlama,
5. Normalleştirme,
6. Ağırlıklandırma (Karaman Öztaş, 2014).

2.2.2.3 Yapı malzemelerinin çevresel etkileri doğrultusunda değerlendirilmesine yönelik oluşturulmuş diğer modeller

Diğer modeller, genellikle özel bir bölgeye / ülkeye göre oluşturulmuştur. Kullanılan çevresel etki kategorilerinin seçim sebepleri net olarak açıklanmamış olmasına karşın, YDD ve YDED araçlarındakilerle benzerlik göstermektedir. Bu modeller genellikle çevresel etki kategorilerinin alanında yetkin kişiler ya da kullanıcılar tarafından

puanlanması ya da malzemelere yönelik gerçekleştirilmiş testler sonucunda elde edilen verilerle matris oluşturulması esasına bağlıdır. Bu nedenle sonuçlar, subjektif verilere dayanmaktadır. Bu modeller aşağıda aktarılmaktadır.

Çağnan-Özer modeli

Bu çalışmada yapı malzemelerinin hammadde ve üretim süreçlerindeki çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerilmiştir. Çalışmada yapı malzemeleri sistemler yaklaşımı ile analiz edilmiş ve çevresel veriler ile gerekli yasal zorunluluklar göz önünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda oluşturulan model, üç başlık üzerinden kurulmuştur: A) Çevre ve ekoloji, B) Yasal zorunluluklar, C) Yapı üretimi. Değerlendirme için bu başlıklar üzerinden oluşturulmuş tablolara, gerçekleştirilen deneysel verilerin girilmesi beklenmektedir (Çağnan & Özer, 2014). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK B1’de görülebilir. Yöntemin adımları şu şekildedir;

1. Malzeme alternatiflerinin belirlenmesi,
2. Malzemelere yönelik bilgilerin A-B-C başlıklarını içeren tablo üzerinden doldurulması,
3. Seçimin gerçekleştirilmesi (Çağnan & Özer, 2014).

Esin modeli

Bu çalışmanın amacı yapı malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir modelin oluşturulmasıdır. Değerlendirme, 1-4 arasında verilen puanlama sistemi üzerinden gerçekleştirilir. Çalışmada ayrıca malzemelerin üretim sürecinde standartlardan yararlanılıp yararlanılmadığına göre de puanlama yapılır. Değerlendirme, öznel verilere dayanmaktadır (Esin, 2007). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK B2’de görülebilir. Yöntemin adımları şu şekildedir;

1. Malzeme alternatifleri seçilir,
2. Malzemelere 1-4 arası puanlar verilerek çevresel etki kriterleri puanlanır,
3. Malzeme karşılaştırma matrisi hazırlanır. Matriste malzemelerin toplam puanları görünür,
4. Seçim gerçekleştirilir (Esin, 2007).

Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modeli

Bu çalışmanın amacı, bitirme malzemelerinin çevresel etkilerini kapsamlı bir şekilde değerlendiren bir model geliştirmektir. Modelde kullanılan değerlendirme kriterleri, Bina Araştırma Kurumu Çevre Değerlendirme Yöntemi (BREEAM), Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (LEED) ve Yapılı Çevre Verimliliği için Kapsamlı Değerlendirme Sistemi (CASBEE) kullanılarak seçilmiştir. Değerlendirme öznel verilere dayanmaktadır (Koyanagi ve diğ., 2010). Modele yönelik çevresel etki değerlendirme görseli EK B3'te görülebilir. Yöntemin adımları şu şekildedir:

1. Bitirme malzemelerinin fiziksel özelliklerine yönelik çeşitli kriterler ve standartlar göz önünde bulundurularak puanlama gerçekleştirilir. Değerlendiriciler her bir alt kriter için 0 ile 2 puan arasında bir değer atarlar,
2. Puanlar toplanarak malzemelerin çevresel performansı sekiz etki kriteri açısından karşılaştırılır ve seçim gerçekleştirilir (Koyanagi ve diğ., 2010).

Malzeme seçiminde kullanılabilecek diğer yöntemler çok amaçlı optimizasyon, sıralama yöntemleri, indeks tabanlı yöntemler ve maliyet-fayda analizi gibi yöntemler de olabilir (Yüksek & Mıhlayanlar, 2015). Bu modellerin ve yöntemlerin dışında, bir seçim ya da değerlendirme amacı olmayan ancak buna yönelik bilgilerin toplanmasına yardımcı olabilecek çalışmalar da bulunmaktadır. Harris (1999) çevresel etkisi düşük malzeme seçiminin gerçekleştirilebilmesi için gerekli veriler ile ilgili bilgiler vermektedir. Soust-Verdaguer ve diğ. (2023a) yaptıkları çalışmada Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) uygulamasına eklenti olarak geliştirilen bir aracın malzeme seçimini kolaylaştırmasını amaçlamaktadır.

2.2.3 Mevcut çevresel etki yöntemlerinin değerlendirilmesi

Yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik oluşturulan yöntemler, bu çalışma kapsamında iç mekan bitirme malzemelerinin seçimine yönelik yeni bir model oluşturulması amacıyla incelenerek değerlendirilmiştir. Değerlendirme; yöntemlerin geliştirildiği yıl, ülke, özgünlük, kullanılabilirlik, kullanıcı profili, yöntemin türü, bakış açısı, değerlendirilen malzeme grupları, yapı ve malzeme servis ömrü, yöntemle ait veritabanı bulunup bulunmaması, fonksiyonel birim, sistem sınırı, çevresel etki kategorileri, normalleştirme, ağırlıklandırma adımlarının ele alınması, yazılım altyapısı, değerlendirme yaklaşımı gibi kriterler üzerinden yapılmıştır.

2.2.3.1 Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini YDD ile değerlendiren model ve yaklaşımların değerlendirilmesi

Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini YDD ile değerlendiren model ve yaklaşımların değerlendirme tablosu, Çizelge 2.8’de verilmektedir.

Yöntemlerin geliştirildiği yıllar incelendiğinde; özellikle 1996’dan başlayarak, neredeyse her yıl yeni bir yöntemin ortaya konduğu bir gelişim süreci görülmektedir. İlk yıllarda geliştirilen modeller (1996, 1998, 2001, 2002) genellikle YDD’yi diğer yöntemlere göre daha basit şekilde ele alan, kullanıcının değerlendirilen alternatiflere yönelik bilgilere kolay ulaşabildiği yapılar kurmaya odaklanmıştır. 2004 ve 2005 yıllarında birçok yeni model ortaya çıkmıştır. Bu durum, bu dönemde YDD’ye yönelik yüksek bir ilgi olduğunu ve farklı endüstri ve araştırma kuruluşlarının sürece dahil olduğunu göstermektedir. 2006, 2010, 2012 ve 2014 yıllarında geliştirilen modeller ise daha çok teknolojik gelişmelerin, verimlilik ve detaylandırma anlamında metodolojilere yansıtıldığı yeniliklerdir. Özellikle 2010 ve sonrası dönemde veri toplama, analiz ve modelleme süreçlerine yönelik çalışmaların arttığı gözlemlenmiştir.

Yöntemlerin geliştirildiği ülkeler incelendiğinde; farklı coğrafyaların metodolojiye katkı sunduğu bir çeşitlilik gözlemlenmiştir. Türkiye’nin bu alanda dört yöntem sunması, ülkenin özellikle çevresel sürdürülebilirlik konularında yerel şartları dikkate alan çözümler geliştirme çabasında olduğunu göstermektedir. İngiltere, YDD’deki en yoğun katkıyı sağlayan ülkelerden biri olarak dikkat çekmektedir. Alanda çalışan diğer ülkeler; İsveç, Hollanda ve Çin olarak görünmektedir.

Yöntemlerin özgünlüğü incelendiğinde; 12 modelden 10’unun özgün olarak geliştirilmiş olduğu tespit edilmiştir. Özgün modeller, her ülkenin kendi çevresel, koşullarını dikkate alarak geliştirdiği metodolojilerden oluşmaktadır. Anderson yaklaşımı, BREEAM yönteminden etkilenmiş olup bu yöntemin prensiplerine dayalı bir geliştirme süreci izlemiştir. Benzer şekilde, Gültekin modeli de Paulsen modelini temel olarak oluşturulmuştur.

Yöntemlerin kullanılabilirliği incelendiğinde; Anderson, Anink, Demkin ve Wooley yaklaşımlarının kolay bir kullanım sunduğu belirlenmiştir. Bu dört yöntemde, alternatiflerin değerlendirmesi hazır olarak verildiği için, kullanıcının ek bir analiz yapmasına gerek kalmadan doğrudan sonuçlara ulaşması mümkün olmaktadır.

Çizelge 2.8 : YDD model ve yaklaşımlarının değerlendirme tablosu.

Yöntem Özellikleri / YDD model ve yaklaşımları		YDD MODEL VE YAKLAŞIMLARI										
		Alptekin modeli	Anderson yaklaşımı	Anink yaklaşımı	Bayraktar modeli	Demkin yaklaşımı	Gültekin modeli	Hollanda modeli	Paulsen modeli	Taygun modeli	Urie & Dagg modeli	Wooley yaklaşımı
YÖNTEM ÖZELLİKLERİ	Yöntemin geliştirildiği yıl	2014	2002	1996	2010	1998	2006	2012	2001	2005	2004	2005
	Yöntemin geliştirildiği ülke	Türkiye	İngiltere	İngiltere	Türkiye	Amerika	Türkiye	Hollanda	İsveç	Türkiye	İngiltere	İngiltere
	Yöntemin özgünlüğü	Özgün	Özgün değil	Özgün	Özgün	Özgün	Özgün değil	Özgün	Özgün	Özgün	Özgün	Özgün
	Yöntemin kullanılabilirliği	Zor										
		Orta										
		Kolay										
	Yöntemin türü	Seçim										
		Değerlendirme										
	Bakış açısı	Objektif										
		Subjektif										
	Yöntemin kullanıcıları	Mimar										
		Mühendis										
		Yüklenici										
		Kullanıcı										
		Anketör										
		Bina yöneticileri										
		Mülk sahipleri										
		Yapı sektörü										
		Yapı ürünü tas										
		Yapı ürünü ür.										
		Belediyeler										
	Yapı servis ömrü	-	60 yıl	○	-	-	-	50 yıl	-	-	-	-
	Malzeme servis ömrü	-	○	○	○	-	○	○	○	-	-	-
	Yönteme ait veritabanı	-			-		-	-	-	-	-	
	Fonksiyonel birim	-	1 m ²	-	○	-	○	-	-	-	-	-
	Sistem sınırı	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Kullanım	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Üretim ve kullanım
	Normalleştirme	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	Ağırlıklandırma			-	-	-			-	-	-	-
	Yazılım altyapısı		-	-	-	-			-	-	-	-

LEJAND



Model için geçerli özellik

- Model için geçerli olmayan özellik



Model için geçerli olan ancak tanımlanmamış özellik

Aynı şekilde, Urie-Dagg modelinde kullanıcı, malzemelere tercihlerine göre değer atayabildiği için model kolaylıkla uygulanabilir olarak derecelendirilmiştir. Alptekin modeli, malzemelerin çevresel etkilerinin hesaplanması için gerekli tüm bilgileri sağlamakla birlikte, kullanıcıların bir dizi hesaplama yapmasını gerektirir. Yöntem hesaplamalar konusunda belirli bir düzeyde uzmanlık gerektirdiği için, modelin kullanılabilirliği “orta” olarak derecelendirilmiştir. Paulsen modeli, Bayraktar modeli, Taygun modeli, Gültekin modeli ve Hollanda modeli ise veri eksikliklerinin tamamlanması ihtiyacı ve hesaplama süreçlerinin karmaşıklığı nedeniyle “zor” olarak derecelendirilmiştir. Bu modellerin kullanılabilirliği, eksik veri durumlarının çözülmesini ve kapsamlı hesaplama adımlarını içermekte olup, bu yönleriyle uygulamada daha yüksek düzeyde bilgi birikimi ve çaba gerektirmektedir.

Yöntemlerin türü incelendiğinde; değerlendirme yöntemlerinin sayısının seçim yöntemlerine göre daha baskın olduğu gözlemlenmektedir. Değerlendirme yöntemlerinin baskın olması, çevresel performansın geniş kapsamlı analiz edilmesini sağlar, ancak bu analizlerin pratik sonuçlar doğurabilmesi için seçim yöntemlerinin devreye girmesi gerekir. Bu bağlamda, seçim yöntemlerine olan ihtiyacın karşılanması, karar verme süreçlerinde daha etkili ve uygulanabilir sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

Yöntemlerin bakış açıları incelendiğinde; 12 yöntemden 9’unun öznel nitelik taşıdığı görülmektedir. Bu durumun en önemli sebeplerinden biri, bu yöntemlerin ağırlıklandırma adımını içermesidir. Ağırlıklandırma genellikle uzman görüşlerine veya kullanıcı tercihlerine dayalıdır. Bu da yöntemin çıktılarının subjektif olmasına yol açar. Alptekin yöntemi, ağırlıklandırma adımı içermesine rağmen nesnel bir yaklaşıma sahiptir. Çünkü bu yöntemde ağırlıklandırma işlemi insan müdahalesi olmaksızın sistem tarafından otomatik olarak yapılmakta ve bu sayede objektif sonuçlar elde edilmektedir.

Yöntemlerin kullanıcıları incelendiğinde, büyük bir kısmının özellikle mimarlara yönelik geliştirildiği görülmektedir. Ancak, mimarlar dışında çeşitli meslek gruplarının da bu yöntemleri benimsediği ve kullandığı tespit edilmiştir. Yöntemlerin mühendisler, yükleniciler, nihai kullanıcılar, anketörler, bina yöneticileri, mülk sahipleri, yapı sektörü profesyonelleri, yapı ürünü tasarımcıları ve üreticileri ile belediyeler gibi farklı kullanıcı grupları tarafından uygulanabileceği ifade edilmektedir. Bu çeşitlilik, YDD yöntemlerinin disiplinler arası ve sektörel iş

birliklerine uygun olarak tasarlandığını göstermektedir. Öte yandan, Hollanda modeli ve Paulsen modeli kullanıcı profillerine dair spesifik bir bilgi sunmamaktadır. Bu modellerin kullanıcı hedef kitlesini belirlememesi, uygulama alanlarının ve hedef kullanıcılarının sınırlarını netleştirmeyi zorlaştırmakta olup, kullanım kolaylığı ve uyarlanabilirlik açısından belirsizlik yaratabilmektedir. Bu eksiklik, yöntemlerin spesifik alanlar ve kullanıcı grupları için yeniden değerlendirilmesi ve belki de uyarlanması gerektiğine işaret etmektedir.

Yöntemlerin yapı ve malzeme servis ömürlerini kullanımı incelendiğinde, yalnızca Anderson yaklaşımı ve Hollanda modelinde yapı servis ömürlerinin belirlendiği, Anink yaklaşımında yapı servis ömründen bahsedildiği ancak tanımlanmadığı, diğer yöntemlerde ise buna dair herhangi bir açıklama sunulmadığı tespit edilmiştir. Hollanda yöntemi'nde malzeme servis ömürlerinin veritabanı aracılığı ile elde edilebildiği; Anderson yaklaşımı, Anink yaklaşımı, Bayraktar modeli, Gültekin modeli ve Paulsen modelinin, malzeme servis ömürlerini ele aldığı ancak her malzeme için detaylı bilgi içermediği gözlemlenmiştir. Yapı ve malzeme servis ömürlerinin bilinmesi, malzemenin çevresel etkilerinin kaç kez tekrarlanacağını belirlemede önemli bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda, yapı ve malzeme servis ömrü değerlerinin çoğu modelde ele alınmaması, YDD uygulamalarında eksik çevresel değerlendirmelere neden olmaktadır.

Yöntemlere ait veritabanları incelendiğinde, Anderson yaklaşımı, Anink yaklaşımı, Demkin yaklaşımı ve Wooley yaklaşımının, malzeme alternatiflerinin çevresel performans verilerini kullanıcıya doğrudan sunabildiği tespit edilmiştir. Bu yaklaşımlar, çevresel etki değerlendirmesi yapmak isteyen kullanıcıların ek bir veri kaynağına ihtiyaç duymaksızın doğrudan analiz yapmasına olanak tanımaktadır. Bu özellik, modelin kullanım kolaylığını artırmakta ve hızlı sonuca ulaşma imkânı sunarak pratik bir avantaj sağlamaktadır. Diğer yöntemlerde ise kullanıcıların çevresel etki hesaplamalarını gerçekleştirebilmesi için çeşitli kaynakları araştırması gerekmektedir. Bu durum, kullanıcıların veri toplama sürecini uzatarak çevresel analiz sürecinde zaman kaybına yol açmakta ve yöntemin pratikliğini azaltmaktadır.

Yöntemlerin seçtiği fonksiyonel birimler incelendiğinde; yalnızca Anderson yaklaşımında bu değerin açıkça ifade edildiği görülmektedir. Bayraktar modeli ve Gültekin modeli'nde fonksiyonel birimin hesaplama sırasında kullanılması gerekliliği belirlenmiş ancak seçim kullanıcıya bırakılmıştır. Diğer yöntemler, fonksiyonel birime

dair bir bilgi içermemektedir. YDD çalışmalarında fonksiyonel birimin belirlenmesi, analizlerin güvenilirliği ve karşılaştırılabilirliği açısından kritik bir unsur olarak bilinmektedir. Yöntemlere yönelik fonksiyonel birimin belirlenmemiş olması, sonuçlarda tutarsızlığa sebep olabilir.

Yöntemlerde sistem sınırları incelendiğinde; yalnızca iki yöntem dışında tüm yöntemlerin YDD'nin tüm aşamalarını kapsadığı görülmüştür. Paulsen modeli, yalnızca kullanım sürecine odaklanırken, Wooley yöntemi üretim ve kullanım süreçlerini kapsamaktadır. Her ne kadar YDD'nin tüm aşamalarını ele almak yöntemlerin kapsamlılığını artırsa da belirli aşamalara odaklanmak, yöntemin daha derinlemesine bir analiz sunmasına olanak tanımaktadır. Bu tür bir odaklanma, yöntemlerin belirli süreçler için daha spesifik çözümler üretmesini ve ilgili süreçlerin detaylı bir şekilde ele alınmasını sağlamaktadır.

Yöntemlerde normalleştirme adımının kullanılabilirliği incelendiğinde, Gültekin modeli dışındaki 11 yöntemde bu adımın uygulanmadığı görülmektedir. Gültekin modelinde, normalleştirme yöntemi belirtilmemekle birlikte, çevresel etki hesaplamalarında normalleştirme kullanımının önerildiği ifade edilmektedir. Normalleştirme, çevresel etki kategorileri arasında ortak bir temel oluşturma açısından kritik bir rol oynadığından, bu adımın eksikliği yöntemler arasındaki analizlerin sonuçlarını karşılaştırmayı güçleştirebilir.

Yöntemlerde ağırlıklandırma adımının kullanılabilirliği incelendiğinde, 12 yöntemden 5'inin bu adıma modellerinde yer verdiği tespit edilmiştir. Alptekin modeli, ağırlıklandırma adımında faktör analizi yöntemini kullanırken, Anderson yaklaşımı ve Gültekin modeli ise göreceli önem değerlerini esas alarak ağırlıklandırma yapmaktadır. Hollanda modeli, parasal ağırlıklandırma yöntemini tercih etmektedir. Ağırlıklandırma adımı, çevresel etki kategorilerinin göreceli önemini belirlemeye yardımcı olan bir süreçtir. Ancak, bu adımın doğası gereği subjektif bir nitelik taşıdığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Yöntemlerde yazılım altyapısı olup olmadığı incelendiğinde; 12 modelin 4'ünün çevresel etki değerlendirmelerini daha sistematik ve tutarlı bir şekilde gerçekleştirebilmek amacıyla yazılım desteği sunduğu görülmüştür. Yazılım altyapısına sahip yöntemler, verilerin işlenmesi, hesaplamaların standardize edilmesi ve sonuçların daha hızlı elde edilmesi açısından avantaj sağlamaktadır. Buna karşın,

yazılım desteği olmayan modellerde manuel hesaplamalar ve daha karmaşık süreçler gerekebilir, bu da sürecin doğruluğunu ve etkinliğini etkileyebilir.

Yöntemlerde değerlendirilen malzeme grupları incelendiğinde; Alptekin modeli, Bayraktar modeli, Hollanda modeli, Paulsen modeli, Taygun modeli ve Urie-Dagg modeli gibi yöntemlerin, tüm yapı malzemelerini kapsayacak şekilde geniş bir değerlendirme sunduğu belirlenmiştir. Anderson yaklaşımı, Anink yaklaşımı, Demkin yaklaşımı, Gültekin modeli ve Wooley yaklaşımının farklı malzeme gruplarının yanında bitirme malzemelerine yönelik değerlendirmeler sunabildiği gözlemlenmiştir.

Yöntemlerde kullanılan çevresel etki kategorileri incelendiğinde; her yöntemin farklı önceliklere ve odak noktalarına sahip olduğu görülmekte, çevresel etki kategorilerini standart bir çatı altında toplamak zorlaşmaktadır. Bunun en büyük sebeplerinden biri, yerel faktörlerin etkisidir. Genel olarak, yöntemlerin büyük bir kısmı iklim değişikliği, fosil yakıt tüketimi, ozon tükenmesi, asitleşme ve besin birikimi gibi önemli çevresel etki kategorilerini ele alırken, bazı yöntemler daha spesifik çevresel ve ekolojik etkiler üzerinde durmaktadır. Yalnızca Paulsen modeli çevresel etki kategorilerinin seçimini kullanıcıya bırakmıştır. Bu durum, bu modelin farklı coğrafi bölgelerde de kullanılabilme özelliğini göstermektedir.

Yöntemlerin değerlendirme yaklaşımları incelendiğinde; her yöntemin farklı analiz ve karşılaştırma tekniklerine dayandığı görülmektedir. Tespit edilen yaklaşımlar arasında; karar verme ve karşılaştırma teknikleri, malzeme değerlendirme matrisleri, bilgi föyleri üzerinden hesaplama, görsel ifadelerle değerlendirme, maliyet tabanlı değerlendirme ve kullanıcı tarafından belirlenen teknikler bulunmaktadır. Her bir yöntemin kendine özgü avantajları ve kullanım alanları bulunmakta, yöntemlerin çeşitliliği farklı kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik çözümler sunmaktadır.

2.2.3.2 Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDED modellerinin değerlendirilmesi

Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendiren YDED modellerinin değerlendirme tablosu, Çizelge 2.9’da verilmektedir.

Yöntemlerin geliştirildiği yıllar incelendiğinde; ilk modellerin 1994 yılında oluşturulduğu görülmektedir. Ancak, 2000’li yıllara kadar bu alanda kayda değer bir ilerleme sağlanmamıştır. 2000’li yıllardan itibaren ise her üç yılda bir yeni model geliştirilmiş olup, bu durum YDED alanına olan ilginin belirgin bir şekilde artmaya

başladığını göstermektedir. Bu dönemdeki artan model geliştirme faaliyetleri, YDED'in yaygın bir araç haline gelmesini destekler niteliktedir.

Yöntemlerin geliştirildiği ülkeler incelendiğinde; alandaki öncü çalışmaların, Amerika ve İngiltere tarafından gerçekleştirildiği görülmüştür. Çin, üç yıl arayla geliştirdiği iki modelle (BEPAS ve BELES) bu alanda lider konumda görünmektedir. Alandaki en son çalışma ise Türkiye'de gerçekleştirilmiştir.

Yöntemlerin özgünlüğü incelendiğinde, tüm modellerin kendine özgü özelliklere sahip olduğu, ancak belirli noktalarda birbirlerine atıf yaparak eksik kısımları tamamladıkları gözlemlenmiştir. Örneğin, BEPAS'ın, BEES ve Athena IE'de bulunmayan operasyonel süreçlerin çevresel etkilerini hesaba kattığı belirtilmektedir. Bu durum, YDED alanında iş birliğinin ve bilgi paylaşımının önemini vurgulamakta ve yöntemlerin gelişimine katkıda bulunmaktadır.

Yöntemlerin kullanım kolaylığı incelendiğinde; BEES, BELES, BEPAS ve Karaman Öztaş modellerinin, kullanıcıların anlayabileceği ve uygulayabileceği bir yapıya sahip olmaları nedeniyle "orta" derecede kullanılabilirlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu modeller, açık ve sistematik bir biçimde sunulan veriler ile kullanıcıların çevresel etkileri değerlendirmelerine olanak tanımaktadır. Diğer yandan, Athena IE ve BPIC-ICIP modelleri, karmaşık hesaplama süreçleri ve detaylı analiz gereksinimleri nedeniyle "zor" olarak sınıflandırılmıştır. Bu modellerin kullanıcıların işlem yapabilmesi için daha fazla teknik bilgi ve deneyim gerektirdiği görülmektedir.

Yöntemlerin türü incelendiğinde; tüm modellerin malzemelerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla hazırlandığı görülmüştür. Bununla birlikte, yapılan bu değerlendirme, aynı zamanda uygun malzeme seçiminde de kullanılabilir.

Yöntemlerin bakış açısı incelendiğinde; tüm yöntemlerin ağırlıklandırma aşamasına kadar objektif bir yaklaşım sergilediği, ancak bu aşamadan sonra öznel yargıların devreye girdiği gözlemlenmiştir. Ağırlıklandırma, değer seçimlerine dayalıdır. Farklı bireylerin, kuruluşların ve toplumların değişik tercihleri olabilir (ISO, 2020).

Yöntemlerin kullanıcıları incelendiğinde; BELES ve BPIC-ICIP modellerinin dışındaki modellerin farklı kullanıcı gruplarına yönelik hazırlanmış olduğu görülmektedir. BELES ve BPIC-ICIP modellerinde kullanıcı profilleri tanımlanmamıştır.

Çizelge 2.9 : YDED modellerinin değerlendirme tablosu.

Yöntem Özellikleri / YDED modelleri		YDED MODELLERİ						
		Athena IE	BEES	BELES	BEPAS	BPIC-ICIP	BRE-EP	Karaman Öztaş
YÖNTEM ÖZELLİKLERİ	Yöntemin geliştirildiği yıl	2002	1994	2007	2004	2010	1994	2014
	Yöntemin geliştirildiği ülke	Kanada	Amerika	Çin	Çin	Avustralya	İngiltere	Türkiye
	Yöntemin özgünlüğü	Özgün	Özgün	Özgün	Özgün	Özgün	Özgün	Özgün
	Yöntemin kullanılabilirliği	Zor						
		Orta						
		Kolay						
	Yöntemin türü	Seçim						
		Değerlendirme						
	Bakış açısı	Objektif						
		Subjektif						
	Yöntemin kullanıcıları	Mimar						
		Mühendis						
		Kullanıcı						
		YDD araç geliştiricileri		○		○		
		Karar vericiler						
		Yapı sektörü						
		Yapı ürünü tas						
		Yapı ürünü ür.						
	Yapı servis ömrü	○	○	○	50 yıl	○	○	-
	Malzeme servis ömrü	○	50 yıl	50 yıl	○	○	60 yıl	-
	Yönteme ait veritabanı							-
	Fonksiyonel birim	1 m ²	0.09 m ²	1 m ²	○	○	1 m ²	○
	Sistem sınırı	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten beşiğe
	Sınıflandırma							
	Tanımlama							
	Normalleştirme	Kanada'da kişi başına düşen yıllık toplam salım miktarı	Amerika'da yılda kişi başına düşen salım miktarı	Çin'de bir yılda tüm inşaat sektöründeki birim yapı taban alanı başına olan tüm çevresel yükler	-	Avustralya'da yılda kişi başına düşen çevresel etki	Bir İngiliz vatandaşı tarafından oluşturulan yıllık çevresel etki	Bir Türk vatandaşının toplam çevresel etkisi
	Ağırlıklandırma	Panel	Panel	Panel	Ödemeye isteklilik	Panel	Panel	Panel
	Yazılım altyapısı			-	-	-		-

LEJAND



Model için geçerli özellik

- Model için geçerli olmayan özellik



Model için geçerli olan ancak tanımlanmamış özellik

Yöntemlerin yapı ve malzeme servis ömürlerini kullanımı incelendiğinde; Athena IE, BEES, BELES, BPIC-ICIP ve BRE-EP modellerinde yapı servis ömrüne dair belirgin bir tanımın olmadığı, Karaman Öztaş modelinde ise yapı servis ömrüne yönelik bir bilgi sunulmadığı görülmüştür. Bu bağlamda yalnızca BEPAS modeli, yapı servis ömrünü 50 yıl olarak belirlemesiyle bu alanda bir referans sunmaktadır. Malzeme servis ömrüne yönelik olarak BEES ve BELES modelleri 50 yıllık bir süreyi benimserken, BRE-EP modeli 60 yıllık bir servis ömrü öngörmektedir. YDED’de yapı ve malzeme servis ömrü, çevresel etkinin doğru ve sürdürülebilir şekilde hesaplanması açısından kritik bir öneme sahiptir. Yapılar ve malzemeler birbirlerinden farklı özelliklere sahip olduklarından, yapı ve malzeme servis ömürleri de bu farklılıkları yansıtabilecek şekilde belirlenmelidir.

Yöntemlere ait veritabanları incelendiğinde; modellerin çoğunun kendi bünyelerinde veritabanlarına sahip oldukları ve bu sayede veri toplama sürecinde karşılaşılan zaman ve emek gerektiren zorlukları ortadan kaldırdığı gözlemlenmiştir. Ancak, Karaman Öztaş modeli için hazır bir veritabanı bulunmamaktadır; bu model, Avrupa Referans Yaşam Döngüsü Veritabanı (ELCD) ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) gibi kaynaklardan veri sağlamaktadır. Dolayısıyla, bu modelin dış kaynaklı veritabanlarına bağımlılığı, veri toplama sürecinde ek çaba ve zaman gerektirebilir.

Yöntemlerin fonksiyonel birimleri incelendiğinde; Athena IE, BELES ve BRE-EP modellerinin fonksiyonel birimi 1 m² olarak belirlenmiştir. BEES modelinde ise bu birim, 0,09 m² olarak tanımlanmıştır. Ancak BEPAS, BPIC-ICIP ve Karaman Öztaş modellerinde kullanılan fonksiyonel birimlere dair herhangi bir bilgi verilmemiştir. Fonksiyonel birimlerin belirlenmesi, her bir modelin çevresel etkileri nasıl hesapladığı ve bu hesaplamaların sonuçlarının karşılaştırılabilirliği açısından önemlidir.

Yöntemlerin sistem sınırları incelendiğinde; Karaman Öztaş modeli dışındaki tüm modellerin "beşikten-mezara" yaklaşımını benimsediği görülmüştür. Bu modellerde, ürünün hammadde çıkarımından atık yönetimine kadar olan tüm yaşam döngüsü aşamaları ele alınarak çevresel etkiler değerlendirilir. Öte yandan, Karaman Öztaş modeli "beşikten-beşiğe" yaklaşımını benimseyerek, kaynak kullanımını ve çevresel etkileri minimize eden döngüsel bir perspektif sunmayı amaçlamaktadır.

Modellerin sınıflandırma ve tanımlama adımları incelendiğinde; tüm modellerin envanter analizi sonuçlarının kategorilere göre sınıflandığı, kategori gösterge

sonuçlarının da hesaplanarak tanımlandığı görülmüştür. Her iki aşamada da yöntemler arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Karaman Öztaş (2014) tarafından yapılan çalışma da bu durumu doğrular niteliktedir. Tanımlama modelleri, çevresel yüklerin belirli etki kategorilerine göre sınıflandırılmasını sağlarken, dönüştürme katsayıları ise çeşitli çevresel yükleri standart bir birime dönüştürerek farklı türdeki etkilerin karşılaştırılabilir hale gelmesine olanak tanır. YDED modellerindeki dönüştürme katsayılarının farklılık göstermesi, çoğunlukla yerel veri eksikliklerinden kaynaklanmaktadır.

Modellerin normalleştirme yöntemleri incelendiğinde; her bir yöntemin normalleştirme adımını yerel koşulları dikkate alarak gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, her bir modelin bölgesel çevresel faktörlere uygun olarak uyarlanmış sonuçlar sunmasına olanak tanımaktadır. Ancak, BEPAS modelinde normalleştirme adımı bulunmamaktadır. Normalleştirme aşamasının eksikliği, BEPAS modelinin diğer modellerle karşılaştırılabilirlik açısından sınırlamalar barındırabileceğini göstermektedir.

Modellerin yazılım altyapısının incelenmesi sonucunda, yalnızca Athena IE, BEES ve BRE-EP modellerinin yazılım olarak kullanılabildiği gözlemlenmiştir.

Modellerin ağırlıklandırma yöntemleri incelendiğinde; BEPAS modeli dışında tüm modellerin ağırlıklandırmada "panel" yöntemini kullandığı görülmüştür. Bununla birlikte, kullanılan panel yöntemleri modeller arasında farklılık göstermektedir. Örneğin, BRE-EP modeli "eko puan" sistemini benimserken, BPIC/ICIP modeli "delphi yöntemi," AHP yöntemi, kullanıcı tarafından belirlenen ağırlık katsayıları veya eşit ağırlık seçeneklerini sunmaktadır. Karaman Öztaş modeli ise AHP yöntemini tercih etmektedir. Sadece BEPAS modeli diğerlerinden farklı olarak "ödemeye isteklilik" ağırlıklandırma yöntemini kullanmaktadır. Ağırlıklandırma adımı, farklı gruplar tarafından değerlendirilen etkilerin değerlendirilmesinin farklı sonuçlar yaratabileceğini göstermektedir.

Modellerin çevresel etki kategorileri incelendiğinde, BELES modelinin "son nokta" yaklaşımını, diğer modellerin ise "orta nokta" yaklaşımını benimsediği görülmüştür. Çizelge 2.10'da belirtilen ilk altı çevresel etki kategorisinin tüm modellerde ortak olarak değerlendirildiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, modellerde ele alınan diğer çevresel etki kategorileri, ülkelerin yerel koşullarına göre şekillendirilmiştir. Bu

durum, modellerin çoğunlukla yalnızca geliştirildikleri ülkelerde kullanılabilmesine yol açmaktadır. Dolayısıyla, tüm ülkelerde uygulanabilecek bir modelin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 2.10 : YDED modellerinde kullanılan çevresel etki kategorileri (Karaman Öztaş, 2014).

Çevresel etki kategorileri /YDED Modelleri		YDED MODELLERİ						
		Athena IE	BEES	BELES	BEPAS	BPIC-ICIP	BRE-EP	Karaman Öztaş
ÇEVRESEL ETKİ KATEGORİLERİ	Küresel ısınma							
	Ozon tabakasının incelməsi							
	Ötrofikasyon							
	Asitleşme							
	Fotokimyasal sis oluşumu							
	Fosil yakıtların tüketilmesi							
	Arazi kullanımı							
	Mineral kaynak tüketilmesi							
	Su tüketimi							
	Atık							
	İç hava kalitesi							
	İnsan zehirlenmesi							
	Ekolojik zehirlenme							
	İnsan sağlığı							
	İyon radyasyonu							
	Gürültü							
	Partikül madde oluşumu							
	Hava kirleticileri							
	Ulaşım kirliliği							
LEJAND		Model için geçerli						

2.2.3.3 Yapı malzemelerinin çevresel etkileri doğrultusunda değerlendirilmesine yönelik oluşturulmuş diğer modellerin değerlendirilmesi

Yapı malzemelerinin çevresel etkileri doğrultusunda değerlendirilmesine yönelik oluşturulmuş diğer modellerin değerlendirme tablosu, Çizelge 2.11’de verilmektedir.

Yöntemlerin geliştirildiği yıllar incelendiğinde; üç modelin de 2000’li yıllardan sonra oluşturulduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, YDD ve YDED modellerine alternatif çözümler üretmek olabilir.

Yöntemlerin geliştirildiği ülkeler incelendiğinde; iki modelin Türkiye’de 1 modelin ise Japonya’da üretilmiş olduğu görülmüştür. Türkiye’de iki modelin geliştirilmesi, yerel modellere verilen önemin arttığını göstermektedir.

Yöntemlerin özgünlüğü incelendiğinde; Çağan-Özer modeli ile Esin modelinin özgün olduğu, Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modelinin ise LEED, BREEAM ve CASBEE kullanılarak geliştirildiği gözlemlenmiştir.

Yöntemde değerlendirilebilen malzemeler incelendiğinde; Çağan-Özer modeli ve Esin modelinde tüm yapı malzemelerinin değerlendirilebildiği, Koyanagi-Takahashi-

Tomita-Nagao modelinde ise bitirme malzemelerinin değerlendirilebildiği gözlemlenmiştir. Bu durum, bitirme malzemelerinin çevresel etkileri doğrultusunda seçimine verilen önemin artması sebebiyle olabilir.

Çizelge 2.11 : Diğer çevresel etki modellerinin değerlendirme tablosu.

Yöntem Özellikleri / Diğer modeller		DİĞER MODELLER		
		Çağnan-Özer modeli	Esin modeli	Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao Modeli
YÖNTEM ÖZELLİKLERİ	Yöntemin geliştirildiği yıl	2014	2007	2010
	Yöntemin geliştirildiği ülke	Türkiye	Türkiye	Japonya
	Yöntemin özgünlüğü	Özgün	Özgün	Özgün değil
	Değerlendirilen malzemeler	Tüm yapı malzemeleri	Tüm yapı malzemeleri	Bitirme malzemeleri
	Yöntemin kullanılabilirliği	Zor		
		Orta		
		Kolay		
	Yöntemin türü	Seçim		
		Değerlendirme		
		Objektif		
	Bakış açısı	Subjektif		
	Yöntemin kullanıcıları	Tasarımcı	○	
	Yapı servis ömrü	-	-	-
	Malzeme servis ömrü	-	-	○
	Yönteme ait veritabanı	-	-	-
	Sistem sınırı	Hammade-üretim	Üretim	-
	Ağırlıklandırma	-	-	-
	Yazılım altyapısı	-	-	
LEJAND				
		Model için geçerli özellik		
		- Model için geçerli olmayan özellik		
		○ Model için geçerli olan ancak tanımlanmamış özellik		

Yöntemlerin kullanılabilirliği incelendiğinde, üç yöntemde de verilerin toplanması uzun süre ve çaba gerektirdiğinden kullanılabilirlikleri “zor” olarak nitelendirilmiştir.

Yöntemlerin türleri incelendiğinde; Esin modelinin malzeme seçimine olanak verdiği, diğer modellerin ise malzemelerin değerlendirilmesinde kullanılabildiği gözlemlenmiştir.

Yöntemlerin bakış açıları incelendiğinde; Esin modeli ve Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modeli kullanıcı puanlamaları ile çevresel etki sonuçlarına ulaşmayı mümkün kıldığı için “subjektif” olarak nitelendirilmiştir. Çağnan ve Özer modelinde ise hem deneyler yoluyla elde edilen sayısal veriler, hem de sözel değerlendirmeler bulunmaktadır. Bu nedenle bu model de “subjektif” olarak nitelendirilmiştir.

Yöntemlerin kullanıcıları incelendiğinde; sadece Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modelinde kullanıcıların “tasarımcı” olarak tanımlandığı, diğer modellerde ise kullanıcıya dair bir bilginin bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Yöntemlerin hiçbirinde yapı servis ömrü ele alınmamasına karşın, Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modelinde malzeme servis ömürleri ele alınmış ancak servis ömürlerinin belirlenmesi kullanıcıya bırakılmıştır.

Yöntemlere ait veritabanları incelendiğinde, hiçbir yöntemde veri tabanına rastlanmamıştır. Çevresel etki değerlendirmesi için gerekli verilerin kullanıcılar tarafından bulunması beklenmektedir.

Yöntemlerin sistem sınırları incelendiğinde; Çağnan-Özer modelinin hammadde-üretim; Esin modelinin ise üretim aşamasına odaklandığı görülmektedir. Her iki modelin de üretim aşamasını değerlendirmesi, çevresel etki değerlendirmelerinde bu aşamanın önemini ortaya koymaktadır. Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modelinde ise buna yönelik bir bilgiye rastlanmamıştır.

Yöntemlerin hiçbirinde ağırlıklandırma adımı kullanılmamıştır.

Yöntemlerin yazılım altyapısı incelendiğinde; sadece Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modelinin yazılıma uygun olduğu gözlemlenmiştir.

2.3 Nitelik Performans Değerlendirmesi

Bu adımda öncelikle bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler araştırılmıştır. Daha sonra bitirme malzemelerinin nitelik performans değerlerinin önemine ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalara yer verilmiştir. Ardından bitirme malzemelerinin nitelik performanslarına göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Son olarak bu yöntemler değerlendirilmiştir.

2.3.1 Bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler

Bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler, malzemelerin gereksinime optimum şekilde cevap vermesi için, malzeme seçimi sırasında dikkat edilmesi gereken önemli kriterlerdir. Balanlı (1997)'ye göre iç mekan bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler, Şekil 2.5'te verilmektedir. Bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler; bu alanda oluşturulmuş tezler, bu alanda hazırlanmış kitaplar, raporlar ve yayınlar aracılığıyla belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında iç mekan bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler; yapım aşaması (yapım süreci ile ilgili nitelikler), kullanım aşaması (kullanım süreci ile ilgili nitelikler ve malzeme özellikleri) olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

GEREKSİNİMLER	
KULLANICIYA BAĞLI	YAPMA ÇEVREYE BAĞLI
Biyolojik Uyuma eylemi için ortalama ısı 21°C, ortalama nem %23, ortalama oksijen 0.02m³/saat çalışma eylemi için ortalama ısı 18°C, ortalama nem %81, ortalama oksijen 0.03m³/saat dinlenme eylemi için ortalama ısı 21°C, ortalama nem %20, ortalama oksijen 0.15m³/saat gerekli en az hava miktarı yetişkinler için 32 m³ çocuklar için 15 m³	Isı ile ilgili Mekanlara göre gerekli iç sıcaklıklar
Psikolojik Yeterli ışık, ısı, hava	Ses ile ilgili Kullanıcıyı rahatsız etmeyecek düzeyde yapı içi gürültüsü
Sosyolojik Farklı ürün gereksinmesi	Su ve nem ile ilgili Kaplamada su ve neme karşı önlemler alınmalı İnsan sağlığı açısından nem oranı %40 – 50 olmalı
ÜRETİM KAYNAKLARINA BAĞLI	İşık ile ilgili
Yapı ürünlerine bağlı Kullanılacak ürünlerde TSE uygunluk belgesi aranmalıdır. Ürün seçiminde ürün özelliklerinden anlayan ve karşılaştırmalı seçim yaparak değerlendirebilen tasarımcı ya da tasarım ekibiyle çalışılmalıdır. Uygulamada bu kişiler kontrolünde ustalar tarafından yapılmalıdır.	Yangın ile ilgili Yangına dayanıklı ürün kullanılmalı Yapı gereçlerinin yanıcılık sınıfları bilinmeli
İşgücüne bağlı Tasarımda ya da uygulamada uzman bir tasarım ekibi, nitelikli işçi ve denetim ekibi çalışmalıdır.	Hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalar ile ilgili Yeterli havalandırma, temizlik yapılmalı
Parasal ve araçlara bağlı Ürün, araç, taşıma depolama, işçilik için bir para kaynağı ve para akışı sağlanmalıdır. Ürünün taşınması ve uygulanması sırasında kullanılacak araçların uygulama alanında olması sağlanmalıdır.	Yükler ve kuvvetler ile ilgili Yükleri karşılayabilecek ürünler seçilmelidir
	Kullanım süreci ile ilgili Ürünün bakım ve onarımı belli aralıklarla yapılmalı, bunun içinde önceden düşünülmüş ve ayrılmış bir maliyet olmalıdır
	Yapım süreci ile ilgili Kullanılacak aletler, araçlar ve yerinde yapılacak uygulama önceden tasarlanmalı, iş nitelikli işçi ve yapılacak işin ustası tarafından tasarımcı ya da uygulama sorumlusu kontrolünde yapılmalıdır.
SİYASA YASA VE KANUNLARA BAĞLI	
Ürünler, yapının yapılacağı bölgedeki yönetmelik, standart, yerel yönetimler plan notları, kurumların uyguladığı zorunluluklara uygun olmalıdır	

Şekil 2.5 : İç mekân bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler (Balanlı, 1997).

2.3.1.1 Yapım süreci ile ilgili nitelikler

Yapım süreci ile ilgili nitelikler; atık üretimi, kaynak kullanımı, nitelikli işgücü, yapım maliyeti ve yapım süresi başlıkları altında verilmektedir.

- Atık üretimi: Malzemenin yapımı sırasında ortaya çıkan atık miktarını gösteren nitelikler.
- Kaynak kullanımı: Malzemenin yapımı sırasında hammadde, enerji ve su kaynaklarının hangi oranda kullanıldığını gösteren nitelikler.
- Nitelikli işgücü: Malzemenin yapımı sırasında gerekli işçi özellikleri ile ilgili nitelikler.
- Yapım maliyeti: Malzemenin yapım maliyetini gösteren nitelikler.

- Yapım süresi: Malzemenin yapımının ne kadar sürede tamamlandığını gösteren niteliklerdir (Ergenç, 2007; Toydemir ve diğ., 2000).

Bu beş nitelik de duvar-döşeme-tavan bitirme malzemelerinden beklenen niteliklerdir.

2.3.1.2 Kullanım süreci ile ilgili nitelikler

Kullanım süreci ile ilgili nitelikler; bakım-onarım maliyeti, kullanıcıya bağlı nitelikler ve servis ömrü başlıkları altında verilmektedir.

- Bakım-onarım maliyeti: Malzemenin servis ömrü süresince gerçekleşecek olan bakım-onarım çalışmalarının toplam maliyetini gösteren niteliklerdir.
- Kullanıcıya bağlı nitelikler: Kullanıcının istek ve gereksinimlerini gösteren niteliklerdir. Renk ve doku alternatifleri, malzeme seçimi sırasındaki karar vericiler tarafından değerlendirilmelidir.
- Servis ömrü: Malzemenin yapıda kullanılmaya başladığı andan bertaraf edilmesine kadar geçen süredir (Ergenç, 2007; Toydemir ve diğ., 2000).

Bu üç nitelik de duvar-döşeme-tavan bitirme malzemelerinden beklenen niteliklerdir.

2.3.1.3 Malzeme özellikleri

Malzeme özellikleri; yangın ile ilgili nitelikler, yüzey özellikleri ile ilgili nitelikler, ses ile ilgili nitelikler, ısı ile ilgili nitelikler, yükler ve kuvvetler ile ilgili nitelikler, hayvan bitki ve mikroorganizmalar ile ilgili nitelikler başlıkları altında verilmektedir.

Yangın ile ilgili nitelikler; damla/tanecik oluşturma, duman oluşturma, yanıcılık sınıfı, yangına dayanım süresi başlıkları altında incelenmiştir.

- Damla/tanecik oluşturma: Yangın sırasında oluşan damla ve tanecikler, yangının büyümesine sebep olur. Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (2013)'e göre, A1 haricindeki sınıflar, damla/tanecik oluşturmaktadır.
- Duman oluşturma: Yangın sırasında duman oluşumu, tüm canlıların sağlığını ve ekosistemi etkiler. “İç koridorlar, bir dış duvarda yer alan boşluklar ile doğal yolla havalandırılır veya mekanik duman tahliyesi yapılır” (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007). Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (2013)'e göre, A1 haricindeki sınıflar, duman oluşturmaktadır.

- Yanıcılık sınıfı: “Yangına karşı güvenlik bakımından, kolay alevlenen yapı malzemelerinin inşaatda kullanılmasına müsaade edilmez. Kolay alevlenen yapı malzemeleri, ancak bir kompozit içinde normal alevlenen malzemeye dönüştürülerek kullanılabilir...Duvarlarda iç kaplamalar ile ısı ve ses yalıtımları; en az normal alevlenici” olmalıdır. Bu anlatılanlardan yola çıkarak, A1, A2, B, C ve D sınıfı malzemeler yapıda kullanıma uygundur.
- Yangına dayanım süresi (bulunduğu yapı elemanı içerisinde): “Yatak odalarının, yangına en az 60 dakika dayanıklı bir duvar ile dış koridordan ayrılması gerekir”. Döşemeler için bu süre 60 dakika, asma tavanlar için 30 dakika olarak verilmektedir (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007; Ergenç, 2007)

Bu dört nitelik de duvar-döşeme-tavan bitirme malzemelerinden beklenen niteliklerdir.

Yüzey özellikleri ile ilgili nitelikler; ışık geçirgenliği, ışık yansıtma, yürüme güvenliği başlıkları altında incelenmiştir.

- Işık geçirgenliği: Bir malzemeye gelen ışığın, malzemenin içine doğru, dağılmadan ilerlemesini ifade eder.
- Işık yansıtma: Bir malzemeye gelen ışığın yansıyarak yüzeyden uzaklaşmasını ifade eder. Malzemenin rengine göre ışık yansıtma değerleri değişmektedir (Çizelge 2.12) (Ergenç, 2007).
- Yürüme güvenliği: Döşeme kaplamaları için geçerli olan bu özellik, malzemenin üzerinde kaymadan hareket edebilmeyi ifade eder. Özellikle nemli alanlarda yürüme güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Bunun yanında parlak yüzeyli mermer, granit, seramik gibi malzemeler de tehlike oluşturabilmektedir (Toydemir ve diğ., 2000).

Çizelge 2.12 : Renklere göre ışık yansıtma değerleri (Demirci, 2008).

Renk	%	Renk	%
Beyaz	80-85	Sarı-bej	45
Saman rengi	76	Koyu yeşil	17
Kemik rengi	69	Kahverengi	13
Açık yeşil	75	Açık mavi	66
Çimen yeşili	38	Deniz mavisi	11
Gök mavisi	39	Açık sarı	78
Kavun içi	59	Koyu gri	9
Duman rengi	18	Turuncu	49
Limon küfü	75	Koyu mavi	11
Bej	48	Tarçın	20

Işık geçirgenliği yalnızca duvar bitirme malzemeleri için, ışık yansıtma duvar-döşeme-tavan bitirme malzemeleri için, yürüme güvenliği ise yalnızca döşeme bitirme malzemeleri için geçerli niteliklerdir.

Ses ile ilgili nitelikler; ses iletimi ve ses yutuculuk başlıkları altında incelenmiştir.

- Ses iletimi: Bir malzemeye gelen sesin, yansiyarak yayılmasını ifade eder. Sesin yansımaları, malzeme yüzey özelliklerine göre değişiklik gösterir. Malzeme yüzeyinin düzgün olmaması, sesin dağılmasına sebep olur (Sirel, t.y.). “Ürün için ses yansımaları birim hacim ağırlığı ile doğru orantılıdır” (Ergenç, 2007).
- Ses yutuculuk: Bir malzemeye gelen sesin bir kısmının malzeme tarafından emilmesini ifade eder. Örneğin düzgün yüzeyli ve sert bünyeli döşeme malzemelerinin ses yutuculuk değeri, halı ve keçe gibi malzemelere göre daha azdır. “İnsan sağlığı yönünden ses seviyesinin sessiz dönemde 20 ila 40 dB arasında olması gerektiği bilinmektedir” (Toydemir ve diğ., 2000). Bu sesin artması, insanda bazı rahatsızlıklara sebep olur.

Bu iki nitelik de duvar-döşeme-tavan bitirme malzemelerinden beklenen niteliklerdir.

Isı ile ilgili nitelikler; ısı geçirgenlik direnci, ısı biriktirme kapasitesi, ısı iletkenlik katsayısı ve ısı genleşme başlıkları altında incelenmiştir.

- Isı geçirgenlik direnci (ısı iletkenlik direnci) (R): Bu değer, bir yapı malzemesinin ısı geçişine göstermiş olduğu dirençtir. Birimi m^2K/W ‘dir.
- Isı biriktirme kapasitesi (S): “Malzemenin yoğunluğu, ısı iletkenlik katsayısı ve özgül ısısına bağlı olarak ifade edilen bir kavramdır” (Ülker, 2009). “İklim değişimlerinde kışın ısıtmanın durması sırasında hızlı soğumayı, yazın da iç ortam sıcaklığının aşırı yükselmesini önlemek açısından etkilidir... Ürün seçiminde ısı biriktirme yeteneğinin yüksek olması tercih sebebi olacaktır”. Birimi W/m^2K ’dir (Ergenç, 2007).
- Isı iletkenlik katsayısı (λ): “Bir malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak o malzemenin ısıyı ne kadar iletmediğinin ifadesidir” (Asaş Alüminyum, t.y.). Birimi $W/m \cdot K$ ’dir. TS (2024)’te yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları verilmiştir.

- Isıl genleşme: Malzemenin sıcaklığa bağlı olarak şeklinde, hacminde, yoğunluğunda değişiklik meydana gelir. “Isısal genleşme katsayısı ürünlerin türüne, iç yapısına ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklıkla birlikte ısısal genleşme katsayısı artar. Isısal genleşme küçüldükçe erime sıcaklığı artar” (Ergenç, 2007).

Bu dört nitelik duvar-döşeme-tavan bitirme malzemelerinden beklenen niteliklerdir.

Yükler ve kuvvetler ile ilgili nitelikler; aşınma dayanımı, basınç ve çekme dayanımı, darbe dayanımı, eğilme dayanımı ve sertlik başlıkları altında incelenmiştir.

- Aşınma dayanımı: Bir malzemenin sürtünmeye karşı direnci, aşınma direnci olarak adlandırılmaktadır. Aşınma; yürüyüş, tekerlekli sandalye kullanımı, mobilyaların hareketleri gibi sebepler ile oluşabilir. Sert olan, yumuşak olanı aşındırır.
- Basınç ve çekme dayanımı: “Belirli bir eksen doğrultusunda etkiyen kuvvetlerin ürün yapısında negatif bir deformasyon oluşturduğu halde basınç, pozitif deformasyon oluşturduğu halde ise çekme gerilmeleri oluşur” (Ergenç, 2007). Kullanım yerlerine göre malzemeden belirli bir basınç ve çekme dayanımı beklenir. Örneğin malzemenin döşemede kullanıldığı durumlarda, zaman zaman döşemede ezilmeler ortaya çıkabilmektedir.
- Darbe dayanımı: Malzemenin üzerine herhangi bir yük düştüğünde ya da malzemenin üzerindeki yük yavaş yavaş arttırıldığında, malzemede çatlamlar meydana gelmektedir. Malzemenin darbe dayanımı, çentik darbe dayanımı deneyi ile ölçülebilmektedir.
- Eğilme dayanımı: Malzemenin eğilme dayanımı, bulunduğu yere göre değişiklik gösterir. Tamamlayıcı malzemede ve strüktürel sistemde oluşan hareketler, döşeme bitirme malzemesinin eğilme dayanımı ile karşılanır (Kanniyapan ve diğ., 2019).
- Sertlik: Malzemenin çizilmeye ya da batmaya karşı gösterdiği dirençtir. Yumuşak malzemeler, daha kolay işlenir. Sertlik ölçüm yöntemleri, malzemeye göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin doğal taşların sertliği Mohs skalası ile, metallerin sertliği Brinel ya da Vickers skalası ile ölçülebilir (Toydemir ve diğ., 2000).

Aşınma, basınç ve darbe dayanımı ile sertlik yalnızca duvar-döşeme bitirme malzemeleri için, çekme dayanımı yalnızca tavan bitirme malzemeleri için, eğilme dayanımı yalnızca döşeme bitirme malzemeleri için geçerli niteliklerdir.

İç mekan bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler Çizelge 2.13'te verilmektedir.

2.3.2 Bitirme malzemelerinin nitelik performans değerlerinin önemi ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalar

Bitirme malzemelerinin nitelik performanslarına göre seçilmesi, hem yapı işlevselliği hem de sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol oynar. Bu zamana kadar bitirme malzemelerinin nitelik performanslarına odaklanan, genel kabul görmüş bir seçim aracı bulunmamaktadır. Bu durumun en büyük 3 sebebi, dikkate alınması gereken performans unsurlarının nihai bir listesini tanımlamadaki zorluklar, değerlendirme sürecinin kendisindeki zorluklar ve paydaşların hedefleri ve beklentileriyle ilgili zorluklar olarak tanımlanabilir (de Wilde, 2019).

Bu alandaki ilk önemli katkılardan biri, 1972'de yazılan ve binalar ile insanlar arasındaki karmaşık iletişime odaklanan, tasarımı özel bir tür karar alma süreci olarak konumlandıran "Building Performance (Bina Performansı)" kitabıdır (Markus ve diğ., 1972). 1982'de yayımlanan Uluslararası İnşaat Araştırma ve İnovasyon Konseyi (CIB) Raporu, performans yaklaşımının kullanımını, performans gereksinimlerinin belirlenmesini, tasarım çözümlerinin performansının tahmin edilmesini, kullanıma uygunluğun değerlendirilmesini ve performans kavramının farklı ölçeklerde ve yaşam döngüsü aşamalarında uygulanmasını tartışır (CIB Report, 1982). Kalay (1999), performansa dayalı tasarımı, mimarideki "form işlevi takip eder" anlayışına alternatif bir paradigma olarak ele alır. Foliente (2000), bina performansını yasal bir bağlamda konumlandırarak reçeteye dayalı ve performansa dayalı bina mevzuatını karşılaştırır. Preiser & Vischer (2005) "Assessing Building Performance (Bina Performansını Değerlendirme)" kitabı, kullanım sonrası değerlendirme konusunda temel bir eserdir. Becker (2008), performansa dayalı bina tasarımına odaklanır. Augenbroe (2019), bina tasarımında bina performansı simülasyonunun rolüne dair derinlemesine bir tartışma sunar. 2018'de yayımlanan Building Performance Analysis (Bina Performans Analizi), bu konuyu kapsamlı ve sistematik bir şekilde ele alan ilk kitaptır (Wilde, 2018).

Çizelge 2.13 : İç mekan bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007; Asaş Alüminyum, t.y.; Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, 2013; Ergenç, 2007; Kanniyapan ve diğ., 2019; Sirel, t.y.; Toydemir ve diğ., 2000; Ülker, 2009).

AŞAMA/ NİTELİK				NİTELİKLER		DUVAR	DÖŞEME	TAVAN
YAPIM AŞAMASI	YAPIM			Atık üretimi (kg/m ²)				
KULLANIM AŞAMASI	YAPIM	Yapım süreci ile ilgili nitelikler		Kaynak kullanımı				
				Nitelikli işgücü				
				Yapım maliyeti (tl/m ²)				
				Yapım süresi (gün)				
				Bakım-onarım maliyeti				
	KULLANIM	Kullanım süreci ile ilgili nitelikler		Kullanıcıya bağlı nitelikler				
				Servis ömrü (yıl)				
	MALZEME ÖZELLİKLERİ	Yangın ile ilgili nitelikler		Damla/tanecik oluşturma				
				Duman oluşturma				
				Yanıcılık sınıfı				
				Yangına dayanım süresi (bulunduğu yapı elemanı içerisinde-dk)				
		Yüzey özellikleri ile ilgili nitelikler		Işık geçirgenliği				
				Işık yansıtma (%)				
				Yürüme güvenliği				
		Ses ile ilgili nitelikler		Ses iletimi (STC)				
				Ses yutuculuk				
		Isı ile ilgili nitelikler		Isı geçirgenlik direnci (m ² K/W)				
				Isı biriktirme kapasitesi (W/m ² K)				
				Isı iletkenlik katsayısı (W/m.K)				
				Isıl genleşme (cm/cm°C)				
		Yükler ve kuvvetler ile ilgili nitelikler		Aşınma dayanımı (cm ³ /50cm ²)				
	Basınç dayanımı (kgf/cm ²)							
	Çekme dayanımı (kgf/cm ²)							
	Darbe dayanımı (kgf.cm/cm ²)							
	Eğilme dayanımı (kgf/cm ²)							
	Sertlik							
LEJAND								
	Duvar bitirme malzemeleri için geçerli nitelik							
	Döşeme bitirme malzemeleri için geçerli nitelik							
	Tavan bitirme malzemeleri için geçerli nitelik							
	Nitelik geçerli değil							

2.3.3 Bitirme malzemelerinin nitelik performanslarına göre seçiminde/ değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler

Bu bölümde, bitirme malzemelerinin nitelik performanslarına göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler araştırılmıştır. Yöntemler, üç başlık altında toplanmıştır:

- Gereksinimlere dayalı seçim yöntemleri
- Değerlendirme tekniğine dayalı seçim yöntemleri
- ÇKKV yöntemleri

2.3.3.1 Gereksinimlere dayalı seçim yöntemleri

Gereksinme, bir yapının tasarlanması, inşa edilmesi ve işlevsel hale getirilmesi için karşılanması gereken şartlar ve ihtiyaçları ifade eder. Hem yapının fiziksel olarak ayakta durabilmesi hem de kullanıcıların yaşamlarının kolaylaştırılması için gereksinimlerin belirlenmesi önemlidir (de Wilde, 2019). Gereksinimler, estetik, işlevsel, teknik ve çevresel kriterlerle şekillenir ve gereksinme profilleri, gereksinme özellikleri, gereksinme matrisleri gibi çeşitli şekillerde gruplandırılabilirler (Arioğlu, 1993). Bu bölümde gereksinimlere dayalı seçim yöntemleri sırasıyla incelenmiştir.

Arioğlu yöntemi

Bu yöntemin amacı, kullanıcı gereksinimlerini göz önünde bulundurarak karar verme mekanizmaları arasındaki bağlantıyı “Sistemler Yaklaşımı” aracılığı ile kurmak ve en uygun malzeme alternatifinin seçimini sağlamaktır (Arioğlu, 1993). Yönteme yönelik nitelik performans değerlendirme görseli EK C1’de görülebilir.

Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Ürün sisteminin yapı, mekan, eleman, bileşen, parça, gereç seviyelerinden hangisinde değerlendirileceği belirlenir,
2. Değerlendirilen seviyeye etki eden yasa ve yönetmelikler gibi diğer sistemler analiz edilir,
3. Kullanıcı gereksinimleri üründen beklenen işlevlere dönüştürülür,
4. Ürün ve karar vericilerin amaçları ve bu amaçlara ulaşırken yerine getirilmesi gereken zorunluluklar oluşturulur,
5. Üründen beklenen gereksinimler ürünün yapıdaki yeri ve yüklendikleri işlevlere göre belirlenir,
6. Üründen beklenen gereksinimler tanımlanır,
7. Ürün ve kullanımı ile ilgili bilgiler temin edilir,
8. Ürün alternatifleri belirlenir,
9. Ürün alternatiflerinin kendilerinden beklenen gereksinimleri ne ölçüde karşıladığı değerlendirilir,
10. Ürün alternatiflerinin puanlamalar ile birbirlerine üstünlükleri karşılaştırılır ve en uygun ürün alternatifi seçilir,

11. En uygun ürün alternatifinin seçilmesinden sonra, seçim sırasındaki eksiklikler ve problemler denetlenir (Arıoğlu, 1993).

Balanlı yöntemi

Bu yöntemin amacı, yapı malzemelerini nicel değerlerle karşılaştırarak en uygun alternatifin seçilmesini sağlamaktır (Balanlı, 1997). Yönteme yönelik nitelik performans değerlendirme görseli EK C2’de görülebilir.

Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Yapı, öncelikle yapı elemanlarına, daha sonra ise yapı bileşenlerine ayrılır,
2. Üründen beklenen gereksinimlerin dört ana başlık altında incelenmesi beklenmektedir: “çevre-çevresel etmenler, gereksinimler, bileşenlerinin işlev ve nitelikleri, zorunluluklar” (Koyaz, 2016),
3. Karşılaştırmanın gerçekleştirileceği ürün alternatifleri belirlenir,
4. Her bir ürün alternatifine yarar değerleri verilir. Yarar değerleri -1 en kötü ile -5 en iyi arasında değişiklik gösterir,
5. Alternatifler toplam 100 puan üzerinden önem ağırlık değerleri alır ve alternatiflerin sıralaması yapılır,
6. Yapılan karşılaştırma ile gereksinimleri en iyi karşılayan ve en ekonomik alternatif seçilir,
7. Seçilen alternatifin beklenen gereksinimleri karşılayıp karşılamadığı denetlenir (Balanlı, 1997).

Black-Christensen yöntemi

Bu yöntemin amacı, ürünün yapısını etkileyen dış etmenlerin tanımlanması, sınıflandırılması ve bunlara bağlı gereksinme ve amaçların saptanarak değerlendirilmesidir (Arıoğlu (1993)’te atıfta bulunulduğu gibi). Yönteme yönelik nitelik performans değerlendirme görseli EK C3’te görülebilir.

Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Tasarım problemi tanımlanır,
2. Üründen beklenen fonksiyonlar tanımlanır,
3. Üründen beklenen özellikler tanımlanır,

4. Ürünün kullanım amacı tanımlanır,
5. Konuyla ilgili öneriler belirlenir,
6. Malzeme deneyleri gerçekleştirilir,
7. Değerlendirme gerçekleştirilir
8. Seçim gerçekleştirilir,
9. Ürün seçiminde yorumlama yapılır (Arioğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi).

Fischmeister-Larson yöntemi

Bu yöntemin amacı, ürün seçiminde gereksinimler ve özelliklerin bir arada düşünülerek, ekonomik malzeme seçiminin gerçekleştirilmesidir (Arioğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi). Yönteme yönelik nitelik performans değerlendirme görseli EK C4'te görülebilir.

Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Üründen beklenen gereksinimler tanımlanır,
2. Üründen beklenen özellikler tanımlanır,
3. Gereksinim ve özellik verilerinin en uygun alternatifin seçimi için yeterli olup olmadığı araştırılır,
4. Ürün seçimi gerçekleştirilir (Arioğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi).

Hill yöntemi

Bu yöntemin amacı, atölyelerde kullanılabilecek plastik esaslı malzemelerin seçimi için sistematik bir yol oluşturmaktır. Yöntemde ürün detayları, özellikleri, gereksinimleri ve uygulama yöntemleri göz önünde bulundurulur (Arioğlu (1993) 'te atıfta bulunulduğu gibi). Yönteme yönelik nitelik performans değerlendirme görseli EK C5'te görülebilir.

Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Üründen beklenen fonksiyon tanımlanır,
2. Gereksinim tanımlanır,
3. Ürün alternatifleri arasında ön değerlendirme yapılır,
4. Ürünlere göre özellikler düzenlenir,
5. Ürünler detaylandırılır ve konstrüksiyon şemaları oluşturulur,

6. Uygulama detayı seçilir,
7. Ürün seçilir,
8. Model oluşturulur,
9. Amaçlar yeniden değerlendirilir (Arıoğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi).

Hillerborg yöntemi

Bu yöntemin amacı, üründen beklenen gereksinimlerin karşılanması ve en ekonomik alternatifin seçilmesi için sayısal hesaplamalara dayanan bir yol oluşturmaktır. (Arıoğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi). Yönteme yönelik nitelik performans değerlendirme görseli EK C6'da görülebilir.

Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Üründen beklenen işlevsel gereksinimler hazırlanır,
2. Gereksinimlerin önem ağırlıkları belirlenir. Önem ağırlıkları, 1 ile 5 arasında puanlar üzerinden verilir,
3. Alternatiflere kalite puanları atanır. Kalite puanlarının, önem ağırlıkları ile çarpılması sonucunda oluşan tüm puanlar toplanarak ürünün toplam kalite değeri bulunur,
4. Ürünün maliyeti hesaplanır. Bu aşamada yapım maliyeti %70, onarım maliyeti %30 ağırlıklı olmak üzere ağırlık puanları ile çarpılır ve bu çarpımın toplamı alınır,
5. Ürünlerin değerlendirilmesi gerçekleştirilir. Alternatiflerin kalite değerleri ve maliyetleri karşılaştırılır,
6. Ürün seçimi gerçekleştirilir (Arıoğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi).

Japon yöntemi

Bu yöntemin amacı, yapı ürünlerinden beklenen gereksinimlerin sayısal olarak ölçülmesi ile malzeme seçiminin gerçekleştirilmesidir (Japon Araştırma Enstitüsü, 1968). Yönteme yönelik nitelik performans değerlendirme görseli EK C7'de görülebilir. Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Yapı ile ilgili bilgiler tanımlanır,
2. Mekanlar ile ilgili bilgiler tanımlanır,

3. Elemanlar ile ilgili bilgiler tanımlanır,
4. Malzemeler ile ilgili bilgiler tanımlanır,
5. Yapı için gereksinimler tanımlanır,
6. Elemanlar için gereksinimler tanımlanır,
7. Malzemeler için gereksinimler tanımlanır,
8. Yapı ürünlerinin özellikleri tanımlanır,
9. Seçim gerçekleştirilir (Japon Araştırma Enstitüsü, 1968).

Petterson yöntemi

Bu yöntemin amacı, özellikle metal esaslı malzemelerin seçiminde kullanılabilecek gereksinimler ve özelliklere dayanan bir araç geliştirmektir (Arıoğlu (1993)'te atıfta bulunduğu gibi). Yönteme yönelik nitelik performans değerlendirme görseli EK C8'de görülebilir. Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

1. Metal alternatifleri kararlaştırılır,
2. Metal grubu dayanıklılık ve sertlik özellikleri doğrultusunda, şemalar aracılığı ile seçilir,
3. Metal türü dayanıklılık ve sertlik özellikleri doğrultusunda, ağırlık-dayanım oranlarına göre seçilir,
4. Metalin boyut ve şekil gibi özelliklerine bakarak, şemalar aracılığı ile kalitesi belirlenir,
5. Metalin ısıya dayanım kontrolü gerçekleştirilir,
6. Metal dış yüzey kalitesine göre seçilir,
7. Gereksinimler ve maliyet göz önünde bulundurularak metal seçilir (Arıoğlu (1993)'te atıfta bulunduğu gibi).

Bu yöntemlerin dışında, farklı disiplinlerde malzeme seçimine olanak tanıyan metodlar da bulunmaktadır (Ashby, 2011; Charles & Crane, 1989). Ancak bu araştırma kapsamında yapı malzemesi seçiminde kullanılabilecek yöntemler irdelenmiştir.

2.3.3.2 Değerlendirme tekniğine dayalı seçim yöntemleri

Değerlendirme, belirli bir süreç, ürün ya da olayın performansını, verimliliğini ya da uygunluğunu ölçme ve analiz etme sürecidir. Bu süreç, karar verme aşamasında rehberlik eden bir araç olarak kullanılır. Özellikle malzeme seçimi gibi teknik konularda değerlendirme, uygun malzemeyi belirlemek için gerekli verileri sağlar ve bu verilerin analiz edilmesiyle en doğru tercihler yapılır. Değerlendirme, aynı özelliklere sahip birçok ürünün incelenerek en uygun alternatifin bulunmasına yardımcı olur (Leaman ve diğ., 2010). Bu bölümde değerlendirme tekniğine dayalı seçim yöntemleri sırayla incelenmiştir.

DeneySEL yöntemlere bağlı seçim

DeneySEL yöntemlere dayalı yapı malzemesi seçimi bilimsel ve pratik verilere dayalı bir yaklaşım sunar. Bu süreç, malzemelerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerini ölçen deneylerin yapılmasını ve bu verilerin analiz edilmesini içerir.

Bitirme malzemesi seçiminde çeşitli standartlar göz önünde bulundurularak testler gerçekleştirilir. Örneğin, ASTM C501-21 veya EN ISO 10545-6 gibi standartlar kullanılarak seramik bitirme malzemelerinin aşınma dayanımı testleri yapılabilir (ASTM, 2021b; ISO, 2010a). ASTM C373-18 gibi standartlar kullanılarak malzemenin suya daldırıldıktan sonra kütle artışı ölçülebilir (ASTM, 2023). ASTM D1308'e göre, malzemeye çeşitli kimyasallar uygulanabilir ve yüzeydeki renk değişimi, bozulma veya aşınma gözlemlenebilir (ASTM, 2020). ISO 10140 standardına göre, malzemenin ses geçiş kaybı (STC değeri) ölçülebilir (ISO, 2021). ASTM G21 standardına göre, malzeme mikroorganizmalarla temas ettirilir ve belirli bir süre sonra yüzeydeki küf veya bakteri büyümesi kontrol edilebilir (ASTM, 2021a).

Geri beslemeye bağlı seçim

Geri besleme, malzeme seçiminin çıktısının, seçimin girdilerine veya süreçlerine etki ettiği bir mekanizmadır. Bu, seçimin performansını izlemek ve gerektiğinde düzeltmeler yapmak için kullanılır. Malzeme seçiminde geri beslemeye dayalı karar verme yöntemleri; performans izleme, düzeltici önlemler, modelleme ve simülasyon, kullanıcı geri bildirimi olmak üzere dört teknikle gerçekleştirilebilir (Fischer ve diğ., 2010).

Malzemelerin kullanımı sırasındaki performansları izlenerek gerektiğinde değişiklikler yapılabilir. Örneğin, tren istasyonunda kullanılan bir döşeme bitirme

malzemesinin dayanıklılığı zamanla yapılacak testler ile izlenebilir. Malzemenin hızlı bozulması durumunda, malzeme seçiminde farklı alternatifler değerlendirilebilir (Guigou Carter ve diğ., 2023).

Daha önceden tecrübe edilmiş olumsuz koşulların oluşmaması için malzeme değişiklikleri veya iyileştirmeler gibi düzeltici önlemler alınabilir. Örneğin, duvarda kullanılan boya, nem ve sıcaklık etkisiyle zamanla kabarıyor ve dökülüyorsa, malzeme üreticisi ile iletişime geçilerek, ürün içeriğinde değişiklik yapılması sağlanabilir (Basbagill ve diğ., 2014).

Malzemelerin yapıda performansı simüle edilerek en uygun malzeme seçeneği belirlenebilir. Örneğin, bir araştırmada döşeme bitirme malzemesi seçiminin BIM kullanılarak gerçekleştirilmesi için bir model önerilmiştir (Alrahal Alorabi ve diğ., 2021; Stevenson & Rijal, 2010).

Malzemelerin kullanıcıları, ürün ile ilgili deneyimlerinden yararlanarak geri bildirimde bulunabilir. Örneğin, duvar bitirme malzemesi olarak ahşap panel kullanımı sırasında uygulanan formaldehit içerikli yapıştırıcıların kullanıcı sağlığına zarar vermesi durumunda, bir sonraki seçimde farklı bir malzeme alternatifi değerlendirilebilir (Stevenson & Rijal, 2010).

Ölçeklere bağlı seçim

Yapı malzemeleri, benzer nitelikler içerebilir. Ancak bu niteliklerin derecesi, malzemeden malzemeye farklılık gösterir. Ölçeklere bağlı seçimde, malzemelerin belirli bir nitelik taşıyıp taşımadığı ya da hangi ölçüde bu niteliğe sahip olduğu belirlenerek seçim gerçekleştirilebilir.

- Likert ölçeği: Malzeme niteliklerinin 5 seçenekli ölçüm sistemi üzerinden değerlendirilmesini içerir. Likert tarafından 5’li olarak hazırlanan sistem, günümüzde 3’lü, 4’lü, 5’li, 6’lı, 7’li, 8’li ve 9’lu olarak kullanılabilir (Turan ve diğ., 2015). Likert ölçeği örneği Çizelge 2.14’te verilmektedir.

Çizelge 2.14 : Likert ölçeği örneği.

	Kesinlikle onaylıyorum	Onaylıyorum	Kararsızım	Onaylamıyorum	Kesinlikle onaylamıyorum
Seramiğin renginden memnunum			x		

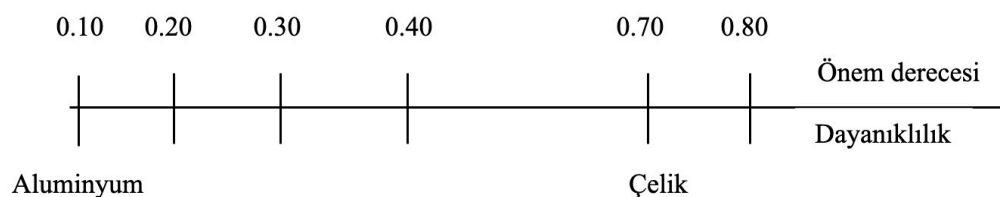
- Derecelendirme ölçeği: Malzeme niteliklerinin sayısal veriler üzerinden puanlanarak değerlendirilmesini içerir (Fowler, 2009). Derecelendirme ölçeği örneği Çizelge 2.15’te verilmektedir.

Çizelge 2.15 : Derecelendirme ölçeği örneği.

- Sınıflandırma ölçeği: Bu ölçek, veri toplama ve analiz süreçlerinde belirli kategorilerin oluşturulmasına ve bu kategorilere ait verilerin düzenlenmesine olanak tanır (Dalati, 2018). Sınıflandırma ölçek örneği Çizelge 2.16’da verilmektedir.

Çizelge 2.16 : Sınıflandırma ölçeği örneği.

- **Aralıklı ölçek:** Bu ölçek, malzeme niteliklerine ait sayısal verilerin belli bir sıraya göre sıralanarak, bu sıralama arasındaki farkların anlamlandırılarak seçimin gerçekleştirilmesi için kullanılır. Aralıklar eşit olabileceği gibi, farklı büyüklüklerde de olabilir (Fowler, 2009). Aralıklı ölçek örneği Şekil 2.6’da verilmektedir.



Şekil 2.6 : Aralıklı ölçek örneği.

- **Sürekli ölçek:** Malzeme niteliklerine ait sayısal verilerin sürekli bir aralıkta alabileceği bir ölçüm türüdür. Bu ölçek, verilerin tam sayılar, ondalık sayılar gibi her türlü gerçek sayıyı alabilmesine olanak tanır. Sürekli ölçek, genellikle fiziksel ölçümler (uzunluk, ağırlık, sıcaklık vb.) gibi sürekli değişkenlerin ölçülmesinde kullanılır (Fowler, 2009). Sürekli ölçek örneği Şekil 2.7’de verilmektedir.

SORU: Çeliğin dayanıklılığını nasıl değerlendiriyorsunuz?

İyi **X** Kötü

Şekil 2.7 : Sürekli ölçek örneği.

Subjektif seçim

Subjektif seçim, bitirme malzemesi seçiminde bilimsel veya teknik verilere değil, kişisel deneyim, beğeni, estetik kaygılar veya kullanıcı tercihlerine dayanan karar verme sürecini ifade eder. Bu tür seçimler, bireysel veya grup olarak belirlenen özelliklere göre yapılır ve objektif kriterlerin yanında subjektif kriterlere dayanabilir.

Subjektif malzeme seçiminde, malzemenin fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra görsel, dokunsal veya duygusal çağrışımları ön planda olabilir. Örneğin, iki malzeme teknik açıdan aynı performansı sunabilir, ancak bir malzeme kullanıcı tarafından "daha sıcak" veya "daha şık" bulunduğu için tercih edilebilir.

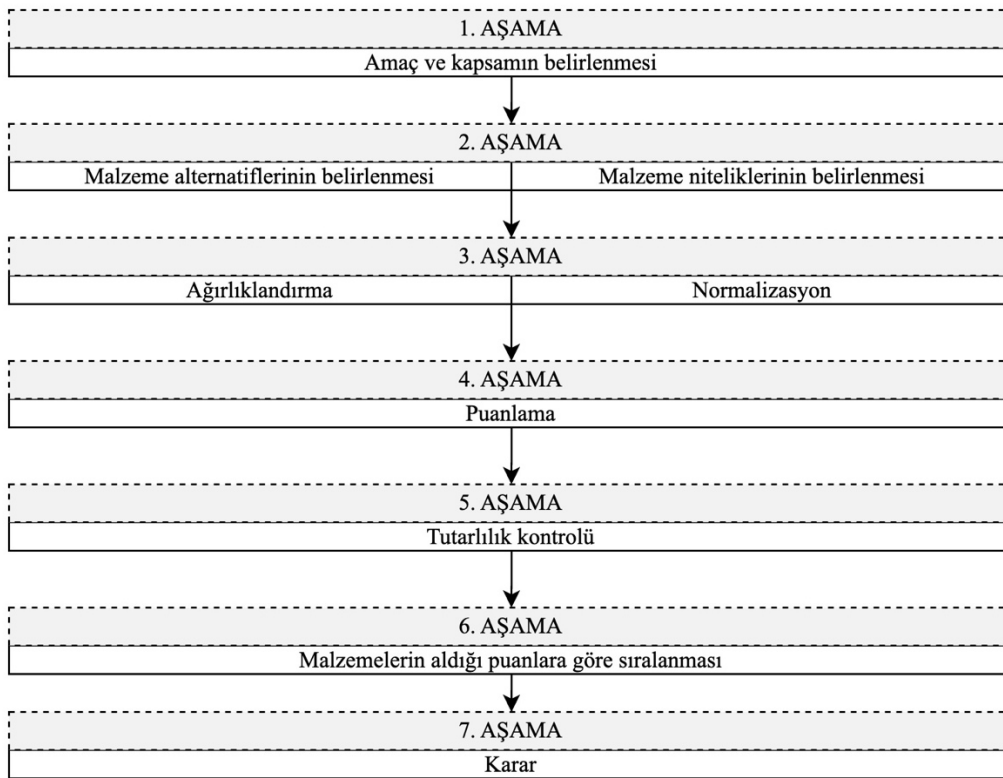
Çeşitli araştırmalar, tasarımcıların malzeme seçiminde teknik ve ölçülebilir verilerin yanı sıra hangi tür bilgilere ihtiyaç duyduklarını incelemiştir (Ljungberg, 2007; van Kesteren, 2008; Wastiels & Wouters, 2012). Karana (t.y.), tasarımcıların duygusal özellikler ve kültürel unsurlar, çağrışımlar ve duygular tarafından etkilenen algılanan değerler hakkında bilgiye ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir. Ljungberg (2007), itibar, kültürel unsurlar ve duygular gibi faktörlerin sürdürülebilir malzemelerin geliştirilmesi ve seçilmesinde de göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmiştir. Van Kesteren (2008), ürün işlevselliği ve kişiliği yaratmak için tasarımcıların teknik olmayan bilgilere ihtiyaç duyduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, algılanan değerler hakkındaki bilginin hala yeterince incelenmediğini ve teknik olmayan yönler için çok az örnek bulunduğunu belirtmiştir.

2.3.3.3 ÇKKV yöntemleri

Malzeme seçimi, mevcut alternatifler arasından en uygun malzemelerin seçilmesini içeren karmaşık bir karar verme sürecidir. Seçim sırasında birçok veri ve kriter göz önünde bulundurulmalıdır (Siva Bhaskar & Khan, 2022). ÇKKV, karmaşık karar verme problemlerini çözmek için kullanılan matematiksel bir yaklaşımdır. Bu problemler genellikle karar vericilerin, birkaç kriter veya boyut açısından farklılık gösteren bir alternatif setinden seçim yapması gereken durumlarda ortaya çıkar. ÇKKV'nin amacı, karar vericilerin tercihleri ve önceliklerine dayanarak en iyi olası

alternatifi tanımlamaktır. ÇKKV problemleri genellikle bir matris formatında temsil edilir; burada her satır bir alternatifi ve her sütun bir kriteri temsil eder. Matrisin elemanları, her alternatifi her kriterdeki performansına karşılık gelir. Karar vericilerden, karar verme sürecindeki her kriterin göreceli önemini belirtmek için her bir kriter için ağırlıklar veya öncelikler vermeleri istenir (Zakeri ve diğ., 2023).

Birçok araştırmacı, ÇKKV yöntemleri ile malzeme seçim problemleri arasındaki bağlantıya dikkat çekmiştir. Aksakal ve diğ. (2022) ÇKKV metodolojilerinin malzeme seçiminde en çok kullanılan yaklaşımlardan biri olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Goswami & Behera (2021), bu yöntemlerin çok sayıda rekabetçi performans özelliğini içeren ve birçok karar vericiyle ilgili olan malzeme seçim problemleri için tek çözüm olduğunu savunmaktadır. Agrawal (2021) ÇKKV yöntemlerinin, çeşitli malzeme özelliklerini ve farklı kriterleri içeren malzeme seçim problemlerini etkili bir şekilde yönetmek için verimli araçlar olduğunu belirtmektedir. Chatterjee & Chakraborty (2021) bu yöntemlerin, çelişen kriterler altında malzemelerin performansını değerlendirerek bir üründen istenen sonuçları elde etmeye yardımcı olduğunu ifade etmiştir. ÇKKV metodolojisi, Şekil 2.8’de verilmektedir. ÇKKV yöntemleri, aşağıda detaylı olarak aktarılmaktadır.



Şekil 2.8 : ÇKKV metodolojisi.

AHP

AHP, ÇKKV’de en kapsamlı sistemlerden biri olarak kabul edilir çünkü bu yöntem, sorunu hiyerarşik bir şekilde yapılandırmayı ve hem niceliksel hem de niteliksel kriterlerin bir karışımını dikkate almayı sağlar. AHP, alternatifler ve nitelikler arasında karşılaştırmalar yapmayı sağlar ve bu karşılaştırmalar üzerinden ağırlıklandırma yaparak en uygun seçimi belirler. Karar süreçlerinde en çok kullanılan yöntem olarak bilinmektedir. Yöntem aracılığıyla niceliksel ve niteliksel veriler rahatlıkla değerlendirilebilir (Alptekin, 2014). 1970 yılında Thomas Saaty tarafından geliştirilen bu yöntemin ilk adımı sorunun bir hiyerarşisini oluşturmaktır. İkinci adım, hiyerarşinin her seviyesine bir nominal değer vermek ve ikili karşılaştırmaların yer aldığı bir matris oluşturmaktır (Taherdoost, 2017). Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. İlk aşamada, karar verme sürecinin konusu ve amacı, ilgili karar unsurlarına hiyerarşik olarak yerleştirilir.
2. İkinci adımda, ikili karşılaştırmaların yapılabilmesi için bir anket hazırlanmalı ve katılımcılara (yöneticiler, uzmanlar, kullanıcılar vb.) dağıtılmalıdır. Katılımcıların görüşleri bu anket aracılığıyla toplanır. Ölçek 1 ile 9 arasında değişmektedir; burada 1, iki ögenin aynı veya eşit derecede önemli olduğunu belirtir. Öte yandan, 9 sayısı, ikili karşılaştırma matrisinde bir ögenin diğerine göre son derece önemli olduğunu ifade eder.
3. Görüşmelerden toplanan verilerle nitelikler arasındaki önem derecelerini gösteren ikili karar matrisi oluşturulur.
4. Niteliklerin ağırlığı sağ asal özvektor yöntemi ile belirlenir.
5. Matrisin tutarsız olması durumunda, özvektor yöntemi kullanılarak karşılaştırma gerçekleştirilir.
6. Bir sonraki adımda, AHP sonuçlarını doğrulamak amacıyla tutarlılık oranı hesaplanır. Tutarlılık oranının 0.10’dan düşük olması, karşılaştırma sonuçlarının kabul edilebilir olduğunu doğrular. Tutarlılığın sağlanabilmesi için, hesaplamalar birden çok kez kontrol edilir.
7. Ham veriler, mutlak değerlere dönüştürülür.
8. Karar gerçekleştirilir (Saaty, 1987).

TOPSİS

1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilmiş olan TOPSIS, en yaygın kullanılan ÇKKV yöntemlerinden biridir. Bu yöntem; alternatifleri analiz ederek, karşılaştırarak ve sıralayarak en iyi ve en uygun seçeneği seçmeyi amaçlar. Kararları, anti-ideal bir seçeneğe en uzak olan ve ideal bir noktaya en yakın alternatif üzerine dayandırır. Bu süreç basit ve programlanabilir olduğundan, TOPSIS kullanılabilirliği kolay ve oldukça popüler bir yöntem haline gelmiştir. Yöntem şu şekilde uygulanabilir:

1. Malzeme alternatifleri belirlenir.
2. Her alternatifin performansını değerlendiren nitelikler belirlenir.
3. Alternatifler, nitelikleri aracılığıyla birbirleriyle karşılaştırılmak üzere bir karşılaştırma matrisine yerleştirilir.
4. Karar matrisindeki veriler, niteliklerin ağırlıklarına göre normalize edilir. Normalize edilmiş matris, her niteliğin değerlerini 0 ile 1 arasında ölçeklendirir.
5. Her niteliğin önemi göz önünde bulundurularak normalize edilmiş matris ağırlıklandırılır. Bu adımda, her nitelik için belirlenen ağırlıklar kullanılarak yeni bir matris oluşturulur.
6. İdeal çözüm, her nitelik için en iyi değerlerin (en yüksek veya en düşük) bulunduğu çözümdür. Anti-ideal çözüm ise her nitelik için en kötü değerlerin bulunduğu çözümdür.
7. Her alternatifin ideal ve anti-ideal çözüme olan uzaklığı hesaplanır.
8. Her alternatifin, ideal çözüme olan uzaklığının, ideal ve anti-ideal çözüme olan uzaklıklarının oranı hesaplanarak sıralama yapılır. Bu oran, alternatiflerin sıralanmasına yardımcı olur. En yüksek oran, en iyi alternatifi temsil eder (Madanchian & Taherdoost, 2023).

MOORA

MOORA yöntemi, malzeme alternatiflerinin performansını karşılaştırmayı ve bu alternatiflerin her biri için niteliklerin önem derecelerini dikkate alarak bir sıralama yapmayı hedefler. Brauers & Edmundas (2006), öncü çalışmalarında MOORA yöntemini oran sistemi, referans noktası ve tam çarpan formu olmak üzere üç temel

bileşenin güçlü bir kombinasyonu olarak tanıtmışlardır. Yöntem şu şekilde uygulanabilir:

1. Malzeme alternatifleri belirlenir.
2. Her alternatifin performansını değerlendiren nitelikler belirlenir.
3. Alternatifler, nitelikleri aracılığıyla birbirleriyle karşılaştırılmak üzere bir karşılaştırma matrisine yerleştirilir.
4. Karar matrisindeki veriler normalize edilir. Normalizasyon işlemi, alternatiflerin farklı nitelikler açısından karşılaştırılabilir hale gelmesini sağlar.
5. Normalizasyon işlemi tamamlandıktan sonra, her alternatif için niteliklerin ağırlıkları kullanılarak bir oran hesaplanır. Ağırlıklı toplamlar hesaplanarak her alternatifin performansı değerlendirilir.
6. Hesaplanan oran değerlerine göre alternatifler sıralanır.
7. En yüksek değere sahip alternatif en iyi seçenek olarak belirlenir (Brauers & Edmundas, 2006).

VIKOR

2002 yılında Opricovic and Tzeng tarafından geliştirilen VIKOR (Yu & Ye, 2024), çok kriterli karar verme süreçlerinde alternatifler arasında bir denge sağlamak için kullanılır ve karar vericilerin belirli nitelikler arasında uzlaşmasını kolaylaştırır. Bu sayede karar vericilerin farklı nitelikler arasında denge sağlamasına yardımcı olur (Ahmed & Majid, 2019). Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. Malzeme alternatifleri belirlenir.
2. Her alternatifin performansını değerlendiren nitelikler belirlenir.
3. Alternatifler, nitelikleri aracılığıyla birbirleriyle karşılaştırılmak üzere bir karşılaştırma matrisine yerleştirilir.
4. Karar matrisindeki veriler normalize edilir. Normalizasyon işlemi, alternatiflerin farklı nitelikler açısından karşılaştırılabilir hale gelmesini sağlar.
5. Her niteliğin önemi göz önünde bulundurularak, nitelikler için ağırlıklar belirlenir. Ağırlıklar, AHP gibi yöntemler kullanılarak belirlenebilir.

6. Her nitelik için en iyi (maksimum) ve en kötü (minimum) değerler tespit edilir. Bu değerler, diğer alternatiflerin değerlendirilmesinde referans noktası olarak kullanılır.
7. Her alternatifin en iyi ve en kötü çözüme olan uzaklıkları hesaplanır. Bu aşama, alternatiflerin ideal çözüme ne kadar yakın olduğunu gösterir.
8. VIKOR fonksiyonu hesaplanır. Bu fonksiyon, her alternatif için bir uzlaşma indeks değeri oluşturur. Hesaplama, en iyi çözüme olan uzaklıklar ile en kötü çözüme olan uzaklıklar arasındaki oranı içerir.
9. Hesaplanan uzlaşma indeks değerlerine göre alternatifler sıralanır.
10. En düşük VIKOR değeri, en iyi alternatif olarak kabul edilir (Yu & Ye, 2024).

ELECTRE

ELECTRE yöntemi, alternatiflerin bireysel nitelikleri dikkate alarak karşılaştırılmasına dayanan bir ÇKKV yöntemidir. Yöntemde ağırlıklar önem katsayıları üzerinden hesaplanır. Ayrıca, bu yöntemde, bir nitelikteki çok kötü bir değer diğer nitelikteki iyi değerlerle telafi edilmesi mümkün değildir. İlk ELECTRE yöntemi; 1966 yılında Benayoun, Roy ve Sussman tarafından sunulmuştur. Daha sonra, farklı yazarlar, tercih ve öncelik ilişkilerini oluşturmak için benzer teorilere dayanan bu yöntemle ilgili çok sayıda çalışma yayımlamıştır. ELECTRE I, II, III, IV, IS, TRI, TRIB ve TRI-C gibi farklı ELECTRE versiyonları, birçok çalışma tarafından tanıtılmıştır. Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. Karar verilecek alternatifler tanımlanır.
2. Karar sürecinde göz önünde bulundurulacak nitelikler belirlenir.
3. Alternatifler, nitelikleri aracılığıyla birbirleriyle karşılaştırılmak üzere bir karşılaştırma matrisine yerleştirilir.
4. Her bir niteliğin önem derecesi belirlenir ve nitelikler için ağırlıklar atanır.
5. Alternatiflerin karşılaştırılması sonucunda hangi alternatiflerin diğerlerine göre daha üstün olduğu belirlenir. Bu aşamada, belirli bir eşik değerin altında kalan alternatifler eleştirilebilir.
6. Elde edilen sonuçlar yorumlanır ve en uygun alternatif belirlenir.

7. Sonuçların, belirli parametrelerdeki değişikliklere karşı ne kadar duyarlı olduğu analiz edilir. Bu aşama, karar vericinin güvenilirliğini artırır (Taherdoost & Madanchian, 2023a).

PROMETHEE

Bu yöntem, özellikle alternatifler arasındaki tercihin net olmadığı ve birçok ölçütle değerlendirildiği durumlarda kullanılır ve alternatifleri sıralayarak en iyiden en kötüye doğru bir tercih sırası oluşturur. İlk PROMETHEE yöntemi, 1980'lerde Fransız araştırmacı Jean-Pierre Brans tarafından oluşturulmuştur (Brans & Vincke, 1985). PROMETHEE yöntem ailesi, birkaç tekniği içermektedir. İlk olarak, PROMETHEE I ve II sırasıyla kısmi ve tam sıralama için, PROMETHEE III aralıklar temelinde sıralama için, PROMETHEE IV, karar vericilerin kısmi ve tam sıralama için sürekli bir uygun çözümler setiyle karşı karşıya kaldığı durumlarda, PROMETHEE V segmentasyon kısıtlarını içeren problemlerin ele alınmasında kullanılır. Diğer versiyonlar olan PROMETHEE VI, Grup Karar Destek Sistemi (GDSS) ve Coğrafi Bilgi Analizi ve Gruplama (GAIA) sırasıyla insan beyninin temsili, grup karar verme ve grafiksel gösterim için kullanılmaktadır. Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. İlk adım, malzeme alternatiflerinin ve her bir alternatifin değerlendirileceği niteliklerin belirlenmesidir.
2. Her niteliğin karar sürecindeki önemi farklı olabilir. Bu nedenle, niteliklerin ağırlıkları belirlenir. Ağırlıklar genellikle uzman görüşleri veya bir anketle belirlenir.
3. PROMETHEE, iki alternatif arasındaki farkın nasıl değerlendirileceğini belirlemek için çeşitli tercih fonksiyonları sunar. Tercih fonksiyonları, bir alternatifin diğerine ne kadar tercih edilebilir olduğunu belirler. Sıkça kullanılan 6 tip tercih fonksiyonu vardır: Usual (Basit), U-shape (U-şekilli), V-shape (V-şekilli), Level (Seviyeli), Linear (Doğrusal), Gaussian (Gauss tipi). Tercih fonksiyonunun seçimi, niteliklerin yapısına bağlı olarak yapılır.
4. Tüm alternatifler, belirlenen nitelikler doğrultusunda ikili karşılaştırmalar ile değerlendirilir. Bu aşamada, her iki alternatif arasındaki fark, seçilen tercih fonksiyonuna göre hesaplanır. İkili karşılaştırmalar sonucunda her bir alternatif için pozitif ve negatif tercih akışları hesaplanır. Pozitif tercih akışı, bir

alternatifin diğerlerine göre ne kadar iyi olduğunu gösterir. Negatif tercih akışı, bir alternatifin diğer alternatiflere kıyasla ne kadar kötü olduğunu gösterir.

5. Net tercih akışı, pozitif ve negatif akışların farkı ile bulunur. Bu değer, bir alternatifin genel olarak diğer alternatiflere kıyasla ne kadar iyi veya kötü olduğunu gösterir. Net tercih akışına göre alternatifler sıralanır.
6. Net tercih akışı hesaplandıktan sonra alternatifler, bu değerlere göre sıralanır. En yüksek net tercih akışına sahip alternatif en iyi seçenek olarak kabul edilir (Taherdoost & Madanchian, 2023c).

WSM

Bu yöntemin amacı, her bir alternatif için nitelik puanlarının o niteliğe atanan ağırlıklarla çarpılarak toplanmasıdır. Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. Öncelikle, değerlendirilecek malzeme alternatifleri belirlenir
2. Bu alternatiflerin hangi niteliklere göre değerlendirileceği belirlenir.
3. Her bir niteliğin karar sürecindeki göreceli önemi, ağırlıklar aracılığıyla belirlenir. Bu nedenle bu aşamada ağırlıklar belirlenir.
4. Nitelik ağırlıkları genellikle 0 ile 1 arasında olacak şekilde normalize edilir ve toplamı 1 olur.
5. Her bir alternatif, her bir nitelik için belirlenen ölçüte göre puanlanır. Bu puanlar, alternatiflerin her nitelik açısından ne kadar iyi veya kötü olduğunu gösterir.
6. Her bir alternatifin belirli bir nitelik için aldığı puan, o niteliğe ait ağırlık ile çarpılır.
7. Her bir alternatifin tüm niteliklerden aldığı ağırlıklı puanlar toplanır. Bu toplam, alternatifin genel performansını gösterir.
8. Ağırlıklı toplamı en yüksek olan alternatif, en iyi seçenek olarak kabul edilir (Marler & Arora, 2010).

WPM

Bu yöntem, WSM'ye alternatif olarak geliştirilmiştir. Aralarındaki temel fark, ağırlıklı puanların ve toplam puanların hesaplanması aşamasında gerçekleşir. WSM'de ağırlıklı

değerler toplanırken, WPM'de ağırlıklı değerler her bir nitelik değeri ağırlığı ile üslü olacak şekilde çarpılır.

SAW

SAW yöntemi, WSM ile benzerlik gösterir ve alternatiflerin performanslarının toplandığı bir sistemdir. Her bir niteliğin başarılarını gösteren puanlar toplanarak bir değer fonksiyonu oluşturulur ve bu puanlar belirli ağırlıklarla çarpılır. SAW yöntemi ilk olarak 1967 yılında Fishburn ve 1968 yılında MacCrimmon'un çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır (Arsyah ve diğ., 2021). Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. Karar problemi için değerlendirilecek nitelikler belirlenir. Bu nitelikler, karar verici tarafından dikkate alınacak önemli faktörlerdir (örneğin maliyet, kalite, hız vb.).
2. Değerlendirilecek malzeme alternatifleri tanımlanır. Bu alternatifler, karar verici tarafından karşılaştırılacak seçeneklerdir.
3. Her bir nitelik için bir ağırlık belirlenir. Ağırlıklar, niteliklerin önem derecesini gösterir ve genellikle tüm ağırlıkların toplamı 1 olacak şekilde normalize edilir.
4. Her alternatif için, her bir niteliğin değeri belirlenir. Bu değerler genellikle sayısal verilerdir ve alternatiflerin performansını temsil eder.
5. Niteliklerin farklı birimlerde ifade edildiği durumlarda, nitelik değerleri normalize edilir. Normalizasyon işlemi, her alternatifin nitelik değeri ile en iyi alternatifin değeri arasındaki oranı bulmayı içerir.
6. Normalize edilmiş nitelik değerleri kullanılarak, her alternatifin ağırlıklı toplam skoru hesaplanır. Bu skor, her niteliğin normalize edilmiş değerinin ağırlığı ile çarpılması ve sonuçların toplanması ile elde edilir.
7. Hesaplanan toplam skorlar kullanılarak alternatifler sıralanır. En yüksek skora sahip alternatif, tercih edilmesi gereken en iyi seçenek olarak kabul edilir.
8. Son adımda, sıralanan alternatifler arasından karar verici en yüksek skora sahip alternatifi seçerek nihai kararı verir (Taherdoost, 2023).

ÇKKV yöntemlerin dışında, farklı disiplinlerde malzeme seçimine olanak tanıyan karar verme yöntemleri de bulunmaktadır (Fındık & Turan, 2012; Hammad ve diğ., 2021; Rao, 2008; Wu ve diğ., 2022). Ancak bu araştırma kapsamında mimari malzeme seçiminde kullanılabilecek yöntemler irdelenmiştir.

2.3.3.4 ÇKKV sürecinde kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri

Ağırlıklandırma, niteliklere verilen önem değerlerini ifade etmektedir. ÇKKV aşamasında kullanılan ağırlıklandırma yöntemlerinin sonuçlar üzerinde büyük etkisi olmaktadır. ÇKKV yöntemlerinde kullanılan ağırlıklar 0-1 arasında değişiklik göstermektedir. Yapılan araştırmalar, ağırlıklandırma yöntemlerinin nesnel, öznel ve karma yapıya sahip olabileceğini göstermektedir. Nesnel yöntemler, ağırlıklandırma yönteminin kendi içerisinde gerçekleştirdiği bir takım sayısal hesaplamalara dayanmaktadır. Entropi, VIKOR, CRITIC bu yöntemlere örnek gösterilebilir. Öznel yöntemler, karar vericinin tercihlerine göre şekillenmektedir. En İyi ve En Kötü Yöntemi (BWM), AHP, Aşamalı Ağırlık Değerlendirme Oranı Analizi (SWARA) bu yöntemlere örnek gösterilebilir. Karma yapıya sahip olan yöntemler ise birkaç öznel ve nesnel yöntemin bir arada kullanılmasına olanak verir (Demir & Bircan, 2020). Tam tutatlılık yöntemi (FUCOM), Analitik ağı proses (ANP), TOPSIS bu yöntemlere örnek gösterilebilir (Şekil 2.9). Bu çalışma kapsamında en çok kullanılan nesnel ağırlıklandırma yöntemleri incelenmiştir.

AĞIRLIKLANDIRMA YÖNTEMLERİ		
Öznel yöntemler	Nesnel yöntemler	Karma yöntemler
SMART SMARTER SWING SEMOS AHP DOLPHI PATTERN BWM SWARA Tutarlı matris analiz Noktaların tahsisi Direk atama Sıralama En Küçük Kareler Öz vektör	ENTROPY CRITIC Eşit Ağırlık İstatistiksel Varyans Standart Sapma	TOPSİS FUCOM ANP MAUT

Şekil 2.9 : ÇKKV sürecinde kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri.

Entropi (ENTROPY)

Bu yöntemde niteliklerin önem dereceleri, kendi aralarında üstünlük içeren bir sıralama yapılmadan belirlenmektedir. Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. Öncelikle alternatifleri ve nitelikleri içeren karar matrisi oluşturulur.
2. Farklı ölçü birimlerindeki aykırılıkları elimine etmek için karar matrisi normalize edilir.
3. Niteliklerin entropi ölçüsü hesaplanır.

4. Niteliklerin farklılaşma derecesi hesaplanır.
5. Niteliğin göreceli önemi belirlenir (Ersoy, 2022).

Eşit ağırlık

Eşit ağırlık yöntemi, her bir niteliğin eşit önem taşıdığını varsayar. Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. Karşılaştırılacak nitelikler belirlenir.
2. Değerlendirilecek alternatifler tanımlanır.
3. Her alternatif için nitelikler üzerinden veri toplanır.
4. Tüm niteliklere eşit ağırlık (genellikle $1/n$) atanır.
5. Ağırlıklı nitelik skorları toplanarak alternatiflerin toplam puanları hesaplanır.
6. Toplam puanlara göre alternatifler sıralanır (Ersoy, 2022).

İstatistiksel varyans

Bu yöntem, her niteliğin veya alternatifin performansındaki değişkenliği (varyansı) dikkate alarak ağırlıklar belirlemeyi amaçlar. Yüksek varyansa sahip nitelikler, daha fazla bilgi içerdiği için genellikle daha fazla ağırlıklandırılır.

1. Karşılaştırılacak nitelikler belirlenir.
2. Değerlendirilecek alternatifler tanımlanır.
3. Her nitelik için varyans hesaplaması yapılır.
4. Her niteliğin ağırlığı, niteliğin varyansı kullanılarak hesaplanır.
5. Hesaplanan ağırlıklar genellikle toplam ağırlıkların 1'e eşit olacak şekilde normalize edilir, böylece ağırlıklar arasında karşılaştırma yapılabilir.
6. Ağırlıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin her bir nitelikteki performansları ile bu ağırlıklar çarpılarak toplam puanlar hesaplanır (Özgel & Alp, 2020).

CRITIC

CRITIC, nitelikler arasındaki korelasyonu değerlendirerek ağırlıkları belirler. Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. Karar matrisi normalize edilir.
2. Niteliklerin arasındaki ilişkinin seviyesini ölçmek amacıyla korelasyon katsayıları hesaplanır.

3. Niteliklere yönelik toplam bilgi ve standart sapma hesaplanır.
4. Niteliğin göreceli önemi belirlenir (Ersoy, 2022)

Standart sapma

Standart sapma, bir veri setinin değişkenliğini ölçerek matematiksel hesaplamalar yapar. Yöntem, şu şekilde uygulanabilir:

1. Öncelikle alternatifleri ve nitelikleri içeren karar matrisi oluşturulur.
2. Karar matrisi normalize edilir.
3. Niteliklerin standart sapma değerleri hesaplanır.
4. Niteliğin göreceli önemi belirlenir (Ersoy, 2022).

2.3.4 Mevcut nitelik performans yöntemlerinin değerlendirilmesi

Mevcut yöntemlerin değerlendirilmesi sırasında her bir başlık, kendi içinde ele alınmıştır. Gereksinmelere dayalı seçim yöntemleri, uzman katkısı ve kullanıcı gereksinimleri, seçim süreci ve zaman yönetimi, ekonomik katkı ve maliyet optimizasyonu, performans ve işlevsel gereksinimler ve çevresel faktörler gibi başlıklar üzerinden değerlendirilmiştir.

Değerlendirme tekniğine dayalı seçim yöntemleri; yöntemlerin kullanım kolaylığı, standartlara uyum, yaklaşım, kullanıcı memnuniyeti gibi başlıklar üzerinden değerlendirilmiştir.

ÇKKV yöntemleri; yöntemin geliştirildiği yıl, yöntemin geliştirildiği ülke, yöntemin kullanılabilirliği, yöntemin uygulama alanı, yöntemin güvenilirliği, normalleştirme, ağırlıklandırma, veri türü başlıkları üzerinden değerlendirilmiştir.

ÇKKV sürecinde kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri; yöntemin geliştirildiği yıl, yöntemin geliştirildiği ülke, yöntemin kullanılabilirliği, yöntemin güvenilirliği, veri türü başlıkları üzerinden değerlendirilmiştir.

2.3.4.1 Gereksinmelere dayalı seçim yöntemlerinin değerlendirilmesi

Arıoğlu yöntemi, ürün seçim sürecinde uzmanların katkı sağlamasına olanak tanınırken, tüm seçeneklerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi sayesinde zaman kaybını en aza indirmektedir. Yöntemde kullanıcı ihtiyaçlarına dayanan kriterlerin kullanılması, yanlış ürün seçimlerini azaltarak ülke ekonomisine olumlu katkılar

sunmaktadır. Bu yöntem, seçim sürecinin rasyonel olmasını ve maliyetin optimize edilmesini sağlar. Bununla birlikte, yöntemin etkinliği, ortak bir dil ile düzenlenmiş ürün bilgilerine ve karar ortamına bağlıdır. Bu nedenle, yöntemin işlevselliğini artırmak için ürün bilgi yapılarının düzenlenmesi ve temel parametrelerin detaylandırılması önem arz etmektedir.

Balanlı yönteminde, yapı elemanı tasarım sürecinde malzeme seçimi sistematik bir hiyerarşi çerçevesinde ele alınmaktadır; eleman, katman ve malzeme seviyelerinde gereksinimler, malzemenin işlevine göre tanımlanır. Yöntem, kullanıcıyı sonuç odaklı yönlendiren net adımlar içerirken, malzemelerin maliyetine de sayısal değerlendirme sürecinde yer verilir. Ancak yöntemin eksik yönleri arasında, malzeme seçeneklerinin oluşturulması ve seçim sürecini kolaylaştıracak bir veri tabanına ihtiyaç duyulması dikkat çekmektedir. Ayrıca, malzeme araştırması ve karşılaştırma aşamaları oldukça zaman alıcıdır.

Black-Christensen yöntemi, ürün performans analizlerinde iç ve dış etmenleri göz önünde bulundurarak, ürün özelliklerini detaylı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu yöntemde, bir ürünün istenilen performansı sağlayabilmesi, belirlenen özelliklerin amaca uygun olup olmamasıyla ilişkilendirilmektedir. Yöntem, dış etmenlerin yeterince incelenmediği durumlarda beklenen özelliklerin tam anlamıyla karşılanamayabileceğini vurgulamaktadır. Ürün seçim süreçlerinde bu analizin kullanılması, ürünlerin performanslarının objektif bir değerlendirmeyle karşılaştırılmasına imkân tanır. Ayrıca, dış etmenlerin önem derecelerinin ürün düzeylerine göre değişebileceği vurgulanarak, bu ilişkilerin bir matris düzende sunulması gerektiği belirtilmiştir.

Fischmeister-Larsson yöntemi, ürün seçiminde fonksiyonel gereksinimlerin ve özelliklerin optimize edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Gereksinimlerin çevresel etkilere karşı nasıl belirleneceğine dair tablolardan faydalanılması, yöntemi daha sistematik hale getirir. Ayrıca, özelliklerin kimyasal bileşim, mikro yapı, imalat ve diğer çalışma koşullarına göre tanımlanması, seçim sürecinin daha detaylı ve hassas yapılmasını sağlar. Ancak bu yöntemin, ayrıntılı değerlendirme için değil, rehberlik edici nitelikte olduğu göz önüne alınmalıdır.

Hill yöntemi, plastik kökenli ürünlerin seçimi için tasarlanmış olup, işlevsel gereksinimlerin belirlenmesinde "gereksinim profilleri" kullanır. Bu sayede ürünün

temel ihtiyaçlara uygun olarak tasarlanması sağlanır. Modellerin test edilip gerektiğinde hedefler doğrultusunda yeniden düzenlenmesi yöntemin önemli bir özelliğidir. Ancak süreçte oldukça ayrıntılı ve tekrarlı adımların bulunması, yöntemin zaman alıcı olmasına sebep olabilir. Bu yöntemin özellikle hammaddelerin işlevsel gereksinimlerini karşılayacak şekilde seçilmesi gereken durumlar için uygun olduğu değerlendirilmektedir.

Hillerborg yöntemi, kullanıcı gereksinimlerine göre malzeme seçimini kalite ve maliyet bakımından değerlendirmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda seçenekler belirli dereceler üzerinden puanlanır ve seçimin önem derecesine göre bir ağırlıklandırma yapılır. Ancak yöntemin sınırlı bir değerlendirme düzeyine sahip olması ve subjektif unsurlar içermesi, seçim sürecinde nesnel bir bakış açısının oluşmasına neden olabilir. Ayrıca, kullanıcı gereksinimlerinin belirlenmesinde spesifik koşulların tanımlanmaması ve optimizasyon sürecinin detaylandırılmamı olması yöntemin doğruluğunu ve etkinliğini sınırlamaktadır. Bu nedenle Hillerborg yöntemi, doğruluğa dayalı seçimler yerine daha çok n değerlendirme amaçlı niteliksel bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Japon yöntemi, yapı elemanı tasarım sürecinde malzeme seçimini bina, mekân, eleman, katman ve malzeme hiyerarşisi içinde ele alır; her seviyede etkili faktörler ve istenilen koşullar belirlenir. Tanımlamaların önce nitel, ardından nicel yapılması tasarımcının düşünce sürecini kolaylaştırmaktadır. Tanımlamalar, 10'lu matrisler üzerinden gruplanarak yapılır; örneğin, elemana etki eden 10 faktör, her faktörün 10 alt başlığı ve her alt başlık için 10'lu bir skala belirlenmiştir, böylece sistematik bir tanımlama sağlanır. Değerlendirme aşamasında farklı değerlendirme seçeneklerinin bulunması, çeşitli tasarımlar ve tasarımcılar için esneklik sağlar. 10'lu matrisler Japonya şartlarına göre hazırlandığı için yalnızca bir kısmı kullanılabilir, bu nedenle Türkiye koşullarına uyarlanmış veri tabanına ihtiyaç duyulmaktadır. Değerlendirme aşamasındaki seçeneklerin her biri için detaylı açıklamaların olmaması ise farklı sonuçlara yol açabilir.

Metal kökenli ürünlerin seçimi için geliştirilen Pettersson yöntemi, altı aşamalı bir süreç izleyerek, ürün grubu, tipi, dayanıklılığı ve yüzey kalitesi gibi özellikler üzerinden seçim yapılmasını sağlar. Yöntem, ayrıca korozyon ve maliyet analizlerini de içermekte olup, oldukça ayrıntılı ve sistematik bir yapı sunar. Ancak, gereksinimlerin iyi tanımlanması ve ürün hakkında detaylı bilgilere erişim şartıyla

uygulanabilir nitelikte olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, metal ürünlerin seçimi için uygun olsa da genel amaçlı seçimlerde sınırlı bir rehberlik sunmaktadır.

2.3.4.2 Değerlendirme tekniğine dayalı seçim yöntemlerinin değerlendirilmesi

Deneysel yöntemlere dayalı malzeme seçimi, bilimsel temellere dayanan pek çok avantaj sunsa da bazı dezavantajları da barındırır. İlk olarak, bu süreç zaman alıcı ve maliyetlidir. Her bir malzeme için gerekli testlerin yapılması ve sonuçların analiz edilmesi, büyük bütçeler ve uzun süreler gerektirebilir. Özellikle ASTM ve ISO gibi uluslararası standartlara uygun test ekipmanlarının temini ve bakımı pahalı olabilir. Ayrıca, testlerin belirli standartlar çerçevesinde yapılması, inovatif ve yeni malzemelerin henüz bu standartlarla test edilmemiş olması nedeniyle kapsam dışı kalmasına neden olabilir. Son olarak, deneysel yöntemler genellikle nicel veriler sağlarken, malzemenin estetik, sürdürülebilirlik veya kullanıcı memnuniyeti gibi nitel unsurlarını tam olarak değerlendirmeyebilir.

Geri beslemeye dayalı malzeme seçimi, seçilen malzemelerin gerçek kullanım koşullarındaki performansına bağlı olarak yapılan iyileştirme ve düzeltmelerle malzeme seçiminin dinamik bir süreç olmasını sağlar. Ancak bunun yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. İlk olarak, bu süreç zaman alıcı olabilir. Malzemelerin kullanım sırasında performanslarının izlenmesi ve geri bildirimlerin toplanması, uzun süreli gözlem ve analizler gerektirir. İkinci olarak, geri besleme mekanizmasında sorunlar ortaya çıktığında düzeltici önlemler alınır. Bu durum, malzeme bozulmalarının kullanıcılar üzerinde olumsuz etki yaratmasına neden olabilir. Örneğin, sağlık sorunları veya konfor kaybı yaşayan kullanıcılar için sorun çözülmeden önce olumsuz sonuçlarla karşılaşılabilir. Üçüncü olarak, geri bildirim toplama süreci, subjektif yorumlar içerebilir ve bu da malzeme performansı hakkında yanıltıcı veya eksik bilgilere yol açabilir. Kullanıcıların deneyimleri ve algıları, malzemenin objektif performansından farklı olabilir, bu da yanlış yönlendirilmiş kararlar alınmasına neden olabilir. Ayrıca, düzeltici önlemler ve malzeme değişiklikleri, maliyetleri artırabilir.

Ölçeklere bağlı seçim malzemelerin belirli özelliklere sahip olup olmadığını veya hangi ölçüde bu özelliklere sahip olduğunu değerlendirmek açısından önemlidir. Ancak bu yaklaşımın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. İlk olarak, ölçeklerin subjektif değerlendirme içermesi nedeniyle sonuçlar değişkenlik gösterebilir.

Kullanıcıların kişisel görüşleri, malzemelerin nesnel performansı hakkında yanıltıcı olabilir ve hatalı kararlar alınmasına neden olabilir. İkinci olarak, ölçeklere dayalı seçim yöntemleri, yalnızca niteliklerin karşılaştırılmasını kolaylaştırır ancak malzemelerin gerçek dünyadaki performansı hakkında tam bir fikir vermez. Ayrıca, bu ölçeklerin bazıları, malzeme niteliklerini tam anlamıyla ölçemeyebilir ya da bazı önemli kriterleri göz ardı edebilir, bu da eksik veya hatalı sonuçlara yol açabilir. Malzeme seçimi sürecinde ölçeklerin doğru bir şekilde belirlenmesi ve objektif kriterlere dayandırılması, bu yöntemin verimliliğini artırmak için kritik önem taşımaktadır.

Subjektif malzeme seçimi, tasarım sürecinde kullanıcı deneyimini kişiselleştirmek ve estetik beklentilere hitap etmek açısından önemli avantajlar sunar. Ancak bu yaklaşımın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Öncelikle, bireysel tercihlerin ön plana çıkması, ürünün dayanıklılık veya işlevsellik gibi kritik performans kriterlerinden ödün verilmesine yol açabilir. Ayrıca, subjektif seçimler maliyet artırıcı bir unsur olabilir.

2.3.4.3 ÇKKV yöntemlerinin değerlendirilmesi

ÇKKV yöntemleri, karar verme süreçlerindeki farklı ihtiyaçlara yanıt olarak, yıllar içinde çeşitli yaklaşımlarla geliştirilmiştir. İlk olarak 1960'larda ELECTRE ve WSM gibi yöntemler, karar süreçlerini daha objektif hale getirme amacıyla ortaya çıkarken, 1970'lerde AHP ve WPM ile bu süreçler daha sistematik ve hiyerarşik yapılarla desteklenmiştir. 1980'lerde TOPSIS ve PROMETHEE, ideal çözüme yakınlık ve tercihler arasındaki öncelik sıralamaları gibi kavramlara odaklanarak karmaşık problemlere daha ayrıntılı çözümler sunmuştur. 2000'lerde MOORA yöntemi, çoklu hedefli optimizasyon gerektiren problemlerde öne çıkarak, bilgisayar teknolojilerinin sunduğu hız ve hesaplama gücüyle daha kapsamlı analizleri mümkün kılmıştır. 2002'de ise uzlaşma esasına dayalı VIKOR yöntemi, sosyal ve çevresel faktörlerin karar süreçlerinde daha fazla önem kazanmasıyla geliştirilmiştir.

Yöntemlerin geliştirildiği ülkeler incelendiğinde; çeşitli coğrafyaların bu alana katkısı olduğu görülmektedir. Amerika; AHP ile karar verme süreçlerine önemli katkılarda bulunmuşken, Avrupa kıtası, özellikle Fransa, Belçika ve Sırbistan gibi ülkelerde ELECTRE, PROMETHEE ve VIKOR gibi özgün yöntemlerin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Asya kıtasında Tayvan, TOPSIS yöntemiyle bu alanda etkin bir rol

oynamıştır. Genel olarak, bu yöntemler farklı ülkelerde ortaya çıkmış olsa da günümüzde küresel düzeyde çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. WSM, WPM ve SAW yöntemlerine yönelik bu konuda net bir bilgi bulunmamasına rağmen, yöntemlerin Amerika kökenli olduğu belirtilmektedir.

Yöntemlerin kullanılabilirliği incelendiğinde; kullanıcıların deneyimine ve karar sürecindeki gereksinimlere göre derecelendirmenin değişebileceği görülmektedir. MOORA, WSM, WPM ve SAW gibi yöntemler temel matematiksel işlemlere dayanarak kolay uygulanabilirken, ELECTRE gibi daha gelişmiş ve detaylı hesaplama gerektiren yöntemler daha zorlayıcıdır. Orta derecede zorluk sunan AHP, TOPSIS ve PROMETHEE gibi yöntemler ise hem hesaplama hem de analiz süreçlerinde bir denge sunarak daha geniş bir uygulama alanına sahiptir. Kapsamlı ve çok kriterli problemlerde uzmanlık gereksinimi artabilir, ancak kolay yöntemler basit problemlerde hızlı çözümler sunar.

Yöntemlerin uygulama alanları incelendiğinde; AHP, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE ve PROMETHEE'nin yöntemlerin karmaşık, çok kriterli karar problemlerinde etkili olup, farklı sektörlerde (mühendislik, finans, çevre yönetimi, stratejik planlama) yaygın bir şekilde kullanıldığı görülmüştür. MOORA yöntemi genellikle karar problemlerinde etkilidir. Diğer yandan WSM, WPM ve SAW gibi daha basit yöntemler daha dar kapsamlıdır ve genellikle daha az karmaşık problemlerde maliyet-fayda analizi ve performans değerlendirmeleri gibi alanlarda tercih edilir.

Yöntemlerin güvenilirliğinin belirlenmesinde her bir yöntemin problem yapısı ve karar vericinin tercihleri etkili olmaktadır. AHP, karar vericilerin kriterleri karşılaştırarak ağırlıklar atamasını sağlar, ancak subjektif yargılar nedeniyle tutarsızlık riski taşımaktadır. TOPSIS ve VIKOR, ideal ve anti-ideal çözümler arasındaki mesafeyi değerlendirir, TOPSIS daha objektif görünse de ağırlıklandırma süreci yine kritik bir unsurdur. MOORA ve SAW, basit ve doğrudan hesaplama süreçleri ile kullanışlıdır, ancak kriterlerin normalizasyonu sonucunda bazı bilgiler kaybolabilir. ELECTRE ve PROMETHEE, alternatifler arasındaki üstünlük ilişkilerini değerlendirmede güçlüdür, ancak karmaşık hesaplamaları ve parametre seçimi güvenilirliği etkileyebilir. WSM ve WPM, basit ve etkili modellerdir, ancak kriterlerin doğrusal bağımlılığına duyarlıdır.

Yöntemlerin normalleştirme adımları incelendiğinde; AHP dışındaki tüm yöntemlerde normalleştirme adımının kullanıldığı görülmüştür. Bu yöntemlerde alternatiflerin farklı kriterlere göre karşılaştırılabilir hale getirilmesi kolaylaştırılmıştır.

Yöntemlerin ağırlıklandırma adımları incelendiğinde; tüm yöntemlerde bu adımın bulunduğu görülmüştür. AHP, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, WSM, WPM ve SAW yöntemlerinde ağırlıklandırma kritik bir rol oynar. AHP’de ağırlıklar, karar vericinin kriterleri karşılaştırarak verdiği değerlere dayanırken, TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, WSM, WPM ve SAW gibi yöntemlerde genellikle önceden belirlenmiş ya da uzman görüşlerine dayalı ağırlıklar kullanılır. MOORA ve ELECTRE’de de ağırlıklar kullanılabilir de bazı versiyonlarında ağırlıklar daha az vurgulanır veya alternatif yaklaşımlar tercih edilebilir.

Yöntemlerin veri türleri incelendiğinde; ağırlıklı olarak objektif verilerin kullanıldığı görülmektedir. Bunun sebebi, yöntemlerin genellikle ölçülebilir, sayısal kriterler üzerinden analiz ve karşılaştırma yapmalarıdır. Ancak AHP gibi bazı yöntemler, subjektif verilerle de çalışabilir, çünkü kişisel yargıları sayısallaştırarak kıyaslama yapar. Diğer yöntemler ise sayısal performans kriterlerine dayalı olarak karar verme süreçlerini yürütür ve bu yüzden genelde kesin, ölçülebilir veriler gerektirir.

Yöntemlerin değerlendirme tablosu, Çizelge 2.17’de verilmektedir.

2.3.4.4 ÇKKV sürecinde kullanılan ağırlıklandırma yöntemlerinin değerlendirilmesi

Yöntemlerin değerlendirme tablosu, Çizelge 2.18’de verilmektedir.

Yöntemlerin geliştirildiği yıllar incelendiğinde; 19. yüzyıl sonları ve 20. yüzyıl başlarında ağırlıklandırmanın önem kazandığı görülmektedir. Bu durumun sebepleri; bilimsel ve teknolojik ilerlemeler doğrultusunda karar problemlerinde seçilen kriterlerin daha karmaşık hale gelmesi ve bu kriterler arasındaki ilişkilerin daha iyi analiz edilme ihtiyacının artması olarak gösterilebilir.

Yöntemlerin geliştirildiği ülkeler incelendiğinde; farklı coğrafi bölgelerin alanda etkili olduğu görülmüştür. Entropi yöntemi, Amerikan matematikçisi Claude Shannon’ın çalışmalarıyla şekillenen bir yöntemdir. Eşit Ağırlık ise evrensel bir yaklaşım olup, spesifik bir coğrafi kökeni bulunmamaktadır. İstatistiksel Varyans ve Standart Sapma gibi yöntemler, İngiltere ve Amerika’daki istatistiksel gelişmelerle bağlantılıdır.

Çizelge 2.17 : ÇKKV yöntemlerinin değerlendirme tablosu.

Yöntem Özellikleri / ÇKKV yöntemleri			ÇKKV YÖNTEMLERİ								
			AHP	TOPSİS	MOORA	VIKOR	ELECTRE	PROMETHEE	WSM	WPM	SAW
YÖNTEM ÖZELLİKLERİ	Yöntemin geliştirildiği yıl		1970	1981	2000	2002	1966	1982	1960	1970	1967
	Yöntemin geliştirildiği ülke		Amerika	Tayvan	Belçika	Sırbistan	Fransa	Belçika	○	○	○
	Yöntemin kullanılabilirliği	Zor									
		Orta									
		Kolay									
	Yöntemin uygulama alanı	Geniş									
		Orta									
		Dar									
	Yöntemin güvenilirliği	Yüksek									
		Orta									
		Düşük									
	Normalleştirme		-								
	Ağırlıklandırma										
Veri türü	Objektif										
	Subjektif										

LEJAND

Yöntem için geçerli özellik

- Yöntem için geçerli olmayan özellik

○ Belirsiz özellik

Çizelge 2.18 : Ağırlıklandırma yöntemlerinin değerlendirme tablosu.

Yöntem Özellikleri / Ağırlıklandırma yöntemleri			AĞIRLIKLANDIRMA YÖNTEMLERİ				
			ENTROPİ	Eşit Ağırlık	İstatistiksel Varyans	CRITIC	Standart Sapma
YÖNTEM ÖZELLİKLERİ	Yöntemin geliştirildiği yıl		1948	○	○	1995	1890
	Yöntemin geliştirildiği ülke		Amerika	○	İngiltere	Polonya	İngiltere
	Yöntemin kullanılabilirliği	Zor					
		Orta					
	Yöntemin güvenilirliği	Kolay					
		Yüksek					
		Orta					
	Veri türü	Düşük					
		Objektif					
		Subjektif					

LEJAND

 Yöntem için geçerli özellik

 - Yöntem için geçerli olmayan özellik

 Belirsiz özellik

Yöntemlerin kullanılabilirliği incelendiğinde; en kolay yöntem olan Eşit Ağırlık'ın, herhangi bir hesaplama yapmadan doğrudan karar verme imkânı sunduğu, CRITIC gibi daha karmaşık yöntemlerin ise daha hassas analizler sağladığı belirlenmiştir. Orta zorluktaki yöntemler olan Entropi, İstatistiksel Varyans ve Standart Sapma ise hem kullanım kolaylığı sunmakta hem de nispeten daha karmaşık analizler yapma imkânı tanımaktadır.

Yöntemlerin güvenilirliği incelendiğinde; en güvenilir yöntem olan CRITIC'in hem veri varyasyonlarını hem de kriterler arası çelişkileri göz önünde bulundurarak kapsamlı bir analiz sağladığı belirlenmiştir. Entropi, İstatistiksel Varyans ve Standart Sapma ise orta düzeyde güvenilir yöntemler olarak, özellikle belirli veri koşullarında makul sonuçlar vermektedir. Eşit Ağırlık yöntemi ise kriterlerin farklı önem derecelerini göz ardı ettiği için genellikle en düşük güvenilirlik seviyesine sahiptir.

Yöntemler veri türüne göre incelendiğinde, büyük çoğunluğunun objektif verilere dayalı olduğu görülmüştür. Entropi, İstatistiksel Varyans, CRITIC ve Standart Sapma yöntemleri objektif verilerle uygulanabilirken, Eşit Ağırlık yöntemi objektif ve subjektif olabilir. Objektif yöntemler daha güvenilir sonuçlar sağlamaktadır.

2.4 Sağlık Etki Değerlendirmesi

Bu adımda öncelikle bitirme malzemelerinin kullanım süreci insan sağlığına etkilerinin önemine ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalara yer verilmiştir. Ardından bitirme malzemelerinin insan sağlığına etkilerine göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler ele alınmıştır. Son olarak bu yöntemler değerlendirilmiştir.

2.4.1 Bitirme malzemelerinin kullanım süreci insan sağlığına etkilerinin önemi ve bu alanda hazırlanmış olan çalışmalar

İlk çağlarda tropikal bölgelerde yaşayan insanların soğuk iklimlere yayılmaları sonucunda giyim, barınma ve ateş kullanımı gibi icatlar ortaya çıkmış; ancak kapalı alanlarda hava hareketi engellendiği için kirleticilerin seyrelmesi azalmış ve bu durum havalandırma ile iç mekan hava kalitesi tartışmalarını doğurmuştur. İnsanların zamanının büyük bir çoğunluğunu geçirdiği yapıların insan sağlığına olan etkilerinin gözlemlenmesi sonucunda, özellikle 19. yüzyıldan itibaren iç mekan hava kalitesi konusuna verilen önem artış göstermiştir. 1960'ların sonlarında radon, 1970'lerin

başında formaldehit, 1970'lerin sonlarında ev tozu akarları ve HBS, son on yılda ise alerjilerle ilgili sorunların ortaya çıkmasıyla iç mekanda kullanılan malzemeler gündeme gelmiştir (Sundell, 2004).

Günümüzde bitirme malzemeleri, iç mekandaki UOB'lerin ana kaynağı olarak gösterilmektedir (Ruiz-Jimenez ve diğ., 2022). Hidrokarbonlar ve türevleri (polikiklik, alifatik, aromatik, alkilbenzenler), ftalatlar, aldehytler, ketonlar, klorlanmış bileşikler ve terpenler (Curran, 2004; Liang & Xu, 2014; Marć ve diğ., 2012); ahşap bazlı yüzey malzemeleri (örneğin, lif levhalar, paneller) (Harb ve diğ., 2018; Simon ve diğ., 2020; Yrieix ve diğ., 2010); boyalar (Schripp ve diğ., 2014); zemin malzemeleri (Liang & Xu, 2014; Simon ve diğ., 2020); yapıştırıcılar ve reçineler (Simon ve diğ., 2020); plastikler ve polimer malzemeler (Curran, 2004) gibi bitirme malzemelerinden yayılan kirleticiler olarak bilinmektedir. Bitirme malzemelerinden yayılan emisyonların incelendiği çalışmaların özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'ya odaklandığı gözlemlenmektedir (Baumann ve diğ., 1999; Gustafsson, 2005; Jensen ve diğ., 1995; Risholm-Sundman & Wallin, 1999; Salthammer & Fuhrmann, 2000; Sollinger ve diğ., 1993; Sundell, 2004)

Uhde & Salthammer (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, yapı malzemelerinden kaynaklı emisyonların oluşumunun üç şekilde gerçekleştiğinden bahsedilmektedir: (a) Malzemenin üretim sürecinde oluşan reaksiyon, kullanım aşamasında salım yapabilir; (b) Kullanım sırasında malzemeler arasında gerçekleşen reaksiyon sebebiyle salım gerçekleşebilir; (c) Kullanım sırasında kimyasallar arasında gerçekleşen reaksiyon sebebiyle salım gerçekleşebilir. Sundell (2002), malzemelere etki eden nem, asit, yüksek yüzey sıcaklıkları veya zemin temizleyicileri, cilalama gibi kimyasallarla yapılan farklı işlemlerin oluşturduğu emisyonların zamanla artarak uzun süre devam edebileceğinden bahsetmiştir. Lee ve diğ. (2012), tasarım aşamasında bitirme malzemelerinin içindeki kirletici kaynaklar düşünülerek seçilmesinin, kullanım aşamasında iç mekan havasının iyileştirilmesine ve enerji verimliliğinin sağlanmasına olanak tanıdığını belirtmiştir. Kim ve diğ. (2006), yonga levha, orta yoğunluklu lif levha (MDF), laminat kaplama ve mühendislik ürünü kaplamanın içindeki UOB'leri deneysel yöntem ile tespit etmiş, bu bileşiklerin ilk kullanıldığı anda en yüksek seviyede olduğunu, etkinin zamanla azaldığını ancak yok olmadığını belirtmiştir. Fang ve diğ. (1999), beş yapı malzemesinden kaynaklanan (halı, PVC zemin kaplaması, dolgu macunu, zemin cilası ve duvar boyası) kimyasal ve duyuşsal emisyonları farklı

sıcaklık ve nem koşullarında test etmiş, sıcaklığın emisyonlar üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını, nemin ise su bazlı malzemeler (zemin cilası ve duvar boyası) için anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Horne ve diğ. (2009), duvar-döşeme-tavanda kullanılan mantar kaplamaların güçlü bir UOB kaynağı olduğunu belirtmiştir. Jo ve diğ. (2024), bir okul binasının sınıfında kullanılan boşluklu eski zemin malzemelerinin daha dayanıklı malzemelerle değiştirilmesi sonrasında partikül üretiminin, yenileme öncesine kıyasla yaklaşık 5-10 kat azaldığını göstermiştir. Jeon ve diğ. (2020), Kore'deki apartmanların iç mekan hava kalitesini iyileştirmek amacıyla, duvar kağıdı yapıştırıcılarından salınan tolueni uzaklaştırma verimliliği test edilen, toluen adsorbe eden bir boya üretmiştir. Bu boyanın apartmanın iç mekan havasından yaklaşık %96.3 tolueni adsorbe ettiğini doğrulamıştır.

2.4.2 Bitirme malzemelerinin insan sağlığına etkilerine göre seçiminde / değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler

Bitirme malzemelerinin insan sağlığına etkilerine göre seçilmesi, birçok açıdan zorlu bir süreçtir. Bu süreçte malzemelerin içindeki kimyasalların belirlenmesi, kimyasalların zamanla yarattığı etkilerin tespit edilmesi, insanların bu kimyasalları hangi koşul ve yollarla alacağını belirlenmesi hem güvenli hem erişilebilir hem de uygun maliyetli ürünlerin seçilmesi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bazı bina profesyonelleri, en düşük etkiye sahip ürünleri arama çabası içindeyken, yaşam döngüsü bilgileri sıklıkla mevcut değildir. YDD araçları, bu anlamda malzeme seçiminde insan sağlığı etkilerini yeterince dikkate almadığı için eleştirilmektedir (Atlee, 2011).

Literatürde yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendiren bazı çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu alanda bitirme malzemelerine yönelik oluşturulmuş bir yöntem bulunmamaktadır. Bu nedenle bu bölümde yapı malzemelerine yönelik oluşturulmuş, bitirme malzemelerinin de değerlendirilmesine ve seçimine olanak sağlayan model ve yaklaşımlar incelenmiştir. Yöntemler, iki başlık altında toplanmıştır:

- Yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendiren YDED modelleri
- Tehlike risk değerlendirmesi

2.4.2.1 Yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendiren YDED modelleri

YDED modelleri, yaşam döngüsü envanteri analiziyle hesaplanan kirleticilerin miktarına dayalı olarak insan sağlığı üzerindeki etkileri değerlendirir. Mevcut yöntemler, yapı malzemelerinin üretim sürecinde yayılan kirleticiler nedeniyle insan sağlığı üzerindeki etkilerini dikkate almış olsalar da kullanım aşamasında yayılan kirleticilerden kaynaklanan insan sağlığı etkileri yeterince dikkate alınmamaktadır (Park ve diğ., 2016).

YDED yöntemleri incelendiğinde, aralarında yapı malzemelerinin de bulunduğu tüm ürün sınıflarına yönelik hazırlanmış olan modellerin ve sadece yapı malzemelerine yönelik hazırlanmış olan modellerin bulunduğu gözlemlenmiştir. Tüm ürün sınıflarına yönelik hazırlanmış olan modellerin bir kısmı (Kaliforniya Toksik Emisyon Değerlendirme Modeli (CalTOX), GLOBOX, USES-LCA ve USEtox), özellikle insan sağlığına etkileri değerlendirmede kullanılmakta; diğer bir kısmı ise insan sağlığını da kapsayan orta nokta (CML, Ecological Footprint, EDIP, MeeUP, TRACI) son nokta (Eco-Indicator 99, EPS 2000, Eco-Scarcity, JEPIX) ya da her ikisini birleştiren yaklaşımları (IMPACT World+, Son nokta Modellemesine Dayalı Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme Yöntemi (LIME), LUCAS, ReCIPE) benimseyerek çevresel etkilerin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Fantke ve diğ., 2017; Karaman Öztaş, 2014; McKone & Enoch, 2002; van Zelm ve diğ., 2009; Wegener Sleeswijk & Heijungs, 2010).

Yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendiren orta nokta YDED modelleri; BRE-EP (insan zehirlenmesi), BPIC-ICIP (insan zehirlenmesi), BEES (insan sağlığı), Athena IE (insan sağlığı) ve son nokta YDED modeli BELES (insan sağlığına hasar) olarak bilinmektedir. Bu modeller, bölüm 2.3.2’de aktarılmıştır.

2.4.2.2 Tehlike risk değerlendirmesi

Tehlike risk değerlendirmesi, malzemelerin içindeki kimyasalların tespit edilmesi ve bu kimyasalların insan sağlığı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, *Sağlık Risk Değerlendirmesi* ve *Yeşilekran Risk Değerlendirmesi* gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra, malzemelerin içindeki kimyasalların kullanımını sınırlamak amacıyla oluşturulmuş listeler de bulunmaktadır. Bu listeler, genellikle "kırmızı listeler" olarak adlandırılır ve

insan sağlığına veya çevreye zararlı olabilecek kimyasalları içerir. Kırmızı listelerin amacı, bu tehlikeli maddelerin yapı malzemelerinde kullanılmaması veya alternatiflerinin tercih edilmesi gerektiğini vurgulamaktır. Böylece hem kullanıcıların hem de çevrenin korunmasına yönelik daha bilinçli malzeme seçimleri yapılabilmektedir. *Yaşayan Bina Mücadelesi (Living Building Challenge)* tarafından oluşturulan *kırmızı liste (the red list)*, insan sağlığına ve çevreye zararlı etkiler barındıran, binaların yapımında kullanılmaması gereken malzemeleri ve kimyasalları belirler. Bu liste; mimarlar, inşaat mühendisleri ve üreticilerin sürdürülebilir inşaat projeleri için malzeme seçimlerinde bilinçli ve sorumlu kararlar vermesine yardımcı olan bir seçim aracıdır (EK D1). *The Perkins & Will* tarafından oluşturulmuş *şeffaflık Listesi (Precautionary List)*, yapı malzemelerindeki toksik kimyasalları ve insan sağlığına zararlı bileşenleri açıkça ortaya koyar. Bu liste; mimarlar, tasarımcılar ve malzeme üreticileri için zararlı maddelerden kaçınma konusunda rehberlik sağlar (EK D2). *Beşikten beşiğe yasaklı kimyasallar listesi (cradle to cradle banned chemicals list)* beşikten beşiğe sertifikasyonunu almayı hedefleyen ürünler için kullanılması yasak olan kimyasalları içerir. Bu kimyasallar, insan sağlığına ve çevreye zarar veren, biyobirikime neden olan ya da toksik etkileri bilinen maddelerdir. Liste, kimyasal güvenliği ve malzeme sağlığı konularında ürünleri değerlendirir ve toksik olmayan alternatiflerin kullanımını teşvik eder (EK D3) (Polovina, 2018). *Basta Sistemi (The Basta System)* bir dizi opsiyonel ve zorunlu kriterleri içeren, tehlikeli kimyasalların tespit edilmesine olanak tanıyan bir değerlendirme listesidir. Bu sistemde ürünleri bulunan üreticiler, ürünün kimyasal bileşimini bildiklerine, bileşenlerin özelliklerini belirleme yeterliliklerine sahip olduklarına, ürünün gereklilikleri karşıladığını onayladıklarına ve rastgele bir denetim yapılması durumunda tam belgeleri sağlayabileceklerine dair bir anlaşmayı imzalar (Atlee, 2011).

Sağlık risk değerlendirmesi

Sağlık risk değerlendirmesi, iç ortam kirleticilerinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Amacı; belirli bir organizmaya, sisteme veya (alt) nüfusa yönelik riski tahmin etmektir. Bu süreç, maruz kalınan belirli bir ajana karşı ajanın doğasındaki özellikler ve hedef sistemin özellikleri dikkate alınarak, belirsizliklerin tanımlanmasını içerir. Kimyasalların insan sağlığı risk değerlendirmesi, kimyasallara bağlı tehlikeler, maruziyet ve zararların

değerlendirilmesine yönelik yöntem ve teknikleri kapsar. Sağlık risk değerlendirmesi, şu sorulara cevap arar:

- Kim/Ne/Neresi risk altında?
- Endişe yaratan çevresel tehlike nedir? Bu çevresel tehlikeler nereden geliyor?
- Maruziyet hangi yollar aracılığı ile gerçekleşir?
- Vücut çevresel tehlikeyi nasıl işler ? Sağlık etkileri nelerdir?
- Çevresel bir tehlikenin toksik etki göstermesi ne kadar sürer? Maruziyetin yaşamın hangi döneminde gerçekleştiği önemli mi? (EPA, 2024)

Risk değerlendirme süreci problem formülasyonu ile başlar ve dört adımı içerir: (a) tehlike tanımlama, (b) tehlike karakterizasyonu, (c) maruziyet değerlendirmesi ve (d) risk karakterizasyonu (Çizelge 2.19). Genellikle, tehlike tanımlama ve maruziyet değerlendirmesi adımlarına ilişkin bilgiler mevcut veritabanından elde edilir. Örneğin, Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından risk değerlendirmelerinde kullanılmak üzere kimyasal maddelere ilişkin tutarlı bilgi sağlamak amacıyla Entegre Risk Bilgi Sistemi (IRIS) geliştirilmiştir. Benzer şekilde, Dünya Bankası'nın Güneydoğu Asya Projesi kapsamında yürütülen Kalıcı Organik Kirleticilerin Sağlık Risk Yönetimi Bölgesel Kapasite Geliştirme Programı çerçevesinde, Kalıcı Organik Kirleticiler (POPs) için bir araç oluşturulmuştur (Park ve diğ., 2016).

Çizelge 2.19 : Sağlık risk değerlendirmesinin adımları (ECHA, 2015).

Adım	Tanım	İçerik
1 Problem formülasyonu	Değerlendirmenin kapsamını ve amacını, kabul edilebilir belirsizlik derecesiyle birlikte belirler	Soruyu tanımlama Ön bilgi Gerekli zaman ve kaynaklar İstenen değerlendirme çıktısının niteliği Analiz planı
2 Tehlike tanımlama	Olumsuz sağlık etkilerinin türünü ve niteliğini belirler	İnsan çalışmaları Hayvan temelli toksikoloji çalışmaları In vitro toksikoloji çalışmaları Yapı-aktivite çalışmaları Diğer öngörücü teknolojiler
3 Tehlike karakterizasyonu	Olumsuz sağlık etkilerine neden olma potansiyeline sahip bir maddenin doğasına dair niteliksel veya niceliksel tanımı	Kritik veri setlerinin seçimi Etki modları/mekanizmaları Kinetik değişkenlik Dinamik değişkenlik Kritik etkiler için doz/ maruziyet-yanıt ilişkisi
4 Maruziyet değerlendirmesi	Problem formülasyonunda belirlenen (alt) nüfusun belirli bir maddeye (örneğin, konsantrasyon veya miktar) maruziyet durumunun değerlendirilmesi	Maruz kalan nüfusun özellikleri Kaynaklar Büyükölçü Sıklık Süre Maruziyet yolu
5 Risk karakterizasyonu	Karar verme için tavsiyeler Niteliksel ifadeler veya öneriler ya da niceliksel rehberlik veya risk tahminleri	Etkilerin doğası ve şiddeti Etkilerin olasılığı Sağlık temelli rehberlik Endişe duyulan nüfuslar Belirsizlikler

Yeşilekran Kimyasal Risk Değerlendirmesi (Greenscreen Chemical Risk Assessment)

Yeşilekran Risk Değerlendirmesi, Temiz Üretim Aksiyonu (Clean Production Action) tarafından geliştirilmiş, kimyasalların insan sağlığına ve çevreye olan potansiyel tehlikelerini değerlendiren bir yöntemdir. Bu değerlendirme, 18 farklı tehlike kategorisinde kimyasallara dair tüm mevcut veriler ışığında yapılır. Amaç, kimyasalları bu tehlike sınıflarına göre derecelendirip onların çevresel ve insan sağlığı üzerindeki olası etkilerini anlamaktır.

Yeşilekran Risk Değerlendirmesi, her kimyasal için bir Benchmark (referans) puanı belirler. Bu puanlar kimyasalları en tehlikeli maddelerden daha güvenli alternatiflere kadar sınıflandırır. Puanlama, benchmark-1 (en tehlikeli) ile benchmark-4 (en güvenli) arasında yapılır. Ayrıca, eksik veri olması durumunda "belirsiz" (benchmark-U) şeklinde bir sınıflandırma da yapılabilir (EK D4). Hasar değerlendirmesi şu adımları içerir:

1. Değerlendirilecek olan kimyasalların belirlenmesi,
2. Kimyasalların değerlendirilmesi, kapsamlı toksikolojik verilerin incelenmesi, GreenScreen listelerinin kontrol edilmesi ve ana kimyasal için ölçülen verilerin eksik olduğu durumlarda uygun benzerlerden elde edilen tahmini verilerin veya modelleme verilerinin araştırılması, konu ile ilgili verilerin toplanması,
3. Her tehlike son noktası için risk derecelerinin sınıflandırılması (vH- çok yüksek tehlike, H- yüksek tehlike, M- orta tehlike, L- düşük tehlike, vL- çok düşük tehlike),
4. Her atanan tehlike seviyesi için güven düzeyinin (yüksek veya düşük) belirlenmesi. Güven düzeyi, veri kaynağı/ kaynakları ve kanıtların genel gücüne ilişkin uzman değerlendirmesiyle belirlenir. Hasar tablosunda kalın yazılmış olan harfler yüksek güven düzeyini, italik yazılmış olan harfler ise düşük güven düzeyini gösterir,
5. Her tehlike son noktası için değerlendirme yapacak yeterli bilgi olmadığında bu durumun Veri Eksikliği (DG) harfleri ile belirlenmesi,
6. Bulguların sonuçlandırılması ve hasar tablosunun oluşturulması,
7. Kimyasalların benchmark değerlerinin belirlenmesi (Greenscreen® For Safer Chemicals Chemicalhazard Assessment Procedure, 2013).

2.4.3 Mevcut insan sağığına etkileri değerdendiren yöntemlerin değerdendirilmesi

Mevcut yöntemlerin değerdendirilmesi sırasında her bir başlık, kendi içinde ele alınmıştır. YDED modelleri ele alınan yaklaşım, kategori göstergesi ve referans salımı birimi, veri temini, envanter analizi, modellemede yaşanan zorluklar başlıkları üzerinden değerdendirilmiştir.

Tehlike risk değerdendirmesi; değerdendirmelerin gereklilikleri, veri ve uzmanlık ihtiyacı, veri eksiklikleri ve belirsizliklerin değerdendirmeyi nasıl zorlaştırdığı gibi konular üzerinden değerdendirilmiştir.

2.4.3.1 Yapı malzemelerinin insan sağığına etkilerini değerdendiren YDED modellerinin değerdendirilmesi

Yapı malzemelerinin insan sağığına etkilerini değerdendiren YDED modelleri incelendiğinde; BPI-ICIP ve BRE-EP modellerinin orta nokta yaklaşımı ile insan zehirlenmesini değerdendirdiği gözlemlenmiştir. Her iki modelde de kullanılan kategori göstergesi referans salımı ve birimi 1.4 diklorobenzen eşdeğeridir. Athena IE ve BEES modelleri ise son nokta yaklaşımını esas alarak insan sağığı etki kategorisini ele almaktadır. Athena IE için referans salımı ve birimi PM 2.5 eşdeğer kütle, BEES için ise tolüen olarak verilmektedir.

YDED modellerinde insan sağığıının nasıl ele alınacağı veya hangi etkenlerin dahil edileceği konusunda bir görüş birliği yoktur. YDED, bilimsel olarak savunulabilir analizler için gerekli zaman ve mekansal detayları (örneğin, emisyon konsantrasyonları, eşik değerdeler, emisyon salım zamanı) dikkate almayabilir. İnsan sağığıına etkileri ölçen kategorilerde etkenin şiddeti ve gücünü tutarlı bir şekilde dahil etmek zordur. Belirsizlikler tam olarak tanımlanamamakta ve modelin etkiyi doğru temsil etme yeteneğine dayanmaktadır. Etki değerdendirme sonuçlarını anlamak zordur. Bazı kimyasallar için yeterli veri olmaması ve sınıflandırmaların güncel bilgilere dayanmaması YDED ile malzeme değerdendirmelerini zorlaştıracaktır. Ayrıca, YDED kullanım aşamasındaki kirlетici etkileri tam kapsamadığından insan sağığı üzerindeki potansiyel etkilerde kayıplara neden olabilir. Özellikle son nokta yaklaşımlarında modelleme zorlukları ve parametre belirsizlikleri yaşanabilir.

2.4.3.2 Tehlike risk değerlendirmesinin değerlendirilmesi

Sağlık risk değerlendirmesi, çevresel tehlikelerin insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendiren sistematik bir süreçtir. Doęru uygulandığında bu değerlendirme, kamu sağlığının korunmasında etkili bir araç olarak önemli bir rol oynar. Ancak, sağlık risk değerlendirmesinin dezavantajları da vardır. Yüksek düzeyde uzmanlık ve büyük miktarda veri gerektirmesi, süreci karmaşıık ve maliyetli hale getirebilir. Verilerdeki eksiklik veya belirsizlik, değerlendirme sürecini olumsuz etkileyerek riskin tam olarak anlaşıłmasını zorlaştıracaktır. Bazı durumlarda, veriler tam veya kesin olmadığında tahminler yapılmak zorunda kalınabilir, bu da riskin yanlış değerlendirilmesine yol açabilir.

Yeşilekran Risk Değerlendirmesi, kimyasalların insan sağlığı ve evre üzerindeki etkilerini değerlendirerek güvenli alternatiflerin belirlenmesine destek sağlar. Güvenilir veri ve literatür kaynaklarıyla çalışarak kullanıcıların bilimsel temelli sonuçlara ulaşmasını mümkün kılar. Uluslararası standartlarla uyumluluğu ise değerlendirmelerin geçerliliğini artırır. Detaylı sağlık risk değerlendirme süreci yüksek bilgi ve uzmanlık gerektirirken, bazı kimyasallar için veri eksiklikleri güvenilir sınıflandırmaları zorlaştıracaktır. Özellikle nadir veya yeni kimyasalların değerlendirilmesinde bu eksiklikler sorunlara neden olabilir. Yeşilekran Risk Değerlendirmesi, kimyasalları mevcut verilerle değerlendirir; bu da gelecekte yeni bulgular ortaya çıktığında sınıflandırmaların güncellenmesini gerektirebilir. Ayrıca, bazı kimyasalların yan etkilerinin hemen ortaya çıkmaması gizli tehlikeler yaratabilir. Değerlendirme süreci, birkaç aşamadan oluşur.

Öncelikle, değerlendirme kapsamı belirlenir. Bu aşamada, çalışmanın amacı tanımlanır ve değerlendirilecek kimyasallar seçilir. Daha sonra, çevresel ve insan sağlığı açısından toplam 18 tehlike kategorisinde kimyasal riskler incelenir. Bu kategoriler, insan sağlığı tehlikeleri (kanserojenlik, mutajenlik, üreme ve gelişim toksisitesi gibi), çevresel tehlikeler (suda toksisite, kalıcılık ve biyobirikim), fiziksel tehlikeler (yanıcılık ve reaktivite) ve küresel etkiler (ozon tabakası incelmesi, küresel ısınma potansiyeli) olarak dört ana başlık altında toplanır. Bu süreçte bilimsel literatür, yasal dokümanlar ve REACH (Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması), EPA, ECHA (Avrupa Kimyasallar Ajansı) gibi veri tabanlarından bilgi toplanır.

Ardından, her tehlike kategorisi için kimyasalın tehlike seviyesi (yüksek, orta, düşük, çok düşük) belirlenir ve eksik veri varsa belirtilir. Bu analiz, kimyasalın ayrıntılı bir tehlike profili oluşturulmasını sağlar. Daha sonra Yeşilekran, kimyasala genel tehlike profiline dayanarak BM-1 (yüksek risk) ile BM-4 (tercih edilen, güvenli seçenek) arasında bir Benchmark Puanı (BM) atar. Bu puanlar, kimyasalın risk seviyesini ve kullanım önceliğini açıkça ifade eder.

Değerlendirme sonuçları, paydaşların bilinçli kararlar almasına yardımcı olur. Bu sonuçlar, tehlikeli kimyasalların daha güvenli alternatiflerle değiştirilmesi, sürdürülebilirlik hedeflerine uygun ürünlerin geliştirilmesi ve tedarik zincirinde kimyasal güvenliğinin artırılması gibi konularda rehberlik sağlar. Ayrıca, aynı işlevi gören birden fazla kimyasalın bulunduğu durumlarda, bu kimyasalların tehlike profilleri karşılaştırılarak en güvenli seçeneğin belirlenmesi sağlanır.

2.5 Bölüm Sonucu

Yapı malzemelerinin çevresel etkilerini değerlendirme yöntemleri incelendiğinde, özellikle iç mekân bitirme malzemelerine özgü bir seçim modelinin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Mevcut modeller, genellikle geliştirildikleri ülkelerin yerel koşullarına göre tasarlandığından, diğer ülkelerde uygulanabilirlikleri sınırlıdır. Envanter analizi, uzun zaman ve yoğun çaba gerektirmekte olup, veri güvenilirliğini de azaltmaktadır. YDD ve YDED dışındaki diğer yöntemler çevresel etkileri yüzeysel bir yaklaşımla değerlendirmekte olup, tüm ülkeler tarafından kabul görmüş bir temele dayanmamaktadır. YDED modellerinde etki kategorileri, kategori göstergeleri, tanımlama modelleri ve normalleştirme adımları farklılık gösterirken, ağırlıklandırma aşamaları subjektif değerlendirmelere dayanmaktadır. Ayrıca yapı ve servis ömürleri çoğu yöntemde net olarak tanımlanmamış ya da tüm malzemeler için aynı servis ömrü varsayılmıştır. Malzemelerin yenilenme sıklıkları ve buna bağlı çevresel etki tekrar sayıları çoğu modelde göz ardı edilmekte veya yanlış belirlenen servis ömrü nedeniyle hatalı sonuçlara yol açmaktadır. Tüm bu eksiklikler göz önüne alındığında, bitirme malzemelerinin çevresel etkilerini dikkate alarak seçim yapabilmek için sistematik bir yöntemin gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Değerlendirilen yöntemler arasında, YDED odaklı bir modelin geliştirilmesi, bu gereksinimi karşılama potansiyeli taşımaktadır.

Yapı malzemelerinin nitelik performanslarına göre seçiminde kullanılan yöntemler incelendiğinde, özellikle bitirme malzemelerine yönelik özel bir seçim modelinin mevcut olmadığı görülmektedir. Gereksinimlere dayalı yöntemler teorik olarak avantaj sağlasa da pratikte çeşitli sınırlamalar barındırmaktadır. Bazı yöntemler uzman görüşlerini içerecek şekilde kullanıcı ihtiyaçlarına dayalı bir süreç sunmakta; ancak düzenli veri yapısının eksikliğinde işlevselliği azalmaktadır. Bazı yöntemler, malzeme seçimini sistematik bir hiyerarşiyle ele alsa da uzun analiz süreleri nedeniyle uygulamada verimliliği düşürmektedir. Diğer yöntemler ise rehberlik amaçlı olup detaylı analizler için yeterli değildir. Subjektif unsurlar da nesnel değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır. Ülkeye özgü veri yapılarıyla sınırlı yaklaşımlar, yerel koşullara uyarlanamadığında etkinliğini kaybetmektedir. Bu sebeplerle, bu yöntemlerin doğrudan kullanımı verimlilik ve nesnellik açısından yetersiz kalabilmektedir. Değerlendirme tekniklerine dayalı yöntemlerde yüksek maliyet, uzun analiz süreçleri ve veri eksiklikleri süreci verimsiz hale getirmekte; bazı yöntemlerin subjektif değerlendirmelere dayanması ise nesnelliği zedelemektedir. Ayrıca, yenilikçi malzemeler çoğunlukla kapsam dışı kalmaktadır.

Bu eksiklikler, bitirme malzemesi seçiminde mevcut yöntemlerin doğrudan kullanımını sınırlamaktadır. Bitirme malzemelerinin nitelik performanslarını dikkate alarak seçim yapabilmek için sistematik bir yöntemin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bitirme malzemelerinin niteliklerine göre seçimde pek çok kriter ve verinin değerlendirilmesi gerektiğinden, ÇKKV yöntemleri bu ihtiyacı karşılayabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında incelenen ÇKKV yöntemlerinden, kullanım kolaylığı, çalışma amacıyla örtüşen uygulama alanı, güvenilirlik, farklı birimleri ortak bir paydaya getirebilme kapasitesi ve subjektif yapısı nedeniyle, bitirme malzemelerinin nitelik performanslarının değerlendirilmesinde MOORA yöntemi seçilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan ÇKKV sürecindeki ağırlıklandırma yöntemleri değerlendirildiğinde ise kullanım kolaylığı, güvenilirlik ve nesnellik özellikleri nedeniyle Entropi yöntemi tercih edilmiştir.

Yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini değerlendirme yöntemleri incelendiğinde, özellikle bitirme malzemelerine özgü bir seçim modelinin bulunmadığı belirlenmiştir. İncelenen YDED modellerinde; etki kategorileri, kategori göstergeleri, tanımlama modelleri, normalleştirme ve ağırlıklandırma aşamalarında bir görüş birliğine ulaşılamamaktadır. Envanter aşamasının uzun ve yorucu olması, veri

eksikliklerine yol açmakta ve sonuçların etki gücü ve şiddetini net bir şekilde ifade etmesini engellemektedir. Ayrıca, kullanım sürecinde bakım ve yenilemelerin etkileri yeterince dikkate alınmamaktadır. Modeller ülkelerin yerel koşulları dikkate alındığı için tüm ülkeler tarafından kullanılabilir nitelikte değildir. Bu durum, modellerde belirsizliklerin varlığına işaret etmektedir.

Tehlike risk değerlendirme yöntemleri incelendiğinde ise, özellikle Yeşilekran Risk Değerlendirmesi'nin bu alanda önemli gelişmeler kaydettiği görülmüştür. Malzemelerde bulunan kimyasallar, bu yöntem kullanılarak değerlendirilebilmekte ve bu yöntem, tüm ülkelerde kimyasalların potansiyel etkilerini analiz etmede kullanılabilmektedir.

Mevcut yöntemlerdeki eksiklikler, bitirme malzemesi seçiminde doğrudan kullanım sınırlamaları yaratmaktadır. Değerlendirilen yöntemler arasında, YDED odaklı bir modelin geliştirilmesi bu ihtiyaca çözüm getirebilme potansiyeline sahiptir.



3. İÇ MEKÂN BİTİRME MALZEMESİ SEÇİM MODELİ

Bu bölümde, bitirme malzemelerinin çevresel etkileri, nitelik performansı ve insan sağlığına etkileri göz önünde bulundurularak seçim yapılmasına yönelik geliştirilen modelin (EK-E) detayları anlatılmaktadır.

Bu seçim modeli kapsamında, en az iki malzeme alternatifinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Modelde ilk aşama, değerlendirilecek olan bitirme malzemelerinin sistemine (duvar-döşeme-tavan) karar verilmesi, ikinci aşama ana bitirme malzemesi alternatiflerinin seçilmesi, üçüncü aşama ise seçilen ana malzemelerin uygulama yöntemine göre gerekli tamamlayıcı malzemelerin belirlenmesidir. Bu kararların alınabilmesi için kullanıcı Bölüm 2’de verilen Çizelge 2.1’den yararlanabilir.

3.1 Çevresel Etki Puanının Hesaplanması

YDD, ürün sistemini birim süreçlerden oluşan bir ağ olarak gören bir modele dayanır. Birim süreç, ürün sistemindeki belirli bir faaliyeti ya da bir grup faaliyeti temsil eder ve bilgi akışlarını (kullanılabilir enerji, hammadde ve kaynakların girişini ve ürün, atıklar ve emisyonların çıkışını) kaydeder (Finnveden ve diğ., 2009). Birim süreçler, bilgi akışları yoluyla doğrusal olarak birbirine bağlanır. İlgi duyulan referans akışına göre ürün sisteminin hesaplanması, tüm yaşam döngüsü boyunca çevreyle olan tüm bilgi akışlarının toplamını, yani YDE’yi verir. YDD prosedüründeki bir sonraki adım olan YDED, bu bilgi akışları ile ilgili envanter verilerini kullanarak çevre üzerindeki etkileri belirler.

Bu süreçler, sistemin karmaşıklığını önemli ölçüde azaltmasına rağmen, YDD’nin yüksek veri gereksinimlerine cevap verme konusunda yetersiz kalmaktadır. Bir ürünün yaşam döngüsü, bilgi akışlarının belirlenmesi gerektiği için birçok birim süreci kapsar. Birim süreçlere dair verileri toplamada karşılaşılan zorluklar nedeniyle YDE veritabanları kullanılır. YDE veritabanları, herhangi bir YDD çalışmasının bel kemiği olarak kabul edilebilir (Reinhard ve diğ., 2016).

YDD çalışmaları için geliştirilmiş farklı veritabanları bulunmaktadır. 2000 yılında İsviçre Federal Ofisleri ve ETH araştırma enstitüleri tarafından geliştirilen Ecoinvent, (Frischknecht ve diğ., 2005), 1990'lı yılların sonunda Fraunhofer Yapı Fiziği Enstitüsü (Fraunhofer IBP) ve Uluslararası Ürün Ekolojisi (PE International) iş birliği ile geliştirilen Gabi database (Kupfer ve diğ., 2017), 2007 yılında Avrupa komisyonu tarafından geliştirilen ve 2010 yılında kullanıma sunulan ILCD veritabanı (Recchioni ve diğ., 2012), 1993 yılında Plastics Europe tarafından geliştirilen ve polimerler ile ilgili bilgiler içeren Eco-Profiles veritabanı (Plastics Europe, 2019), 1997 yılında Athena Sürdürülebilir Malzemeler Enstitüsü tarafından geliştirilen Athena veritabanı (ATHENA, 2013), 1991 yılında NREL ve partnerleri tarafından geliştirilen US LCI veritabanı (NREL, 2012), 1980 yılında Danimarka Çevre ve Çalışma Bakanlığı tarafından geliştirilen Probas (Flyvholm ve diğ., 1991) veritabanı en çok kullanılan veritabanları olarak bilinmektedir. Bunların dışında Ökobaudat, Worldsteel, OpenLCA Nexus, Sphera, Circularity Package, OzLCI2019, EuGeos' 15804-IA, LC-Inventories.ch, Exiobase, AusLCI, Base Carbone kullanılan diğer envanter veritabanları olarak tespit edilmiştir.

Günümüzde birçok araştırmada bu veritabanlarından yararlanılmasına rağmen, içeriklere erişim genellikle sınırlıdır ve veriler, telif hakları ile koruma altına alınmış durumdadır. Öte yandan EPD veritabanı, herkesin erişimine açık olmasıyla, çevresel verilerin daha geniş bir kitle tarafından kullanılmasını sağlayarak bilimsel çalışmaların şeffaflığını artırmaktadır. EPD, bir ürünün yaşam döngüsü değerlendirmesi yoluyla ölçülebilen çevresel bilgilerin bir kaynağıdır. ISO 14025:2010, ISO 21930:2017, EN 15804 genellikle Tip III çevresel etiketler olarak adlandırılan EPD'leri düzenler (EN, 2019; ISO, 2010b; ISO, 2017). Bu etiketler, şeffaf, isteğe bağlı ve üçüncü taraf doğrulamasına tabi bilgi formlarıdır.

EPD'lerin ilk ortaya çıkışı, çevresel etiketlerin 1990'larda üretilmesi ile başlamıştır. Daha sonra Japonya Ürün Kategori Kuralları'nı (PCR) geliştirerek EPD'lerin temelini atmıştır. 2000'lerin sonlarına doğru Almanya ve Norveç gibi ülkeler de yapı ürünleri için EPD geliştirme çalışmalarına başlamıştır (Fet & Skaar, 2006). Sürdürülebilirlik konusundaki farkındalığın artmasıyla birlikte, Avrupa Standartlar Komitesi (CEN), ISO 14025:2010 ve ISO 21930:2007 gibi EPD'ler için gerekli standartları oluşturmak üzere bir teknik komite kurmuştur (Schmincke & Grahl, 2006). EPD'lerin gelişmesiyle birlikte, endüstri paydaşları da ürün beyannameleri oluşturmuştur. UL Environment

gibi çeşitli kuruluşlar, Tip I ve Tip III EPD'lerine yönelik hizmetler sunmaya başlamıştır (Bergman & Taylor, 2011).

Günümüzde EPD'ler, ürünler hakkında güvenilir bilgi elde etmek, alternatifleri karşılaştırmak ve ürün seçimi için araçlar geliştirmek amacıyla birçok çalışmada kullanılmaktadır. 2018'den 2021'e kadar yapı ürünleri için EPD sayısı %100 artarak 10.000'e ulaşmıştır (Anderson, 2021). Ocak itibarıyla bu sayı dünya genelinde 80.000'e ulaşmıştır (Anderson, 2023). EPD'lerin YDD çalışmalarında kullanımı, SETAC (Klöpper, 2006) ve yaşam döngüsü araştırmalarını geliştirmeyi amaçlayan ILCD tarafından onaylanmıştır (Palumbo, 2021). Bazı yeşil bina sistemleri ve sürdürülebilirlik organizasyonları da EPD'lerin kullanılmasını desteklemektedir (Dodd ve diğ., 2017; Stoiber ve diğ., 2021). Örneğin, BREEAM International, yaşam döngüsü değerlendirmelerinde en az beş malzeme için EPD belgeleri talep etmektedir. İspanya'nın Verde sertifikasyon sistemine göre, toplam kütleyle dayalı olarak, birincil yapı malzemelerinin %70-100'ü ve diğer malzemelerin %20-40'ı EPD sertifikalı olmalıdır (Soust-Verdaguer ve diğ., 2017). EPD'ler, ürünlerin çevresel etkileri hakkında bilgi arayanlar için kolayca anlaşılabilir belgeler olarak kabul edilmektedir (Bergman & Taylor, 2011). Literatürdeki birçok çalışma, çevresel etki sonuçlarını hesaplamak veya karşılaştırmak için EPD'leri veri kaynağı olarak kullanmaktadır (Lasvaux ve diğ., 2015; Palumbo, 2021; Strazza ve diğ., 2016; Ylmén ve diğ., 2019).

3.1.1 Çevresel etki kategorilerinin seçilmesi

YDED'in ilk adımı, çevresel etki kategorilerinin, kategori göstergelerinin ve tanımlama modellerinin seçilmesidir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen modelde; orta nokta yaklaşımı esas alınmıştır. Model kullanıcısı için önemli çevresel etki kategorileri, EN 15804 standardı aracılığı ile belirlenecektir. EN 15804, yapı malzemeleri için EPD'leri tanımlayan Avrupa standardıdır. Bitirme malzemelerinin çevresel etki sonuçları; erişim kolaylığı, güvenilirlik, şeffaflık ve tutarlılık gibi sebeplerden ötürü EPD veritabanları aracılığı ile elde edilecektir. Dünya çapında oluşturulan EPD veritabanlarının listesi Çizelge 3.1'de verilmiştir.

EPD'ler, aynı fonksiyonel birimi paylaşmadıkları sürece doğrudan karşılaştırılmaz (Abd El-Hameed ve diğ., 2017). Modelde benimsenen fonksiyonel birim, 1 m²'dir. Karşılaştırılmak istenen alternatiflerin fonksiyonel birimleri farklıysa, denklem 3.1 ve 3.2 uygulanmalıdır (Kalkan, 2020):

Çizelge 3.1 : EPD veritabanlarının listesi (Anderson, 2023).

Veritabanı	Ülke	Veritabanı	Ülke
FDES	Fransa	ZAG	Slovenya
IBU	Almanya	EPD Ireland	İrlanda
International EPD	Uluslararası	SÜGB	İsviçre
EPD Norge	Norveç	UL Environment	Amerika
PEPecopassport	Fransa	SCS Global	Amerika
BRE EN 15804 EPD	İngiltere	IFT Rosenheim	Almanya
GlobalEPD	İspanya	NSF	Amerika
ITB	Polonya	EAA EPD	Amerika
MRPI	Hollanda	BCS Öko-Garantie	Almanya
EPD Italy	İtalya	EPD Turkey	Türkiye
RTS EPD	Finlandiya	Bau EOD	Avusturya
EPD Danmark	Danimarka	DAPHabitat	Portekiz
DAPcons	İspanya		

$$UM = \frac{1}{A_k} \quad (3.1)$$

UM= 1 m² alan için gerekli m³-kg cinsinden ürün miktarı, A_k= fonksiyonel birimi 1 m³-kg olan ürünün m² cinsinden kapladığı alan

$$ED_i = UM \times FED_i \quad (3.2)$$

ED_i= 1 m² alan için gerekli ürün miktarının farklı i çevresel etki kategorileri için çevresel etki değerlendirme puanı, UM= 1 m² alan için gerekli m³-kg cinsinden ürün miktarı, FED_i= fonksiyonel birimi 1 m³-kg olan ürünün farklı i çevresel etki kategorileri için etki değerlendirme puanı

ISO (2020)'de belirtildiği üzere fonksiyonel bir birimin başlıca amaçlarından biri, girdi ve çıktı verilerinin normalleştirilebileceği bir referans noktası sunmaktır. Model kapsamında fonksiyonel birimlerin normalleştirilmesi ile malzemeler karşılaştırılabilir hale gelmektedir.

3.1.2 Normalleştirme

EPD belgelerindeki çevresel etki değerleri, farklı birimlerde ifade edilen karakterizasyon değerleridir ve bu birim farklılıkları nedeniyle birbirleriyle toplama işlemi yapılamaz. Modelde her bir malzeme için toplam çevresel etki puanının hesaplanması istendiği için birimlerin ortak bir değere getirilmesi gerekmektedir. Bu da YDED'in isteğe bağlı adımlarından biri olan normalleştirme ile mümkündür.

Normalleştirme yöntemleri, Bölüm 2.3.2'de aktarılmıştır. Harici normalleştirme yöntemleri, normalleştirme faktörlerinin kullanımı nedeniyle dahili normalleştirmeye göre daha büyük belirsizliklere sahiptir ve özellikle normalleştirme faktörleri belirlenmemiş ülkelerde veri eksikliğinden ötürü kullanılamamaktadır (Breedveld ve

diğ., 1999; Huijbregts ve diğ., 2003). Her bir etki kategorisinin normalleştirilebilmesi için, çok sayıda farklı emisyon değerinin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Stranddorf ve diğ., 2005). Ayrıca emisyon değerleri yıldan yıla değişiklik gösterdiği için, belirli bir süre sonunda güncellenmesi de gerekmektedir (Aymard & Botta-Genoulaz, 2017; Bare ve diğ., 2016). Karşılaştırmalı bir YDD çalışmasında normalleştirme referanslarının kullanılması, bir karar probleminin önemli yönlerini maskeleyebilir, çünkü normalleştirilmiş etki, normalleştirme referansının boyutuna bağlıdır (White & Carty, 2010). Dahili normalleştirme yöntemleri sayesinde, bu sorunların üstesinden gelinebilmektedir (Roesch ve diğ., 2020; Sousa ve diğ., 2021). Harici normalleştirmede “bu ürün, genel soruna önemli ölçüde katkıda bulunuyor mu?” sorusunun cevabı aranırken, dahili normalleştirmede “çalışma içerisindeki iki ürün nasıl karşılaştırılabilir?” sorusunun cevabı aranır. Harici normalleştirme, uluslararası ölçekte yaygın olarak kullanılırken (Pizzol ve diğ., 2017), ulusal ölçekte veri eksikliğinden ötürü yalnızca bazı etki değerleri için kullanılabilir (Karaman Öztaş, 2014). Sousa ve diğ. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada harici normalleştirme verilerinin yetersiz olduğu ülkelerde, dahili normalleştirme yöntemleri önerilmektedir. Tüm bu konular dikkate alındığında dahili normalleştirme yöntemleri, harici yöntemlere göre modelde kullanıma daha uygun görünmektedir.

YDED çalışmalarında en çok kullanılan dahili normalleştirme yöntemlerinden biri, toplama bölme yaklaşımıdır (Laurent & Hauschild, 2015; Norris, 2001). Bu yaklaşım, aynı zamanda AHP yönteminde de kullanılmaktadır (Saaty, 1987). Model kapsamında toplama bölme yaklaşımı esas alınmaktadır (denklem 3.3).

$$NTED_i = \frac{TED_i}{\sum TED_i} \quad (3.3)$$

$NTED_i$ = i çevresel etki kategorisinin normalleştirilmiş toplam etki değerlendirme puanı; TED_i = i çevresel etki kategorisinin etki değerlendirme puanı; $\sum TED_i$ = i çevresel etki kategorilerinin toplam puanı

Modelde her bitirme malzemesi alternatifi için bir toplam puan elde edilmek istenmektedir. Bu nedenle (ISO, 2020)’de belirtildiği üzere normalleştirilmiş etki değerlendirme puanlarının toplanması gerekmektedir. Buna yönelik geliştirilmiş olan denklem 3.4, daha önce gerçekleştirilmiş bazı çalışmalarda da (Gloria ve diğ., 2007; Karaman Öztaş, 2014) kullanılmıştır.

$$CP_{altn} = \sum_{i=1}^s NTED_i \quad (3.4)$$

CP_{altn} = Farklı n bitirme malzemeleri için toplam çevresel etki puanı; s= çevresel etki kategorisi sayısı; $NTED_i$ = i çevresel etki kategorisinin normalleştirilmiş toplam etki değerlendirme puanı

3.1.3 Toplam puanın hesaplanması

Bitirme malzemeleri, belirli aralıklarla yenilenmektedir. Yenilenme sırasında malzemelerin çevresel etkileri tekrarlanmaktadır. Kalkan (2020) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada kauçuğun başlangıçta seramikten 2,5 kat daha yüksek çevresel etki gösterdiği ve 100 yıllık yapı servis ömrü süresince yenilemeler dikkate alındığında bu etkinin 5 kata çıktığı belirtilmiştir. Kapsamlı bir çevresel etki değerlendirmesi için hem yapı hem de malzeme servis ömürleri önemlidir.

ISO (2012), yapı ve diğer strüktürler servis ömrünü 50 yıl olarak belirlemektedir. Bu süre, gerçekleştirilen diğer çalışmalarda da desteklenmektedir (Morales ve diğ., 2022; Rasmussen ve diğ., 2020). Bitirme malzemelerinin servis ömürleri, Bölüm 2’de Çizelge 2.2’de verilmiştir. Yapı servis ömrü dikkate alınarak, malzemelerin servis ömürlerine bağlı yenilenme sıklıkları (YS) Çizelge 3.2’de gösterilmektedir. Model kapsamında kısmi yenileme göz ardı edilerek malzemelerin tamamen yenilendiği varsayılmaktadır.

Çizelge 3.2 : Malzemelerin servis ömürlerine göre 50 yılda yenilenme sıklıkları.

DUVAR														DÖŞEME										TAVAN																				
YS	Malzeme														YS	Malzeme														YS	Malzeme													
	Ahşap kaplama	Alçı kaplama	Boya	Cam kaplama	Doğal taş kaplama	Duvar kâğıdı	Kompozit kaplama	Mantar kaplama	Metal kaplama	Organik kaplama	Polimer kaplama	Seramik kaplama	Sıva	Yapay taş kaplama		Ahşap kaplama	Doğal taş kaplama	Halı kaplama	Kompozit kaplama	Linolyum kaplama	Mantar kaplama	Polimer kaplama	Seramik kaplama	Yapay taş kaplama	Ahşap kaplama	Alçı kaplama	Boya	Cam kaplama	Metal kaplama		Mineral kaplama	Polimer kaplama	Seramik kaplama											
0	0	4	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	4	1	1	3	1	0	0	2	0	4	1	1	1	1	0													

Toplam çevresel etki puanının hesaplanabilmesi için 3 yöntem önerilmektedir. Birinci yöntem, yenilenmenin göz ardı edilmek istendiği durumlarda kullanılabilir. Bu noktada toplam puan, farklı n bitirme malzemeleri için toplam çevresel etki puanı ile ifade edilmektedir (denklem 3.5).

$$TP=CP_{altn} \quad (3.5)$$

TP= toplam puan; CP_{altn} = farklı n bitirme malzemeleri için toplam çevresel etki puanı

İkinci yöntem, yenilemenin aynı malzemelerle yapılması durumunda uygulanabilir. Bu durumda, toplam puan, malzemenin üretiminin (ilk üretim dahil) 50 yıllık yapı ömrü boyunca kaç kez tekrarlandığına göre hesaplanır (denklem 3.6).

$$P = CP_{altn} \times (YS_{altn} + 1) \quad (3.6)$$

TP= toplam puan; CP_{altn} = farklı n bitirme malzemeleri için toplam çevresel etki puanı; YS_{altn} = farklı n bitirme malzemeleri için yenilenme sıklığı

Üçüncü yöntem, yenilemenin farklı malzemeler ile yapılacak olması durumunda geçerlidir. Bu noktada toplam puan, farklı n bitirme malzemelerinin çevresel etki değerlendirme puanlarının tek tek hesaplanması, 50 yıllık yapı servis ömründe yenilenme sıklıkları ile çarpılması ve sonuçların toplanması ile ifade edilmektedir. Malzeme seçimi aşamasında yenileme sırasında kullanılacak bitirme malzemelerinin bilinmesi mümkün olmadığı için modelde bu yöntem, öneri olarak verilmektedir; ancak, ihtiyaç duyulması durumunda kullanılabilir (denklem 3.7).

$$TP = (\sum_{n=1}^k CP_{altn} \times YS_{altn}) + CP_v \quad (3.7)$$

TP= toplam puan; k= çevresel etki puanı sayısı; CP_{altn} = farklı n bitirme malzemeleri için toplam çevresel etki puanı; YS_{altn} = farklı n bitirme malzemeleri için yenilenme sıklığı; CP_v = varolan bitirme malzemesinin çevresel etki değeri

3.2 Nitelik Performans Puanının Hesaplanması

Bitirme malzemelerinden beklenen nitelikler Bölüm 2’de Çizelge 2.13’te verilmiştir. Bu aşamada öncelikle malzemelerin nitelik değerlerinin ve “beklenti”nin belirlenmesi gerekmektedir (Çizelge 3.3). Bazı nitelikler (örneğin nitelikli işgücü), sayısal olarak ifade edilememektedir. Farag (2008)’e göre bu tip durumlarda, nitelikler sayısallaştırılabilir. “Seçeneklerin sahip olduğu somut değerler hesapla veya deneyle, soyut olanları benzeşim veya değer yargılarına dayalı olarak saptanır” (Arioğlu, 1993). Modelde sayısal olarak ifade edilemeyen değerler için *1-düşük, 2-orta, 3-yüksek* önem değerleri seçilen malzeme alternatifleri karşılaştırılarak belirlenecektir. Önem değeri kullanılması önerilmeyen niteliklerin sayısal sonuçlarına ulaşılamaması durumunda, bu nitelikler için de önem değerleri kullanılabilir.

Çizelge 3.3 : Niteliklerin önem ve beklenti değerleri (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, 2007; Asaş Alüminyum, t.y.; Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, 2013; Ergenç, 2007; Kanniyapan ve diğ., 2019; Sirel, t.y.; Toydemir ve diğ., 2000; Ülker, 2009).

AŞAMA/ NİTELİK		NİTELİKLER		NİTELİK DEĞERİ	BEKLENTİ				
YAPIM AŞAMASI	YAPIM	Yapım süreci ile ilgili nitelikler	Atık üretimi (kg/m²)		düşük				
			Kaynak kullanımı		düşük				
			Nitelikli işgücü		opsiyonel				
			Yapım maliyeti (tl/m²)		düşük				
			Yapım süresi (gün)		düşük				
KULLANIM AŞAMASI	KULLANIM	Kullanım süreci ile ilgili nitelikler	Bakım-onarım maliyeti		düşük				
			Kullanıcıya bağlı nitelikler		yüksek				
			Servis ömrü (yıl)		yüksek				
			Yangın ile ilgili nitelikler	Damla/tanecik oluşturma		düşük	A1		
	MALZEME ÖZELLİKLERİ			Duman oluşturma		düşük	A1		
				Yanıcılık sınıfı		yüksek	A1, A2, B, C, D		
				Yangına dayanım süresi (bulunduğu yapı elemanı içerisinde-dk)		yüksek	Duvar= 60 dk		
							Döşeme=60 dk		
							Asma tavan=30 dk		
				Yüzey özellikleri ile ilgili nitelikler	Işık geçirgenliği		opsiyonel		
					Işık yansıtma (%)		opsiyonel		
					Yürüme güvenliği		yüksek		
				Ses ile ilgili nitelikler	Ses iletimi (STC)		düşük		
					Ses yutuculuk		yüksek		
				Isı ile ilgili nitelikler	Isı geçirgenlik direnci (m²K/W)		opsiyonel		
					Isı biriktirme kapasitesi (W/m²K)		opsiyonel		
					Isı iletkenlik katsayısı (W/m.K)		opsiyonel		
					Isıl genleşme (cm/cm°C)		opsiyonel		
				Yükler ve kuvvetler ile ilgili nitelikler	Aşınma dayanımı (cm³/50cm²)		yüksek		
					Basınç dayanımı (kgf/cm²)		yüksek		
					Çekme dayanımı (kgf/cm²)		yüksek		
					Darbe dayanımı (kgf.cm/cm³)		yüksek		
					Eğilme dayanımı (kgf/cm²)		yüksek		
					Sertlik		yüksek		
				LEJAND					
					Önem değeri önerilmemektedir				
					Önem değeri alternatifler arasında karşılaştırma ile seçilmeli (1-düşük, 2-orta, 3-yüksek)				

Malzemelerin nitelik performans puanını hesaplamak için fayda-zarar analizi yapılabildiği, kalitatif ve kantitatif nitelikleri değerlendirebildiği, objektif ve güvenilir olduğu ve kolaylıkla kullanılabilirdiği için ÇKKV yöntemlerinden MOORA kullanılmaktadır. MOORA yönteminin uygulanması sırasında, nitelikler ağırlıklandırılmak istenebilir. Objektif bir yöntem olan Entropi, niteliklerin önem derecelerini, kendi aralarında üstünlük içeren bir sıralama yapmadan belirlemektedir. Yöntemde, istenirse kullanıcının kendi belirlediği önem ağırlıkları da hesaplama da dahil edilebilmektedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında kullanımı uygun görülmüştür.

3.2.1 MOORA yönteminin uygulanması

MOORA yönteminin adımları şu şekildedir:

1. Öncelikle bitirme malzemesi alternatiflerini ve değerlendirilecek nitelikleri içeren karar matrisi oluşturulur (denklem 3.8):

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

X = karar matrisi; m = bitirme malzemesi alternatifi sayısı; n = nitelik sayısı

2. Her bir alternatifin her bir niteliğe göre değeri normalleştirilir (denklem 3.9). Normalleştirme, her alternatifin belirli bir nitelikteki performansını tüm alternatiflerin performansına göre ölçer.

$$nx_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.9)$$

nx_{ij} = normalleştirilmiş değer; x_{ij} = alternatif i 'nin kriter j 'ye göre değeri; m = bitirme malzemesi alternatifi sayısı

3. Her bir alternatif için, pozitif (maksimize edilmesi gereken) ve negatif (minimize edilmesi gereken) nitelikler ayrılır. Bu ayrım yapıldıktan sonra her bir alternatifin pozitif ve negatif kriter değerlerinin farkı alınarak bir skor elde edilir (denklem 3.10).

$$y_i = \sum_{j=1}^g nx_{ij} - \sum_{j=g+1}^n nx_{ij} \quad (3.10)$$

y_i =Alternatif i 'nin toplam puanı; g = pozitif niteliklerin sayısı; n = negatif niteliklerin sayısı; nx_{ij} = normalleştirilmiş değer

Pozitif ve negatif nitelikler, Çizelge 3.3'te "beklenti" başlığı altında "yüksek", "düşük" ve "opsiyonel" olarak sınıflandırılmıştır. "Opsiyonel" olarak belirtilen niteliklerin durumu ise model uygulanırken kullanıcı tarafından "yüksek" veya "düşük" olarak seçilecektir.

3. Alternatiflere ait optimizasyon değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak en iyi alternatife karar verilir. Bu değer, $[0;1]$ ya da bazı durumlarda $[-1;1]$ arasındadır. En yüksek skora sahip alternatif en iyi alternatif, en düşük skor değerine sahip alternatif de en kötü alternatif olarak değerlendirilir (Özyalçın & Bircan, 2023).

3.2.2 Entropi yönteminin uygulanması

Entropi yönteminin adımları şu şekildedir:

1. Öncelikle her bitirme malzemesi alternatifinin her niteliğe göre aldığı değeri içeren bir karar matrisi (denklem 3.11):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

X= karar matrisi; m= bitirme malzemesi alternatifi sayısı; n= nitelik sayısı

2. Karar matrisi değerlerini [0,1] aralığında normalleştirmek için, her bir nitelik için denklem 3.12 ve 3.13 kullanılarak normalleştirme yapılır. Amaç, tüm nitelikleri aynı ölçeğe getirmektir.

Fayda tipi (pozitif) nitelikler için:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (3.12)$$

Zarar tipi (negatif) nitelikler için:

$$r_{ij} = \frac{1/x_{ij}}{\sum_{i=1}^m 1/x_{ij}} \quad (3.13)$$

r_{ij} = i. alternatifin j. kritere göre normalleştirilmiş değeri; x_{ij} = i. alternatifin j. kritere göre ham değeri; m= alternatif sayısı

Sonuç olarak normalleştirilmiş matris elde edilir (denklem 3.14):

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

R= karar matrisi; m= bitirme malzemesi alternatifi sayısı; n= nitelik sayısı

3. Her bir nitelik için entropi değeri hesaplanır (denklem 3.15)

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \times \ln(r_{ij}) \quad (3.15)$$

e_j = j. niteliğin entropi değeri; r_{ij} = i. alternatifin j. kritere göre normalleştirilmiş değeri; k= 1/ln(m) normalleştirici sabit; m= bitirme malzemesi alternatifi sayısı

4. Her bir niteliğin ayırt edicilik değeri hesaplanır (denklem 3.16). Bu adımda, daha büyük varyasyon gösteren niteliklerin ayırt edicilik değeri daha yüksek olacaktır.

$$d_j = 1 - e_j \quad (3.16)$$

d_j = j. niteliğin ayırt edicilik değeri; e_j = j. niteliğin entropi değeri

5. Her bir niteliğin ağırlığı hesaplanır (denklem 3.17):

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (3.17)$$

w_j = j. niteliğin ağırlık değeri; d_j = j. niteliğin ayırt edicilik değeri

3.3 Sağlık Etki Puanının Hesaplanması

Bitirme malzemelerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini değerlendirmek, birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. Bu değerlendirmeyi yapabilmek için, malzemelerin yaşam döngüsü boyunca tüm girdi ve çıktılara dair ayrıntılı verilere ihtiyaç duyulmakta, karmaşık etki mekanizmalarının modellenmesi gerekmektedir. YDE veritabanları ise, bu bilgilerin sistematik olarak toplanıp hesaplanmasını, malzemeler arasında kolay karşılaştırmalar yapılabilmesini sağlamakta ve kullanıcıya zamandan tasarruf imkânı sunmaktadır.

İnsan sağlığına etki değerlendirmesine yönelik geliştirilmiş farklı veritabanları bulunmaktadır. EPA tarafından geliştirilen IRIS; toksisite verileri, kimyasalların maruz kalma sınırları ve sağlıkla ilgili risk değerlendirmeleri gibi bilgileri içerir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından geliştirilen POPs; çevrede uzun süre kalıcı olan ve insan sağlığı ile ekosistemler üzerinde ciddi zararlı etkiler yaratan kimyasallar hakkında bilgi sağlar (Park ve diğ., 2016). Yine EPA tarafından 1989 yılında geliştirilen Toksik Salım Envanteri (TRI) sanayi kuruluşlarının atmosfere, suya veya toprağa saldıgı toksik kimyasalların izlenmesi amacıyla oluşturulmuştur (Hembra, 1991). Bu veritabanlarının dışında; Amerika Ulusal Sağlık Enstitüsü tarafından geliştirilen PubChem, ChemIDPlus, Riskli Kimyasallar Veri Bankası, Pubmed, EPA tarafından geliştirilen Comptox, Toxcast, Avrupa Kimyasal Ajansı tarafından geliştirilen REACH, Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü tarafından geliştirilen OECD eChemPortal kullanılan diğer veritabanlarıdır (Kokai ve diğ., 2020).

Günümüzde birçok araştırmada bu veritabanlarından yararlanılmasına rağmen, içerikler genellikle ülkelerin yerel durumlarına göre hazırlanmakta ve kimyasalların

bir kısmını barındırmaktadır. Buna karşın, Sağlıklı Bina Ağı (HBN) tarafından 2007 yılında geliştirilen Pharos veritabanı; kimyasalların, malzemelerin ve ürünlerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde analiz etmeye odaklanmış bir platformdur. Yapı malzemelerinin kimyasal içeriklerine, toksisite seviyelerine ve sağlık risklerine yönelik kapsamlı bilgiler sunmaktadır. Ayrıca, kimyasalların özelliklerine göre risk seviyelerini belirlemek için sistematik bir yöntem (Yeşilekran Risk Değerlendirmesi) kullanmakta; bu yöntemle kimyasalların karsinojenik, mutajenik, toksik veya çevreye zararlı olup olmadığını sınıflandırmaktadır.

Pharos, ulusal ve uluslararası sağlık ve güvenlik otoritelerinden güvenilir verileri toplayarak kullanıcı dostu bir formatta sunan bir veritabanıdır. Kullanıcılar, kimyasal risk değerlendirmelerinde yerel düzenlemelerle sınırlı kalmadan daha kapsamlı bilgilere ulaşabilir. Ayrıca, kimyasalların daha güvenli alternatiflerini karşılaştırabilir ve çevresel ayak izi ile toksisiteyi azaltan seçenekler hakkında bilgi edinebilir. Pharos, sağlık etkileri açısından sistematik bir değerlendirme sunarak daha sağlıklı ve sürdürülebilir seçimlerin yapılmasına katkı sağlar.

Günümüzde Pharos veritabanına yönelik ilginin giderek artmakta olduğu gözlemlenmiştir. Kokai ve diğ. (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada, 14 farklı risk değerlendirme aracını incelemiş ve son nokta kategorileri ile veri kaynağı açısından en kapsamlı aracın Pharos veritabanı içinde bulunan Yeşilekran Risk Değerlendirmesi olduğunu ortaya konmuştur. Atlee (2011) ve Kokai ve diğ. (2021) içinde Pharos veritabanının da bulunduğu risk değerlendirme araçlarını incelemiş, Pharos veritabanının yapı malzemelerinin insan sağlığına etkilerini ölçmedeki öneminden bahsetmiştir. Faludi ve diğ. (2016) Pharos veritabanını kullanarak ürün alternatiflerini değerlendirmek üzere yeni bir yöntem önermiştir. Huang ve diğ. (2022) yapı malzemelerinde kullanılan kimyasalları incelemek ve bunların insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek amacıyla Pharos veritabanını kullanmıştır.

3.3.1 Sağlık etki kategorilerinin seçilmesi

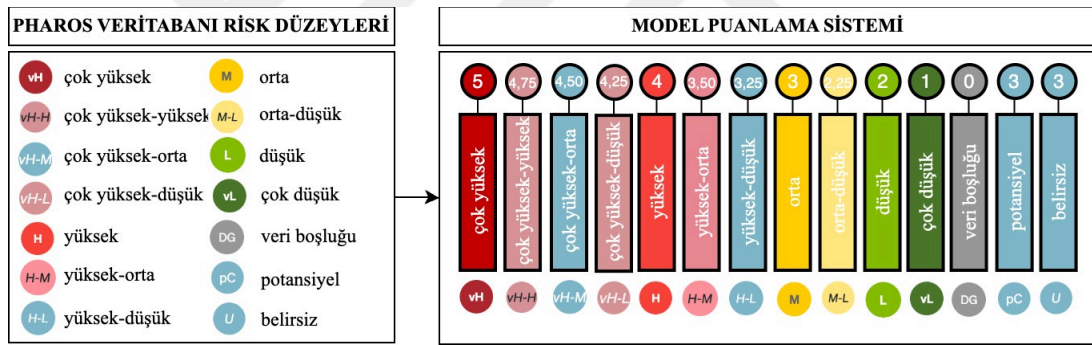
Bu çalışma kapsamında geliştirilen modelde, seçilen sağlık etki kategorileri, Yeşilekran Risk Değerlendirmesi'nde önerilen ve “insan sağlığı grup 1- ve 2” başlıkları altında verilen son nokta etki kategorileridir. Yeşilekran Risk Değerlendirmesi aracılığı ile değerlendirilen kimyasallar ve malzemelerin içindeki kimyasallar, Pharos veritabanı aracılığı ile yayınlanmaktadır (EK F). Bitirme

malzemelerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi, erişim kolaylığı, geniş veri kapsamı, güncel bilgi sağlaması ve sonuçların güvenilirliği gibi nedenlerle Pharos veritabanı kullanılarak gerçekleştirilecektir.

Model; malzemelerin kullanım, bakım ve yenileme aşamalarını ele almaktadır. Onarım aşamasına yönelik gerçekleştirilen çalışmaların sınırlı olması nedeniyle bu aşama değerlendirmeye alınmamıştır. Modelde kısmi yenileme göz ardı edilerek malzemelerin tamamen yenilediği ve kimyasallardan kaynaklanan emisyonların şiddetinin kullanım süresi boyunca sabit kaldığı varsayılmaktadır.

3.3.2 Toplam puanın hesaplanması

Yeşilekran Risk Değerlendirmesinde her bir kategori için 14 farklı risk düzeyi verilebilmektedir. Modelde hesaplamının yapılabilmesi için, öncelikle bu risk düzeyleri sayısal bir değere çevrilmiştir (Şekil 3.1). Benzer bir çalışma, Faludi ve diğ. (2016) tarafından gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1 : Pharos risk düzeylerinden (solda) yararlanılarak model için oluşturulan puanlama sistemi (sağda).

Modelde ilk aşama, sağlık etki kategorilerinin belirlenmesidir. Daha sonra, ana ve tamamlayıcı malzemelerin içindeki kimyasalların Pharos veritabanı kullanılarak bulunması gerekmektedir. Veritabanında bulunmayan ancak kimyasal içeriği bilinen malzemeler için zararlı kimyasalların listesi Çizelge 3.4'te verilmektedir.

Model için oluşturulan puanlama sistemi aracılığıyla ana ve tamamlayıcı malzemelerin içindeki kimyasalların toplam puanı hesaplanmalıdır (denklem 3.18). ISO (2020)'de belirtildiği üzere kategori gösterge sonuçlarının hesaplanması için aynı etki kategorisi bünyesinde dönüştürülen bu sonuçların toplanması gerekmektedir.

$$ATKP_n = AKP_n + TKP_n \quad (3.18)$$

Çizelge 3.4 : Yapı malzemelerinde bulunan kimyasallar (ASHRAE, 2009, 2021; EPA, 2024; Huang ve diğ., 2022; Uhde & Salthammer, 2007; WHO, 2000, 2010).

AĞIR METALLER		UOB		UOB		UOB		UOB	
		Alifatik bileşikler		Aromatik bileşikler		Ketonlar		Diğer	
Kimyasal	CAS numarası	Kimyasal	CAS numarası	Kimyasal	CAS numarası	Kimyasal	CAS numarası	Kimyasal	CAS numarası
alüminyum	7429-90-5	2-metil pentan	107-83-5	1,2,4,5-tetrametilbenzen	95-93-2	asetofenon	98-86-2	aminoetilpiperazin	140-31-8
antimon	7440-36-0	3-metil pentan	96-14-0	2-etil toluen	611-14-3	aseton	67-64-1	asetik asit	64-19-7
arsenik	7440-38-2	dekan	124-18-5	3-etiltoluen	620-14-4	metiletil keton	78-93-3	aziridin	151-56-4
baryum	7440-39-3	dodekan	112-40-3	4-etiltoluen	622-96-8	metilisobütilketon	108-10-1	benzil alkol	100-51-6
berilyum	7440-41-7	heptan	142-82-5	4-fenilsiklohegzan	31017-40-0	sikloheksanın	108-94-1	benzil butil ftalat	85-68-7
								1,1,1	
kadmiyum	7440-43-9	hekzadekan	544-76-3	benzen	71-43-2			trihidroksimetilpropan	77-99-6
krom	7440-47-3	hekzan	110-54-3	benzen 1,2, dimetil	95-47-6	UOB		1,3 bütadien	106-99-0
kurşun	7439-92-1	nonan	111-84-2	benzen 1,2,4 trimetil	95-63-6	Sikloalkanlar		benzil butil ftalat	85-68-7
civa	7439-97-6	oktan	111-65-9	benzen 1,3 dimetil	108-38-3	Kimyasal	CAS numarası	1,6-heksanediamin	124-09-4
nikel	7440-02-0	pentadekan	629-62-9	benzen 1,3,5 trimetil	108-67-8	dekahidronaftalin	493-02-7	2-pentilfuran	3777-69-3
gümüş	7440-22-4	tetradekan	629-59-4	benzen 1,4 dimetil	106-42-3	sikloheksan	110-82-7	2-pirrolidon 1-metil	872-50-4
stronsiyum	7440-24-6	tridekan	629-50-5	benzen izopropil	98-82-8	sikloheksan bütül	1678-93-9	akrilik asit	79-10-7
talyum	7440-28-0	undekan	1120-21-4	benzen propil	103-65-8	sikloheksan etil	1678-91-7	aminoetilpiperazin	140-31-8
				benzen, 1,2,3 trimetil	526-73-8	sikloheksan propil	1678-92-8	asetik asit	64-19-7
				etilbenzen	100-41-4			aziridin	151-56-4
UOB		UOB		isopropiltoluen	99-87-6	UOB		benzil alkol	100-51-6
Halokarbonlar		Aldehitler		naftalin	91-20-3	Terpenler		1,6-heksametilen	
Kimyasal	CAS numarası	Kimyasal	CAS numarası					diizosiyanat	822-06-0
benzen, 1,2-dikloro	95-50-1	akrolein	107-02-8	stiren	100-42-5	Kimyasal	CAS numarası	benzo[ghi]perilen	191-24-2
benzen, 1,4-dikloro	106-46-7	asetaldehit	75-07-0	toluen	108-88-3	3-caren	1346-78-9	bromathonil	35691-65-7
metiletilen klorid	75-09-2	benzaldehit	100-52-7			alfa-pinen	80-56-8	bronopol	52-51-7
trikloroetilen	79-01-6	bütanal	123-72-8	UOB		alfa-terpinen	99-86-5	butil hidroksi toluen	128-3-0
		dekanal	112-31-2	Esterler		beta-pinen	127-91-3	bütillhidroksianisol	25013-16-5
PARTİKÜL MADDELER		formaldehit	50-00-0	Kimyasal	CAS numarası	gama-terpinen	99-85-4	dietilen glikol	111-46-6
Kimyasal	CAS numarası	furfural	98-01-1	2,2,4-trimetil 1-3 pentandiol	6846-50-0	kampen	79-92-5	di(propilen glikol)	
Asbest	1332-21-4	hekzanal	66-25-1	diisobütirat	108-21-4	limonen	5989-27-5	metil eter	34590-94-8
Cam yünü	65997-17-3	heptanal	111-71-7	asetik asit, 1-metiletil ester	111-15-9			dietilentrüamin	111-40-0
		nonanal	124-19-6	asetik asit, 2-etoksietil ester	123-86-4			etanolamin	141-43-5
		oktanal	124-13-0	asetik asit, bütül ester	141-78-6			etil karbamat	51-79-6
				asetik asit, etil ester				etilen	74-85-1

Çizelge 3.4 (devamı) : Yapı malzemelerinde bulunan kimyasallar (ASHRAE, 2009, 2021; EPA, 2024; Huang ve diğ., 2022; Uhde & Salthammer, 2007; WHO, 2000, 2010).

UOB		UOB	
Alkol, Glikol, Glikoeterler		Diğer	
Kimyasal	CAS numarası	Kimyasal	CAS numarası
1,2 ethandiol	107-21-1	ftalik anhidrit	85-44-9
1,2 propandiol	4254-15-3	hegzanoik asit	142-62-1
1-butanol	71-36-3	izoforon diamin	2855-13-2
1-metoksi 2-propanol	107-98-2	ksilen	1330-20-7
1-propanol	71-23-8	maleik anhidrit	108-31-6
2-bütoksiethanol	111-76-2	melamin	108-78-1
2-bütoksietoksiethanol	112-34-5	metilen difenil diizosiyanat	101-68-8
2-etil 1 hekzanol	104-76-7	1,1,1 trihidroksimetilpropan	77-99-6
2-etoksietanol	110-80-5	1,3 bütadien	106-99-0
2-metil 2-propanol	75-65-0	1,6-heksametilen diizosiyanat	822-06-0
2-metoksietanol	109-86-4	1,6-heksanediamin	124-09-4
2-propanol	67-63-0	2-pentilfuran	3777-69-3
etanol	64-17-5	2-pirrolidon 1-metil	872-50-4
fenol	108-95-2	akrilik asit	79-10-7
		metiletil keton oksim	96-29-7
		n-butil ether	142-96-1
		n-metil-2-pirrolidon	872-50-4
		pentanoik asit	109-52-4
		teksanol	25265-77-4
		tripropilenglikol	24800-44-0
		üre	57-13-6
		vinil asetat	108-05-4
		vinil klorür	75-01-4
		etilen glikol monoetil ether	111-90-0

$ATKP_n$ = farklı n ana ve tamamlayıcı malzemelerinin içindeki kimyasalların toplam puanı; AKP_n = farklı n ana malzemelerinin içindeki kimyasalların toplam puanı; TKP_n = farklı n tamamlayıcı malzemelerinin içindeki kimyasalların toplam puanı.

Bir sonraki aşama, malzemelerin yenilenme davranışlarının hesaplamaya dahil edilmesidir. Yenilenme yöntemlerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini hesaplamaya yönelik geliştirilen yöntemler, Gültekin ve Çelebi (2016) modelinde teorik bir altyapıyla temellendirilmiştir. Bu noktada, 2 yöntem önerilmektedir. Birinci yöntem, yenilemenin olmadığı ya da aynı malzeme ile gerçekleştirilmek istendiği durumlarda kullanılabilir. Bu durumda sağlık etki puanı, ana ve tamamlayıcı malzemelerin içindeki kimyasalların toplam puanına eşit olarak kabul edilir (denklem 3.19).

$$SE = ATKP_n \quad (3.19)$$

SE= sağlık etki puanı; $ATKP_n$ = farklı n ana ve tamamlayıcı malzemelerinin içindeki kimyasalların toplam puanı

İkinci yöntem, yenilemenin farklı malzemeler ile yapılacak olması durumunda geçerlidir. Bu noktada sağlık etki puanı, kullanılan tüm farklı n bitirme malzemeleri için ana ve tamamlayıcı malzemelerin içindeki kimyasalların toplam puanına eşittir

(denklem 3.20). Yenileme sırasında aynı malzemenin kullanılması durumunda, bu malzemeler puanlamaya yalnızca bir kez dahil edilecektir.

$$SE = \sum_{n=1}^k ATKP_n \quad (3.20)$$

SE= sağlık etki puanı; k= kimyasalların puanının sayısı; $ATKP_n$ = farklı n ana ve tamamlayıcı malzemelerinin içindeki kimyasalların toplam puanı;

Modelde bir sonraki aşama bakım ürünlerinin içindeki kimyasalların belirlenmesidir. Bu kimyasalların listesi ve hangi bakım ürünlerinin içinde bulunduğu Çizelge 3.5'te verilmektedir. Model için oluşturulan puanlama sistemi aracılığıyla bitirme malzemelerinin (ana +tamamlayıcı) bakım ürünlerinin içindeki kimyasalların toplam puanı (BKP_n) hesaplanmaktadır.

Çizelge 3.5 : Bakım ürünlerinde bulunan kimyasallar (ASHRAE, 2009; The David Suzuki Foundation, 2014).

Kimyasallar / Bakım yöntemleri		BAKIM YÖNTEMLERİ												
		Kuru yöntem			Islak yöntem			Kimyasal yöntem						
		CAS	Kimyasal	Toz bezi	Elektrikli süpürge	bez	sünger	mop-paspas	koku	dezenfektan	deterjan	cila	çözücü	diğer
KİMYASALLAR	Alkol	64-17-5	etanol											
		67-63-0	isopropanol (izopropil alkol)											
			dietanolamin											
			monoetanolemin											
	Kuaternier amonyum bileşikleri	61789-71-7	alkil dimetilzilamonyum klorür											
		63449-41-2	benzalkonyum klorit											
	Glikol etherler	2807-30-9	etilen glikol monopropil eter											
		109-86-4	etilen glikol monobütül eter											
		110-80-5	etilen glikol monoetil eter											
		111-76-2	etilen glikol monometil eter											
	Fenoller	çeşitli	alkilfenol etoksilatlar											
		120-32-1	o-benzil-p-klorofenol											
		90-43-7	orto fenil fenol											
		80-46-6	p-tert-amilfenol											
	Aldehid	50-00-0	formaldehit											
		111-30-8	glutaraldehit											
	Antimikrobiyal ajanlar	3380-34-5	triklosan											
	Oksitleyiciler	7782-50-5	klor											
	Diğer	2893-78-9	sodyum dikloroizosiyanürat											
		1310-73-2	sodyum hidrooksit											
		çeşitli	toz akarlar (partikül madde)											
		7664-41-7	amonyak											
		çeşitli	terpenler											
		çeşitli	ftalatlar											

Daha sonra malzemelere uygulanan bakım yöntem ve sıklıkları hesaplamaya dahil edilmektedir. Hesaplama sırasında malzemelerin yenilenme davranışları göz önünde bulundurulmaktadır. Bakım yöntem ve sıklıklarının insan sağlığı üzerindeki etkilerini hesaplamaya yönelik geliştirilen yöntemler, Paulsen (2001) modelinde teorik bir

altyapıyla temellendirilmiştir. Bu noktada 3 yöntem önerilmektedir. Birinci yöntem, yenilemenin olmadığı ya da malzeme servis ömrünün yapı servis ömründen daha uzun olduğu durumlarda kullanılabilir. Bu noktada, 50 yıllık yapı servis ömründeki malzeme bakım sıklığı, malzemelerin bakımında kullanılan ürünlerin içindeki kimyasalların toplam puanı ile çarpılır (denklem 3.21). Malzeme bakım sıklıkları, ürün üreticileri, ürün katalogları ya da anket çalışması yoluyla elde edilebilir.

$$BP = BKP_n \times BS_n \quad (3.21)$$

BP= bakım puanı; BKP_n= farklı n bitirme malzemelerinin bakımında kullanılan ürünlerin içindeki kimyasalların toplam puanı; BS_n = farklı n bitirme malzemelerinin 50 yıldaki toplam bakım sıklığı

İkinci yöntem, yenilemenin aynı malzemelerle yapılması durumunda uygulanabilir. Bu durumda öncelikle yapı servis ömrünün (50 yıl) malzeme servis ömürleri ve yenilenme sıklıklarına göre periyotlara ayrılması gerekmektedir. Örneğin; Yapı servis ömrü: 50 yıl, malzeme servis ömrü: 20 yıl ise malzeme yenilenme sıklığı: 2'dir. Periyotlar ise 20 yıl- 20 yıl-10 yıl şeklindedir (denklem 3.22).

$$YSO = P_s + \dots + P_k \quad (3.22)$$

YSO= Yapı servis ömrü (50 yıl); P_s= malzeme servis ömrü; P_k= 50 yıllık yapı servis ömründe malzeme servis ömürleri dışında kalan yıl sayısı

Daha sonra, bu periyotlardaki bakım puanının bulunması gerekmektedir. Malzeme servis ömrü içerisindeki bakım sıklığı ve 50 yıllık yapı servis ömründe malzeme servis ömürleri dışında kalan yıllardaki bakım sıklığı, kimyasalların toplam puanları ile çarpılır (denklem 3.23).

$$BP = \left((BKP_n \times BS_{ps}) \times (TS+1) \right) + (BKP_n \times BS_{pk}) \quad (3.23)$$

BP= bakım puanı; BKP_n= farklı n bitirme malzemelerinin bakımında kullanılan ürünlerin içindeki kimyasalların toplam puanı; BS_{ps}= malzeme servis ömründeki bakım sıklığı; TS = tekrar sayısı; BS_{pk} = 50 yıllık yapı servis ömründe malzeme servis ömürleri dışında kalan yıldaki bakım sıklığı.

Üçüncü yöntem, yenilemenin farklı malzemelerle yapılması durumunda kullanılabilir. Bu durumda her periyottaki bakım sıklığı, bu periyotta kullanılan kimyasalların toplam puanları ile çarpılır (denklem 3.24). Malzeme seçimi aşamasında yenileme sırasında kullanılacak bitirme malzemelerinin bilinmesi mümkün olmadığı için modelde bu

yöntem, öneri olarak verilmektedir; ancak, ihtiyaç duyulması durumunda kullanılabilir.

$$BP = \left(\sum_{c=1}^r \left((BKP_n \times BS_{ps}) \times (TS+1) \right) \right)_c + (BKP_m \times BS_{pk}) \quad (3.24)$$

BP= bakım puanı; BKP_n= farklı n bitirme malzemelerinin bakımında kullanılan ürünlerin içindeki kimyasalların toplam puanı; BS_{ps} = malzeme servis ömründeki bakım sıklığı; TS = tekrar sayısı; c= hesaplamadaki tüm bitirme malzemelerin sayısı; BKP_m= farklı m bitirme malzemelerinin bakımında kullanılan ürünlerin içindeki kimyasalların toplam puanı; BS_{pk} = 50 yıllık yapı servis ömründe malzeme servis ömürleri dışında kalan yıldaki bakım sıklığı.

Modelde son olarak seçilen yöntemle göre elde edilen sağlık etki puanları ve bakım puanları toplanarak, toplam puan belirlenir (denklem 3.25).

$$TP = SE + BP \quad (3.25)$$

TP= toplam puan; SE= sağlık etki puanı; BP= bakım puanı

3.4 Bitirme Malzemesi Seçiminin Gerçekleştirilmesi

Modelde çevresel ve sağlık etki puanları ile nitelik performans puanı elde edildikten sonra, fayda-zarar analiziyle puanların değerlendirilmesi ve malzeme seçiminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu noktada ÇKKV yöntemlerinin yapısından faydalanarak oluşturulan yöntemin adımları bir örnek çalışma üzerinden aktarılmaktadır:

1. Öncelikle malzeme-puan matrisi oluşturulur (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 : Örnek çalışmada 1. Adım.

	Çevresel etki puanı	Nitelik performans puanı	Sağlık etki puanı
Malzeme alternafi 1	10	1	8
Malzeme alternafi 2	5	2	2
Malzeme alternafi 3	3	6	5

2. Seçim sırasında malzemelerin çevresel ve sağlık etki puanının düşük (zarar), nitelik performans puanının ise yüksek (fayda) olması beklenmektedir. Buna göre;

- Çevresel etki puanının düşük olması, malzemenin daha tercih edilebilir olması yani zararının diğer alternatiflere göre daha az olması demektir. Bu durumda en iyiden en kötüye alternatiflerin sıralaması: 3-2-1 şeklindedir.
- Nitelik performans puanının yüksek olması, malzemenin daha tercih edilebilir olması yani faydasının diğer alternatiflere göre daha fazla olması demektir. Bu durumda en iyiden en kötüye alternatiflerin sıralaması: 3-2-1 şeklindedir.
- Sağlık etki puanının düşük olması, malzemenin daha tercih edilebilir olması yani zararının diğer alternatiflere göre daha az olması demektir. Bu durumda en iyiden en kötüye alternatiflerin sıralaması: 2-3-1 şeklindedir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 : Örnek çalışmada 2. Adım.

	ZARAR	FAYDA	ZARAR
	Çevresel etki puanı	Nitelik performans puanı	Sağlık etki puanı
Malzeme alternafi 1	3	3	3
Malzeme alternafi 2	2	2	1
Malzeme alternafi 3	1	1	2

3. Bu veriler elde edildikten sonra, Çizelge 3.8'e yerleştirilir. Sıralamaya göre en iyi alternatife 3, en kötü alternatife 1 puanı verilir. Daha sonra bu puanlar toplanır ve toplam puana göre alternatifler sıralanır (alternatif sayısı azalır ya da artarsa, puan aralığı da değişir. Örneğin 2 alternatif varsa 1-2 puan değerleri verilerek; 4 alternatif varsa 1-4 puan değerleri verilerek hesaplama yapılabilir) En yüksek puana sahip alternatif, en iyi alternatif olarak kabul edilir. Bu durumda alternatiflerin en iyiden en kötüye doğru sıraması: 3-2-1 şeklindedir.

Çizelge 3.8 : Örnek çalışmada 3. Adım.

	ZARAR	FAYDA	ZARAR	TOPLAM	SIRALAMA
	Çevresel etki puanı	Nitelik performans puanı	Sağlık etki puanı	PUAN	
Malzeme alternafi 1	1	1	1	3	3 (en kötü)
Malzeme alternafi 2	2	2	3	7	2 (orta)
Malzeme alternafi 3	3	3	2	8	1 (en iyi)

3.5 Modelin Değerlendirilmesi

Geliştirilen çevresel etki (ÇE) modelinin diğer YDED modelleri ile karşılaştırması, Çizelge 3.9'da verilmektedir. Bu modelde, bitirme malzemelerinin çevresel etki sonuçlarını elde etmek için EPD'ler, diğer yaklaşımlardaki envanter hesaplamalarına (Athena IE, BEES, BELES, BEPAS, BRE, BPIC-ICIP, Karaman Öztaş modeli) göre üç önemli nedenle tercih edilmektedir: (1) EPD veritabanı, hızlı ve güvenilir malzeme

seçimini sağlar, (2) daha fazla çevresel etki kategorisi değerlendirilir ve (3) EPD'ler küresel olup veri erişimini kolaylaştırır. Türkiye'de EPD belgelerinin kullanımında kayda değer bir artış gözlemlenmektedir. Bu belgelerin kullanımı, şu açılardan önemlidir: (1) Türkiye'de inşaat sektöründe yeşil bina sertifikasyonları giderek önem kazanmaktadır. Bu sertifikasyon süreçlerinde EPD belgeli ürünler, projelere önemli puanlar kazandırmaktadır. Dolayısıyla, EPD'ler, inşaat sektöründe daha çevre dostu malzeme kullanımını teşvik ederek sürdürülebilir kentsel gelişimi destekleyebilir (2) Türkiye'nin çevresel sürdürülebilirlik politikalarını güçlendirmesi, EPD gibi şeffaflık sağlayan mekanizmaların daha fazla kullanılmasını gerektirmektedir. Çevresel politikaların güçlenmesi, ülkenin doğal kaynaklarının korunmasına, çevre kirliliğinin azaltılmasına ve iklim değişikliğiyle mücadelede daha etkili olunmasına yardımcı olabilir (3) Tüketicilerin çevresel etkileri daha çok dikkate aldığı günümüzde, EPD belgeli ürünler çevre dostu tercihler yapmak isteyen tüketicilere hitap etmektedir. Bu da Türkiye'de üretici firmaların marka değerini ve müşteri bağlılığını artırabilir.

Çizelge 3.9 : Geliştirilen ÇE modelinin YDED modelleri ile karşılaştırması.

	Athena IE	BEES	BELES	BEPAS	BPIC- ICIP	BRE-EP	Karaman Öztaş	ÇE modeli
Fonksiyonel birim	1 m ²	0.09m ²	1 m ²	○	○	1 m ²	○	1 m ²
Sistem sınırı	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten beşiğe	Üretim süreci
Yapı servis ömrü	○	○	○	50 yıl	○	○	-	50 yıl
Malzeme servis ömrü	○	50 yıl	50 yıl	○	○	60 yıl	-	Malzem ebazlı
Yaklaşım	Orta nokta	Orta nokta	Son nokta	Orta nokta	Orta nokta	Orta nokta	Orta nokta	Orta nokta
Çevresel etki kategori sayısı	6	13	8	11	14	11	11	13+6
Sınıflandırma	x	x	x	x	x	x	x	-
Tanımlama	x	x	x	x	x	x	x	-
Normalleştirme	x	x	x	x	x	x	x	x
Ağırlıklandırma	x	x	x	x	x	x	x	-
Yazılım altyapısı	x	x	-	-	-	x	-	x

LEJAND

- Model için geçerli olmayan özellik
x Model için geçerli özellik

○ Model için geçerli olan ancak tanımlanmamış özellik

EPD'lerin tercih edilmesi için birçok sebep bulunsa da modele dahil edilmeleri bazı sınırlamaları da beraberinde getirmiştir. Bu konuda ilk sınırlama, bazı bitirme

malzemesi firmalarının EPD kaydı bulunmaması nedeniyle bazı malzemeler için belgelendirmenin eksik olmasıdır (Soust-Verdaguer ve diğ., 2023b; Palumbo ve diğ., 2023). Bu durum, örnek çalışmada kullanılan malzemelerin EPD belgelerinin temini sırasında gözlemlenmiştir. Ayrıca EPD kaydı bulunan ve Türkiye’de üretim yapan firmaların tüm ürünlerinin EPD belgeleri bulunmamaktadır. Bu nedenle malzemelerin EPD belgeleri, EPD International aracılığı ile elde edilmiştir. Bu durumda alternatif veritabanları kullanılabilir, ancak bu da tutarsızlıklara yol açabilir. EPD sonuçları, üretici, üretim süreci, uygulama yöntemi ve PCR’lar gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Abd El-Hameed ve diğ., 2017).

İkinci sınırlama ise, EPD belgelerindeki etki kategorileriyle ilgilidir. Diğer modellere göre daha fazla kategori değerlendirilebilse de mevcut çalışmalar EN 15804 standardına daha fazla kategori eklenmesi gerektiğini göstermektedir (Lasvaux ve diğ., 2015). Bazı etki kategorilerinin eksikliği, yerel çevresel koşullara göre malzeme seçimini etkileyerek eksik sonuçlara yol açabilir. Eksik etki kategorileri için geliştirilen farklı modeller bulunmaktadır (Huber ve diğ., 2022; Moreau ve diğ., 2012) ancak bu durumun ortak bir karara bağlanması gerekmektedir. Ayrıca, bazı EPD belgeleri, GWP-fosil, GWP-biyojenik ve GWP-luluc için ayrı sonuçlar yerine GWP-toplam etki kategorisi; EP-karasal, EP-deniz, EP-tatlısu için ayrı sonuçlar yerine EP-toplam etki kategorisi sunmaktadır. Bu durum, modelin hesaplama yöntemini etkilemese de bitirme malzemesi karşılaştırmalarında sonuçların detaylı incelenmesini zorlaştırabilir. Üçüncü sınırlama, bitirme malzemelerini karşılaştırırken belirlenen sistem sınırları ile ilgilidir. EN 15804, her malzeme için belirli modülleri (A1-A3, C1-C4 ve D) zorunlu kılarsa da EPD’ler genellikle önemli çevresel etkilere sahip modülleri kapsam dışı bırakmakta ve tüm yaşam döngüsü aşamalarında detaylı karşılaştırmalar yapmayı kısıtlamaktadır.

Bu modeli diğerlerinden ayıran bir diğer önemli özellik, dahili normalleştirmenin kullanılmasıdır. Diğer YDED yöntemleri harici normalleştirme yaklaşımlarını tercih etmektedir. Bu yöntem belirli ülkeler için özel olarak geliştirilmiştir ve bu ülkelerde harici normalleştirmeyi kolaylaştıran yıllık güncellenen ulusal veritabanları bulunmaktadır (Bare ve diğ., 2016). Normalleştirme yöntemine bağlı olarak YDED sonuçları önemli ölçüde değişiklik gösterebilir ve çalışmanın amacına uygun yöntemin seçimi kritik önem taşır. Bu modelde dahili normalleştirme kullanılmasına karar verilmesinde iki ana faktör bulunmaktadır: (1) Veri bağımsızlığı ile kendi kendine

değerlendirmeye olanak tanıyarak veritabanına sahip olmayan ülkelerde evrensel geçerlilik sağlar, (2) Malzeme karşılaştırması yaparak düşük çevresel etkiye sahip malzemelerin seçilmesi, modelin ana amacına uygundur. Diğer yöntemlerin aksine model, seçilen tüm çevresel etki kategorilerini eşit şekilde ele alır. Ağırlıklandırma, YDED'in isteğe bağlı bir adımıdır ve bireylerin istemeden ya da kasıtlı olarak belirli ağırlık faktörleri seçerek sonuçları etkileme riskini taşır (Meijer, 2014). Model, yerel ağırlık katsayıları ile güncelleme imkânı sunmakla birlikte, bu durum mevcut normalleştirme yönteminin yeniden değerlendirilmesini gerektirebilir. Laurent & Hauschild (2015), dahili normalleştirmede ağırlıklandırmanın, etki gösterge puanlarını etkilediği için sakıncalı olabileceği konusunda uyarıda bulunmaktadır. Aynı ülkeye ait malzemeler karşılaştırılırken etki kategorilerine verilen ağırlıklar aynı olacağından, bu modelde ağırlıklandırma adımı yalnızca iki farklı ülkeye özgü malzemelerin karşılaştırılması durumunda uygulanabilir.

Nitelik performans hesaplamasında kullanılan MOORA yöntemi, birden fazla kriteri dikkate alarak alternatiflerin objektif bir şekilde sıralanmasını sağlar. Hesaplama süreci karmaşık değildir, bu da yöntemin hızlı uygulanmasını mümkün kılar. Ağırlıklandırma olmaksızın, her kriterin etkisi dengeli bir şekilde değerlendirilebilir. Alternatifler, normalize edilmiş oranlarla karşılaştırıldığı için doğrudan kıyaslama yapılabilir. Yöntem, hem nicel (maliyet, ağırlık) hem de nitel (dayanıklılık, estetik) kriterlerde uygulanabilir (Chakraborty ve diğ., 2023).

Yöntemin diğer ÇKKV yöntemlerine (AHP, TOPSİS, VIKOR, ELECTRE, PROMETHEE, WSM, WPM, SAW) kıyasla tercih edilmesini sağlayan birçok avantajı bulunmakla birlikte, kullanımının belirli sınırlamaları da beraberinde getirdiği bilinmektedir. MOORA yönteminde, farklı ölçüm birimlerine sahip kriterler, ORAN yöntemiyle normalleştirilir. Ancak bazı durumlarda, normalleştirme kriterler arasındaki ilişkileri bozabilir. Çok yüksek ya da düşük değerlere sahip kriterler, diğer kriterlerin etkisini azaltabilir (Karande & Chakraborty, 2012). Malzemeler ile ilgili eksik ya da hatalı verilerin olması durumunda analiz sonuçları yanıltıcı olabilir. Yapım maliyeti gibi zamanla değişen dinamikler, bu yöntemde hesaba katılmaz. Gelecekteki koşulların belirsizliği, analizlerin geçerliliğini sınırlayabilir (Brauers & Edmundas, 2006).

Entropi yöntemi, kriterlerin önem derecesini verilerin çeşitliliğine dayalı olarak hesaplamayı sağlar ve bilgi içeriği yüksek olan kriterlerin ön plana çıkmasına olanak

tanır. Bu sayede, karar sürecinde hangi kriterin daha belirleyici olduğunu açık ve net bir şekilde ortaya koyar. Bu yöntemde kriterler, objektif olarak ağırlıklandırılabilir gibi, kullanıcının belirlediği ağırlıklandırma sistemi de esas alınabilir (Goswami & Behera, 2021).

Yöntemin diğer ağırlıklandırma yöntemlerine (eşit ağırlık, istatistiksel varyans, CRITIC, standart sapma) kıyasla tercih edilmesini sağlayan birçok avantajı bulunmakla birlikte, kullanımının belirli sınırlamaları da beraberinde getirdiği bilinmektedir. Yöntem, kriterlerin ağırlığını veri çeşitliliğine göre belirler; ancak kriter değerlerinin homojen olduğu durumlarda (örneğin, tüm malzemelerin maliyetinin benzer olduğu bir senaryo), entropi düşük olur ve bu kriterin ağırlığı küçümsenir. Aşırı yüksek veya düşük değerlere sahip kriterler, diğer kriterlerin etkisini azaltarak analiz sonuçlarını bozabilir (Zhu ve diğ., 2020). Ayrıca, malzemelerin özelliklerinin yanlış ölçülmesi durumunda yöntem bu hataları dikkate almaz ve yanlış ağırlıklandırma yapabilir (Wu, 2022). Kapsama çok fazla kriterin dahil edilmesi, özellikle birbirine yüksek derecede bağımlı olan kriterlerde, entropi değerlerinin yanıltıcı olmasına yol açabilir. Bununla birlikte, bazı önemli kriterlerin göz ardı edilmesi, çalışmanın kapsamını daraltarak sonuçların gerçekçi olmasını engelleyebilir. Entropi yöntemi, bir kriterin çeşitliliği (belirsizliği) yüksekse onu daha önemli olarak değerlendirir; ancak bu durum, her zaman karar verme bağlamında doğru bir yaklaşımı temsil etmeyebilir (Zhu ve diğ., 2020). Yöntem tamamen objektif şekilde çalışır ve ağırlık değerlerini yalnızca veriye dayalı olarak hesaplar, ancak bu ağırlıkların karar vericiler açısından anlamlı olup olmaması her zaman garanti değildir (Wu, 2022).

MOORA ve Entropi yöntemleri birçok çalışmada birlikte kullanılmıştır. Bu yöntemlerin bir arada kullanımı, ÇKKV süreçlerinde objektif ve dengeli bir değerlendirme imkânı sağlarken, farklı kriterlerin önem düzeylerini daha etkili bir şekilde dikkate almaya yardımcı olur (Marlinda & Dewi, 2024; Petrov, 2021; Singaravel ve diğ., 2016). Ancak, bu yöntemlerin birlikte kullanılması, bazı zorlukları da beraberinde getirebilir. Her iki yöntemde de normalleştirme yapılması gerektiği için veriler arasındaki ilişkiler bozulabilir ve süreç karmaşıklaşabilir. Ayrıca, bu yöntemlerin birleştirilmesi, özellikle büyük veri setlerinde hesaplama sürecini zorlaştırabilir ve zaman alabilir.

Geliştirilen sağlık etki (SE) modelinin diğer YDED modelleri ile karşılaştırması, Çizelge 3.10'da verilmektedir. Bu modelde, bitirme malzemelerinin sağlık etki

sonuçlarını elde etmek için Pharos veritabanı, diğer yaklaşımlardaki envanter hesaplamalarına (Athena IE, BEES, BPI-ICIP, BRE-EP) göre dört önemli nedenle tercih edilmektedir: (1) Kimyasalların sağlık etkileri hakkında derinlemesine bilgi sunar ve sürdürülebilir malzeme seçimini mümkün hale getirir (2) Verileri düzenli olarak günceller (3) Yerel verilere dayanmadığı için farklı ülkeler tarafından rahatlıkla kullanılabilir (4) İnsan sağlığı ile ilgili daha fazla çevresel etki kategorisinin değerlendirilmesine olanak tanır. Pharos kimyasal veritabanının Türkiye'deki kullanımı, çevresel sürdürülebilirlik, iş sağlığı ve güvenliği ile kimyasal yönetimi gibi alanlarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Türkiye'nin AB uyum süreci kapsamında Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması Yönetmeliği gibi düzenlemeleri uygulamaya başlaması, işletmelerin ve düzenleyicilerin güvenilir bilgi kaynaklarına olan ihtiyacını artırmıştır. Pharos, toksisite ve çevresel etkiler konularında sağladığı kapsamlı verilerle bu alandaki gereksinimleri karşılayabilir.

Çizelge 3.10 : Geliştirilen SE modelinin YDED modelleri ile karşılaştırması.

	Athena IE	BEES	BELES	BEPAS	BPIC- ICIP	BRE-EP	Karaman Öztaş	SE modeli
Fonksiyonel birim	1 m ²	0.09m ²	1 m ²	○	○	1 m ²	○	-
Sistem sınırı	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten mezara	Beşikten beşiğe	Kullanım süreci
Yapı servis ömrü	○	○	○	50 yıl	○	○	-	50 yıl
Malzeme servis ömrü	○	50 yıl	50 yıl	○	○	60 yıl	-	Malzemeb azlı
Yaklaşım	Orta nokta	Orta nokta	Son nokta	Orta nokta	Orta nokta	Orta nokta	Orta nokta	Son nokta
İnsan sağlığı etki kategori sayısı	1	1	-	-	1	1	-	5+9
Sınıflandırma	x	x	x	x	x	x	x	-
Tanımlama	x	x	x	x	x	x	x	-
Normalleştirme	x	x	x	x	x	x	x	-
Ağırlıklandırma	x	x	x	x	x	x	x	-
Yazılım altyapısı	x	x	-	-	-	x	-	x

LEJAND

- Model için geçerli olmayan özellik
x Model için geçerli özellik

○ Model için geçerli olan ancak tanımlanmamış özellik

Pharos veritabanının tercih edilmesi için birçok sebep bulunsa da modele dahil edilmesi bazı sınırlamaları da beraberinde getirmiştir. Veritabanına erişim genellikle

ücretlidir. Bütçe kısıtlamaları olan kişi ve kurumlar için bu bir dezavantaj olabilir. Bazı özel kimyasallar veya sektöre özgü veriler, veritabanında yer almayabilir. Bu durum, malzemelerin değerlendirilmesinde yanlış sonuçlara yol açabilir. Verilerin güncel tutulması hayati önemde olsa da hızla değişen yasal düzenlemeler ve bilimsel ilerlemeler karşısında bazı bilgilerin güncellik düzeyi sorgulanabilir. Son olarak, veritabanının kullanıcı arayüzü ve işlevselliği, teknolojiyle sınırlı düzeyde etkileşim deneyimine sahip bireyler için karmaşık veya zorlayıcı olabilir.

Modelde Yeşilekran Risk Değerlendirmesi kullanılarak oluşturulan puanlama sisteminin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. İlk olarak, “veri yok/boş”, “belirsiz”, “potansiyel risk” kategorilerinin bulunması, risk değerlendirmesinin doğruluğunu olumsuz etkileyebilir. Bunun yanı sıra, kimyasal risk düzeylerinin sınıflandırılmasında kullanılan ölçütler öznel olabilir. Çok yüksek ya da düşük etki gösteren kimyasalların puanlanması sırasında, o kimyasalın etkisi yeteri kadar ifade edilmeyebilir.

Modelin, diğer YDED modelleriyle karşılaştırıldığında öne çıkan bir başka önemli özelliği, malzemelerin bakım ve yenileme süreçlerinin hesaplama dahil edilmesidir. Bu durum, hesaplama sonuçlarının daha doğru analiz edilmesini sağlamakla birlikte bazı sınırlamaları da beraberinde getirmektedir. Malzemelerin bakım yöntem ve sıklıkları ile yenileme yöntem ve sıklıklarının her bir malzeme için ayrı ayrı toplanması, oldukça detaylı bir analiz süreci gerektirmektedir. Özellikle bu süreç, yüksek zaman ve emek gerektirdiği için araştırmanın maliyetini artırabilir ve uygulanabilirliğini zorlaştırabilir. Bu durum, malzeme seçimi sırasında daha basitleştirilmiş modellerin tercih edilmesine yol açabilir. Ancak bu yaklaşım, bazı kritik faktörlerin göz ardı edilmesine ve dolayısıyla uzun vadede yanlış seçimler yapılmasına neden olabilir.

Modelde onarım yöntem ve sıklıklarının göz ardı edilmesi, değerlendirme sürecinde önemli bir eksikliğe neden olmaktadır. Onarımın hesaba katılmaması, eksik verilerin oluşmasına yol açarak malzeme performansı ve uzun vadeli etkiler konusunda yanlış veya eksik değerlendirme sonuçlarına sebebiyet verebilir.

Bu modeli diğer YDED yöntemlerinden ayıran önemli bir özellik, normalleştirme ve ağırlıklandırma adımlarını içermemesidir. Bu sayede model, kullanıcılar tarafından daha kolay anlaşılabilir ve uygulanabilir. Normalleştirmenin kullanılmaması,

kimyasalların etki büyüklüklerinin olduğu gibi korunmasını; ağırlıklandırmanın olmaması ise subjektif sonuçların önüne geçilmesini sağlayabilir.

Seçim aşamasında, malzeme-nitelik matrisindeki puanlar en iyiden en kötüye doğru sıralanmaktadır. Ancak, büyükten küçüğe bir sıralama yapıp değerlere yalnızca 1-2-3 gibi sabit puanlar atandığında, etki sonuçlarının büyüklükleri arasındaki hassasiyet kaybolabilir. Bu durum, malzemeler arasındaki farkların doğru bir şekilde temsil edilmesini engelleyebilir. Bu nedenle, bu aşamada ağırlıklandırma yönteminin kullanılması da uygun değildir.



4. İÇ MEKÂN BİTİRME MALZEMELERİ SEÇİM MODELİNİN OTEL ODALARINA UYGULANMASI

Bu bölümde iç mekân bitirme malzemelerinin üretim ve kullanım süreci çevresel etkileri doğrultusunda seçimine yönelik geliştirilen model uygulanmaktadır.

Bitirme malzemelerinin çevresel etkilerinin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde, turizm yapılarından otellerin önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir (Teng ve diğ., 2012). Bunun başlıca nedenlerinden biri kitlelerin ilgisini canlı tutmak için farklı ve çok sayıda bitirme malzemesinin kullanılması ve bu malzemelerin sık sık yenilenmesidir. Türkiye, dünyada en çok turist çeken ilk beş ülke arasında yer almakta ve turizm gelirlerinde altıncı sırada bulunmaktadır, bu da onu bu sektörde önemli bir konuma taşımaktadır (UNTWO, 2023). Hem küresel hem de Türkiye turizminde merkez kabul edilen Antalya, yüksek otel doluluk oranlarıyla öne çıkmaktadır (Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü, 2022). Bu eğilime paralel olarak, Antalya'nın Konyaaltı bölgesi, sık sık yapılan malzeme yenileme çalışmalarıyla dikkat çekmektedir.

Çalışma kapsamında öncelikle Konyaaltı'nda bulunan otellere yönelik anket çalışması gerçekleştirilmiştir (EK G). Antalya, Konyaaltı'nda 137 adet otel bulunmaktadır. Araştırma süresinin kısaltılması için, evren büyüklüğü olarak kabul edilen sayı (137), örneklem çalışması ile daraltılmıştır (denklem 4.1). Örneklem büyüklüğü; araştırmanın gerçekleştirildiği evrenin, araştırma sonucunu en iyi yansıtacağı düşünülen kısmının çalışmaya dahil edilmesi olarak tanımlanabilir (Baltacı, 2018).

$$n = \frac{Nt^2pq}{d^2(N-1)+t^2pq} \quad (4.1)$$

n= örneklem büyüklüğü, N=evren büyüklüğü, t= belirli bir anlamlılık düzeyinde t tablosuna göre bulunan teorik değer, p= incelenen olayın gerçekleşme olasılığı, q=incelenen olayın gerçekleşmeme olasılığı, d= hata payı

Buna göre otel sayısı denklem 4.2 aracılığı ile 101 olarak bulunmuştur.

$$n = \frac{137 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 \times (137-1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 101 \quad (4.2)$$

Bu anket aracılığıyla, çalışmanın gerçekleştirildiği oteller hakkında; otellerin hizmet derecesi, anket katılımcılarının sektördeki pozisyonu ve görev süresi, duvar-döşeme-tavanda en çok kullanılan bitirme malzemeleri, bu malzemelerin bakım, onarım ve yenileme yöntemleri ile sıklıkları, malzemelerin yenilenme nedenleri ve atık malzemelerin yeniden kullanımı gibi bilgiler elde edilmiştir (EK H). Anket analizleri için, farklı disiplinlerde gerçekleştirilen çalışmalarda yararlanılan İtü Lisanslı Yazılımlarından IBM SPSS Statistics 28.0.0.0 ve Excel kullanılmıştır.

Anket sonuçlarından yola çıkarak Konyaaltı bölgesindeki otel yatak odalarında, duvarda kullanılan 3 bitirme malzemesi model aracılığı ile değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda Bölüm 2'deki Çizelge 2.1'e göre bitirme malzemelerinin sistemi: duvar; ana malzemeler: boya, seramik karo, melamin kaplı yonga levha; tamamlayıcı malzemeler: astar (boya), harç ve derz dolgusu (seramik karo) olarak belirlenmiştir. Melamin kaplı yonga levhanın uygulama yöntemi "bir taşıyıcı sistem ile mekanik tespit" olduğu için, bu ana malzemenin bir tamamlayıcı malzemesi bulunmamaktadır.

4.1 Çevresel Etki Puanının Hesaplanması

Türkiye, yapı malzemeleri sektöründe dünya genelinde önemli bir konuma sahiptir. 2021 yılında yapı malzemeleri üretimi, bir önceki yıla kıyasla %19,6 oranında artış göstermiştir. Mermer üretiminde 1., seramik üretiminde 5., cam üretiminde 15. ve boya ile vernik üretiminde 19. sırada yer alan Türkiye için, bitirme malzemeleri üretim sürecinin çevre dostu olması büyük önem taşımaktadır (YapıMagazin, t.y.).

Türkiye'deki çevresel problemlere yönelik mevzuatlar, çevrenin korunması ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için yıllar içinde çeşitli düzenlemelerle geliştirilmiştir. 2872 sayılı Çevre Kanunu, 1983 yılında yürürlüğe girerek çevrenin korunması ve kirliliğin önlenmesi konularında temel çerçeveyi belirlemiştir. 2015 yılında revize edilen Atık Yönetimi Yönetmeliği, atıkların geri kazanımı ve çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesine ilişkin önemli standartlar getirmiştir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ise 2008 yılında yayımlanarak hava kirliliğinin azaltılması ve izlenmesi için yasal altyapı sağlamıştır. 2021 yılında, Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması'nı onaylaması, iklim değişikliği ile mücadelede

yeni bir dönüm noktası olmuştur. Bu doğrultuda, 2011 yılında yayımlanan Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve emisyon azaltımı gibi alanlarda yol haritası sunmaktadır. Ayrıca, 2005 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kanunu, Türkiye'nin enerji dönüşümünü hızlandırmak ve fosil yakıtlara bağımlılığını azaltmak amacıyla önemli bir düzenleme olarak öne çıkmıştır.

Bu bölümde öncelikle Türkiye için önemli çevresel etki kategorileri belirlenmiştir. Daha sonra, Bölüm 3.1'de sunulan çevresel etki hesaplama yöntemi uygulanarak toplam puanlar elde edilmiştir.

Türkiye için önemli çevresel etki kategorileri EN 15804 standardı ve literatür taraması aracılığıyla belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Bazı malzemelerin EPD belgelerinde ötrofikasyon kategorileri tatlı su, deniz ve karasal alanlar için toplam olarak verildiğinden, hesaplamalar da bu kategorinin toplam puanına göre yapılmaktadır. Türkiye'de gerçekleştirilen diğer çalışmalarla (Alptekin, 2014; Bayraktar, 2010; Gültekin, 2006; Kalkan, 2020; Karaman Öztaş, 2014) model için seçilen etki kategorilerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür. Çevresel problemler ile ilgili bulgular, aşağıda aktarılmaktadır.

○ İklim değişikliği

Atmosferdeki zararlı gazlar, güneşten gelen ışınların yansımalarını tutarak dünyanın ısınmasına yol açar. Bu durum, sera etkisi olarak adlandırılır. World Population Review (t.y.)'ın yaptığı araştırmaya göre, Türkiye, sera gazı emisyon salımında 192 ülke arasında 16. sırada yer almaktadır. T.C. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2024) 1970-2019 yılları arasındaki sıcaklık değişimlerini gösteren grafiği incelendiğinde, 1993 yılından itibaren (1997 ve 2011 yılları hariç) sera gazlarına bağlı olarak sıcaklıklarda bir artış olduğu görülmektedir.

İklim değişikliğinin etkisini azaltmak amacıyla, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı ile Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından çeşitli projeler hayata geçirilmiştir. Bu projelerden bazıları, “İklim Uyum Eyleminin Güçlendirilmesi Projesi”, “İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi” ve “Düşük Karbon Salımı için Çözümsel Tabanlı Strateji ve Eylem Geliştirilmesi Teknik Yardım Projesi” olarak sıralanabilir.

Yapılan araştırmalar, iklim değişikliğinin yalnızca ülkemiz için değil, dünya genelinde de büyük bir sorun olduğunu; ayrıca, bu konuda hazırlanan gelecek senaryolarının

mevcut durumdan daha kötüye işaret ettiğini ve acil önlemler alınması gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 4.1 : Türkiye için seçilen çevresel etki kategorileri (EN, 2019).

Etki kategorisi	Gösterge	Birim	Hesaplamalarda gösterim şekli
İklim değişikliği -toplam	Küresel Isınma Potansiyeli toplam (GWP-toplam)	kg CO ₂ eşdeğeri	GWP-toplam
Ozon tabakasının incelenmesi	Stratosferik ozon tabakasının incelenme potansiyeli (ODP)	kg CFC 11 eşdeğeri	ODP
Asitleşme	Asitleşme potansiyeli, birikmiş aşırılık (AP)	mol H ⁺ eşdeğeri	AP
Ötrofikasyon -tatlı su	Ötrofikasyon potansiyeli, besin maddelerinin tatlı su ortamına ulaşma fraksiyonu (EP-tatlı su)	kg PO ₄ eşdeğeri	EP-toplam
Ötrofikasyon -deniz	Ötrofikasyon potansiyeli, besin maddelerinin deniz ortamına ulaşma fraksiyonu (EP-deniz)	kg N eşdeğeri	
Ötrofikasyon -karasal	Ötrofikasyon potansiyeli, Birikmiş Aşırılık (EP-karasal)	mol N eşdeğeri	
Fotokimyasal sis oluşumu	Troposferik ozonun oluşum potansiyeli (POCP)	kg NMVOC eşdeğeri	POCP
Abiyotik kaynakların tükenmesi -mineraller ve metaller	Abiyotik tükenme potansiyeli, fosil olmayan kaynaklar (ADP-mineraller ve metaller)	kg Sb eşdeğeri	ADPE
Abiyotik kaynakların tükenmesi -fosil yakıtlar	Abiyotik tükenme potansiyeli, fosil kaynaklar (ADP-fosil)	MJ, net kalori değeri	ADPF
Su kullanımı	Su tüketim potansiyeli (WDP)	m ³ dünya eşdeğeri, mahrum bırakılmış	WDP
Tehlikeli atık bertarafı	-	kg	HWD
Tehlikeli olmayan atık bertarafı	-	kg	NHWD
Radyoaktif atık bertarafı	-	kg	RWD

○ Ozon tabakasının incelenmesi

Ozon tabakası, kloroflorokarbon, hidrokloroflorokarbon, halonlar, karbontetraklorid, metilkloroform ve metilbromür gibi maddeler nedeniyle incelenmektedir. Bu zararlı gazlar; yalıtım malzemeleri, çözücüler ve aerosol iticiler gibi ürünlerin kullanımı yoluyla atmosfere yayılmaktadır (EPA, 2024). Ozon tabakasının incelenmesi, UV-B radyasyonunun artmasına neden olmuş, bu da hem canlıların sağlığını hem de doğal ekosistemleri olumsuz etkilemiştir. NASA (t.y.)’nın 1979’dan bu yana yaptığı çalışmalar, başlangıçta 0,1 milyon km² çapında olan ozon deliğinin, 2022 yılında 23,2 milyon km²’ye ulaştığını göstermektedir. Ancak, 1987’de imzalanan Montreal Protokolü’nün ardından bu deliğin büyümesinde azalma kaydedilmiştir.

Türkiye, 1991 yılında “Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi” ve “Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü”ne taraf olmuştur. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Resmî Gazete’de yayımlanan “Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Yönetmelik” kapsamında, ülkemizde üretimi olmayan bu maddelerin ithalatı kontrol altına alınarak kademeli olarak sonlandırılmaktadır. Bu sayede, ozon tabakasının kendini tamir ederek kalınlaştığı bilinmektedir (İklimBU, t.y.).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın 2021'de yaptığı bir araştırmaya göre, Türkiye, ozon tabakasını incelten maddelerin salımı açısından belirlenen sınır değerlerin (2015 yılında 496 ton, 2021 yılında 358 ton) oldukça altında kalmaktadır (2015 yılında 18 ton, 2021 yılında 4 ton) (UNEP, t.y.). Bununla birlikte, ozon tabakasının incelenmesi hala önemli bir çevresel sorundur.

○ Asitleşme

Fosil yakıtların yanması sonucu kükürt ve azot bileşiklerini içeren kirli hava kütleleri oluşur. Bu kirli hava, atmosferik taşınma ve yağmur yoluyla karasal ve sucul ekosistemlere zarar verir. Asitleşme sorunu, 1970'lerden itibaren gündeme gelmiş ve bu konuda birçok çalışma ile iş birliği yapılmaya başlanmıştır (EEA, 2020). NOAA (t.y.) okyanus asitleşmesiyle ilgili tahminlerini içeren dünya haritası, 1770 yılında 8,25 olarak belirlenen okyanus pH seviyesinin 2100 yılında 7.7'ye düşeceğini öngörmektedir. Asit yağmurları ise, pH seviyesi 5'in altına düştüğünde oluşur.

Türkiye'de de dönem dönem asit yağmurları görülmekte olup, bu yağmurların hem ekosistem üzerinde hem de insan sağlığı üzerinde etkileri vardır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 15 şehirde kurduğu radarlarla yapılan ölçümler, bu şehirlerdeki hava pH seviyelerini ve sülfat ile nitrat yoğunluklarını izlemektedir. Buna göre, ölçüm yapılan şehirlerde uzun yıllar ortalamasına göre en yüksek pH seviyesi 6.11, en düşük pH seviyesi ise 4.72'dir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, t.y.)

TUMAK (t.y.)'nin gerçekleştirdiği bir çalışmada, Türkiye'deki ölçüm noktalarına büyük miktarda asit taşındığı, ancak yağmur suyundaki asitlerin ekosisteme ciddi bir zarar vermediği ve Türkiye'nin kalkerli topraklarının doğal bir korunma mekanizması oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, asitleşme yine de önemli bir çevresel sorundur.

○ Ötrofikasyon

Büyük su ekosistemlerinde fosfor, azot ve diğer besin maddelerinin yoğun miktarda artması sonucunda plankton ve algler hızla çoğalır. Bu durum, sudaki çözünmüş oksijen miktarını azaltarak, biyoçeşitliliğin azalmasına, bulanıklığın artmasına ve canlı ölümlerine yol açar. Araştırmalar, göllerin Asya'da %54, Avrupa'da %53, Kuzey Amerika'da %48, Güney Amerika'da %41 ve Afrika'da %28'inin ötrofik olduğunu göstermektedir (Doğan Sağlamtimur & Sağlamtimur, 2018).

2017-2021 yılları arasında, 100'den fazla bilim insanı ve endüstri uzmanı, "Our Phosphorus Future (Fosfor Geleceğimiz)" adlı bir projede bir araya gelmiş; proje kapsamında, hükümetlerin bu konuda yeterince önlem almadığı ve ötrofikasyonu azaltmak için bilimsel verilere dayalı çalışmalar yapmaları gerektiği vurgulanmıştır (Brownlie ve diğ., t.y.). Dünya genelinde yapılan bir araştırma, Türkiye'nin tatlı sulardaki fosfor kirliliğinde önde gelen ülkelerden biri olduğunu göstermektedir (MAGMA, t.y.; Pulatsü ve diğ., 2015). Göllerde ötrofikasyonun kontrol altına alınması için fiziksel, kimyasal ve biyolojik önlemler uygulanabilmektedir ve diğ., 2015).

Türkiye'de ötrofikasyonun önemi üzerine yapılan yayınlar (Karul ve diğ., 2000) ve her yıl meydana gelen balık ölümleri ile göllerin yeşile bürünmesi, bu sorunu sıkça gündeme getirmektedir. Göl, gölet ve baraj göllerindeki su kalitesi, Yer Üstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerlere göre değerlendirilir. Bu amaçla, Tarım ve Orman Bakanlığı, 25 nehir havzasında kentsel ve endüstriyel atık sular ile tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan azot ve fosfor bileşiklerinin aşırı birikmesi sonucu kirlilik tehdidi altındaki kentsel ve nitrata hassas alanları belirlemiş ve su kalitesini iyileştirmek için alınması gereken tedbirleri ortaya koyarak "Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik" hazırlamıştır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 422 göl, gölet ve baraj gölünde azot ve fosfor kirliliği baskıları izlenmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, 2020).

○ Fotokimyasal sis oluşumu

Endüstriyel işlemler, araçlar ve çeşitli yanma süreçleri sonucu açığa çıkan nitrojen oksitler, ozon, nitroasetil peroksit ve uçucu organik bileşikler, çevre kirliliğine neden olan bir bulut oluşturur. Güneş ışığı etkisiyle gerçekleşen kimyasal reaksiyon sonrası, havada asılı kalan bu yapı tüm canlıların sağlığını tehdit eder. Türkiye, "Avrupa'da Hava Kirleticilerin Uzun Menzilli Taşınımının İzlenmesi ve Değerlendirilmesi İçin İş birliği Programının Uzun Dönemli Finansmanı Protokolü" ile azot oksitler, kükürt dioksit, metan olmayan uçucu organik bileşikler, amonyak, partiküler madde, ince partiküler madde ve karbonmonoksit emisyonlarını izlemektedir. Yapılan araştırmalara göre, Türkiye'deki azotoksit salımı 1990'dan 2019'a kadar %29,6

artmıştır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, 2020).

○ Abiyotik kaynakların tükenmesi

Fosil yakıtlar, hidrokarbon ve yüksek karbon içeriğine sahip doğal enerji kaynaklarıdır; kömür, petrol ve doğalgaz bu gruba dahildir. T.C. Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2022) raporuna göre, 2019 yılında birincil enerji kaynakları arzında doğalgazın payı %25,7, petrolün %28,6, kömürün %29,1, yenilenebilir kaynakların ise %16,6 olarak belirlenmiştir. Hidroelektrik üretiminin 2022'deki düşüşü, fosil yakıt temelli üretimi artırmıştır. Türkiye'de yerli enerji kaynaklarının yetersizliği nedeniyle enerji ithalatına bağımlılık sürekli artmaktadır; bu durum, enerji ihtiyacının yalnızca %20'sinin yerel kaynaklardan karşılanabildiğini göstermektedir (Türköz & Utkulu, 2021). Dünya genelinde 1966-2021 arasındaki verilere göre Türkiye, fosil yakıt tüketimini %955 artırarak en çok tüketen ülkelerden biri olmuştur (BP, t.y.). IPCC, fosil yakıtların kullanımının kademeli olarak azaltılması gerektiğini bildirmiştir (BBC, 2014). Bazı çalışmalara göre, petrolün 2052, doğalgazın 2060 ve kömürün 2090'da tükenmesi öngörülmektedir (MAHB, t.y.). Türkiye; jips, lületaş, mermer, diatomit, kireçtaşı, pomza, linyit, feldspat, dolomit, silis kumu, kalsit ve asbest gibi zengin mineral kaynaklarına sahiptir (IMMIB, 2021; Karaman Öztaş, 2014). OECD raporuna göre, 2011'de dünya genelinde kişi başına günlük hammadde tüketimi 33 kg iken, 2060'ta bu miktarın 45 kg'a çıkması öngörülmektedir (Karapınar, 2021). Mineral ve metallerin yenilenemez kaynaklar olduğu unutulmamalıdır.

○ Su kullanımı

Su, canlıların yaşamını sürdürebilmesi için en gerekli maddelerden biridir. Bugün birçok ülke temiz suya erişim konusunda sorun yaşamakta ve susuzlukla mücadele etmektedir. 2007'de yapılan bir çalışmada Türkiye "su kıtlığına yaklaşan ülke" olarak tanımlanmış ve önlem alınması gereken ülkeler arasında gösterilmiştir. 2019'da World Economic Forum tarafından yapılan bir araştırmada ise Türkiye'nin 2040 yılında su kıtlığı yaşayabileceği belirtilmiştir. Bu konuda çeşitli bakanlıklar su yönetimi ile ilgili kanun ve yönetmelikler uygulamaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, t.y.).

○ Atık

Türkiye’de atık üretimi önemli bir problemdir. TÜİK (t.y.)’in raporuna göre, 2021 yılında Türkiye’nin atık miktarı 104,8 milyon ton olarak hesaplanmış ve 2018’e göre %10,5 artmıştır. Atıkların işlenmesi ve geri dönüştürülmesinde, “Atık Yönetimi Yönetmeliği” kapsamında bertaraf tesisleri, düzenli depolama ve yakma tesisleri ile geri kazanım tesisleri etkin rol oynamaktadır (TÜİK, t.y.). Ayrıca, “Sıfır Atık Projesi” israfın önlenmesi, atık miktarının azaltılması ve geri dönüşüm gibi atık yönetim stratejilerini benimsemektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017).

Bu çevresel etki kategorilerine göre, EPD International aracılığı ile belirlenen, bitirme malzemelerinin EPD belgelerindeki üretim süreci etki kategori sonuçları, Çizelge 4.2’de verilmektedir. Boya ve astar malzemeleri için WDP kategorisi EPD belgelerinde verilmediğinden, bu değerler “0” olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.2 : Malzemelerin üretim süreci (A3) etki kategori sonuçları (EN, 2019).

Çevresel etki kategorileri/ Bitirme malzemeleri		Ana malzeme	Tamamlayıcı malzeme	Ana malzeme	Tamamlayıcı malzeme	Ana malzeme
		Boya (1 m ²)	Astar (1 m ²)	Seramik karo (1 m ²)	Harç (1 kg)	Derz dolgusu (1 kg)
Çevresel etki kategorileri	GWP-toplam	9.91 E-2	5.22 E-2	8.94	2.27E-02	3,53E-03
	ODP	9.17 E-10	4.30 E-10	7.2E-012	3.89E-10	4,45E-10
	POCP	5.10 E-5	2.35 E-5	0.0134	7.83E-05	2,17E-06
	AP	3.52 E-4	1.92 E-4	0.00992	5.90E-05	3,27E-05
	EP-toplam	6.23 E-5	3.23 E-5	5.54E-02	2.20E-04	1,22E-05
	ADP- mineraller ve metaller	3.32 E-7	1.76 E-7	0.000195	1.01E-09	2,59E-08
	ADP-fosil yakıtlar	2.23 E+0	1.22 E+0	26.8	6.09E-02	2,21E-02
	WDP	0	0	0.947	5.17E-03	0
	HWD	1.53 E-3	4.70 E-4	4.22E-009	2.83E-06	4,07E-05
	NHWD	7.57 E-3	3.12 E-4	3.25	5.44E-04	1,96E-02
	RWD	0	0	0.000492	4.55E-07	0
Referanslar		(AkzoNobel, 2021)	(AkzoNobel, 2021b)	(PANARIAgroup, 2024)	(Cerecit, 2024)	(Saint-Gobain Finland Oy, 2020)

LEJAND

E harfi, bilimsel gösterimde 10 üzeri anlamına gelmektedir.

Boya, astar, seramik karo ve melamin kaplı yonga levhanın EPD belgelerinde tanımlanan fonksiyonel birimleri, 1 m²’dir. Ancak harç ve derz dolgusu fonksiyonel birim olarak 1 kg’ı benimsemiştir. Geliştirilen modelde fonksiyonel birim 1 m² olarak belirlendiği için denklem 3.1 uygulanarak 1 m² alan için gerekli ürün miktarları (UM) bulunmuştur (Çizelge 4.3). Daha sonra denklem 3.2 uygulanarak tüm malzemelerin 1

m² fonksiyonel birim üzerinden etki değerlendirme puanları (ED_i) hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3 : Malzemelerin UM değerleri.

	Ana malzeme	Tamamlayıcı malzeme	Ana malzeme	Tamamlayıcı malzeme		Ana malzeme
	Boya (1 m ²)	Astar (1 m ²)	Seramik karo (1 m ²)	Harç (1 m ² alan için)	Derz dolgusu (1 m ² alan için)	Melamin kaplı yonga levha (1 m ²)
A _k	-	-	-	0.25	4	-
UM	-	-		4	0.25	-
Referanslar	-	-	-	(Birimfiyatım.com, t.y.)	(Allmax Yapı Kimyasalları, t.y.)	-

Çizelge 4.4 : Malzemelerin ED_i değerleri.

Çevresel etki kategorileri/ Bitirme malzemeleri		Ana malzeme	Tamamlayıcı malzeme	Ana malzeme	Tamamlayıcı malzeme	Ana malzeme	
		Boya (1 m ²)	Astar (1 m ²)	Seramik karo (1 m ²)	Harç (1 m ² alan için)	Derz dolgusu (1 m ² alan için)	Melamin kaplı yonga levha (1 m ²)
Çevresel etki kategorileri	GWP-toplam	9.91 E-02	5.22 E-02	8.94E+00	9.08E-02	8.83E-04	1,92E+00
	ODP	9.17 E-10	4.30 E-10	7.2E-012	1.56E-09	1.11E-10	1,63E-07
	POCP	5.10 E-05	2.35 E-05	1.34E-02	3.13E-04	5.43E-07	2,12E-03
	AP	3.52 E-04	1.92 E-04	9.92E-03	2.36E-04	8.18E-06	1,75E-03
	EP-toplam	6.23 E-05	3.23 E-05	5.54E-02	8.80E-04	3.05E-06	8,68E-03
	ADP-mineraller ve metaller	3.32 E-07	1.76 E-07	1.95E-04	4.04E-09	6.48E-09	2,52E-06
	ADP-fosil yakıtlar	2.23 E+00	1.22 E+00	2.68E+01	2.44E-01	5.53E-03	3,29E+01
	WDP	0.00E+00	0.00E+00	9.47E-01	2.07E-02	0.00E+00	1.47E-01
	HWD	1.53 E-03	4.70 E-04	4.22E-09	1.13E-05	1.02E-05	1,41E-02
	NHWD	7.57 E-03	3.12 E-04	3.25E+00	2.18E-03	4.90E-03	2,31E-01
RWD	0.00E+00	0.00E+00	4.92E-04	1.82E-06	0.00E+00	1,08E-04	

LEJAND

E harfi, bilimsel gösterimde 10 üzeri anlamına gelmektedir.

Etki kategorileri farklı birimlerde olduğu için, kategori sonuçları toplanamaz. Kategori sonuçlarının toplanabilmesi için denklem 3.3'te verilen normalleştirme adımı uygulanmıştır (Çizelge 4.5). Buna göre, her etki kategorisinin etki değerlendirme puanı, o etki kategorisinin toplam puanına bölünmüştür. Daha sonra toplam çevresel etki değerlendirme puanları (CP_{alt}) hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Son olarak, anket verilerinden elde edilen malzemelerin yenilenme yöntemleri (EK H) ve Çizelge 3.2'den elde edilen yenilenme sıklıkları hesaplamaya dahil edilmiştir. Seramik karo ve melamin kaplı yonga levhanın servis ömrü 50 yıl olduğundan, bu malzemeler için yenileme işlemi yapılmamaktadır. Boya; aynı ya da farklı malzemelerle 10 yılda 1 yenilenebilmektedir. Yenilemenin, boya, seramik karo ve melamin kaplı yonga levha kullanılarak gerçekleştirildiği varsayılarak Denklem 3.5, 3.6 ve 3.7 yardımıyla alternatif sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.5 : Malzemelerin NTED_i değerleri.

Çevresel etki kategorileri/ Bitirme malzemeleri	Ana malzeme	Tamamlayıcı malzeme		Ana malzeme	Tamamlayıcı malzeme		Ana malzeme
		Boya (1 m ²)	Astar (1 m ²)		Harç (1 m ² alan için)	Derz dolgusu (1 m ² alan için)	
Çevresel etki kategorileri	GWP-toplam	9.09E-03	4.79E-03	8.21E-01	8.35E-03	8.10E-05	1.76E-01
	ODP	5.39E-03	2.53E-03	4.24E-05	9.18E-03	6.53E-04	9.59E-01
	POCP	3.21E-03	1.48E-03	8.43E-01	1.97E-02	3.42E-05	1.33E-01
	AP	2.46E-02	1.34E-02	6.94E-01	1.65E-02	5.72E-04	1.22E-01
	EP-toplam	9.60E-04	4.97E-04	8.53E-01	1.36E-02	4.70E-05	1.34E-01
	ADP-mineraller ve metaller	1.68E-03	8.89E-04	9.85E-01	2.04E-05	3.27E-05	1.27E-02
	ADP-fosil yakıtlar	3.43E-02	1.88E-02	4.13E-01	3.76E-03	8.52E-05	5.07E-01
	WDP	0.00E+00	0.00E+00	8.46E-01	1.85E-02	0.00E+00	1.31E-01
	HWD	3.62E-13	1.11E-13	1.00E+00	2.68E-18	2.41E-18	3.34E-12
	NHWD	2.12E-03	8.74E-05	9.11E-01	6.11E-04	1.37E-03	6.47E-02
	RWD	0.00E+00	0.00E+00	9.80E-01	3.63E-03	0.00E+00	2.15E-02

LEJAND

E harfi, bilimsel gösterimde 10 üzeri anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.6 : Malzemelerin toplam NTED_i ve CP_{altın} değerleri.

Çevresel etki kategorileri/ Bitirme malzemeleri	Boya +astar (M ₁)	Seramik karo+harç+derz dolgusu (M ₂)	Melamin kaplı yonga levha (M ₃)
Çevresel etki kategorileri	GWP-toplam	1.39E-02	8.29E-01
	ODP	7.92E-03	9.88E-03
	POCP	4.69E-03	8.63E-01
	AP	3.80E-02	7.11E-01
	EP-toplam	1.46E-03	8.67E-01
	ADP-mineraller ve metaller	2.57E-03	9.85E-01
	ADP-fosil yakıtlar	5.31E-02	4.17E-01
	WDP	0.00E+00	8.65E-01
	HWD	4.73E-13	1.00E+00
	NHWD	2.21E-03	9.13E-01
	RWD	0.00E+00	9.84E-01

CP_{altın}	1.24E-01	8.44E+00	2.26E+00
---------------------------	----------	----------	----------

LEJAND

E harfi, bilimsel gösterimde 10 üzeri anlamına gelmektedir.

	Yüksek etki	Orta etki	Düşük etki
--	-------------	-----------	------------

Çizelge 4.7 : Malzemelerin toplam çevresel etki puanları.

Bitirme Malzemeleri	Yenileme yöntemi	Yenilemede kullanılan malzemeler	Toplam puan	Tüm senaryolar	Yenileme yok	Aynı malzeme ile yenileme	Farklı malzeme ile yenileme
Boya + astar (M ₁)	-	-	0.124	1			
	Aynı malzeme ile	M ₁ + M ₁ + M ₁ + M ₁	0.619	2	1	1	1
	Farklı malzeme ile	M ₁ + M ₁ + M ₁ + M ₂	8.939	12			9
		M ₁ + M ₁ + M ₁ + M ₃	2.756	7			5
		M ₁ + M ₁ + M ₂	8.815	11			8
		M ₁ + M ₁ + M ₃	2.632	6			4
		M ₁ + M ₂	8.691	10			7
		M ₁ + M ₃	2.508	5			3
		M ₂	8.567	9			6
		M ₃	2.384	4			2
Seramik karo + harç + derz dolgusu (M ₂)	-	-	8.443	8	3		
Melamin kaplı yonga levha (M ₃)	-	-	2.26	3	2		

LEJAND: sıralamalarda en düşük puan, en iyi alternatifi temsil etmektedir.

4.2 Nitelik Performans Puanının Hesaplanması

Nitelik performans puanlarının hesaplanabilmesi için ilk aşama, malzemelerin nitelik değerlerinin belirlenmesidir. Malzemelerin nitelik değerleri; literatür taraması, EPD belgeleri ve malzeme katalogları aracılığı ile temin edilmiştir. MOORA ve Entropi yöntemleri için minimize ve maksimize edilmesi gereken kriterler, “beklenti” sütununda belirtilmiştir (Çizelge 4.8). Bu çalışma kapsamında eksik veriler için ortalama değer belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 : Malzemelerin nitelik değerleri (Berto, 2007; *Qua Granit*, t.y.; Trade Essentials, t.y.; TS, 2024; Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, 2013; Ergenç, 2007; Mistry, 2017; Ülker, 2009; Umunakwe ve diğ., 2020).

AŞAMA/ NİTELİK		NİTELİKLER		Boya (A)	Seramik karo (B)	Melamin kaplı yonga levha (C)	BEKLENTİ	
KULLANIM AŞAMASI	YAPIM AŞAMASI	YAPIM	Yapım süreci ile ilgili nitelikler	1-Atık üretimi (kg/m ²)	0.3	3.5	1.0	düşük
				2-Kaynak kullanımı	1	3	2	düşük
				3-Nitelikli işgücü	1	3	2	yüksek
				4-Yapım maliyeti (TRY/m ²)	150	400	250	düşük
				5-Yapım süresi (gün)	2	7	5	düşük
	MALZEME ÖZELLİKLERİ	KULLANIM	Kullanım süreci ile ilgili nitelikler	6-Bakım-onarım maliyeti	1	3	2	düşük
				7-Kullanıcıya bağlı nitelikler	3	2	1	yüksek
				8-Servis ömrü (yıl)	10	50	50	yüksek
		MALZEME ÖZELLİKLERİ	Yangın ile ilgili nitelikler	9-Damla/tanecik oluşturma	2	1	3	düşük
				10-Duman oluşturma	3	1	2	düşük
				11-Yanıcılık sınıfı	3	1	2	yüksek
				12-Yangına dayanım süresi (bulunduğu yapı elemanı içerisinde-dk)	30	180	60	yüksek
			Yüzey özellikleri ile ilgili nitelikler	13-Işık geçirgenliği	1	1	1	düşük
				14-Işık yansıtma (%)	80	60	40	yüksek
				Yürüme güvenliği				
			Ses ile ilgili nitelikler	15-Ses iletimi (STC)	-	55	30	düşük
				16-Ses yutuculuk	0,03	0,01	0,10	yüksek
			Isı ile ilgili nitelikler	17-Isı geçirgenlik direnci (m²K/W)	0.02	0.05	0.20	düşük
				18-Isı biriktirme kapasitesi (W/m²K)	50	800	300	düşük
				19-Isı iletkenlik katsayısı (W/m.K)	0.2	1.5	0.25	düşük
				20-Isıl genleşme (cm/cm°C)	0.00001	0.00001	0.00002	düşük
			Yükler ve kuvvetler ile ilgili nitelikler	21-Aşınma dayanımı (cm³/50cm²)	0.5	0.05	0.1	yüksek
				22-Basınç dayanımı (kgf/cm²)	20	1000	200	yüksek
				Çekme dayanımı (kgf/cm²)				
23-Darbe dayanımı (kgf.cm/cm³)				10	100	50	yüksek	
Eğilme dayanımı (kgf/cm²)								
24-Sertlik (mohs)		7	3	yüksek				
LEJAND								
		Nitelik geçerli değil	1-düşük, 2-orta, 3-yüksek					

Daha sonra Bölüm 3.2.1 ve 3.2.2’de verilen MOORA yöntemi ve Entropi yönteminin adımları takip edilmiştir. MOORA yönteminde öncelikle karar matrisi oluşturulmuş daha sonra bu matris normleştirilmiştir (Çizelge 4.9). Ardından, fayda-zarar kriterleri belirlenmiştir.

Entropi yönteminde ise öncelikle karar matrisi oluşturulmuş daha sonra bu matris niteliklerin bekletilerine göre fayda-zarar yöntemi ile normalleştirilmiştir. Daha sonra her bir kriterin entropi değeri (e_j), ayırt edicilik değeri (d_j) ve ağırlığı (w_j) hesaplanmıştır (Çizelge 4.10). Her bir kriterin ağırlıklandırılmış değerleri, Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 : MOORA Yönteminin uygulanması.

	Karar Matrisi			Normalleştirilmiş Karar Matrisi			Fayda-zarar	Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi			
	A	B	C	A	B	C		A	B	C	
Nitelikler	1	0.30	3.50	1.00	0.08	0.96	0.27	-1	0.01	0.06	0.02
	2	1.00	3.00	2.00	0.27	0.80	0.53	-1	0.02	0.05	0.04
	3	1.00	3.00	2.00	0.27	0.80	0.53	1	0.02	0.05	0.04
	4	150.00	400.00	250.00	0.30	0.81	0.51	-1	0.02	0.05	0.03
	5	2.00	7.00	5.00	0.23	0.79	0.57	-1	0.02	0.05	0.04
	6	1.00	3.00	2.00	0.27	0.80	0.53	-1	0.02	0.05	0.04
	7	3.00	2.00	1.00	0.80	0.53	0.27	1	0.05	0.04	0.02
	8	10.00	50.00	50.00	0.14	0.70	0.70	1	0.01	0.05	0.05
	9	2.00	1.00	3.00	0.53	0.27	0.80	-1	0.04	0.02	0.05
	10	3.00	1.00	2.00	0.80	0.27	0.53	-1	0.05	0.02	0.04
	11	3.00	1.00	2.00	0.80	0.27	0.53	1	0.05	0.02	0.04
	12	30.00	180.00	60.00	0.16	0.94	0.31	1	0.01	0.06	0.02
	13	1.00	1.00	1.00	0.58	0.58	0.58	-1	0.04	0.04	0.04
	14	80.00	60.00	40.00	0.74	0.56	0.37	1	0.05	0.04	0.02
	15	1.00	55.00	30.00	0.02	0.88	0.48	-1	0.00	0.06	0.03
	16	0.02	0.01	0.10	0.20	0.10	0.98	1	0.01	0.01	0.07
	17	0.02	0.05	0.20	0.10	0.24	0.97	-1	0.01	0.02	0.06
	18	50.00	800.00	300.00	0.06	0.93	0.35	-1	0.00	0.06	0.02
	19	0.20	1.50	0.25	0.13	0.98	0.16	-1	0.01	0.07	0.01
	20	0.00001	0.00001	0.00002	0.41	0.41	0.82	-1	0.03	0.03	0.05
	21	0.50	0.05	0.10	0.98	0.10	0.20	1	0.07	0.01	0.01
	22	20.00	1000.00	200.00	0.02	0.98	0.20	1	0.00	0.07	0.01
	23	10.00	100.00	50.00	0.09	0.89	0.45	1	0.01	0.06	0.03
	24	5.00	7.00	3.00	0.55	0.77	0.33	1	0.04	0.05	0.02

Çizelge 4.10 : Entropi yönteminin uygulanması.

	Karar Matrisi			Normalleştirilmiş Karar Matrisi			Fayda-zarar	e _j	d _j	w _j	
	A	B	C	A	B	C		A	B	C	
Nitelikler	1	0.30	3.50	1.00	0.72	0.06	0.22	-1	0,67	0,33	0,07
	2	1.00	3.00	2.00	0.55	0.18	0.27	-1	0.91	0.09	0.02
	3	1.00	3.00	2.00	0.17	0.50	0.33	1	0.92	0.08	0.02
	4	150.00	400.00	250.00	0.51	0.19	0.30	-1	0.93	0.07	0.01
	5	2.00	7.00	5.00	0.59	0.17	0.24	-1	0.87	0.13	0.03
	6	1.00	3.00	2.00	0.55	0.18	0.27	-1	0.91	0.09	0.02
	7	3.00	2.00	1.00	0.50	0.33	0.17	1	0.92	0.08	0.02
	8	10.00	50.00	50.00	0.09	0.45	0.45	1	0.85	0.15	0.03
	9	2.00	1.00	3.00	0.27	0.55	0.18	-1	0.91	0.09	0.02
	10	3.00	1.00	2.00	0.18	0.55	0.27	-1	0.91	0.09	0.02
	11	3.00	1.00	2.00	0.50	0.17	0.33	1	0.92	0.08	0.02
	12	30.00	180.00	60.00	0.11	0.67	0.22	1	0.77	0.23	0.05
	13	1.00	1.00	1.00	0.33	0.33	0.33	-1	1.00	0.00	0.00
	14	80.00	60.00	40.00	0.44	0.33	0.22	1	0.97	0.03	0.01
	15	1.00	55.00	30.00	0.95	0.02	0.03	-1	0.21	0.79	0.16
	16	0.02	0.01	0.10	0.15	0.08	0.77	1	0.63	0.37	0.08
	17	0.02	0.05	0.20	0.67	0.27	0.07	-1	0.73	0.27	0.06
	18	50.00	800.00	300.00	0.81	0.05	0.14	-1	0.54	0.46	0.09
	19	0.20	1.50	0.25	0.52	0.07	0.41	-1	0.81	0.19	0.04
	20	0.00001	0.00001	0.00002	0.40	0.40	0.20	-1	0.96	0.04	0.01
	21	0.50	0.05	0.10	0.77	0.08	0.15	1	0.63	0.37	0.08
	22	20.00	1000.00	200.00	0.02	0.82	0.16	1	0.48	0.52	0.11
	23	10.00	100.00	50.00	0.06	0.63	0.31	1	0.76	0.24	0.05
	24	5.00	7.00	3.00	0.33	0.47	0.20	1	0.95	0.05	0.01

Zarar kriterlerinin toplam puanı, fayda kriterlerinin toplam puanından çıkarılarak sonuçlar belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Puanlar, en yüksekten en düşüğe doğru sıralanarak en iyi seçenek tespit edilmiştir (Selçuk, 2021).

Çizelge 4.11 : Malzemelerin toplam puanları ve sıralama.

Ağırlıksız sıralama				Ağırlıklı sıralama		
	A	B	C	A	B	C
Fayda	4.73840813	6.63262888	4.86207115	0.31832837	0.44558297	0.32663611
Zarar	3.76940379	8.71456746	7.10212498	0.25323023	0.58544853	0.47712393
Sonuç	0.96900434	-2.0819386	-2.2400538	0.06509814	-0.1398656	-0.1504878
Sıralama	1	2	3	1	2	3
LEJAND: 1-en iyi, 2-orta, 3-en kötü						

LEJAND: 1-en iyi, 2-orta, 3-en kötü

4.3 Sağlık Etki Puanının Hesaplanması

Bu bölümde öncelikle sağlık etki kategorileri belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Bütüncül bir değerlendirmenin yapılabilmesi için, Yeşilekran Risk Değerlendirmesi'nde verilen 14 etki kategorisinin tamamı değerlendirilmek üzere seçilmiştir.

Çizelge 4.12 : Seçilen sağlık etki kategorileri (Greenscreen® For Safer Chemicals Chemicalhazard Assessment Procedure, 2013).

ETKİ KATEGORİLERİ	AÇIKLAMA
Kanser üretkenliği (Carcinogenicity)	Kansere neden olma veya kanser gelişimine katkıda bulunma
Mutajenite/Genotoksisite (Mutagenicity/Genotoxicity)	Hücrelerdeki genetikte değişiklik yaratan mutasyonlara neden olma veya oranını artırma
Üreme toksisitesi (Reproductive Toxicity)	Erkek veya dişi üreme sistemlerini bozabilme, cinsel gelişimi, davranışı veya işlevleri değiştirme, doğurganlığı azaltma veya gebelik sırasında fetüsün kaybına neden olma
Gelişimsel toksisitesi (Developmental Toxicity incl. Developmental neurotoxicity)	Doğum kusurları, düşük doğum ağırlığı ve çocuk büyüdükçe ortaya çıkan biyolojik veya davranışsal sorunlar dahil olmak üzere gelişmekte olan çocuğa zarar verme
Endokrin Aktivitesi (Endocrine Activity)	Metabolizma, gelişme, büyüme, üreme ve davranışı (endokrin sistem) kontrol eden hücreler arasındaki hormon iletişimine müdahale etme
Akut Memeli Toksisitesi (Acute Mammalian Toxicity)	İnsanlar ve diğer memeliler için temas, yutma veya soluma halinde ölümcül olma
Sistemik Toksisite/Organ Etkileri-Tek Maruz Kalma (Systemic Toxicity/Organ Effects-Single Exposure)	Bünyeye alımı, temas veya soluma halinde kalp, akciğerler, karaciğer vb. gibi bir ya da birden fazla organda ölümcül olmayan ancak ciddi hasara yol açma
Sistemik Toksisite/Organ Etkileri dahil. İmmünotoksisite-Tekrarlanan Maruz Kalma (Systemic Toxicity/Organ Effects incl. Immunotoxicity-Repeated Exposure)	
Nörotoksisite-Tek Maruz Kalma (Neurotoxicity-Single Exposure)	Beyin de dahil olmak üzere sinir sistemine zarar verme
Nörotoksisite-Tekrarlanan Maruz Kalma (Neurotoxicity-Repeated Exposure)	Ciltte alerjik reaksiyonları tetikleyebilme
Cilt Hassaslaşması (Skin Sensitization)	Ciltte alerjik reaksiyonları tetikleyebilme
Solumun Hassasiyeti (Respiratory Sensitization)	Küçük miktarların solumun sisteminde astım, rinit veya diğer alerjik reaksiyonları tetikleyecek kadar yüksek hassasiyetle sonuçlanma
Cilt Tahrişi/Aşındırma (Skin Irritation/Corrosivity)	Ciltte tahrişe veya ciddi hasara neden olma
Göz Tahrişi/Aşındırıcılık (Eye Irritation/Corrosivity)	Gözde tahrişe veya ciddi hasara neden olma

Bir sonraki aşamada, ana ve tamamlayıcı malzemelerin içindeki kimyasallar Pharos veritabanı kullanılarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Malzemelerde tekrar eden kimyasallar, hesaplama için iki kez dahil edildiği için çizelgede "(x2)" olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.13 : Malzemelerin içinde bulunan kimyasallar (Pharos, 2024).

	Boya	Astar		Seramik karo		Harç	Derz dolgusu	Melamin kaplı yonga levha
Pharos veritabanı	Su bazlı boya renklendirciler (Water-based paint colorants)	Su bazlı leke önleyici astar (Water-based Stain-blocking Primer/Sealer)		Seramik karo (Ceramic tile)		Lateks-Portland Çimento Harcı (İnce Harç) Latex Portland cement mortar	Çimento esaslı derz dolgusu (Cementitious grouting)	Yonga levha (Particleboard)
Kimyasallar	Su	Su	Karbendazim	Kaolin (x2)	Çinko oksit	Kuvars	Kuvars	Formaldehid
	Baryum ülfat	Kuvars	Polietilen glikol	Feldispat (x2)	Wollastonit	Portland Çimentosu	Çakıl	Üre
	Polietilen glikol türevi	Kireç taşı	Pentapo-tasyum trifosfat	Kuvars	Krom demir oksit	Kireçtaşı	Portland Çimentosu	Amonyum sülfat
	Titanyum dioksit	Titanyum dioksit	1,2-Benzizotiazolin-3-on	Kireçtaşı	C.I. Pigment Mavi 72	Kalsiyum Difformat	Kireç	Parafin
	Polietilen glikol	Talk	Sodyum nitrit	Talk	Krom Rutil Sarısı	Etilen Vinil Asetat Kopolimeri	Silika tozu	
	Talk	Texanol	Akrilik asit	Alümin-yum oksit	Zirkon	Himetelloz		
	Etoxislenmiş dallı C11-C14, C13 ağırlıklı alkoller	Çözücü ile mumdan arındırılmış ağır parafinik petrol distilatları	Bütül akrilat	Nephe-line Siyanit	C.I. Pigment Kırmızı 231	Polivinil Alkol		
	Solventle mum giderilmiş ağır parafinik petrol distilatları	2-Propenoik asit, 2-metil-, metil ester, bütül 2-propenoat ve 2-etilheksil 2-propenoat ile polimer	2-Etilheksil akrilat	Frit, kimyasallar (x2)	Baryum karbonat	Damıtıklar (Petrol), Hafif İşlenmiş Ağır Naftenik		
	Kuvars	Octoxynol 9	Çinko oksit	Kurşun oksit				
	2- metil-4-izotiazolin-3-on	2-Amino-2-metilpropanol	Hidroksi-etil selüloz					
	Poliklorlu bifeniller							

Daha sonra, ana ve tamamlayıcı malzemelerin içindeki kimyasalların puanı model için oluşturulan puanlama sistemi aracılığı ile hesaplanmıştır (Çizelge 4.14). Her bitirme malzemesinin toplam puanı ($ATKP_n$), denklem 3.18 kullanılarak bulunmuştur.

Son olarak, anket verilerinden elde edilen malzemelerin yenilenme yöntemleri (EK H) ve Çizelge 3.2'den elde edilen yenilenme sıklıkları denklem 3.19 aracılığı ile hesaplamaya dahil edilerek malzemelerin sağlık etki puanı (SE) bulunmuştur. Seramik karo ve melamin kaplı yonga levhanın servis ömrü 50 yıl olduğundan, bu malzemeler için yenileme işlemi yapılmamaktadır. Boya; aynı ya da farklı malzemelerle 10 yılda 1 yenilenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında boyanın aynı malzeme ile yenilendiği varsayılmıştır.

Çizelge 4.14 : Malzemelerin puanları.

	Boya	Astar	Seramik karo	Harç	Derz dolgusu	Melamin kaplı yonga levha
	M_1			M_2		M_3
Kimyasalların Puanı	227.5	405.75	318.25	123.75	80	49
$ATKP_n$	633.25			522		49
SE	633.25			522		49

Daha sonra malzemelere uygulanan bakım yöntem ve sıklıkları hesaplamaya dahil edilmiştir. Anket çalışması sonuçlarına (EK H) göre, malzemelerin bakımında, boya+astar için ıslak yöntemlerden bez; seramik karo+harç+derz dolgusu için ıslak yöntemlerden bez ve kimyasal yöntemlerden çözücü ve deterjan; melamin kaplı yonga levha için ise ıslak yöntemlerden bez ve kimyasal yöntemlerden dezenfektan ve deterjan kullanılmaktadır. Boya+astar ayda 1 kere; seramik karo+harç+derz dolgusu ıslak yöntem ile ayda 2 kere, kimyasal yöntem ile yılda 1 kere; melamin kaplı yonga levha ise ıslak yöntem ile ayda 1 kere, kimyasal yöntem ile yılda 1 kere bakım görmektedir.

Malzemelerin bakım yöntemlerine göre kullanılan bakım ürünlerinin içindeki kimyasallar Çizelge 3.5 aracılığı ile belirlenmiş ve bu kimyasalların puanı model için oluşturulan puanlama sistemi aracılığı ile hesaplanmıştır (Çizelge 4.15).

Seramik karo ve melamin kaplı yonga levhada yenileme bulunmadığı için, denklem 3.21 uygulanmıştır. Malzemelerin 50 yıldaki bakım sıklıkları, kimyasalların toplam puanları ile çarpılarak bakım puanı (BP) bulunmuştur.

Çalışma kapsamında boyanın aynı malzeme ile yenilendiği varsayıldığı için, denklem 3.22 ve 3.23 uygulanarak bakım puanı (BP) bulunmuştur. Boya 10 yılda 1 yenilendiği

için, servis ömrü içerisinde 120 kere bakım görmektedir. 50 yıllık yapı servis ömründe, bu bakım 5 kez tekrar etmektedir.

Son olarak denklem 3.25 uygulanmış, malzemelerin sağlık etki ve bakım puanları toplanarak toplam puan elde edilmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15 : Malzemelerin bakım puanlarının hesaplanması.

	M ₁	M ₂	M ₃
Bakım yöntemi	Islak yöntem- bez	Islak yöntem-bez Kimyasal yöntem- çözücü ve deterjan	Islak yöntem- bez Kimyasal yöntem- dezenfektan ve deterjan
Bakım sıklığı	Islak yöntem: ayda 1 kere	Islak yöntem: ayda 2 kere Kimyasal yöntem: yılda 1 kere	Islak yöntem: ayda 1 kere Kimyasal yöntem: yılda 1 kere
Bakım sıklığı (50 yılda)	Islak yöntem: 600 kere	Islak yöntem: 1200 kere Kimyasal yöntem: 50 kere	Islak yöntem: 600 kere Kimyasal yöntem: 50 kere
Kimyasallar	ftalatlar (dibütil ftalat, bis (2-etilheksil) ftalat, bütül benzil ftalat, dietil ftalat)	ftalatlar (dibütil ftalat, bis (2-etilheksil) ftalat, bütül benzil ftalat, dietil ftalat) Alkil dimetilzilyamonyum klorür (x2) Benzalkonyum klorit (x2) Etilen glikol monopropil eter Etilen glikol monobütül eter Etilen glikol monoetil eter Etilen glikol monometil eter Alkilfenol etoksilatlar O-benzil-p-klorofenol Orto fenil fenol P-tert-amilfenol Triklolan	ftalatlar (dibütil ftalat, bis (2-etilheksil) ftalat, bütül benzil ftalat, dietil ftalat) Etanol, isopropanol, formaldehit, glutaraldehit, klor, sodyum dikloroizosiyanürat, sodyum hidroksit, alkil dimetilzilyamonyum, klorür, benzalkonyum klorit, alkilfenol etoksilatlar, o-benzil-p-klorofenol, orto fenil fenol, p-tert-amilfenol, triklolan
Kimyasalların toplam puanı	29.5	29.5 (ıslak yöntem) +239 (kimyasal yöntem) 268.5	29.5 (ıslak yöntem) + 274.25 (kimyasal yöntem) 305.75
BP	(29.5x120) x5 17700	(29.5 x1200) + (239x50) 47350	29.5x600 + 276.25x50 31512.5

Çizelge 4.16 : Malzemelerin toplam puanı.

	M ₁	M ₂	M ₃
SE	633.25	522	49
BP	17700	47350	31512.5
Toplam puan	18333.25	47872	31561.5

4.4 Bitirme Malzemesi Seçiminin Gerçekleştirilmesi

Seçimin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle malzeme- puan matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 4.17). Boya ve astarın aynı malzeme ile yenilendiği durumda oluşan çevresel etki puanı ve tüm malzemelerin ağırlıklı niteliksel performans değerleri esas alınmıştır.

Çizelge 4.17 : Malzeme-puan matrisi.

	Çevresel etki puanı	Nitelik performans puanı	Sağlık etki puanı
M ₁	0.619	0.06509814	18333.25
M ₂	8.443	-0.1398656	47872
M ₃	2.26	-0.1504878	31561.5

Daha sonra, alternatiflerin fayda-zarar analizine göre sıralaması gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.18). Daha sonra en iyi alternatife 3, en kötü alternatife 1 puan verilerek malzeme seçimi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.18 : Malzemelerin sıralanması.

	ZARAR	FAYDA	ZARAR
	Çevresel etki puanı	Nitelik performans puanı	Sağlık etki puanı
M ₁	1	1	1
M ₂	3	2	3
M ₃	2	3	2

Çizelge 4.19 : Seçim.

	ZARAR	FAYDA	ZARAR	TOPLAM	SIRALAMA
	Çevresel etki puanı	Nitelik performans puanı	Sağlık etki puanı	PUAN	
Boya+astar	3	3	3	9	1
Seramik karo+harç+derz dolgusu	1	2	1	4	3
Melamin kaplı yonga levha	2	1	2	5	2
LEJAND: 1-en iyi, 2-orta, 3-en kötü					

4.5 Örnek Çalışmanın Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, bitirme malzemelerinin üretim süreci çevresel etkileri, nitelik performansı ve kullanım süreci sağlık etkileri dikkate alınarak bir seçim modeli geliştirilmiştir. Model, otel yatak odalarında kullanılan boya, seramik karo ve melamin kaplı yonga levha malzemelerine uygulanmış ve değerlendirilmiştir. Anket çalışması ile elde edilen verilerden; duvarda en çok kullanılan bitirme malzemeleri ve bu malzemelerin bakım ve yenileme yöntemleri hesaplamalarda kullanılmıştır. Ancak, otellerin hizmet derecesi, katılımcıların sektördeki pozisyonları ve görev süreleri, malzemelerin yenilenme nedenleri ve atık malzemelerin yeniden kullanımı gibi veriler, modelde dikkate alınmamıştır. Benzer şekilde, malzemelerin onarım yöntemleri ve sıklıkları da veri eksikliği nedeniyle hesaba katılmamıştır. Ayrıca, ankettten elde edilen bakım ve yenileme sıklıkları tutarlı olmadığı için hesaplamalarda kullanılmamıştır.

4.5.1 Çevresel etki hesaplaması sonuçları

İlk olarak ana ve tamamlayıcı malzemelerin EPD belgelerinden elde edilen çevresel etki sonuçları incelenmiştir. Çizelge 4.2'ye göre ana malzemeler arasında, melamin kaplı yonga levha; ODP, ADP-fosil yakıtlar ve HWD kategorilerinde; seramik karo ise GWP-toplam, POCP, AP, EP-toplam, ADP-mineraller ve metaller, WDP, NHWD

ve RWD kategorilerinde en yüksek değerlere sahiptir. Boya ise ODP ve HWD kategorileri hariç diğer tüm kategorilerde en düşük puana sahiptir; bu iki kategorideki en düşük değer seramik karoya aittir.

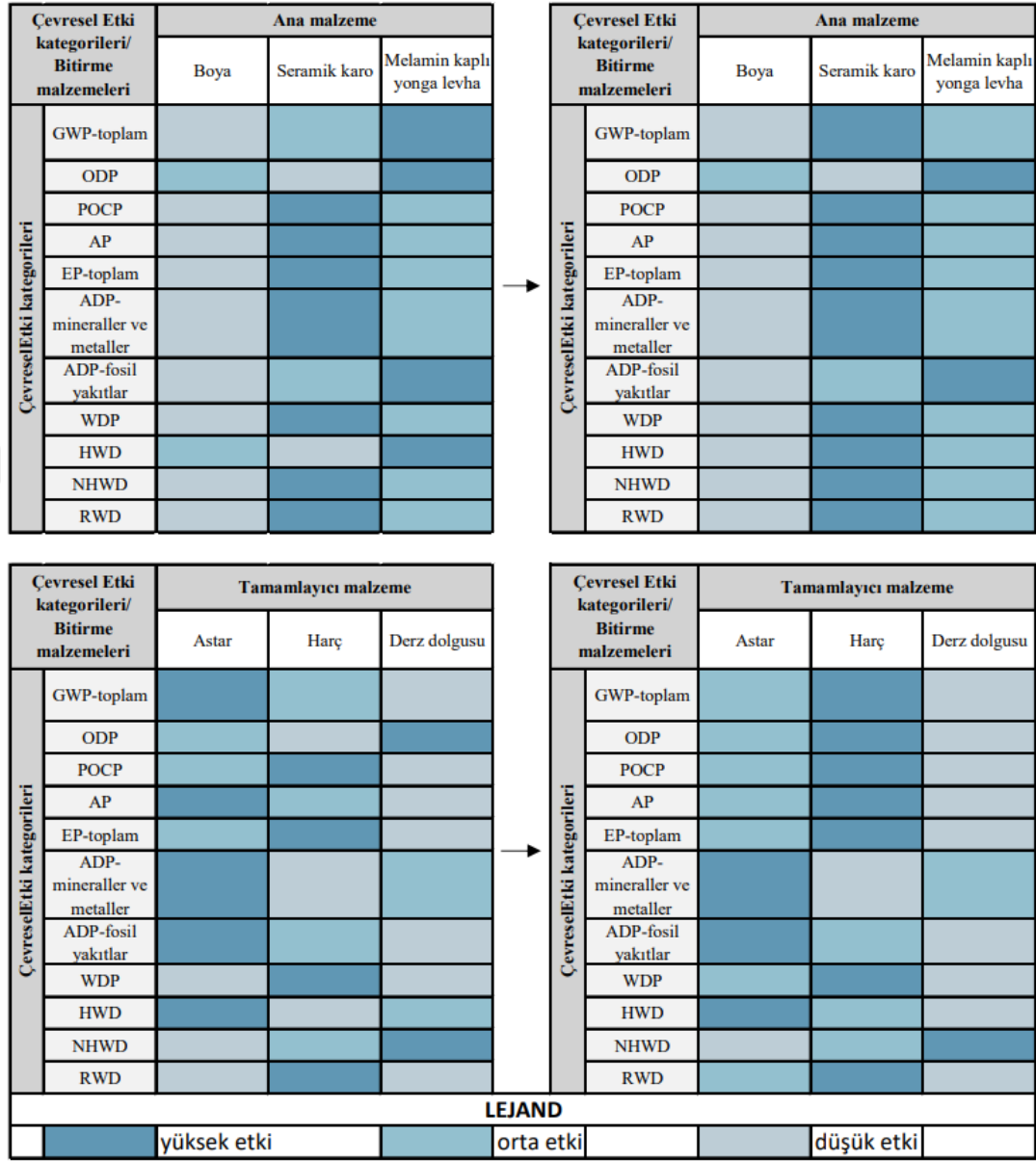
Tamamlayıcı malzemeler incelendiğinde, astar GWP-toplam, AP, ADP-mineraller ve metaller, ADP-fosil yakıtlar ve HWD kategorilerinde; harç ise POCP, EP-toplam, WDP ve RWD kategorilerinde; derz dolgusu ODP ve NHWD kategorilerinde en yüksek puana sahiptir. Astar NHWD kategorisinde; harç ODP, ADP-mineraller ve metaller, HWD kategorilerinde; derz dolgusu ise GWP-toplam, POCP, AP, EP-toplam, ADP-fosil yakıtlar kategorilerinde en düşük puana sahiptir. Astar ve derz dolgusu, WDP ve RWD kategorilerinde 0 puan alarak en düşük değere sahiptir.

Çizelge 4.4, bazı kategorilerde tamamlayıcı malzemelerin çevresel etkisinin ana malzemelerin etkisinden fazla olabileceğini göstermektedir. Örneğin, POCP kategorisinde boyanın tamamlayıcı malzemesi olan astar, boyanın kendisinden daha yüksek bir etkiye sahiptir. Bu durum, tamamlayıcı malzeme seçimlerinin dikkatle gözden geçirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Normalleştirme adımı gerçekleştirildikten sonra (Çizelge 4.5), sıralamalarda bazı değişiklikler gözlemlenmiştir. Ana malzeme sonuçlarına göre ODP ve ADP-fosil yakıtlar kategorileri hariç tüm kategorilerde en yüksek değer, seramik karoya aittir. Bu iki kategorideki en yüksek değerleri ise, melamin kaplı yonga levha göstermektedir. ODP kategorisi hariç tüm kategorilerdeki en düşük değer, boyaya aittir. Bu kategorideki en düşük değeri ise seramik karo göstermektedir. Tamamlayıcı malzeme sonuçlarına göre astar ADP-mineraller ve metaller, ADP-fosil yakıtlar, HWD kategorilerinde; harç GWP-toplam, ODP, POCP, AP, EP-toplam, WDP ve RWD kategorilerinde, derz dolgusu ise NHWD kategorisinde en yüksek puana sahiptir. NHWD kategorisinde astar, ADP-mineraller ve metaller ve RWD kategorilerinde harç, diğer kategorilerde ise derz dolgusu en düşük puana sahiptir. WDP kategorisinde astar ve derz dolgusu aynı puanı almıştır.

Bu çalışma, normalleştirme yönteminin sonuç puanlarını etkileyen önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Örneğin, normalleştirme öncesinde HWD kategorisinde melamin kaplı yonga levha en yüksek değere sahipken, normalleştirme sonrası seramik karo en yüksek değeri almıştır (Şekil 4.1). Normalleştirme konusundaki önemli bir sınırlama, çevresel etki büyüklüklerine dair bilginin kaybıdır. Bu durum,

çalışmanın amacına uygun normalleştirme yöntemi seçimine dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

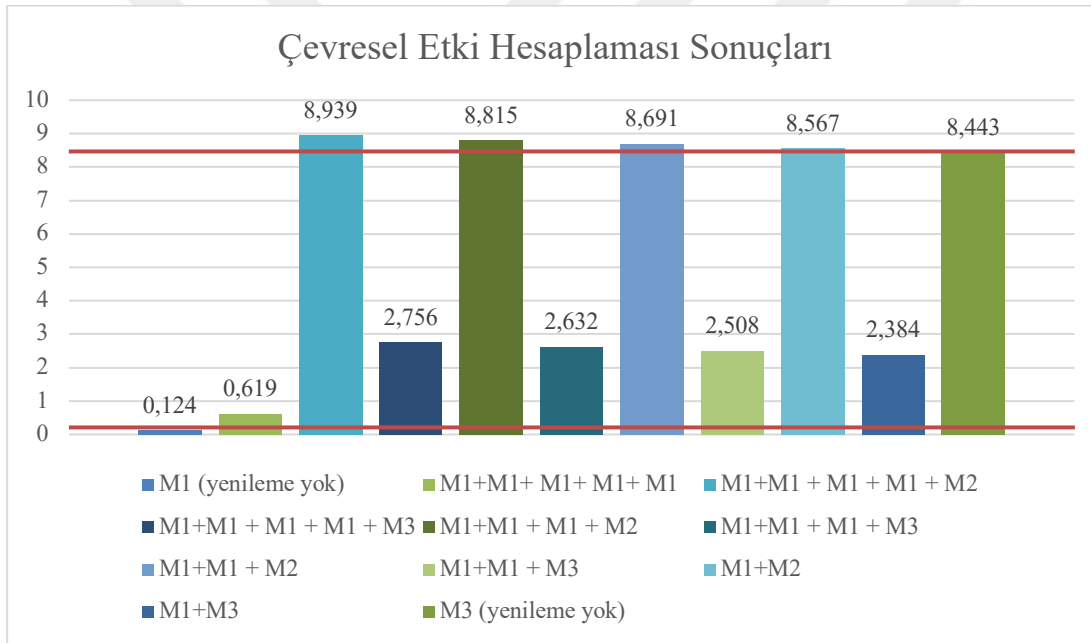


Şekil 4.1 : Normalleştirmeden önce (solda) ve sonra (sağda) kategori sonuçlarının değişimi.

Çizelge 4.6'daki normalleştirilmiş toplam puanlar incelendiğinde, ODP ve ADP-fosil yakıtlar hariç tüm kategorilerde en yüksek puan M_2 'ye aittir. M_3 diğer malzemelere göre orta derecede çevresel etki gösterirken, M_1 tüm kategorilerde en düşük etkiyi göstermektedir. Yine bu çizelgedeki $CP_{altın}$ puanları incelendiğinde benzer bir sonuç ortaya çıkmaktadır: M_2 , en yüksek çevresel etkiyi gösterirken, M_1 en düşük çevresel etkiyi gösterir.

Tamamlayıcı malzemesi olan bir ana malzeme, tamamlayıcı malzemesi olmayan bir ana malzemeden daha düşük çevresel etkiye sahip olabilir (Çizelge 4.6). Örneğin, tamamlayıcı malzemelere sahip olmasına rağmen boya, melamin kaplı yonga levhadan daha düşük bir çevresel etkiye sahiptir. Bu nedenle, bitirme malzemesi seçiminde yalnızca tamamlayıcı malzemelerin varlığına değil, genel çevresel etkiye odaklanmak gerekmektedir.

Çizelge 4.7'ye göre tüm senaryolarda en düşük çevresel etki değeri, yenileme olmaksızın kullanılan boya+astar'a aittir. İkinci sırada, aynı malzemelerle yenilenmiş boya+astar ($M_1+M_1+M_1+M_1$) gelmektedir. Üçüncü sırada yenilemenin olmadığı melamin kaplı yonga levha, dördüncü sırada ise farklı malzemelerle yenilenmiş boya+astar (M_3) bulunmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 : Çevresel etki hesaplaması sonuçları.

Çizelge 4.7, yenilemenin malzemelerin çevresel etkisini artırabileceğini göstermektedir. Örneğin, boya+astar aynı malzeme ($M_1+ M_1+ M_1+ M_1$) ile yenilendiğinde, yenileme yapılmadan kullanılan haline göre 5 kat daha fazla çevresel etkiye sebep olmaktadır. Boya+astarın farklı malzemeler ile yenilenmesi durumunda sebep olduğu çevresel etkiler incelendiğinde, kullanılan malzemenin türü, yenilenme sıklığı ve yönteminin sonuçlar üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bir malzeme grubunun yenilenmesi her zaman daha yüksek çevresel etki anlamına gelmez. Örneğin, boya+astarın farklı malzemelerle yenildiği durum ($M_1+M_1+M_1+M_3$),

yenileme yapılmayan seramik karo+harç+derz dolgusuna göre daha düşük çevresel etki göstermektedir. Benzer şekilde, bir malzeme grubunun yenilenme sıklığının fazla olması çevresel etkisinin daha yüksek olacağı anlamına gelmez. Örneğin, boya+astarın $M_1 + M_2$ ile yenilenmesi, $M_1 + M_1 + M_3$ ile yenilenmesine göre daha fazla çevresel etkiye sebep olmaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında, bitirme malzemesi seçiminde yenileme ve servis ömrünün göz önünde bulundurulması önemlidir.

4.5.2 Nitelik performans hesaplaması sonuçları

Çalışma, yöntemin uygulanabilirliği ve sonuçların doğruluğu açısından önemli veriler sunarken, bazı sınırlamaları da ortaya koymaktadır.

Çalışmada tamamlayıcı malzemelerin verilerine ulaşamadığı için bu malzemeler değerlendirme kapsamına dahil edilmemiştir. Ancak, daha kapsamlı ve bütüncül bir değerlendirme yapılabilmesi için tamamlayıcı malzemelerin puanlarının ana malzemelerle birlikte incelenmesi gerekmektedir. Bu durum, malzeme seçimi sürecinde daha geniş bir perspektif sağlayacak ve sonuçların güvenilirliğini artıracaktır.

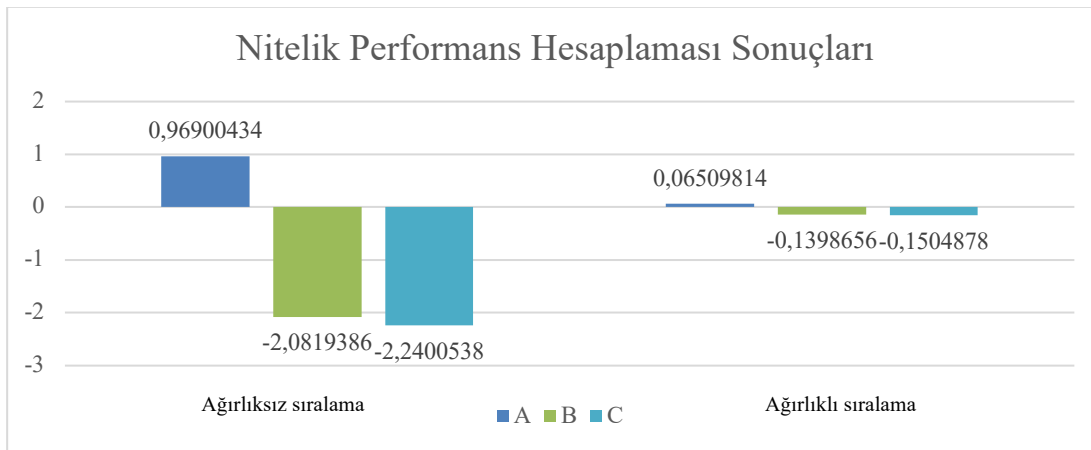
Çizelge 4.8'deki malzemelerin nitelik değerleri, farklı kaynaklardan elde edilmiştir. Bu durum, verilerin tutarlılığı üzerinde olumsuz bir etki yaratabilir ve malzemelerin doğru bir şekilde değerlendirilememesine yol açabilir. Özellikle, bazı malzemeler için nitelik değerlerinin bulunamadığı durumlarda, izlenecek yönteme yönelik farklı yaklaşımlar gerçekleştirilebilir. Bunlar; eksik verilerin göz ardı edilmesi, eksik verilerin ortalama değer üzerinden değerlendirilmesi ya da eksik verilerin göz önünde bulundurulduğu başka bir modelin (silme-düzenleme-tamamlama alanlarında) çalışılan model ile birleştirilmesi olabilir (Labreuche & Destercke, 2019). Bu yaklaşımlar, sonuçlarda belirgin farklılıklara yol açabilir ve sıralamada değişimlere neden olabilir. Literatürde, değeri belirlenmemiş nitelikler için önerilen bir yöntem bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bu tür durumlara yönelik standart bir yöntemin geliştirilmesi, gelecekteki çalışmalar için önem taşımaktadır.

Çizelge 4.8'de yer alan *nitelikli işgücü*, *kaynak kullanımı* ve *kullanıcıya bağlı nitelikler* gibi sayısal olarak ifade edilemeyen kriterler için, kullanıcıların bu nitelikleri 1, 2 veya 3 değerleriyle puanlaması gerekmektedir. Ayrıca “beklenti” sütununda “opsiyonel” olarak belirlenen niteliklerin de kullanıcı tarafından “yüksek” ya da “düşük” olarak belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, bu yaklaşımlar subjektif değerlendirmelere yol

açabilmekte ve sonuçları olumsuz etkileyebilmektedir. Kullanıcıların kişisel tercihlerine dayalı olarak aldığı bu kararlar, farklı kullanıcılar arasında tutarsızlıklara neden olabileceği gibi, kriterlerin önem düzeylerini tam olarak yansıtamayabilir. Bu durum, özellikle niteliklerin büyüklüğünün ve etkisinin karşılaştırmalarda kaybolmasına sebep olabilir.

Çizelge 4.9 ve 4.10’da yer alan normalleştirilmiş değerler incelendiğinde, MOORA yönteminde normalleştirme sonrasında karar matrisindeki değerlerin büyüklüğünün korunduğu, Entropi yönteminde ise değerlerin büyüklüklerinde değişimler meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu durum, normalleştirme işleminin karar matrisinde kullanılan yönteme bağlı olarak farklı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Bu farklılıklar, normalleştirme adımının sonuçların tutarlılığı ve geçerliliği üzerindeki önemini vurgulamaktadır.

Çizelge 4.11’e göre Entropi yöntemi kullanılmadan ve kullanılarak yapılan analizlerde sıralamada bir değişiklik olmamıştır. Alternatifler en iyiden en kötüye sırasıyla boya, seramik karo, melamin kaplı yonga levha olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3). Ancak, daha fazla malzemenin dahil edildiği çalışmalarda, Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlıkların kullanılması sonucunda sıralamalarda değişiklik gözlemlenebilir.



Şekil 4.3 : Nitelik performans hesaplaması sonuçları.

4.5.3 Sağlık etki hesaplaması sonuçları

Malzemelerin içindeki kimyasallar, Pharos veritabanı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu süreçte, veritabanında tanımlanan malzemeler ile modelde analiz edilen malzemeler arasında bazı farklılıklar gözlemlenmiştir. Örneğin, modelde değerlendirilmek üzere seçilen melamin kaplı yonga levha, Pharos veritabanında

yalnızca "yonga levha" olarak tanımlanmış ve bu durum spesifik malzemelerin henüz ayrıntılı bir şekilde sınıflandırılmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, Pharos veritabanının kapsamının belirli durumlarda sınırlı kalabildiğini ve kullanıcıların veritabanı ile model arasındaki uyumu sağlamak adına ek analiz ve uyarılama yapmasının gerekebileceğini göstermektedir.

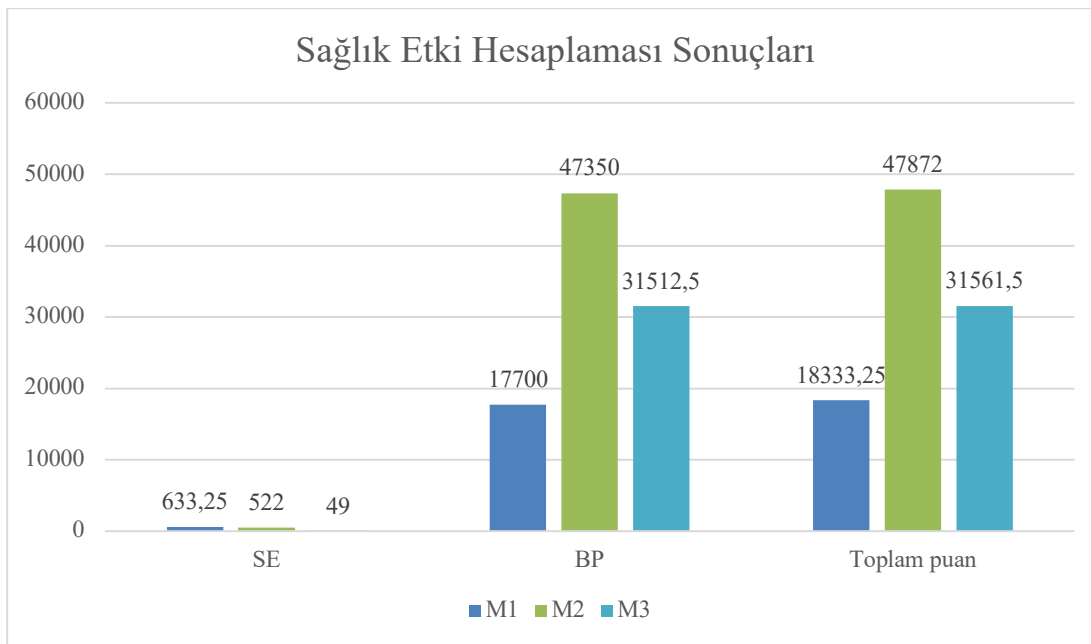
Çizelge 4.14'te yer alan verilere göre, ana malzemelerin kimyasal içerikleri açısından sıralaması en iyi alternatiften en kötü alternatife doğru melamin kaplı yonga levha, boya ve seramik karo şeklinde belirlenmiştir. Tamamlayıcı malzemelerde ise sıralama derz dolgusu, harç ve astar olarak görülmektedir. Bitirme malzemeleri karşılaştırıldığında ise sıralama, M_3 - M_2 - M_1 şeklindedir. Özellikle sağlık etkileri açısından değerlendirildiğinde, tamamlayıcı malzemelerin etkisinin ana malzemelerden daha yüksek olabileceği gözlemlenmiştir. Çizelge 4.14'e göre, astarın sağlık etkisi 405,75 iken boyanın etkisi bu değer neredeyse yarısı olan 227,5 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, tamamlayıcı malzemelerin malzeme seçimindeki önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.14'e göre, M_1 'in aynı malzeme ile yenilenmesi sonrasında sağlık etkilerinde herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Literatürde yapılan araştırmalar, malzemelerin ilk yenilenme anında en yüksek kimyasal salımı gerçekleştirdiğini, bu salımın zamanla azaldığını ancak tamamen sona ermediğini ortaya koymaktadır. Ancak her bir kimyasalın zaman içerisindeki salım dinamiklerinin hesaplanması mümkün olmadığından, bu aşama modele dahil edilmemiştir. M_1 'in yenileme öncesi ve sonrası puanlarının aynı olması, bu durumla ilişkilendirilebilir. İlerleyen çalışmalarda kimyasalların bu etkileri de göz önünde bulundurularak model geliştirilebilir.

Çizelge 4.15'te, bakım ürünlerinde bulunan kimyasalların toplam puanları dikkate alındığında, malzeme alternatiflerinin sıralaması en iyi alternatiften en kötüye doğru M_1 - M_2 - M_3 şeklinde belirlenmiştir. M_1 'in en iyi alternatif olarak değerlendirilmesinin temel nedeni, bakım yöntemi olarak yalnızca ıslak yöntemin kullanılmasıdır. Buna karşılık, M_2 ve M_3 malzemeleri hem ıslak hem de kimyasal yöntemlerle bakım gerektirmektedir. Bakım sıklıklarının değerlendirmeye dahil edilmesiyle sıralamanın M_1 - M_3 - M_2 olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Bu durum, malzemelerin bakım yöntemleri ve sıklıklarının, sağlık etkisi açısından değerlendirildiğinde önemli

farklılıklar yaratabileceğini ve bu unsurların malzeme seçimi sürecinde dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.16'da yer alan SE puanlarına göre malzemelerin sıralaması, en iyi alternatiften en kötüye doğru $M_3-M_2-M_1$ şeklindedir. BP puanlarına göre ise sıralama $M_1-M_3-M_2$ olarak belirlenmiştir. Toplam puanlar dikkate alındığında ise en iyi alternatiften en kötüye doğru sıralama $M_1-M_3-M_2$ şeklinde değişmektedir. Bu farklılıklar, bakım süreçlerinin ve yapı ile malzeme servis ömürlerine bağlı olarak gerçekleşen yenilemelerin, malzeme seçim sonuçları üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 : Sağlık etki hesaplaması sonuçları.

4.5.4 En iyi alternatifin seçilmesi

Çizelge 4.17'deki puanlar incelendiğinde, çevresel etki kategorisinde en iyi alternatiften en kötü alternatife doğru sıralama $M_1-M_3-M_2$, nitelik performans kategorisinde $M_1-M_2-M_3$, sağlık etki kategorisinde ise $M_1-M_3-M_2$ şeklindedir.

Çizelge 4.18'e göre, fayda-zarar analizi sonucunda sıralama $M_1-M_3-M_2$ olarak belirlenmiştir. Bu durumda, örnek çalışma sonucunda en iyi alternatif boya + astar, en kötü alternatif ise seramik karo + harç + derz dolgusu olarak tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, iç mekân bitirme malzemelerinin üretim ve kullanım süreci çevresel etkileri doğrultusunda seçimine yönelik bir model geliştirilmiş ve bu model, Antalya Konyaaltı bölgesinde bulunan otel yatak odalarında kullanılan 3 duvar bitirme malzemesine (boya+astar, seramik karo + harç + derz dolgusu, melamin kaplı yonga levha) uygulanmıştır. Örnek çalışmanın sonuçları, geliştirilen modelin değerlendirmesi ve öneriler aşağıda detaylı bir şekilde sunulmaktadır.

Diğer seçim modellerinden farklı olarak, bu model bitirme malzemelerinin özellikleri göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Çevresel etki ve sağlık etki hesaplamalarında EPD ve Pharos veritabanlarından yararlanarak daha hızlı, güvenilir ve detaylı araştırmalara olanak sağlamaktadır. Çevresel etki, nitelik performans ve sağlık etki kriterlerini bir arada değerlendirerek bütüncül bir yaklaşım sunan model, seçim sürecinde ana malzemelerin yanında tamamlayıcı malzemelerin, malzemelerin bakım ve yenileme yöntemleri ile sıklıklarının etkilerini de göz önünde bulundurarak daha kapsamlı bir analiz sağlamaktadır. Ayrıca, malzemelerin çevresel etki, nitelik performans ve sağlık etki sonuçları, ayrı ayrı veya bir arada değerlendirilebilmekte, böylece esnek ve detaylı bir yorumlama imkânı sunulmaktadır. Bu çalışmanın geliştirilebilmesi için aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir:

- Bu modelin bir yazılıma dönüştürülmesi, kullanım sürecindeki karmaşıklığı azaltabilir ve zaman tasarrufu sağlayabilir. Yazılım, modelin daha sistematik ve kullanıcı dostu bir şekilde uygulanmasına olanak tanıyabilir. Geliştirilecek yazılım ürün modeli EK I’de sunulmuştur.
- Bu çalışma sonuçları ile elde edilen semantik veri, BIM gibi dijital tasarım ve yönetim modellerinde kullanılabilir. Ayrıca, bu veriler enerji simülasyon yazılımları, dijital ikiz modeller, sürdürülebilirlik analiz araçları ve akıllı bina yönetim sistemleri gibi teknolojilerde de entegre edilerek fayda sağlayabilir.

- EPD ve Pharos gibi uluslararası veritabanları, yerel ihtiyaçlara ve birbirlerine uyum sağlayacak şekilde genişletilebilir ve daha fazla firmanın katılımı teşvik edilebilir.
- EPD veritabanı, son nokta etki kategorilerini kapsayacak şekilde güncellenerek, daha kapsamlı ve detaylı bir çevresel etki değerlendirmesi yapılmasına olanak sağlayabilir.
- Malzemelerin nitelik değerlerini içeren bir veri tabanı oluşturulabilir. Bu sayede malzeme seçimi sürecinde daha hızlı ve doğru kararlar alınabilir, malzemeler kolaylıkla karşılaştırılabilir.
- Sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörler hesaplamaya dahil edilebilir. Bu sayede modelin farklı coğrafi bölgelerde kullanılabilirliği ve güvenilirliği arttırılabilir.
- Malzemelerin onarım yöntem ve sıklıkları üzerine daha detaylı araştırma yapılabilir ve modele entegre edilebilir.
- Malzemelerin bakım-onarım-yenileme yöntem ve sıklıkları için bir veritabanı oluşturulabilir.
- İleride geliştirilecek olan modellerde, veritabanlarının geliştirilmesi ile tüm yaşam döngüsü aşamaları ele alınarak daha kapsamlı bir değerlendirme yapılabilir.
- Sürdürülebilirlik ilkesinin ekonomik ve sosyal boyutu da dikkate alınarak modele entegre edilebilir. Bu sayede, malzeme seçiminde maliyet etkinliği ve toplumsal faydalar göz önünde bulundurulabilir.

KAYNAKLAR

- Abd El-Hameed, A. K., Mansour, Y. M., & Faggal, A. A.** (2017). Benchmarking water efficiency of architectural finishing materials based on a “cradle-to-gate” approach. *Journal of Building Engineering*, 14, 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.10.001>.
- Agrawal, R.** (2021). Sustainable material selection for additive manufacturing technologies: A critical analysis of rank reversal approach. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126500. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126500>.
- Ahmed, F. D., & Majid, M. A.** (2019). Towards agent-based petri net decision making modelling for cloud service composition: A literature survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 130, 14–38. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2018.12.001>.
- Aksakal, B., Ulutaş, A., Balo, F., & Karabasevic, D.** (2022). A new hybrid MCDM model for insulation material evaluation for healthier environment. *Buildings*, 12(5), 655. <https://doi.org/10.3390/buildings12050655>.
- Akzonobel** (2021a). *Sikkens interior wallpaints EPD*. Erişim: 31 Mart 2021, https://www.mrpi.nl/epd-files/epd/1.1.00197.2021_MRPI-EPD_AkzoNobel_Sikkens%20Interior%20Wallpaints%20FINAL.pdf.
- Akzonobel** (2021b). *Sikkens interior waterbased wallpaint primers EPD*. Erişim: 31 Mart 2021, https://www.mrpi.nl/epd-files/epd/1.1.00198.2021_MRPI-EPD_AkzoNobel_Sikkens%20Interior%20Waterbased%20Wallpaint%20Primers%20FINAL.pdf.
- Allmax Yapı Kimyasalları** (t.y.). *Derz Dolgu Tüketim Tablosu*. Erişim tarihi: 9 Kasım 2024, <https://www.allmax.com.tr/yonetim/upload/dokuman/2852014114531.pdf>.
- Alptekin, O.** (2014). *Yapı malzemesi seçiminde yöntem araştırması ve bir model önerisi* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Alrahhhal Alorabi, M. A., Al-Gahtani, K. S., & Alhammad, I. A.** (2021). Proposed Systemic Method for Selecting Finishing Materials for Building Flooring Using Building Information Modeling (BIM). In: Alalouch, C., Piselli, C., Cappa, F. (Eds), *Towards Implementation of Sustainability Concepts in Developing Countries. Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham.* (165–170). https://doi.org/10.1007/978-3-030-74349-9_13.

- Anderson, J.** (2021). More than 10,000 EN 15804 EPD at the start of 2021!, *ConstructionLCA*. Erişim adresi: <https://constructionlca.co.uk/2021/01/17/more-than-10000-en-15804-epd-at-the-start-of-2021/>.
- Anderson, J.** (2023). ConstructionLCA's 2023 Guide to Environmental Product Declarations (EPD), *Infogram*. Erişim adresi: <https://infogram.com/constructionlcas-2023-guide-to-epd-1h0n25yvdgz7l6p?live>.
- Anderson, J., Shiers, D., & Steele, C.** (2009). *The Green Guide to Specification*. Oxford: Wiley Blackwell.
- Anink, D., Boonstra, C., & Mak, J.** (1996). *Handbook of sustainable building: An environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment*. James & James.
- Arioğlu, N.** (1993). *Yapı ürünlerinin seçimi için bir yöntem* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Armada Decowall Coverings** (t.y.). *Duvar kâğıdı nasıl uygulanır?* Erişim: 18 Eylül 2024, <https://decowall.com.tr/duvar-kagidi-nasil-uygulanir-2/>.
- Arsyah, U. İ., Jalinusb, N., Syahril, Ambiyar, Arsyah, R. H., & Pratiwi, M.** (2021). Analysis of the simple additive weighting method in educational aid decision making. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(14), 2389–2396.
- Asaş Alüminyum** (t.y.). *Isı İletkenlik Katsayısı*. Erişim: 30 Eylül 2024, <https://www.asasalu.com.tr/tuketici-bilgilendirme/faydali-bilgiler/neden-pvc-pencere-isi-iletkenlik-ve-gecis-katsayisi/eng/>.
- Ashby, M. F.** (2011). *Materials Selection in Mechanical Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-25539-5>.
- ASHRAE** (2009). *Indoor Air Quality Guide*. Erişim: 31 Mart 2021, <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/indoor-air-quality-guide>.
- ASHRAE** (2021). *2021 ASHRAE Handbook Fundamentals*. Erişim: 31 Mart 2021, <https://sovathrothsama.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/03/ashrae-hvac-2001-fundamentals-handbook.pdf>.
- ASTM** (2020). *Standard Test Method for Effect of Household Chemicals on Clear and Pigmented Coating Systems* (ASTM D1308-20). <https://www.astm.org/d1308-20.html>.
- ASTM** (2021a). *Standard Practice for Determining Resistance of Synthetic Polymeric Materials to Fungi* (ASTM G21-13). <https://www.astm.org/g0021-15r21e01.html>.
- ASTM** (2021b). *Standard Test Method for Relative Resistance to Wear of Unglazed Ceramic Tile by the Taber Abraser* (ASTM C501-21). <https://www.astm.org/c0501-21.html>.

- ASTM** (2023). *Standard Test Methods for Determination of Water Absorption and Associated Properties by Vacuum Method for Pressed Ceramic Tiles and Glass Tiles and Boil Method for Extruded Ceramic Tiles and Non-tile Fired Ceramic Whiteware Products* (ASTM C373-18). <https://www.astm.org/c0373-18.html>.
- ATHENA** (2013). *Athena impact estimator for buildings V 4.5 user's manual, software and database overview*, Erişim: 18 Eylül 2024, https://calculatelca.com/wp-content/uploads/2013/11/IE4B_User_Guide_Nov2013.pdf.
- Atlee, J.** (2011). Selecting safer building products in practice. *Journal of Cleaner Production*, 19(5), 459–463. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.09.001>.
- Augenbroe, G.** (2019). The role of simulation in performance-based building. In J. Hensen & R. Lamberts (Eds.), *Building Performance Simulation for Design and Operation* (ss. 15–36). Spon Press.
- Aymard, V., & Botta-Genoulaz, V.** (2017). Normalisation in life-cycle assessment: consequences of new European factors on decision-making. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 18(2), 76–83. <https://doi.org/10.1080/16258312.2017.1333385>.
- Bako, Z. Z., & Jusan, M. M.** (2012). Motivational factors influencing housing interior finish choice and preference. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 36, 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.020>.
- Balanlı, A.** (1997). *Yapıda ürün seçimi*. İstanbul, Türkiye: Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Eğitim ve Kültür Hizmetleri Derneği Yayını, 48.
- Baltacı, A.** (2018). Nitel araştırmalarda örnekleme yöntemleri ve örnek hacmi sorunsalı üzerine kavramsal bir inceleme. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 231–274.
- Bare, J., Gloria, T., & Norris, G.** (2016). Development of the method and U.S. normalization database for life cycle impact assessment and sustainability metrics. *Environmental Science & Technology*, 40(16), 5108–5115.
- Basbagill, J. P., Flager, F. L., & Lepech, M.** (2014). A multi-objective feedback approach for evaluating sequential conceptual building design decisions. *Automation in Construction*, 45, 136–150. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.015>.
- Baumann, M. G. D., Batterman, S. A., & Zhang, G. Z.** (1999). Terpene emissions from particleboard and medium density fiberboard products. *Forest Products Journal*, 49, 49–56.
- Bayraktar, F. T.** (2010). *Türkiye’de yapı malzemesi yaşam döngüsü değerlendirmesi için bir sistem önerisi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BBC** (2014). *İklim değışikliği: Fosil yakıt kullanımı azaltılmalı*, Erişim: 4 Mart 2022, https://www.bbc.com/turkce/haberler/2014/11/141102_ipcc_iklim.

- BBSR** (2011). *Service lives of components for life cycle analyze according to the Sustainable Building Assessment System (BNB)- Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssyem Nachhaltiges Bauen (BNB)*, Erişim: 4 Mart 2022, https://www.nachhaltigesbauen.de/Fileadmin/Pdf/Baustoff_gebauedaten/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen__2011-11-03.Pdf.
- Becker, R.** (2008). Fundamentals of performance-based building design. *Building Simulation*, 1(4), 356–371. <https://doi.org/10.1007/s12273-008-8527-8>
- Bengtsson, J. & Howard, N.** (2010a). A life cycle impact assessment model. Part 1: Classification and Characterisation. BPIC/ICIP Life Cycle Inventory Project.: Building Products Innovation Council (BPIC) and AusIndustry.
- Bengtsson, J. & Howard, N.** (2010b). A Life Cycle Impact Assessment Part 2: Normalisation, *Building Products Life Cycle Inventory*. BPIC/ICIP Life Cycle Inventory Project.: Building Products Innovation Council (BPIC) and AusIndustry.
- Bergman, R., & Taylor, A.** (2011). EPD- environmental product declarations for wood products—an application of life cycle information about forest products. *Forest Products Journal*, 61(3), 192–201. <https://doi.org/10.13073/0015-7473-61.3.192>.
- Berkin, G.** (2022). *İç Mimarlıkta Malzeme ve Detay*. YEM Yayınları.
- Berto, A. M.** (2007). Ceramic tiles: Above and beyond traditional applications. *Journal of the European Ceramic Society*, 27(2–3), 1607–1613. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2006.04.146>.
- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik.** (2007). *T.C. Resmî Gazete*, 26735, 19 Aralık 2007.
- Birimfiyatım.com** (t.y.). 1 metrekareye ne kadar kalekim yapıştırıcı gider?, Erişim tarihi: 9 Kasım 2024, <https://birimfiyatim.com/1-metrekareye-ne-kadar-kalekim-yapistirici-gider/>.
- Bošković, I., & Radivojević, A.** (2024). Life cycle assessment of hemp-lime concrete wall constructions: the impact of wall finish type and renewal regimes. *Journal of Building Engineering*, 86, 108940. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.108940>.
- BP** (t.y.). *BP statistical review of world energy 2022*, Erişim: 11 Kasım 2024, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>.
- Brans, J. P., & Vincke, P.** (1985). Note—a preference ranking organisation method. *Management Science*, 31(6), 647–656. <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>.
- Brauers, W. K. M., & Edmundas, K. Z.** (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy. *Control and Cybernetics*, 2(35), 445–469.

- BRE** (2008). *BREEAM global methodology for environmental profiles of construction products*, Erişim: 11 Kasım 2024, https://files.bregroup.com/bre-co-uk-file-library-copy/filelibrary/greenguide/PDF/Methodology_for_Environmental_Profiles_2008_SD6050.pdf.
- Breedveld, L., Lafleur, M., & Blonk, H.** (1999). A framework for actualising normalisation data in LCA: experiences in the Netherlands. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 4(4), 213–220. <https://doi.org/10.1007/BF02979500>.
- Brownlie, W. J., Sutton, M. A., Heal, K. V., Reay, D. S., & Spears B.M.** (t.y.). *Our phosphorus future*. Erişim: 11 Kasım 2024, <https://www.opfglobal.com/>.
- Çağnan, Ç., & Özer, H.** (2014). A model for testing the performance of building products in conjunction with environmental-ecological and legal obligations by systems approach in building production. *MEGARON*, 9(4), 255–270. <https://doi.org/10.5505/megaron.2014.29491>.
- Cerecit** (2024). *Ceresit Dry Mortar Family EPD*. Erişim: 31 Mart 2021, <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/b5b5be55-3568-4960-ccda-08dc9affd6eb/Data>.
- Chakraborty, S., Datta, H. N., Kalita, K., & Chakraborty, S.** (2023). A narrative review of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method in decision making. *OPSEARCH*, 60(4), 1844–1887. <https://doi.org/10.1007/s12597-023-00676-7>.
- Charles, J. A., & Crane, F. A. A.** (1989). *Selection and Use of Engineering Materials*. Oxford, İngiltere: Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-04614-2>.
- Chatterjee, S., & Chakraborty, S.** (2021). Material selection of a mechanical component based on criteria relationship evaluation and MCDM approach. *Materials Today: Proceedings*, 44, 1621–1626. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.817>.
- CIB Report** (1982). Working with the Performance Approach in Building. Erişim: 23 Haziran 2021, https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC23969.pdf.
- Coşar, N.** (2002). *Döşeme kaplamalarının işlevsellik ağıısından incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Curran, M. A.** (2004). The status of life-cycle assessment as an environmental management tool. *Environmental Progress*, 23(4), 277–283. <https://doi.org/10.1002/ep.10046>.
- Dalati, S.** (2018). Measurement and Measurement Scales. In J. Marx Gómez & S. Mouselli (Eds.), *Modernizing the Academic Teaching and Research Environment* (ss. 79–96). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74173-4_5.
- Dalsan** (t.y.). *Alçı levha yapıştırma*. Erişim: 18 Eylül 2024, https://dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/alci_levha_yapistirma.pdf.

- Darçın, P., & Balanlı, A.** (2018). Examination of volatile organic compounds from building products in terms of building biology. *MEGARON*, 4(13), 597–607. <https://doi.org/10.5505/MEGARON.2018.80958>.
- de Klijn-Chevalerias, M., & Javed, S.** (2017). The Dutch approach for assessing and reducing environmental impacts of building materials. *Building and Environment*, 111, 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.003>.
- de Wilde, P.** (2019). Ten questions concerning building performance analysis. *Building and Environment*, 153, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.019>.
- Decdor** (t.y.). *Metal Duvar Kaplama*. Erişim: 18 Eylül 2024, <https://www.decdor.com/metal-kaplama/>.
- Demir, G., & Bircan, H.** (2020). Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden BWM ve FUCOM yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(2), 170–185. <https://doi.org/10.37880/cumuiibf.616766>.
- Demirci, H.** (2008). *Bina tasarımında aydınlatma ve renk olgusunun biyoharmoloji ve biyosüreç açısından incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). T.C. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elâzığ.
- Demkin, J. A.** (1996). *Environmental Resource Guide*. John Wiley & Sons, Inc.
- Ding, G. K. C.** (2014). Life Cycle Assessment (LCA) of Sustainable Building Materials: An Overview. In F. Pacheco-Torgal, L.F. Cabeza, J. Labrincha, A. de Magalhães (Eds.), *Eco-efficient Construction and Building Materials* (ss. 38–62). Sawston, İngiltere: Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857097729.1.38>.
- Dixit, M. K., Singh, S., Lavy, S., & Yan, W.** (2019). Floor finish selection in health-care facilities: a systematic literature review. *Facilities*, 37(13/14), 897–918. <https://doi.org/10.1108/F-03-2018-0042>.
- Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M., & Donatello, S.** (2017). A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings: Parts 1 and 2: Introduction to Level(s) and how it works (Beta v1.0), EUR 28899 EN, *Publications Office of the European Union*, Luxembourg, doi:10.2760/827838, JRC109285.
- Doğan Sağlamtimur, N., & Sağlamtimur, B.** (2018). Sucul ortamlarda ötrofikasyon durumu ve senaryoları. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 75–82. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.386307>.
- Droege, H., Raggi, A., & Ramos, T. B.** (2021). Co-development of a framework for circular economy assessment in organisations: Learnings from the public sector. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(6), 1715–1729. <https://doi.org/10.1002/csr.2140>.
- ECHA** (2015). *Guidance for Human Health Risk Assessment Volume III Human Health, Part B Risk Assessment*. Erişim: 4 Nisan 2023, https://echa.europa.eu/documents/10162/23047722/bpr_vol_iii_partb_draft_chapter3_ca_en.pdf/04f7ba38-c55e-48a7-a1f3-e9ef0024cc23.

- EEA (2020). *Europe's environment-the dobriş assessment 31 acidification*. Erişim: 5 Nisan 2023, <https://www.eea.europa.eu/publications/92-826-5409-5/page031new.html>.
- Ekanayake, L. L., & Ofori, G. (2004). Building waste assessment score: design-based tool. *Building and Environment*, 39(7), 851–861. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.01.007>.
- EN (2019). *Sustainability Of Construction Works – Environmental Product Declarations – Core Rules for The Product Category of Construction Products* (EN 15804:2012+A1:2013). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/a7de5991-2e9f-4e93-b34c-f1d794cbca02/en-15804-2012a1-2013>.
- EPA (2024). *Conducting a human health risk assessment*. Erişim: 12 Aralık 2024, <https://www.epa.gov/risk/conducting-human-health-risk-assessment>.
- EPA (2024). *Ozone-Depleting Substances*. Erişim: 9 Kasım 2023, [https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/ozone-depleting-substances#:~:text=ODS%20include%20chlorofluorocarbons%20\(CFCs\)%2C,ultraviolet%20light%20in%20the%20stratosphere](https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/ozone-depleting-substances#:~:text=ODS%20include%20chlorofluorocarbons%20(CFCs)%2C,ultraviolet%20light%20in%20the%20stratosphere).
- Ergenç, S. (2007). *İç duvar kaplamalarında ürün seçimi* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ersoy, N. (2022). Kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin ÇKKV sonuçları üzerindeki etkisine yönelik gerçek bir hayat uygulaması. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(4), 1449–1463.
- Esin, T. (2007). A study regarding the environmental impact analysis of the building materials production process (in Turkey). *Building and Environment*, 42(11), 3860–3871. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.011>.
- Esin, T., & Yüksek, İ. (2013). Sustainable resource utilisation in the production of building materials. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 4(2), 141–145. <https://doi.org/10.1080/2093761X.2013.768186>.
- Faludi, J., Hoang, T., Gorman, P., & Mulvihill, M. (2016). Aiding alternatives assessment with an uncertainty-tolerant hazard scoring method. *Journal of Environmental Management*, 182, 111–125. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.028>.
- Fang, L., Clausen, G., & Fanger, P. O. (1999). Impact of temperature and humidity on chemical and sensory emissions from building materials. *Indoor Air*, 9(3), 193–201. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1999.t01-1-00006.x>.
- Fantke, P., Bijster, M., Guignard, C., Hauschild, M., Huijbregts, M., Joliet, O., Kounina, A., Magaud, V., Margni, M., McKone, T. E., Posthuma, L., Rosenbaum, R. K., van de Meent, D., & van Zelm, R. (2017). *USEtox 2.0 Documentation Version 1.1*. Erişim: 13 Temmuz 2021, https://www.usetox.org/sites/default/files/assets/USEtox_Documentation.pdf.

- Farag, M. M.** (2008). Quantitative methods of materials substitution: application to automotive components. *Materials & Design*, 29(2), 374–380. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2007.01.028>.
- Fet, A. M., & Skaar, C.** (2006). Eco-labeling, product category rules and certification procedures based on ISO 14025 requirements. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(1), 49–54. <https://doi.org/10.1065/lca2006.01.237>.
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrogott, M.** (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (Vol. 78). New York, USA: Springer. <https://doi.org/10.1007/b100605>.
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., & Suh, S.** (2009). Recent developments in life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>.
- Fischer, R., Scholten, U., & Scholten, S.** (2010). A reference architecture for feedback-based control of service ecosystems. *4th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies*, 1–6, Dubai, Birleşik Arap Emirlikleri.
- Findik, F., & Turan, K.** (2012). Materials selection for lighter wagon design with a weighted property index method. *Materials & Design*, 37, 470–477. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.01.016>.
- Flyvholm, M. A., Andersen, P., Beck, I. D., & Brandorff, N. P.** (1991). PROBAS: The Danish Product Register Data Base- a national register of chemical substances and products. *Journal of Hazardous Materials*, 30, 59–69.
- Foliente, G. C.** (2000). Developments in performance-based building codes and standards. *Forest Products Journal*, 50(7/8), 12–21.
- Fowler, F.** (2009). *Survey Research Methods (4th ed.)*. Newbury Park, CA: Sage Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781452230184>.
- Francart, N., & Malmqvist, T.** (2020). Investigation of maintenance and replacement of materials in building LCA. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3), 032027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032027>.
- Franklin, B.** (1806). *The Complete Works in Philosophy, Politics, and Morals, of the Late Dr. Benjamin Franklin, Now First Collected and Arranged: With Memories of His Early Life.* J. Johnson. https://books.google.pt/books?id=2SATAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H.-J., Doka, G., Dones, R., Heck, T., Hellweg, S., Hischier, R., Nemecek, T., Rebitzer, G., & Spielmann, M.** (2005). The ecoinvent database: overview and methodological framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 10(1), 3–9. <https://doi.org/10.1065/lca2004.10.181.1>.

- Geng, S., Wang, Y., Zuo, J., Zhou, Z., Du, H., & Mao, G.** (2017). Building life cycle assessment research: A review by bibliometric analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.068>.
- Global Alliance for Buildings and Construction** (2019). *2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector* (Rapor No: DTI/2265/PA). United Nations Environment Programme. https://iea.blob.core.windows.net/assets/3da9daf9-ef75-4a37-b3da-a09224e299dc/2019_Global_Status_Report_for_Buildings_and_Construction.pdf.
- Gloria, T. P., Lippiatt, B. C., & Cooper, J.** (2007). Life cycle impact assessment weights to support environmentally preferable purchasing in the United States. *Environmental Science & Technology*, 41(21). <https://doi.org/10.1021/es070750>.
- Goswami, S. S., & Behera, D. K.** (2021). Solving material handling equipment selection problems in an industry with the help of entropy integrated COPRAS and ARAS MCDM techniques. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 5(4), 947–973. <https://doi.org/10.1007/s41660-021-00192-5>.
- Grant, A., Ries, R., & Kibert, C.** (2014). Life cycle assessment and service life prediction. *Journal of Industrial Ecology*, 18(2), 187–200. <https://doi.org/10.1111/jiec.12089>.
- Greenscreen® For Safer Chemicals Chemical Hazard Assessment Procedure** (2013). Erişim: 4 Nisan 2023, https://www.greenscreenchemicals.org/static/ee_images/uploads/resources/GreenScreenv1-2_Guidance_Assessment_Procedure_FINAL_2013_9_18.pdf.
- Gu, D., Gu, L., & Zhu, Y.** (2007). A life cycle assessment method for buildings. *Building Simulation 2007: 10th Conference of IBPSA*, 1595–1600, Beijing, Çin.
- Guigou Carter, C., Balanant, N., & Kouyoumji, J.-L.** (2023). Apparent wood elements and acoustic performance- feedback from Adivbois CLT building mockup. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, 265(4), 3513–3524, Glasgow, İskoçya.
- Güler, M. B., & Kasapoğlu, E.** (2021). İç mekanlarda asma tavan uygulamaları. *Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 6(1), 95–121. <https://doi.org/10.26835/my.709077>.
- Gültekin, A. B.** (2006). *Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi*. (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gültekin, A. B., & Çelebi, G.** (2016). Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 1–36.

- Gupta, S., Khare, M., & Goyal, R.** (2007). Sick building syndrome—A case study in a multistory centrally air-conditioned building in the Delhi City. *Building and Environment*, 42(8), 2797–2809. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.013>.
- Gustafsson, H.** (2005). *Building materials identified as major sources for indoor air pollutants. A critical review of case studies*. Erişim: 12 Mayıs 2023, https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_5622.pdf.
- Haapio, A., & Viitaniemi, P.** (2008). A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(7), 469–482. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2008.01.002>.
- Hammad, A. W. A., Figueiredo, K., Rosa, A. C., Vazquez, E., & Haddad, A.** (2021). Enhancing the passive design of buildings: A mixed integer non-linear programming approach for the selection of building materials and construction building systems. *Energy Reports*, 7, 8162–8175. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.04.063>.
- Harb, P., Locoge, N., & Thevenet, F.** (2018). Emissions and treatment of VOCs emitted from wood-based construction materials: Impact on indoor air quality. *Chemical Engineering Journal*, 354, 641–652. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.08.085>.
- Harris, D. J.** (1999). A quantitative approach to the assessment of the environmental impact of building materials. *Building and Environment*, 34(6), 751–758. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(98\)00058-4](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(98)00058-4).
- Hauschild, M. Z.** (2018). Introduction to LCA Methodology. In Hauschild, M., Rosenbaum, R., Olsen, S. (Eds.), *Life Cycle Assessment*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_6.
- Hembra, R. L.** (1991). *Toxic Chemicals- EPA's Toxic Release Inventory Is Useful but Can Be Improved*. Erişim: 24 Nisan 2023, <https://www.gao.gov/assets/rced-91-121.pdf>.
- Horne, R., Grant, T., & Verghese, K.** (2009). *Life Cycle Assessment- Principles, Practice and Prospects* (ss. 1–8). Clayton, Avustralya: Csiro Publishing <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2009.02049.x>.
- Huang, L., Fantke, P., Ritscher, A., & Jolliet, O.** (2022). Chemicals of concern in building materials: a high-throughput screening. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127574. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127574>.
- Huber, E., Bach, V., Holzapfel, P., Blizniukova, D., & Finkbeiner, M.** (2022). An approach to determine missing life cycle inventory data for chemicals (RREM). *Sustainability*, 14(6), 3161. <https://doi.org/10.3390/su14063161>.
- Huijbregts, M. A. J., Breedveld, L., Huppes, G., de Koning, A., van Oers, L., & Suh, S.** (2003). Normalisation figures for environmental life-cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 11(7), 737–748. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00132-4](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00132-4).

- Huijbregts, M. A. J., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., & van Zelm, R. (2017). ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2), 138–147. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>.
- Hussain, A. (2021). Evaluating waste material among construction project: identify reason waste and suggestion improvement designer, contractor and client practice. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 43(6), 453–460. <https://doi.org/10.4491/KSEE.2021.43.6.453>.
- İklimBU (t.y.). *Ozon Tabakası*. Erişim: 9 Kasım 2024, <http://climatechange.boun.edu.tr/ozon-tabakasi/>.
- IMMIB (2021). *Hayat için Maden*, Erişim: 11 Kasım 2024, https://www.imib.org.tr/uploads/docs/1649940652_ImIb2021calismaraporuweb-1.pdf.
- Inti, S., Sharma, M., & Tandon, V. (2016). An approach for performing life cycle impact assessment of pavements for evaluating alternative pavement designs. *Procedia Engineering*, 145, 964–971. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.125>.
- ISO (2006). *Environmental management- Life cycle assessment- Principles and framework*, (ISO 14040:2006), <https://www.iso.org/standard/37456.html>.
- ISO (2010a). *Ceramic tiles Part 6: Determination of resistance to deep abrasion for unglazed tiles* (ISO 10545-6:2010). <https://www.iso.org/standard/51089.html>.
- ISO (2010b). *Environmental labels and declarations- Type III environmental declarations- Principles and procedures* (ISO 14025:2010). www.iso.org.
- ISO (2012). *Durability-Service life design of concrete structures*, (ISO16204:2012), <https://www.iso.org/standard/55862.html>.
- ISO (2017). *Sustainability in buildings and civil engineering works- Core rules for environmental product declarations of construction products and services*. (ISO 21930:2017), <https://www.iso.org/standard/61694.html>.
- ISO (2020). *Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines*, (ISO 14044:2020), <https://www.iso.org/standard/76122.html>.
- ISO (2021). *Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements Part 1: Application rules for specific products* (ISO 10140-1:2021). <https://www.iso.org/standard/73910.html>.
- Jaemoon, K., Duhwan, L., & Seunghoon, N. (2023). Potential for environmental impact reduction through building LCA (Life Cycle Assessment) of school facilities in material production stage. *Building and Environment*, 238, 110329. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110329>.

- Japon Araştırma Enstitüsü** (1968). *The systematic Method for Selecting Building Materials*.
- JCR European Commission** (2010). *ILCD Handbook, General Guide For Life Cycle Assessment –Detailed Guidance*. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union, Erişim: 14 Temmuz 2022, <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>.
- Jensen, B., Wolkoff, P., Wilkins, C. K., & Clausen, P. A.** (1995). Characterization of linoleum. part 1: measurement of volatile organic compounds by use of the field and laboratory emission cell, “FLEC.” *Indoor Air*, 5(1), 38–43. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1995.t01-3-00006.x>.
- Jeon, J., Park, J. H., Wi, S., Yun, B. Y., Kim, T., & Kim, S.** (2020). Field study on the improvement of indoor air quality with toluene adsorption finishing materials in an urban residential apartment. *Environmental Pollution*, 261, 114137. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114137>.
- Jeong, K., Ji, C., Kim, H., Hong, T., Cho, K., & Lee, J.** (2019). An integrated assessment of the environmental, human health, and economic impacts based on life cycle assessment: A case study of the concrete and steel sumps. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118032. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118032>.
- Jo, H. H., Kang, Y., & Kim, S.** (2024). Synergistic approaches to elevate indoor air quality: A holistic examination of classroom refinement, air exchange optimization, and flooring material impact. *Environmental Pollution*, 349, 123920. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123920>.
- Jönsson, Å.** (2000). Tools and methods for environmental assessment of building products—methodological analysis of six selected approaches. *Building and Environment*, 35(3), 223–238. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(99\)00016-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(99)00016-5).
- Jönsson, Å., Tillman, A.-M., & Svensson, T.** (1997). Life cycle assessment of flooring materials: case study. *Building and Environment*, 32(3), 245–255. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(96\)00052-2](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(96)00052-2).
- Junnala, S.** (2008). Alternative scenarios for managing the environmental performance of a service sector company. *Journal of Industrial Ecology*, 10(4), 113–131. <https://doi.org/10.1162/jiec.2006.10.4.113>.
- Junnala, S., & Horvath, A.** (2003). Life-cycle environmental effects of an office building. *Journal of Infrastructure Systems*, 9(4), 157–166. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2003\)9:4\(157\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2003)9:4(157)).
- Kalay, Y. E.** (1999). Performance-based design. *Automation in Construction*, 8(4), 395–409. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(98\)00086-7](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(98)00086-7).
- Kalkan, N.** (2020). *Metro istasyonlarında kullanılan kaplama malzemelerinin, üretim ve kullanım süreci çevresel etkilerinin değerlendirilmesi: çırpır istasyonu örneği* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kanniyapan, G., Nesan, L. J., Mohammad, I. S., Tan, S. K., & Ponniah, V.** (2019). Selection criteria of building material for optimising maintainability. *Construction and Building Materials*, 221, 651–660. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.06.108>.
- Karaman Öztaş, S.** (2014). *Türk yapı malzemesi sektörü için yaşam döngüsü etki değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karana, E.** (t.y.). *Intangible characteristics of materials in industrial design*. Delft University of Technology. Erişim: 24 Eylül 2024, <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=e4e26319b6ff65b0JmltdHM9MTcyNzEzNjAwMCZpZ3VpZD0zZTVjNDIwOS05NGU5LTU5Y2EtMWVmNy01NmIwOTU4ZTY4NWMMaW5zaWQ9NTIwMg&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=3e5c4209-94e9-69ca-1ef7-56b0958e685c&psq=+Intangible+characteristics+of+materials+in+industrial+design&u=a1aHR0cHM6Ly96ZW5vZG8ub3JnL3JlY29yZHMvMjU4NDA4MS9maWxlcy81Mi1ERTIwMDZfS2FyYW5hX2ZpbmFsXzUyLnBkZg&ntb=1>.
- Karande, P., & Chakraborty, S.** (2012). Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method for materials selection. *Materials & Design*, 37, 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.01.013>.
- Karapınar, N.** (2021). *Mineral ve Metallerin İnsan Hayatındaki Önemi*, Erişim: 13 Ağustos 2023, <https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/makale/mineral.pdf>.
- Karul, C., Soyupak, S., Çilesiz, A. F., Akbay, N., & Germen, E.** (2000). Case studies on the use of neural networks in eutrophication modeling. *Ecological Modelling*, 134(2–3), 145–152. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00360-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00360-4).
- Keeney, R. L., & Raiffa, H.** (1993). *Decisions with Multiple Objectives Preferences and Value Trade-Offs*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/decisions-with-multiple-objectives/DEF338459C327778C3F8C4C4A682032F>.
- Kim, S., Kim, H.-J., & Moon, S.-J.** (2006). Evaluation of VOC emissions from building finishing materials using a small chamber and VOC analyser. *Indoor and Built Environment*, 15(6), 511–523. <https://doi.org/10.1177/1420326X06072040>.
- Klöpffer, W.** (2006). The role of SETAC in the development of LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(S1), 116–122. <https://doi.org/10.1065/lca2006.04.019>.
- Kokai, A., Blake, A., Dedeo, M., & Lent, T.** (2020). Building shared information infrastructure for chemical alternatives assessment. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 8. <https://doi.org/10.1525/elementa.422>.
- Kokai, A., Iles, A., & Rosen, C. M.** (2021). Green design tools: building Values and politics into material choices. *Science, Technology, & Human Values*, 46(6), 1139–1171. <https://doi.org/10.1177/0162243920976840>.

- Köksalan, M., Wallenius, J., & Zionts, S.** (2016). An Early History of Multiple Criteria Decision Making, In: Greco, S., Ehrgott, M., Figueira, J. (Eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis*. International Series in Operations Research & Management Science, vol 233. Springer, New York, NY.
- Kokulu, N.** (2016). *Sağlıklı yapı tasarımında malzeme seçim kriterlerinin değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kokulu, N., & Acun Özgünler, S.** (2019). Evaluation of the effects of building materials on human health and healthy material selection. *Gazi University Journal of Science*, 32(1), 14–25.
- Koyanagi, H., Takahashi, Y., Tomita, S., & Nagao, T.** (2010). Development of an evaluation system for comprehensive environmental performance of finishing materials. *Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, Kyoto, Japonya:18-21 Nisan.
- Koyaz, M.** (2016). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme Seçim Aracı (YETMSA)* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kronospan** (2024). *Kronodesign Melamine Faced Particleboard (MF PB) EPD*. Erişim: 19 Kasım 2021, https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Mourad-Lafifi/post/End-of-life_modeling_with_GaBi/attachment/610d68b12897145fbd66fd78/AS%3A1053849548779520%401628268720723/download/GaBi+Database+Modelling+Principles++_+2017.pdf.
- Kupfer, T., Baitz, M., Makishi Colodel, C., Kokborg, M., Schöll, S., Rudolf, M., Thellier, L., Gonzalez, M., Thylmann, D., Köhler, A., Stoffregen, A., Hengstler, J., & Schuller, O.** (2017). *GaBi Database 2017 Edition-January 2017 & Modelling Principles*. Erişim: 17 Şubat 2022, https://www.google.com/search?q=GaBi+Database+2017+Edition+-+January+2017+%26+Modelling+PrincipleS&rlz=1C5CHFA_enTR1129TR1129&oq=GaBi+Database+2017+Edition+-+January+2017+%26+Modelling+PrincipleS&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzM5MGowajSoAgCwAgE&sourceid=chrome&ie=UTF-8#:~:text=GaBi%20Database%20%26%20Modelling,%E2%80%BA%20post%20%E2%80%BA%20download.
- KYK Yapı Kimyasalları** (t.y.) *MegaFlex Maxi Y104*. Erişim: 18 Eylül 2024, <https://www.kyk.com.tr/kyk-urun-megaflex-maxi>.
- Labreuche, C., & Destercke, S.** (2019). How to Handle Missing Values in Multi-Criteria Decision Aiding? *Proceedings of the Twenty-Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-19)*, 1756–1763, Macao, Çin: 10-16 Ağustos.

- Lasvaux, S., Habert, G., Peuportier, B., & Chevalier, J.** (2015). Comparison of generic and product-specific Life Cycle Assessment databases: application to construction materials used in building LCA studies. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(11), 1473–1490. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0938-z>.
- Laurent, A., & Hauschild, M. Z.** (2015). *Normalisation* In: Hauschild, M., Huijbregts, M. (Eds.) *Life Cycle Impact Assessment. LCA Compendium – The Complete World of Life Cycle Assessment*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9744-3_14.
- Leaman, A., Stevenson, F., & Bordass, B.** (2010). Building evaluation: practice and principles. *Building Research & Information*, 38(5), 564–577. <https://doi.org/10.1080/09613218.2010.495217>.
- Lee, S., Kwon, G., Joo, J., Kim, J. T., & Kim, S.** (2012). A finish material management system for indoor air quality of apartment buildings (FinIAQ). *Energy and Buildings*, 46, 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.10.044>.
- Liang, Y., & Xu, Y.** (2014). Improved method for measuring and characterizing phthalate emissions from building materials and its application to exposure Assessment. *Environmental Science & Technology*, 48(8), 4475–4484. <https://doi.org/10.1021/es405809r>.
- Lippiatt, B. C.** (2007). *BEES 4.0 Building for environmental and economic sustainability technical manual and user guide*. National Institute of Standards and Technology Building and Fire Research Laboratory, Erişim: 12 Mart 2022, https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=860108.
- Living Building** (t.y.). *About the red list*. Erişim: 14 Mart 2022, <https://living-future.org/red-list/>.
- Ljungberg, L. Y.** (2007). Materials selection and design for development of sustainable products. *Materials & Design*, 28(2), 466–479. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2005.09.006>.
- Madanchian, M., & Taherdoost, H.** (2023). A comprehensive guide to the TOPSIS method for multi-criteria decision making. *Sustainable Social Development*, 1(1). <https://doi.org/10.54517/ssd.v1i1.2220>.
- MAGMA** (t.y.). *Küresel Fosfor Kirliliği*. Erişim: 7 Temmuz 2024, <https://www.magmadergisi.com/surdurulebilir-haberleri/kuresel-fosfor-kirliligi>.
- MAHB** (t.y.). *When Fossil Fuels Run Out, What Then?* Erişim: 26 Şubat 2023, <https://mahb.stanford.edu/library-item/fossil-fuels-run/>.
- Marć, M., Zabiegała, B., & Namieśnik, J.** (2012). Testing and sampling devices for monitoring volatile and semi-volatile organic compounds in indoor air. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 32, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.09.006>.
- Markus, T., Whyman, P., Morgan, J., Whitton, D., & Maver, T.** (1972). *Building Performance*. Applied Science Publishers.

- Marler, R. T., & Arora, J. S.** (2010). The weighted sum method for multi-objective optimization: new insights. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 41(6), 853–862. <https://doi.org/10.1007/s00158-009-0460-7>.
- Marlinda, L., & Dewi, M. S.** (2024). Optimizing the selection of electric bicycles using a combination of the MOORA method and entropy weighting. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 8(6), 38–43.
- Matnagh, E. I.** (2019). *Giydirme cephe kaplama sistemlerinin üretim ve kullanım süreci yaşam döngüsü değerlendirmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- MBDC, LLC** (2012). *Banned Lists of Chemicals Cradle to Cradle CertifiedCM Product Standard Version 3.0*. Erişim: 12 Aralık 2023, https://s3.amazonaws.com/c2c-website/resources/certification/standard/C2CCertified_Banned_Lists_V3_121113.pdf.
- McKone, T. E., & Enoch, K. G.** (2002). *CalTOX™, A Multimedia Total Exposure Model Spreadsheet User's Guide Version 4.0 (Beta)*. Lawrence Berkeley National Laboratory LBL Publications. Erişim: 13 Temmuz 2021, <https://escholarship.org/content/qt4rm6d3v3/qt4rm6d3v3.pdf>.
- Meijer, E.** (2014). *Weighting: applying a value judgment to LCA results*. Erişim: 18 Eylül 2024, <https://pre-sustainability.com/articles/weighting-applying-a-value-judgement-to-lca-results/>.
- Mistry, K.** (2017). *Particle Board Properties: You Need to Know!*, Erişim: 16 Haziran 2023, <https://gharpedia.com/blog/particle-board-properties/>.
- Morales, M. F. D., Ries, R. J., Kirchheim, A. P., & Passuello, A.** (2022). Comparison and analysis of product stage and service life uncertainties in life cycle assessment of building elements. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(3), 035001. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac6d07>.
- Moreau, V., Bage, G., Marcotte, D., & Samson, R.** (2012). Statistical estimation of missing data in life cycle inventory: an application to hydroelectric power plants. *Journal of Cleaner Production*, 37, 335–341. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.036>.
- NASA (t.y.).** *Nasa Ozone Watch, Annual Records*. Erişim: 9 Kasım 2023, https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/annual_data.html.
- NOAA (t.y.).** *The Future of Ocean Acidification, Improving Trajectories*. Erişim: 9 Kasım 2023, <https://www.ncei.noaa.gov/news/CO2Study>.
- Norris, G. A.** (2001). The requirement for congruence in normalization. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 6(2), 85. <https://doi.org/10.1007/BF02977843>.
- NREL** (2012). *US Life Cycle Inventory Database*, Erişim: 9 Eylül 2023, https://www.lcacommons.gov/lca-collaboration/National_Renewable_Energy_Laboratory/USLCI_Data_base_Public/datasets.

- Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G.** (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, 23(1), 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012>.
- Özercan, C.** (2020). *Yapı kimyasallarının çevresel etkilerinin yaşam döngüsü değerlendirme kapsamında irdelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Öztel, A., & Alp, İ.** (2020). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi Seçiminde Yeni Bir Yaklaşım*. Kriter Yayınevi.
- Özyalçın, A. T., & Bircan, H.** (2023). Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümüne yönelik otomasyon geliştirme. *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, 7(1), 1–32. <https://doi.org/10.33461/uybisbbd.1194495>.
- Palumbo, E.** (2021). Effect of LCA data sources on GBRS reference values: the envelope of an Italian passive house. *Energies*, 14(7), 1883. <https://doi.org/10.3390/en14071883>.
- Palumbo, E.** (2021). Effect of LCA data sources on GBRS reference values: the envelope of an Italian passive house. *Energies*, 14(7), 1883. <https://doi.org/10.3390/en14071883>.
- PANARIAgroup** (2024). *Ceramic surfaces made of porcelain stoneware 20 mm EPD*. Erişim: 18 Ağustos, 2023, https://www.leaceramiche.fr/downloads/8295/1408/EPD_ENG_porcelain%20stoneware%2020mm.pdf.
- Park, H. S., Ji, C., & Hong, T.** (2016). Methodology for assessing human health impacts due to pollutants emitted from building materials. *Building and Environment*, 95, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.09.001>.
- Passarelli, R. N., & Mouton, B. J.** (2023). Embodied life cycle impacts of lightweight building methods for affordable houses in the USA: Comparison of conventional, circular, and regenerative strategies. *Journal of Building Engineering*, 77, 107513. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.107513>.
- Paulsen, J.** (2001). *Life cycle assessment for building products: the significance of the usage phase* (Doktora tezi). KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Perkins & Will** (t.y.). *Formaldehyde*. Erişim: 14 Mayıs 2022, <https://transparency.perkinswill.com/substances/formaldehyde>.
- Petrov, I.** (2021). Renewable energies projects selection: block criteria systematization with AHP and Entropy-MOORA methods in MCDM. *E3S Web of Conferences*, 327, 02004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132702004>.
- Pharos** (2024). *Search Pharos*, Erişim: 12 Aralık 2022, <https://pharos.habitablefuture.org/>.

- Pizzol, M., Laurent, A., Sala, S., Weidema, B., Verones, F., & Koffler, C.** (2017). Normalisation and weighting in life cycle assessment: quo vadis? *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(6), 853–866. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1199-1>.
- Plastics Europe** (2019). *Eco-profiles program and methodology*. Erişim: 14 Mayıs 2022, https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/PlasticsEurope-Ecoprofiles-program-and-methodology_V3.0.pdf.
- Polat Strafor ve Panel** (t.y.). *Panel yapıştırıcısı*, Erişim: 18 Ağustos, 2023, <https://www.polatstraforpanel.com/panel-yapistiricisi>.
- Polovina, L.** (2018). *Framework for the UBC-Relevant Red List of Materials*. Erişim: 13 Aralık 2021, 10.14288/1.0374168.
- Preiser, W., & Vischer, J.** (2005). *Assessing Building Performance*. Elsevier.
- Pulatsü, S., Topçu, A., & Yılmaz, E.** (2015). Göllerde ötrofikasyonun kontrolü: sediment tarama uygulamaları. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 51–56.
- Qua Granit** (t.y.). *Ceramic Tile Product Guide*. Erişim: 3 Aralık 2024, https://qua.com.tr/media/katalog/Ceramic_Tile_Product_Guide.pdf.
- Rangelov, M., Dylla, H., & Sivaneswaran, N.** (2022). Environmental product declarations (EPDs)/product category rules (PCRs) of waste plastics and recycled materials in roads. In Giustozzi, F., Nizamuddin, S. (Eds.), *Plastic Waste for Sustainable Asphalt Roads* (pp. 303–334), Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Plastic Waste for Sustainable Asphalt Roads, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85789-5.00015-0>.
- Rao, R. V.** (2008). A decision making methodology for material selection using an improved compromise ranking method. *Materials & Design*, 29(10), 1949–1954. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.04.019>.
- Rasmussen, F. N., Zimmermann, R. K., Kanafani, K., Andersen, C., & Birgisdóttir, H.** (2020). The choice of reference study period in building LCA – case-based analysis and arguments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3), 032029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032029>.
- Recchioni, M., Mathieux, F., Goralczyk, M., & Schau, E.** (2012). *ILCD Data Network and ELCD Database: current use and further needs for supporting Environmental Footprint and Life Cycle Indicator Projects*. EUR 25744. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2013. JRC78218, Erişim: 16 Mayıs 2023, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC78218>.
- Reinhard, J., Mutel, C. L., Wernet, G., Zah, R., & Hilty, L. M.** (2016). Contribution-based prioritization of LCI database improvements: Method design, demonstration, and evaluation. *Environmental Modelling & Software*, 86, 204–218. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.09.018>.

- Risholm-Sundman, M., & Wallin, N.** (1999). Comparison of different laboratory methods for determining the formaldehyde emission from three-layer parquet floors. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, 57(5), 319–324. <https://doi.org/10.1007/s001070050351>.
- Roesch, A., Sala, S., & Jungbluth, N.** (2020). Normalization and weighting: the open challenge in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(9), 1859–1865. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01790-0>.
- Rosenbaum, R. K., Hauschild, M. Z., Boulay, A.-M., Fantke, P., Laurent, A., Núñez, M., & Vieira, M.** (2018). Life Cycle Impact Assessment. In *Life Cycle Assessment: Theory and practice* (ss. 167-270). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_10.
- Ruiz-Jimenez, J., Heiskanen, I., Tanskanen, V., Hartonen, K., & Riekkola, M.-L.** (2022). Analysis of indoor air emissions: from building materials to biogenic and anthropogenic activities. *Journal of Chromatography Open*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.jcoa.2022.100041>.
- Saaty, R. W.** (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).
- Saint-Gobain Finland Oy** (2020). *Weber Classic Grout (11 colours)*. Erişim: 18 Kasım 2023, https://www.epd-norge.no/getfile.php/1312122-1578984588/EPDer/Byggevarer/Sement/NEPD-2006-887_weber-classic-grout--11-colours-.pdf.
- Salthammer, T., & Fuhrmann, F.** (2000). Release of acetic acid and furfural from cork products. *Indoor Air*, 10(2), 133–134. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2000.010002133.x>.
- Schmincke, E., & Grahl, B.** (2006). Umwelteigenschaften von produkten die rolle der ökobilanz in ISO Typ III umweltdeklarationen. *Umweltwissenschaften Und Schadstoff-Forschung*, 18(3), 185–192. <https://doi.org/10.1065/uwsf2006.03.116>.
- Schripp, T., Salthammer, T., Fauck, C., Bekö, G., & Weschler, C. J.** (2014). Latex paint as a delivery vehicle for diethylphthalate and di-n-butylphthalate: Predictable boundary layer concentrations and emission rates. *Science of The Total Environment*, 494–495, 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.141>.
- Selçuk, O.** (2021). Antalya ilinde turizme açık doğal alanların tehlike düzeylerinin bütünlüklük SWARA-MOORA yöntemi ile belirlenmesi. *Journal of Geography*, 41, 77–91. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0059>.
- SFOE** (2019). *DUREE Project Analysis of lifetimes of building elements in the literature and in renovation practices and sensitivity analyses on building LCA & LCC*. Erişim: 12 Aralık 2022, <https://www.Aramis.Admin.Ch/Default?DocumentID=67264&Load=true>.

- Simon, V., Uitterhaegen, E., Robillard, A., Ballas, S., Véronèse, T., Vilarem, G., Merah, O., Talou, T., & Evon, P.** (2020). VOC and carbonyl compound emissions of a fiberboard resulting from a coriander biorefinery: comparison with two commercial wood-based building materials. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(14), 16121–16133. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08101-y>.
- Singaravel, B., Selvaraj, T., & Vinodh, S.** (2016). Multi-objective optimization of turning parameters using the combined MOORA and ENTROPY method. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 40(1), 101–111. <https://doi.org/10.1139/tcsme-2016-0008>.
- Sirel, Ş.** (t.y.). *Yapı Akustiğinde 30 Terim 30 Tanım*. Erişim: 14 Ocak 2021, <https://www.sazisirel.com/booklets/booklet-09.pdf>.
- Siva Bhaskar, A., & Khan, A.** (2022). Comparative analysis of hybrid MCDM methods in material selection for dental applications. *Expert Systems with Applications*, 209, 118268. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118268>.
- Soares, S. R., Toffoletto, L., & Deschênes, L.** (2006). Development of weighting factors in the context of LCIA. *Journal of Cleaner Production*, 14(6–7), 649–660. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.07.018>.
- Sollinger, S., Levsen, K., & Wünsch, G.** (1993). Indoor air pollution by organic emissions from textile floor coverings. Climate chamber studies under dynamic conditions. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 27(2), 183–192. [https://doi.org/10.1016/0957-1272\(93\)90004-P](https://doi.org/10.1016/0957-1272(93)90004-P).
- Song, X., Carlsson, C., Kiilsgaard, R., Bendz, D., & Kennedy, H.** (2020). Life cycle assessment of geotechnical works in building construction: A review and recommendations. *Sustainability*, 12(20), 8442. <https://doi.org/10.3390/su12208442>.
- Sousa, S. R., Soares, S. R., Moreira, N. G., Severis, R. M., & de Santa-Eulalia, L. A.** (2021). Internal normalization procedures in the context of LCA: A simulation-based comparative analysis. *Environmental Modeling & Assessment*, 26(3), 271–281. <https://doi.org/10.1007/s10666-021-09767-5>.
- Soust-Verdaguer, B., Gutiérrez Moreno, J. A., & Llatas, C.** (2023a). Utilization of an automatic tool for building material selection by integrating life cycle sustainability assessment in the early design stages in BIM. *Sustainability*, 15(3), 2274. <https://doi.org/10.3390/su15032274>.
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., & García-Martínez, A.** (2017). Critical review of bim-based LCA method to buildings. *Energy and Buildings*, 136, 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.009>.
- Soust-Verdaguer, B., Palumbo, E., Llatas, C., Velasco Acevedo, Á., Fernández Galvéz, M. D., Hoxha, E., & Passer, A.** (2023b). The use of environmental product declarations of construction products as a data source to conduct a building life-cycle assessment in Spain. *Sustainability*, 15(2), 1284. <https://doi.org/10.3390/su15021284>.

- Stevenson, F., & Rijal, H. B. (2010). Developing occupancy feedback from a prototype to improve housing production. *Building Research & Information*, 38(5), 549–563. <https://doi.org/10.1080/09613218.2010.496182>.
- Stoiber, N., Hammerl, M., & Kromoser, B. (2021). Cradle-to-gate life cycle assessment of CFRP reinforcement for concrete structures: calculation basis and exemplary application. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124300>.
- Stranddorf, H. K., Hoffmann, L., & Schmidt, A. (2005). *Update on Impact Categories, Normalisation and Weighting in LCA- Selected EDIP97-data*, Erişim: 10 Kasım, 2023, https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2005/87-7614-570-0/html/default_eng.htm.
- Strazza, C., Del Borghi, A., Magrassi, F., & Gallo, M. (2016). Using environmental product declaration as source of data for life cycle assessment: a case study. *Journal of Cleaner Production*, 112, 333–342. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.058>.
- Sundell J. (2002). Indoor Air, *International Journal Of Indoor Environment And Health*. 12(4):209-10. doi: 10.1034/j.1600-0668.2002.0ed01.x.
- Sundell, J. (2004). On the history of indoor air quality and health. *Indoor Air*, 14(s7), 51–58. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00273.x>.
- Suproll (t.y.) *Boya çeşitleri ve kullanım alanları nelerdir*, Erişim: 18 Eylül 2022, <https://www.suproll.com.tr/haber/biz/boya-cesitleri-ve-kullanim-alanlari-nelerdir>.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü (2017). *Sıfır Atık Kitapçığı*. Erişim: 4 Ocak 2022, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/sifiratik/icerikler/k-tapc-k-2017-1-20180129130757.pdf>.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü (2020). 6. *Türkiye Çevre Durum Raporu*. Erişim: 4 Ocak 2022, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/tc-dr_2020-rapor-v18-web-20210217135643.pdf.
- T.C. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2024). *2024 Yılı Ekim Ayı Ortalama Sıcaklıklarının 1991-2020 Normallerine Göre Mukayesesi*. Erişim: 9 Kasım 2024, <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx>.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (t.y.). *Asit Yağmurları Bülteni*. Erişim 15 Haziran 2023, <https://mgm.gov.tr/arastirma/hava-kirliligi-ve-asit-yagmurlari.aspx>.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2022). *2022 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Program* (4633), Erişim: 15 Şubat 2021, <http://www.sp.gov.tr/tr/temel-belge/s/210/2022+Yili+Cumhurbaskanligi+Yillik+Programi>.

- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı** (t.y.). *Ulusal Su Planı (2019-2023)*. Erişim tarihi: 7 Haziran 2023, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP%20DEN%C4%B0Z/ULUSAL%20SU%20PLANI.pdf>.
- Taherdoost, H.** (2017). Decision making using the analytic hierarchy process (AHP); a step by step approach. *International Journal of Economics and Management Systems*. 2, Taherdoost, Hamed, Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP); <https://ssrn.com/abstract=3224206>.
- Taherdoost, H.** (2023). Analysis of simple additive weighting method (SAW) as a multiattribute decision-making technique: a step-by-step guide. *Journal of Management Science & Engineering Research*, 6(1), 21–24. <https://doi.org/10.30564/jmser.v6i1.5400>.
- Taherdoost, H., & Madanchian, M.** (2023a). A Comprehensive overview of the ELECTRE method in multi criteria decision-making. *Journal of Management Science & Engineering Research*, 6(2), 5–16. <https://doi.org/10.30564/jmser.v6i2.5637>.
- Taherdoost, H., & Madanchian, M.** (2023b). Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 3(1), 77–87. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>.
- Taherdoost, H., & Madanchian, M.** (2023c). Using PROMETHEE method for multi-criteria decision making: applications and procedures. *Iris Journal of Economics & Business Management*, 1. <https://ssrn.com/abstract=4464669>.
- Teng, C.-C., Horng, J.-S., Hu, M.-L. (Monica), Chien, L.-H., & Shen, Y.-C.** (2012). Developing energy conservation and carbon reduction indicators for the hotel industry in Taiwan. *International Journal of Hospitality Management*, 31(1), 199–208. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2011.06.006>.
- Teska** (2020). *Mantar Duvar Kaplama Nedir?* Erişim: 19 Ocak 2021, <https://www.teskamimarlik.com/mantar-duvar-kaplama-nedir>.
- The David Suzuki Foundation** (2014). *The dirt on toxic chemicals in household cleaning products*, Erişim tarihi: 12 Haziran 2022, <https://www.purahome.com/blog/wp-content/uploads/2015/12/The-David-Suzuki-Foundation-The-dirt-on-toxic-chemicals-in-household-cleaning-products.pdf>.
- Toydemir, N., Gürdal, E., & Tanaçan, L.** (2000). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*. Literatür Yayınları.
- Trade Essentials** (t.y.) *Particleboard*. Erişim: 3 Aralık 2024, <https://www.laminex.com.au/medias/Trade-Essentials-Particleboard-Brochure.pdf?context=bWFzdGVyfGltYWdlc3w3NjkwMjR8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGFHVmxMMmhqWmk4NE9EZzRORFExTmpNeU5UUXIMMVJ5WVdSbExVVnpjMlZlZEsaGJITXRVR0Z5ZEdsamJHVmliMkZ5WkMxQ2NtOWphSFZ5WlM1d1pHWXxhYTtkzMzU2NzZmMjhmOGMlZTRhMWFIZDYyYjVmZjhjOWU2YTMwYTtA4YzgYWEwOTVIYTtkzMjgyMDQ0MzIwYjQ0&attachment=true>

- TS** (2024). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları* (TS-825), <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073099117105079120119074111082078114>.
- TÜİK** (t.y.). *Atık İstatistikleri, 2020*. Erişim tarihi: 8 Kasım 2024, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198#:~:text=Olu%C5%9Fan%20at%C4%B1k%20miktar%C4%B1%20104%2C8,8%20milyon%20ton%20at%C4%B1k%20olu%C5%9Ftu>.
- TUMAK** (t.y.). *Çevre Etki Değerlendirme Grubu Raporu*. Erişim tarihi: 6 Kasım 2024, <https://silo.tips/download/trkiye-ulusal-meteoroloji-ve-atmosfer-fizii-komisyonu-tumak-tumak-evre-etki-deer>.
- Tuna Taygun, G.** (2005). *Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik bir model önerisi* (Doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Turan, I., Simsek, U., & Aslan, H.** (2015). Eğitim araştırmalarında likert ölçeği ve likert-tipi soruların kullanımı ve analizi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 186–203.
- Türköz, K., & Utkulu, U.** (2021). Türkiye’de sektör ve kaynak bazlı enerji kullanımları yakınsıyor mu? panel TAR ve çoklu kırılmalı birim kök bulguları. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 254–274. <https://doi.org/10.30784/epfad.863388>.
- Uhde, E., & Salthammer, T.** (2007). Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality—A review of recent advances in indoor chemistry. *Atmospheric Environment*, 41(15), 3111–3128. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.05.082>.
- Ülker, S.** (2009). *Isı yalıtım malzemelerinin özelliklerinin uygulamaya etkileri* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Umunakwe, I. J., Nwigwe, U. S., Popoola, V. A., Umunakwe, R., & Oyetunji, A.** (2020). Properties evaluation of interior decorative emulsion paints produced using local extenders obtained from Akure, Ondo State, Nigeria. *European Journal of Materials Science and Engineering*, 5(1), 17–22. <https://doi.org/10.36868/ejmse.2020.05.01.017>.
- UNEP.** (t.y.). *Country Data, Türkiye*. Erişim tarihi: 8 Kasım 2024, <https://ozone.unep.org/countries/profile/tur>.
- UNTWO.** (2023). *Global and regional tourism performance*. Erişim tarihi: 8 Kasım 2024, <https://www.unwto.org/tourism-data/global-and-regional-tourism-performance>.
- Urie, A., & Dagg, S.** (2004). Development of a life cycle assessment (LCA) based decision-making tool for the assessment of building products. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 6(02), 153–175. <https://doi.org/10.1142/S1464333204001675>.

- van Kesteren, I. E. H.** (2008). Product designers' information needs in materials selection. *Materials & Design*, 29(1), 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2006.11.008>.
- van Zelm, R., Huijbregts, M. A. J., & van de Meent, D.** (2009). USES-LCA 2.0—a global nested multi-media fate, exposure, and effects model. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(3), 282–284. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0066-8>.
- Wastiels, L., & Wouters, I.** (2012). Architects' considerations while selecting materials. *Materials & Design*, 34, 584–593. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.05.011>.
- Wegener Sleeswijk, A., & Heijungs, R.** (2010). GLOBOX: A spatially differentiated global fate, intake and effect model for toxicity assessment in LCA. *Science of The Total Environment*, 408(14), 2817–2832. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.02.044>.
- Weinland, F., Lingner, T., Schritt, H., Gradl, D., Reintjes, N., & Schüler, M.** (2024). Life cycle assessment of mycelium based composite acoustic insulation panels. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 9, 100106. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2024.100106>.
- Weydts, D., De Smet, D., & Vanneste, M.** (2015). Processes for reducing the environmental impact of fabric finishing. In Blackburn, R. (Ed.), *Sustainable Apparel* (ss. 35–48). Woodhead Publishing, <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-339-3.00002-9>.
- White, P., & Carty, M.** (2010). Reducing bias through process inventory dataset normalization. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(9), 994–1013. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0215-0>.
- WHO** (2000). *Air Quality Guidelines for Europe*. Erişim tarihi: 5 Haziran 2022, <https://iris.who.int/handle/10665/260127>.
- WHO** (2010). *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*, Erişim tarihi: 5 Haziran 2022, <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/260127/9789289002134-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Wi, S., Kang, Y., Yang, S., Kim, Y. U., & Kim, S.** (2021). Hazard evaluation of indoor environment based on long-term pollutant emission characteristics of building insulation materials: An empirical study. *Environmental Pollution*, 285, 117223. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117223>.
- Wilde, P.** (2018). *Building Performance Analysis*. John Wiley & Sons Ltd. Erişim: 6 Eylül 2021, <https://doi.org/10.1002/9781119341901>.
- Woolley, T., & Kimmins, S.** (2005). *Green Building Handbook: Volume 2 A Guide to Building Products and their Impact on the Environment*. Routledge.
- Woolley, T., Kimmins, S., Harrison, R., & Harrison, P.** (2005). *Green Building Handbook: Volume 1 A Guide to Building Products and their Impact on the Environment*. Routledge.

- World Population Review** (t.y.). *Greenhouse Gas Emissions by Country 2022*. Erişim tarihi: 9 Kasım 2024, <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/greenhouse-gas-emissions-by-country>
- Wu, L.-S., Yu, Z.-H., Zhang, C., & Bangi, T.** (2022). Retracted: Design approach, mechanical properties and cost-performance evaluation of ultra-high performance engineered cementitious composite (UHP-ECC): A review. *Construction and Building Materials*, 340, 127734. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127734>.
- Wu, R. M. X.** (2022). Which objective weight method is better: PCA or Entropy? *Scientific Journal of Research & Reviews*, 3(2). <https://doi.org/10.33552/SJRR.2022.03.000558>.
- Yapı Malzemeleri Yönetmeliği** (2013). T. C. Resmî Gazete (2013). 28703, 10 Temmuz 2013.
- YapıMagazin** (t.y.). *ÇEDBİK: binaların yanı sıra malzeme üretiminde de çevresel etkilerin azaltılması gerekiyor*. Erişim: 18 Eylül 2024, <https://www.yapimagazin.com/cedbik-binalarin-yanisira-malzeme-uretiminde-de-cevresel-etkilerin-azaltilmasi-gerekiyor-5000878>.
- Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü** (2022). *2022 Yılı Belediye Belgeli Konaklama İstatistikleri İl-İlçe Tablosu*. Erişim tarihi: 12.10.2023, <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-211090/yillik-il-ilce-konaklama-istatistikleri.html>.
- Ylmén, P., Peñaloza, D., & Mjörnell, K.** (2019). Life cycle assessment of an office building based on site-specific data. *Energies*, 12(13), 2588. <https://doi.org/10.3390/en12132588>.
- Yrieix, C., Dulaurent, A., Laffargue, C., Maupetit, F., Pacary, T., & Uhde, E.** (2010). Characterization of VOC and formaldehyde emissions from a woodbased panel: results from an inter-laboratory comparison. *Chemosphere*, 79(4), 414–419. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.01.062>.
- Yu, D., & Ye, T.** (2024). Uncovering the academic evolution of VIKOR method: a comprehensive main path analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/01605682.2024.2359726>.
- Yüksek, I., & Mıhlayanlar, E.** (2015). Yaşam Döngüsü sürecinde yapı malzemesi çevre etkileşimi. *2.nd International Sustainable Buildings Symposium*, 975–983, Ankara, Türkiye.
- Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A., & Aranda Usón, A.** (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46(5), 1133–1140. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>.
- Zakeri, S., Chatterjee, P., Konstantas, D., & Ecer, F.** (2023). A decision analysis model for material selection using simple ranking process. *Scientific Reports*, 13(1), 8631. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35405-z>.

- Zeyad, A. M.** (2023). Sustainable concrete production: incorporating recycled wastewater as a green building material. *Construction and Building Materials*, 407, 133522. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133522>.
- Zhang, B., Zeng, R., & Li, X.** (2019). Environmental and human health impact assessment of major interior wall decorative materials. *Frontiers of Engineering Management*, 6(3), 406–415. <https://doi.org/10.1007/s42524-019-0025-4>.
- Zhang, Z., Wu, X., Yang, X., & Zhu, Y.** (2006). BEPAS—a life cycle building environmental performance assessment model. *Building and Environment*, 41(5), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.02.028>.
- Zhu, Y., Tian, D., & Yan, F.** (2020). Effectiveness of entropy weight method in decision-making. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2020/3564835>.
- Zopounidis, C., & Doumpos, M.** (2002). Multi-criteria decision aid in financial decision making: methodologies and literature review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(4–5), 167–186. <https://doi.org/10.1002/mcda.333>.

EKLER

EK A: Yapı Malzemelerinin Çevresel Etkilerini YDD İle Değerlendiren Model Ve Yaklaşımların Örnek Çevresel Etki Değerlendirme Görselleri

- EK A1:** Alptekin modeli
- EK A2:** Anderson yaklaşımı
- EK A3:** Anink yaklaşımı
- EK A4:** Bayraktar modeli
- EK A5:** Demkin yaklaşımı
- EK A6:** Gültekin modeli
- EK A7:** Hollanda modeli
- EK A8:** Paulsen modeli
- EK A9:** Taygun modeli
- EK A10:** Urie-Dagg modeli
- EK A11:** Wooley yaklaşımı
- EK A12:** Wu-Zhang-Chen modeli

EK B: Yapı Malzemelerinin Çevresel Etkileri Doğrultusunda Seçimine Yönelik Oluşturulmuş Diğer Yaklaşım, Yöntem ve Modellerin Örnek Çevresel Etki Değerlendirme Görselleri

- EK B1:** Çağnan Özer modeli
- EK B2:** Esin modeli
- EK B3:** Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modeli

EK C: Gereksinimlere Dayalı Seçim Yöntemleri

- EK C1:** Arıoğlu yöntemi
- EK C2:** Balanlı yöntemi
- EK C3:** Black-Christensen yöntemi
- EK C4:** Fischmeister yöntemi
- EK C5:** Hill yöntemi
- EK C6:** Hillerborg yöntemi
- EK C7:** Japon yöntemi
- EK C8:** Petterson yöntemi

EK D: Tehlike Risk Değerlendirmesi Listelerinin Görselleri

- EK D1:** Kırmızı liste (The Red List)
- EK D2:** Şeffaflık Listesi (Precautionary List)
- EK D3:** Beşikten beşiğe yasaklı kimyasallar listesi (Cradle to Cradle Banned Chemicals List)
- EK D4:** Yeşilekran Risk Değerlendirmesi (GreenScreen Chemical Hazard Assessment)

EK E: İç Mekan Bitirme Malzemesi Seçim Modeli

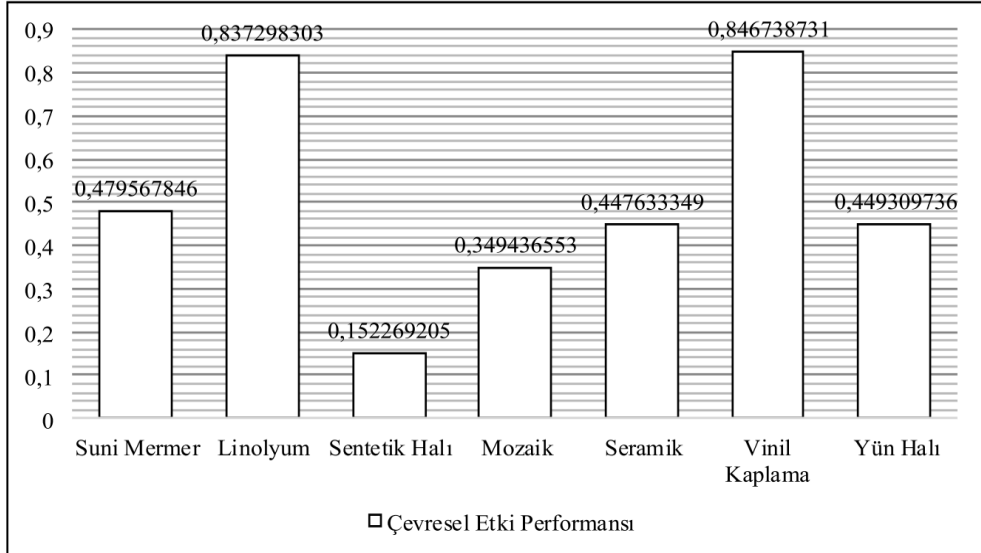
EK F: Pharos Veritabanında Bulunan Değerlendirme Görselleri

- EK G:** Anket Çalışması
- EK H:** Anket Sonuçları
- EK I:** Yazılım Ürün Modeli

EK A Yapı Malzemelerinin Çevresel Etkilerini YDD İle Değerlendiren Model ve Yaklaşımların Örnek Çevresel Etki Değerlendirme Görselleri

EK A1: Alptekin modeli

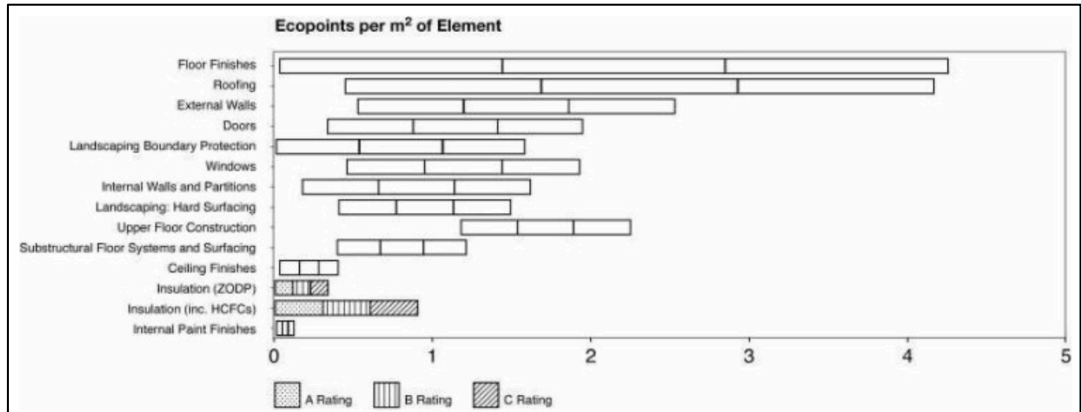
Malzemeler	$\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2$	$\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2$	S_i^*	S_i^-	C_i^*	SIRA NO
Suni Mermer	24942710538,7840	21179490938,5885	157932,6139	145531,7523	0,479568	3
Linolyum	4834483,8932	128034312,0581	2198,7460	11315,2248	0,837298	2
Sentetik Halı	142286405,9473	4590623,2097	11928,3866	2142,5740	0,152269	7
Mozaik	689684123,5463	198979153,5278	26261,8378	14105,9971	0,349437	6
Seramik	4216279322,5082	2768976954,7495	64932,8832	52621,0695	0,447633	5
Vinil Kaplama	4277296,1899	130557955,7028	2068,1625	11426,1960	0,846739	1
Yün Halı	2919306106,1286	1943374483,8436	54030,3064	44083,7213	0,44931	4



Şekil A.1 : Malzeme karşılaştırma tabloları: Topsis yönteminin adımları (üstte), Malzemelerin karşılaştırılması (altta) (Alptekin, 2014).

EK A2: Anderson yaklaşımı

Internal paint finishes													
Element	Summary Rating	Climate Change	Fossil Fuel Depletion	Ozone Depletion	Human Toxicity to Air and Water	Waste Disposal	Water Extraction	Acid Deposition	Ecotoxicity	Eutrophication	Summer Smog	Minerals Extraction	Cost £/m ²
Gloss solvent-borne paint alkyl resin, isoparaffinic	B	B	B		B	B	B		C	B	B		5
Gloss solvent-borne paint alkyl resin, white spirit <1%	B	B	B		B	B	B		C	B	B		5
Gloss water-borne paint styrene-acrylic resin	A	A	A		A	A	A		A	A	A		5
High solid paint, high solid resin, white spirit <1%	A	A	A		A	A	A		A	A	A		5
Matt linseed oil emulsion	A	A	A		A	A	A		A	A	C		5
Matt solvent-borne paint, limed oil, isoparaffinic	C	C	C		C	C	C		A	C	C		5
Matt solvent-borne paint polyurethane resin, isoparaffinic	C	C	C		A	A	C		B	C	A		5
Matt water-borne paint microvoid resin	A	A	A		A	A	B		A	A	A		5
Matt water-borne paint, styrene-acrylic resin	A	A	A		A	A	B		B	A	A		5
Semi-gloss solvent-borne paint, alkyl resin, white spirit <5%	B	B	B		A	A	B		B	B	A		5



Şekil A.2 : Malzeme karşılaştırma tabloları: İç mekan boya çevresel etki değerlendirme tablosu (üstte), malzemelerin karşılaştırılması (altta) (Anderson ve diğ., 2009).

EK A3: Anink yaklaşımı

Floor coverings	preference 1	preference 2	preference 3	not recommended
	linoleum	ceramic tiles		vinyl
<i>environmental preference</i>	Linoleum is preferable to tiles as a floor covering in rooms. Linoleum consists of renewable raw materials, such as cork, linseed oil and jute, and its degradability is good, depending on the finish. Ceramic tiles are made of the less renewable material clay, with additives for, among other purposes, colour and hardness. They have a much greater energy content because of the firing process, and offer the advantage of being harder and therefore less vulnerable to damage.			
<i>not recommended</i>	The use of vinyl containing PVC is not recommended.			
<i>basic selection</i>	Ceramic tiles are included in the basic selection because linoleum is, in certain situations, insufficiently durable.			
<i>comments</i>	An advantage of floor coverings compared with a hard floor of wood or stone-like material is the sound insulation it offers. This reduces noise pollution to neighbouring houses or dwellings located below. Linoleum is more expensive than vinyl, but it lasts longer.			

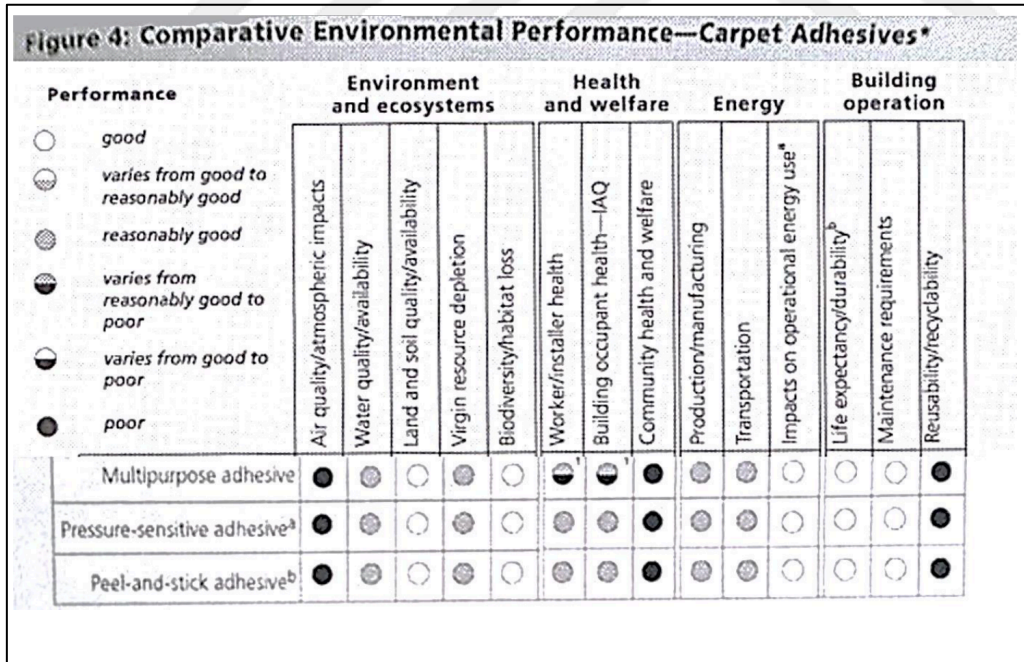
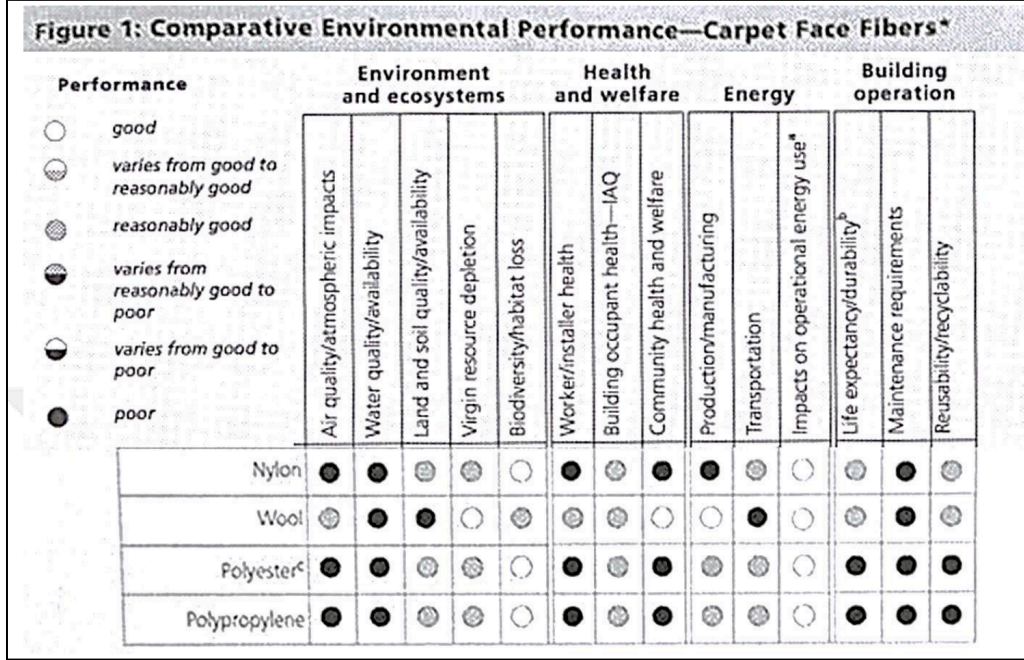
Şekil A.3 : Döşeme bitirme malzemeleri çevresel etki değerlendirme tablosu (Anink ve diğ., 1996).

EK A4: Bayraktar modeli

Kullanım/Bakım Süreci Envanter Listesi		
KULLANIM SÜRECİ		
Malzemenin ortalama hizmet ömrü		
Malzemenin binanın enerji tüketimine etkisi	Artırıyor	☐
	Azaltıyor	☐
	Etkilemiyor	☒
Malzemenin iç hava kalitesine etkisi	Artırıyor	☐
	Azaltıyor	☒
	Etkilemiyor	☐
Çıktılar		
Tür	Miktar	Birim
Atık		
UOB	Bilgi yok	
BAKIM SÜRECİ		
Malzemenin bakım sıklığı	-	
Malzeme bakım türü	-	
Girdiler		
Tür	Miktar	Birim
-		
Çıktılar		
Tür	Miktar	Birim
-		

Şekil A.4 : Kullanım süreci envanter bilgi föyü (Bayraktar, 2010).

EK A5: Demkin yaklaşımı



Şekil A.5 : Malzeme karşılaştırma tabloları: Halı lifleri değerlendirme tablosu (üstte), halı yapıştırıcıları değerlendirme tablosu (üstte) (Demkin, 1996).

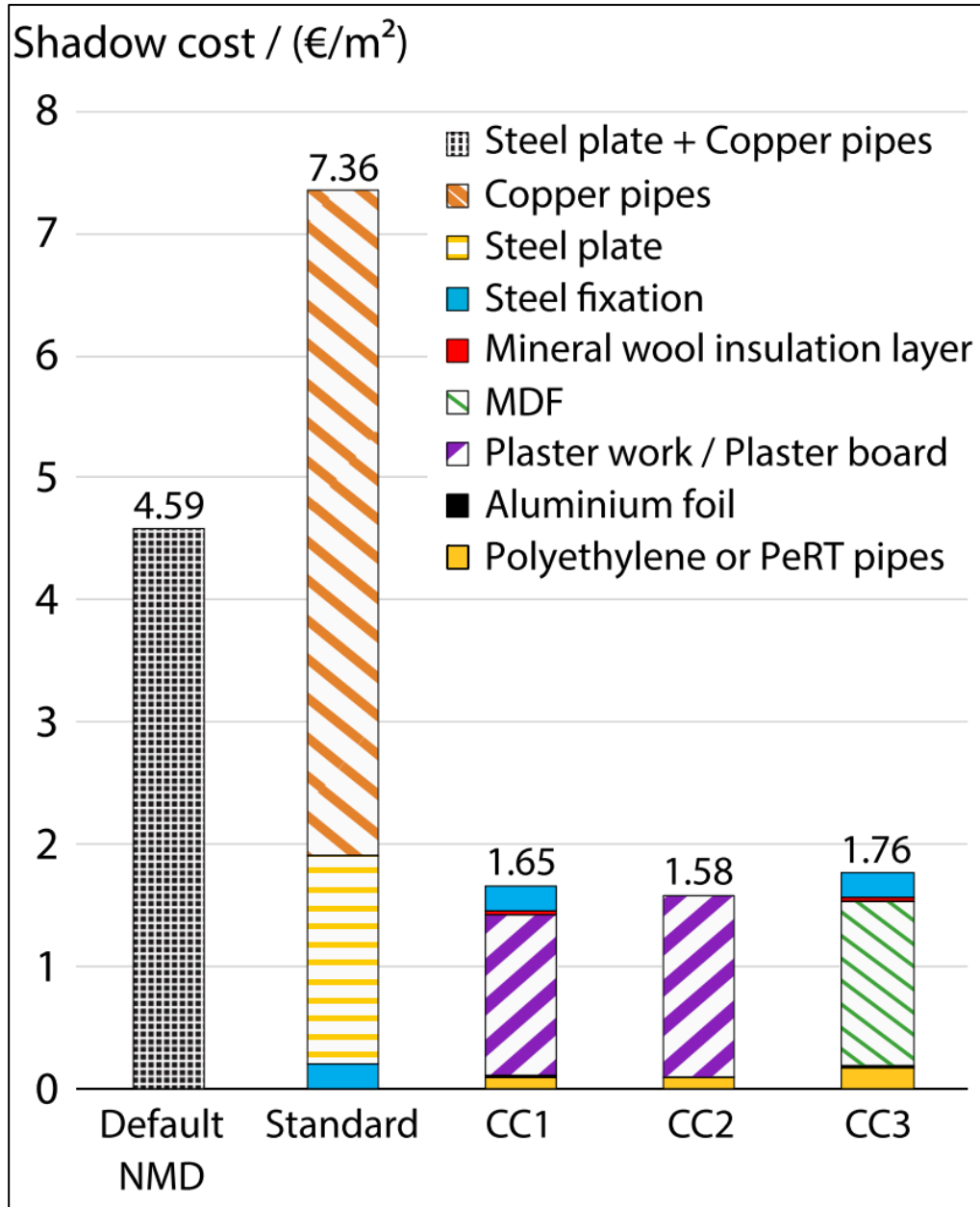
EK A6: Gültekin modeli

	DEĞER ÖLÇÜTÜ 1 (dö ₁)				DEĞER ÖLÇÜTÜ 2 (dö ₂)				DEĞER ÖLÇÜTÜ 3 (dö ₃)				DEĞER ÖLÇÜTÜ 4 (dö ₄)			
	Geçici olarak saptanan değerler				Geçici olarak saptanan en büyük değer				Geçici olarak saptanan en büyük değer				Geçici olarak saptanan en büyük değer			
En ağırlıklı değerin toplam değere göre karşılaştırılması	s ₁ = 0,40	s ₂ = 0,10	s ₃ = 0,50	s ₄ = 0,20	s ₁ = 0,20	s ₂ = 0,10	s ₃ = 0,40	s ₄ = 0,30	s ₁ = 0,50	s ₂ = 0,10	s ₃ = 0,60	s ₄ = 0,20	s ₁ = 0,20	s ₂ = 0,10	s ₃ = 0,40	s ₄ = 0,30
	s ₅ = 0,60	s ₆ = 0,30	s ₇ = 0,80	s ₈ = 0,70	s ₅ = 0,60	s ₆ = 0,30	s ₇ = 0,80	s ₈ = 0,70	s ₅ = 0,70	s ₆ = 0,30	s ₇ = 0,80	s ₈ = 0,70	s ₅ = 0,60	s ₆ = 0,30	s ₇ = 0,80	s ₈ = 0,70
	s ₉ = 1,00 (geçici olarak saptanan en büyük değer)	s ₁₀ = 0,90	s ₁₁ = 0,90	s ₁₂ = 0,90	s ₉ = 1,00 (geçici olarak saptanan en büyük değer)	s ₁₀ = 0,90	s ₁₁ = 0,90	s ₁₂ = 0,90	s ₉ = 1,00 (geçici olarak saptanan en büyük değer)	s ₁₀ = 0,90	s ₁₁ = 0,90	s ₁₂ = 0,90	s ₉ = 1,00 (geçici olarak saptanan en büyük değer)	s ₁₀ = 0,90	s ₁₁ = 0,90	s ₁₂ = 0,90
	s ₁₃ = 0,90	s ₁₄ = 0,90	s ₁₅ = 0,90	s ₁₆ = 0,90	s ₁₃ = 0,90	s ₁₄ = 0,90	s ₁₅ = 0,90	s ₁₆ = 0,90	s ₁₃ = 0,90	s ₁₄ = 0,90	s ₁₅ = 0,90	s ₁₆ = 0,90	s ₁₃ = 0,90	s ₁₄ = 0,90	s ₁₅ = 0,90	s ₁₆ = 0,90
	s ₁₇ = 0,90	s ₁₈ = 0,90	s ₁₉ = 0,90	s ₂₀ = 0,90	s ₁₇ = 0,90	s ₁₈ = 0,90	s ₁₉ = 0,90	s ₂₀ = 0,90	s ₁₇ = 0,90	s ₁₈ = 0,90	s ₁₉ = 0,90	s ₂₀ = 0,90	s ₁₇ = 0,90	s ₁₈ = 0,90	s ₁₉ = 0,90	s ₂₀ = 0,90
	s ₂₁ = 0,90	s ₂₂ = 0,90	s ₂₃ = 0,90	s ₂₄ = 0,90	s ₂₁ = 0,90	s ₂₂ = 0,90	s ₂₃ = 0,90	s ₂₄ = 0,90	s ₂₁ = 0,90	s ₂₂ = 0,90	s ₂₃ = 0,90	s ₂₄ = 0,90	s ₂₁ = 0,90	s ₂₂ = 0,90	s ₂₃ = 0,90	s ₂₄ = 0,90
	s ₂₅ = 0,90	s ₂₆ = 0,90	s ₂₇ = 0,90	s ₂₈ = 0,90	s ₂₅ = 0,90	s ₂₆ = 0,90	s ₂₇ = 0,90	s ₂₈ = 0,90	s ₂₅ = 0,90	s ₂₆ = 0,90	s ₂₇ = 0,90	s ₂₈ = 0,90	s ₂₅ = 0,90	s ₂₆ = 0,90	s ₂₇ = 0,90	s ₂₈ = 0,90
	s ₂₉ = 0,90	s ₃₀ = 0,90	s ₃₁ = 0,90	s ₃₂ = 0,90	s ₂₉ = 0,90	s ₃₀ = 0,90	s ₃₁ = 0,90	s ₃₂ = 0,90	s ₂₉ = 0,90	s ₃₀ = 0,90	s ₃₁ = 0,90	s ₃₂ = 0,90	s ₂₉ = 0,90	s ₃₀ = 0,90	s ₃₁ = 0,90	s ₃₂ = 0,90
	s ₃₃ = 0,90	s ₃₄ = 0,90	s ₃₅ = 0,90	s ₃₆ = 0,90	s ₃₃ = 0,90	s ₃₄ = 0,90	s ₃₅ = 0,90	s ₃₆ = 0,90	s ₃₃ = 0,90	s ₃₄ = 0,90	s ₃₅ = 0,90	s ₃₆ = 0,90	s ₃₃ = 0,90	s ₃₄ = 0,90	s ₃₅ = 0,90	s ₃₆ = 0,90
	s ₃₇ = 0,90	s ₃₈ = 0,90	s ₃₉ = 0,90	s ₄₀ = 0,90	s ₃₇ = 0,90	s ₃₈ = 0,90	s ₃₉ = 0,90	s ₄₀ = 0,90	s ₃₇ = 0,90	s ₃₈ = 0,90	s ₃₉ = 0,90	s ₄₀ = 0,90	s ₃₇ = 0,90	s ₃₈ = 0,90	s ₃₉ = 0,90	s ₄₀ = 0,90
	s ₄₁ = 0,90	s ₄₂ = 0,90	s ₄₃ = 0,90	s ₄₄ = 0,90	s ₄₁ = 0,90	s ₄₂ = 0,90	s ₄₃ = 0,90	s ₄₄ = 0,90	s ₄₁ = 0,90	s ₄₂ = 0,90	s ₄₃ = 0,90	s ₄₄ = 0,90	s ₄₁ = 0,90	s ₄₂ = 0,90	s ₄₃ = 0,90	s ₄₄ = 0,90
Yeni düzenlemeye göre elde edilen değerler	s ₁ = 0,40 / 9,50 = 0,04	s ₂ = 0,10 / 9,50 = 0,01	s ₃ = 0,50 / 9,50 = 0,05	s ₄ = 0,20 / 9,50 = 0,02	s ₁ = 0,20 / 9,50 = 0,02	s ₂ = 0,10 / 9,50 = 0,01	s ₃ = 0,40 / 9,50 = 0,04	s ₄ = 0,30 / 9,50 = 0,03	s ₁ = 0,50 / 9,50 = 0,05	s ₂ = 0,10 / 9,50 = 0,01	s ₃ = 0,60 / 9,50 = 0,06	s ₄ = 0,20 / 9,50 = 0,02	s ₁ = 0,20 / 9,50 = 0,02	s ₂ = 0,10 / 9,50 = 0,01	s ₃ = 0,40 / 9,50 = 0,04	s ₄ = 0,30 / 9,50 = 0,03
	s ₅ = 0,60 / 9,50 = 0,06	s ₆ = 0,30 / 9,50 = 0,03	s ₇ = 0,80 / 9,50 = 0,08	s ₈ = 0,70 / 9,50 = 0,07	s ₅ = 0,60 / 9,50 = 0,06	s ₆ = 0,30 / 9,50 = 0,03	s ₇ = 0,80 / 9,50 = 0,08	s ₈ = 0,70 / 9,50 = 0,07	s ₅ = 0,70 / 9,50 = 0,07	s ₆ = 0,30 / 9,50 = 0,03	s ₇ = 0,80 / 9,50 = 0,08	s ₈ = 0,70 / 9,50 = 0,07	s ₅ = 0,60 / 9,50 = 0,06	s ₆ = 0,30 / 9,50 = 0,03	s ₇ = 0,80 / 9,50 = 0,08	s ₈ = 0,70 / 9,50 = 0,07
	s ₉ = 1,00 / 9,50 = 0,11	s ₁₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₉ = 1,00 / 9,50 = 0,11	s ₁₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₉ = 1,00 / 9,50 = 0,11	s ₁₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₉ = 1,00 / 9,50 = 0,11	s ₁₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09
	s ₁₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09
	s ₁₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₁₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09
	s ₂₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09
	s ₂₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09
	s ₂₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₂₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09
	s ₃₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₅ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₆ = 0,90 / 9,50 = 0,09
	s ₃₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₇ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₈ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₃₉ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₀ = 0,90 / 9,50 = 0,09
	s ₄₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₁ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₂ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₃ = 0,90 / 9,50 = 0,09	s ₄₄ = 0,90 / 9,50 = 0,09

			KULLANIM EVRESİ (c ₄)									
			BAKIM YÖNTEMİ						ONARIM YÖNTEMİ			
			Kuru bezle		Islak bezle		Deterjanlı bezle		Mevcut duvar kağıdını sökerek yeni duvar kağıdı uygulanması		Mevcut duvar kağıdını sökmeden üzerine yeni duvar kağıdı uygulanması	
			Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek	Sık	Seyrek
			s ₁	s ₂	s ₃	s ₄	s ₅	s ₆	s ₇	s ₈	s ₉	s ₁₀
DUVAR KAĞITLARININ BAKIM-ONARIMININ SEBEP OLDUĞU ÇEVRESEL ETKİLER - Ç ₄ (b ₄)	1. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntemi ve aralıklarına göre salınan arseniğin sebep olduğu insan zehirlenmesi	dö ₁	0,04	0,01	0,05	0,02	0,06	0,03	0,08	0,07	0,53	0,09
	1. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntemi ve aralıklarına göre salınan baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi	dö ₂	0,02	0,01	0,04	0,03	0,06	0,05	0,08	0,07	0,53	0,09
	2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntemi ve aralıklarına göre salınan arseniğin sebep olduğu insan zehirlenmesi	dö ₃	0,05	0,01	0,06	0,02	0,07	0,03	0,08	0,04	0,53	0,09
	2. tip duvar kağıtlarının bakım-onarım yöntemi ve aralıklarına göre salınan baryumun sebep olduğu insan zehirlenmesi	dö ₄	0,02	0,01	0,04	0,03	0,06	0,05	0,08	0,07	0,53	0,09
	TOPLAM		0,13	0,04	0,19	0,10	0,25	0,16	0,32	0,25	2,12	0,36
SIRALAMA			3	1	5	2	6	4	8	7	10	9

Şekil A.6 : Malzeme karşılaştırma tabloları: Duvar kağıtlarının ağırlıklandırılması (üstte), duvar kağıtları kullanım evresi çevresel etki değerlendirme tablosu (altta) (Gültekin & Çelebi, 2016).

EK A7: Hollanda modeli



Şekil A.7 : Farklı malzemelerin gölge maliyet grafiği üzerinden değerlendirilmesi (de Klijn-Chevalerias & Javed, 2017).

EK A8: Paulsen modeli

Result		
Service life	year	20
Floor area	m ²	1000
Frequently maintenance	times at week	3
Periodical maintenance	times at year	0,5
Laundry machine	(yes=1, no=0)	0
Scrubber-drier machine	(yes=1, no=0)	1
Polishing machine	(yes=1, no=0)	1
Water temp. Wet-mopping	Degree °C	25
Water temp. scrubber-drier	Degree °C	20

Frequent maintenance	times at week		3
Scrubber-drier machine	Scrubber-drier		
	Allrent	(yes=1, no=0)	0
	Wax	(yes=1, no=0)	1
	Oil system	(yes=1, no=0)	0
Recyclable mops	Moister mopping		
	Allrent	(yes=1, no=0)	0
	Wax	(yes=1, no=0)	0
	No cleaning agent	(yes=1, no=0)	0
	Dry-mopping		
	Oil system	(yes=1, no=0)	0
	No cleaning agents	(yes=1, no=0)	0
	Wet-mopping		
	Allrent	(yes=1, no=0)	0
	Wax	(yes=1, no=0)	0
	No cleaning agent	(yes=1, no=0)	0
Disposable mops	Dry-mopping		
	No cleaning agent	(yes=1, no=0)	0
	Oil system	(yes=1, no=0)	0

Periodical maintenance	Times at year		0,5
PVC	Untreated	(yes=1, no=0)	0
PVC	Polish	(yes=1, no=0)	0
	Wax	(yes=1, no=0)	0
Linoleum	Polish	(yes=1, no=0)	0
	Wax	(yes=1, no=0)	1

Şekil A.8 : Linolyum ve PVC'nin kullanım süreci çevresel etkilerinin hesaplanması (Paulsen, 2001).

EK A9: Taygun modeli

YD SÜRECİ	YD SÜRECİNDE OLUŞAN ÇEVREYİ ETKİLEYEBİLECEK ÇIKTILAR	ÇIKTININ MİKTARI	ÇIKTININ SINIR DEĞERİ	DEĞERLENDİRME SONUCU		
				Kabul Edilebilir Değer $a \leq b$ ●	Kabul Edilemez Değer $a > b$ ●	Bilinmeyen Değer a ya da b bilinmiyor ○
HAMMADDE EDİNİMİ	Dioksin	a	b			
	Karbonmonoksit	a	b			
	Sülfür dioksit	a	b			
	Nitrojen oksitler	a	b			
	Hidrokarbonlar	a	b			
ÜRETİM	GERECİN ÜRETİMİ	Dioksin	a	b		
		Etilendiklorür	a	b		
		Vinilklorür	a	b		
		Vinilklorür monomeri	a	b		
		Organik Klorinler	a	b		
		Klor	a	b		
		Civa	a	b		
	ÜRÜNÜN ÜRETİMİ	Organik Klorinler	a	b		
		Dioksin	a	b		
		Kurşun	a	b		
		Kurşun kromat	a	b		
		Kadmiyum	a	b		
		Dietilhekzil ftaleti	a	b		
		Benzen	a	b		
		Antimon bileşikler	a	b		
		Karbontetraklorür	a	b		
		1,2-Diklorethan	a	b		
		Metil akrilat	a	b		
		Methanol	a	b		
		Ftalik anhidrid	a	b		
		Tetrahidrofuran	a	b		
		Kurşun III-sülfat	a	b		
		Hidroklorik asit	a	b		
		Karbon monoksit	a	b		

Şekil A.9 : YD süreçlerinde çevresel etkilerin değerlendirilmesi (Tuna Taygun, 2005).

EK A10: Urie-Dagg modeli

Life Cycle Stage	Environmental Criteria			Total
	Resource Consumption	Energy Use	Human Ecological Pollution	
Material Acquisition and Preparation	−1	0	−1	−2
Production and Distribution	0	1	−1	0
Construction	1	−1	1	0
Use and Maintenance	−1	1	0	0
Demolition and Disposal	0	0	1	1
Total	−1	0	0	−1

Life Cycle Stage	Environmental Criteria						Total
	Resource Consumption		Energy Use		Human Ecological Pollution		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	
Material Acquisition and Preparation	<i>x</i>	−1		0		−1	<i>x</i> = −2
	<i>y</i>		1		1	0	<i>y</i> = 2
Production and Distribution	<i>x</i>	0		1		−1	<i>x</i> = 0
	<i>y</i>		1		−1	−1	<i>y</i> = −1
Construction	<i>x</i>	1		−1		1	<i>x</i> = 0
	<i>y</i>		0		0	1	<i>y</i> = 1
Use and Maintenance	<i>x</i>	−1		1		0	<i>x</i> = 0
	<i>y</i>		1		1	1	<i>y</i> = 3
Demolition and Disposal	<i>x</i>	0		0		1	<i>x</i> = 1
	<i>y</i>		0		1	0	<i>y</i> = 1
Total	<i>x</i>	−1		0		0	<i>x</i> = −1
	<i>y</i>		3		2	1	<i>y</i> = 6

Şekil A.10 : Malzemelerin çevresel etkilerinin kıyaslanması (Urie & Dagg, 2004).

EK A11: Wooley yaklaşımı

£	Production								Use				
	Unit Price Multiplier	Energy Use	Resource Depletion (bio)	Resource Depletion (non-bio)	Global Warming	Ozone Depletion	Toxics	Acid Rain	Other	Durability/Maintenance	Recycling/Reuse/Disposal	Health	Other
Carpet Fibre/Pile													
Wool	1.6	•					•			•			
Nylon	0.6	●		●	●	•	●	●		•	●	•	•
Polyester	-	●		●	•		•	•		•	●		•
Polypropylene	-	●		●	•		•	•		•	●		•
Acrylic	0.8	●		●	•		•	•		•	●	•	•
Carpet Backing/Underlay													
Hessian	-	•											
Felt (Recycled)	-	•											
Polyethylene	-	●		●	•		•	•			•		•
Polyurethane	-	●		●	•		●			•	•	●	•
Polyurethane Foam	-	●		•	●	●	●	•		●	●	●	•
Latex	-	•		•			•			•	•	•	•
Latex Foam	-	•		•	●	●	•			•	•	•	•
Smooth Floorcoverings													
PVC/Vinyl	0.4	●		●	•		●	•			●	●	• Greenpeace Campaign
Linoleum	0.4	•		•									
Cork	1	•	•				•			•			
Wood/Parquet	1-24	•	•									•	
Stone	8.1	•		•								•	
Latex Tile & Sheet	-	•		•			•			•	•	•	•
Butadiene/Styrene Tile	1	●		●	•		●	•		•	●	•	•

Şekil A.11 : Döşeme kaplama malzemelerinin çevresel etkilerinin karşılaştırılması (Woolley ve diğ., 2005; Woolley & Kimmins, 2005).

EK A12: Wu-Zhang-Chen modeli

Notes: Potential coefficient $c = (\alpha \cdot \rho) / \sum(\alpha \cdot \rho)$; weighting factor $w = \sum(c \cdot q)$; sources: a- [52] and [50].

ΛOC (μg/g)	140	0.2	0.18	3.00
ΛOC (μg/g)	405	0.9	0.21	5.11
CO (μg/g)	1311	0.03	0.00	1.30
CO (μg/g)	5533	0.03	0.19	10.00
	α ($\times 10_6$ kg) Emission volume	ρ (kged: C_2H_4 /kg) Photocatalytic Potential	c coefficient Potential	q (λg/g/kged: C_2H_4) Tax rate

Data of photocatalytic pollutants and the calculation of the weighting factor for photocatalytic agent

Environmental profiles of steel (kg/t steel)

	Steel A	Steel B	Steel C	Steel D	Steel E
CO ₂	4339	3589	3551	3755	4524
SO ₂	56.6	46.6	46.1	48.7	58.6
NO _x	34.8	28.9	28.6	30.3	36.3
CO	202.8	160	158.4	167.4	200
CH ₄	225.4	187.3	185.3	196.3	233.4
COD	28.2	23.5	23.3	24.6	29.2
SS	876.2	727.9	721	762.2	907.6
Oil	1.43	1.22	1.12	1.22	3.33
Powders	150.1	124.6	123.4	130.5	156
Solid wastes	81158	67420	66784	70600	83957
Raw coal	3713.78	3076.64	3047.94	3220.14	3857.28
Petroleum	10.66	7.58	7.52	7.64	11.6
Natural gas	2.37	1.94	1.91	2.06	2.44
Iron	3318.66	2757.31	2730.53	2887.09	3432.99
Manganese	61.99	51.5	50.99	53.89	64.1
Limestone	327.6	273	268.8	285.6	340.2

Şekil A.12 : Fotokimyasal sis için çevresel etki hesaplama tablosu (üstte), çelik için çevresel etki değerlendirme tablosu (altta) (Wu ve diğ., 2005).

EK B: Yapı Malzemelerinin Çevresel Etkileri Doğrultusunda Seçimine Yönelik Oluşturulmuş Diğer Yaklaşım, Yöntem ve Modellerin Örnek Çevresel Etki Değerlendirme Görselleri

EK B1: Çağan-Özer modeli

TEST KRİTERLERİ		YAPI ÜRÜNÜ ÖZELLİKLERİ		C		YAPI ÜRÜNÜNÜN CİB - ER TEMEL ÖZELLİKLERİ	
YAPI ÜRÜNÜ TEST MODELİ KRİTERLERİ		YAPI ÜRÜNÜ TESTİ		ÜRÜN ÖZELLİK DEĞERLENDİRME		ÜRÜN ÖZELLİK DEĞERLENDİRME	
YASAL ZORUNLULUK KRİTERLERİ	B	ULUSLAR ARASI YASALAR	BM - çevre maddeleri Rio Deklarasyonu maddeleri Gündem 21 maddeleri Kyoto Sözleşmesi maddeleri Paris Zirvesi maddeleri Tek Avrupa Senedi maddeleri Maastricht Antlaşması maddeleri 6. Çevre Eylem Planı maddeleri	D	D	D	D
			Anayasa çevre maddeleri Çevre yasası maddeleri ÇED yasası maddeleri Malzeme Standartları Maden ve taş ocakları yasası Orman yasası Sahilleri koruma yasası Toprak koruma yasası Denizlerin korunması yasası				
ÇEVRE - EKOLOJİ KRİTERLERİ	A	A	hammadde kaynakları işletmenin fizibilitesi ulusal gereksinim miktarı üretiminde enerji etkinliği yaşam döngüsünde enerji etkinliği ekolojik dengeyi bozan ekolojik dengeyi bozmayan üretim şekli (doğa dostu yöntemler) hammadde ocaklarının rehabilite edilebilirliği üretim maliyeti taşıma maliyeti depolama (maliyet ve çevreye etkisi) geri dönüşümü tekrar kullanılabilirlik yenilenebilir kaynak yerel malzeme gelecekteki malzeme hammadde edinimi sürecinde atık oluşumu (zararlı/sız, dönüşümlü/süz) üretim sürecinde atık oluşumu (zararlı/sız, dönüşümlü/süz) yapıya uygulama sürecinde atık oluşumu (zararlı/sız, dönüşümlü/süz) kullanım sürecinde atık oluşumu (zararlı/sız, dönüşümlü/süz) geri dönüşüm sürecinde atık oluşumu (zararlı/sız, dönüşümlü/süz) yok edileme sürecinde atık oluşumu (zararlı/sız, dönüşümlü/süz) yapı biyolojisine uygunluğu				

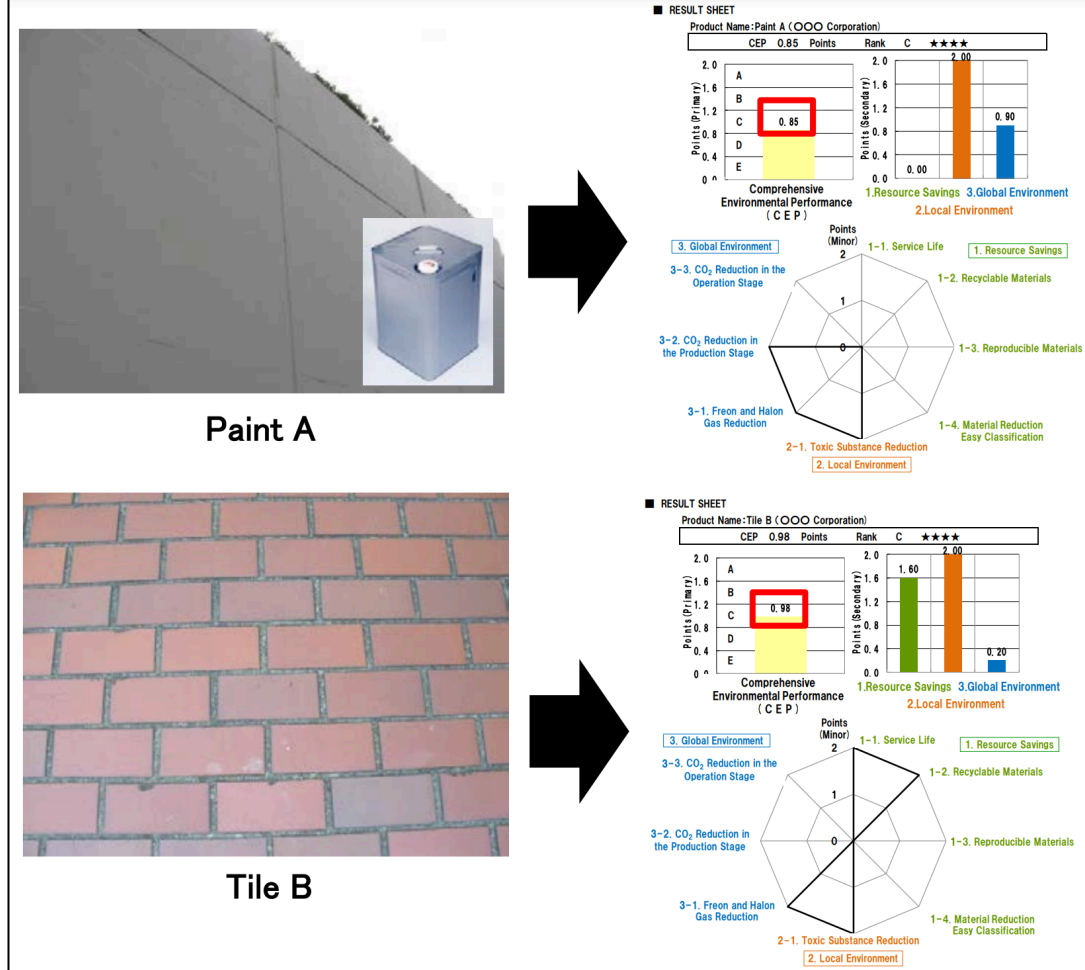
Şekil B.1: Yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için mevcut verilerin girilmesi gereken A-B-C matrisi (Çağan & Özer, 2014).

EK B2: Esin modeli

Environmental impact analysis of the building materials production process																		
Criteria		Materials														Eco application success (point)	Eco application success (%)	Evaluation
		Marble	Cement 1	Cement 2	Gas concrete	Glass 1	Class 2	Iron 1	Iron 2	Aluminium	Fibreboard	Plywood	PVC	Paint	Water proofing			
Resource efficiency	Renewable resource	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	1	0	9	16	Bad
	Reserve of depletable resource	3	3	3	2	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	29	69	Good
	Recyclable content	0	1	0	0	2	2	4	4	4	3	0	1	0	0	21	38	Average
	Amount of local raw material	4	4	4	4	4	4	2	4	4	3	1	1	2	3	44	79	Very good
	Packaging properties	2	3	3	1	2	2	4	4	1	3	3	1	—	2	31	60	Good
	Total	9	11	10	7	11	11	13	14	11	14	9	4	4	6	134	51	Good
Energy efficiency	Amount of energy usage	4	2	2	4	1	3	2	3	1	1	1	1	2	4	31	55	Good
	Type of energy used	1	1	1	4	3	1	4	2	1	1	1	2	2	2	26	46	Average
	Type of renewable energy	3	0	1	0	1	3	1	2	3	4	4	3	2	1	28	50	Good
	Rate of local energy	1	1	0	0	1	4	1	1	4	3	1	2	3	1	23	41	Average
	Amount of energy used for transportation	2	4	4	1	3	3	3	4	4	3	2	1	1	2	37	66	Good
	Total	11	8	8	9	9	14	11	12	13	12	9	9	10	10	145	52	Good
Water efficiency	Amount of water used	2	3	3	3	2	3	1	3	—	3	3	2	1	3	32	82	Very good
	Rain water usage	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	6	43	Average
	Closed-circuit water system	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	8	57	Good
	Water distillation system	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	11	79	Very good
	Re-usage of water	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	8	57	Good
	Total	6	5	6	6	4	6	4	5	4	3	4	4	5	3	65	68	Good
Wastes	Solid waste disposal	1	4	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	—	—	34	71	Good
	Emission disposal	4	1	3	1	1	4	1	3	4	3	2	1	1	1	30	54	Good
	Total	5	5	7	4	4	6	4	6	6	6	5	4	1	1	64	62	Good
Effect on human healthy	Harmful substance usage	3	3	3	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	26	62	Average
	Noise	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	33	79	Very good
	Total	5	5	5	4	5	4	4	5	3	3	4	4	4	4	59	70	Good
	Standards	0	2	3	3	3	3	3	1	1	1	2	3	3	3	31	55	Good
	Total environmental impact (point)	36	36	38	33	36	44	39	43	38	39	33	28	27	27			
	Total environmental impact (%)	56	56	59	52	56	69	61	67	62	61	52	44	48	45			
	Evaluation	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Average	Average	Average			

Şekil B.2: Yapı malzemelerinin üretim süreci çevresel etkilerinin karşılaştırılması (Esin, 2007).

EK B3: Koyanagi-Takahashi-Tomita-Nagao modeli



Şekil B.3: Boya ve seramik karonun karşılaştırılması (Koyanagi ve diğ., 2010).

EK C: Gereksinimlere Dayalı Seçim Yöntemleri

EK C1: Arioğlu Yöntemi

ÖZELLİKLER	ÖLÇÜTLER		SEÇENEKLER											
			Simge No	Önem (q)	S ₁		S ₂		S ₃		S ₄			
					Varar	Ağırlık	Varar	Ağırlık	Varar	Ağırlık	Varar	Ağırlık		
Isı Tutuculuk	Zorunlu	1	q _{k1}	Y ₁₁	G ₁₁	Y ₂₁	G ₂₁	Y ₃₁	G ₃₁	Y ₄₁	G ₄₁			
Ses geçirimsizlik		2	q _{k2}	Y ₁₂	G ₁₂	Y ₂₂	G ₂₂	Y ₃₂	G ₃₂	Y ₄₂	G ₄₂			
Yangın dayanımı		3	q _{k3}	Y ₁₃	G ₁₃	Y ₂₃	G ₂₃	Y ₃₃	G ₃₃	Y ₄₃	G ₄₃			
Deprem Dayanımı		4	q _{k4}	Y ₁₄	G ₁₄	Y ₂₄	G ₂₄	Y ₃₄	G ₃₄	Y ₄₄	G ₄₄			
-----	Koruyucu	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----			
İnsan gücü genel														
Araç-Gereç														
Üretim hızı														
Servis ömrü	İsteğe bağlı													

Doku-renk														
Diğer ürünlere uyum														
Yapım-İklım ilişkisi	K U L L A N I M D E Ğ E R İ													
Deney birimi		n	q _{kn}	Y _{1n}	G _{1n}	Y _{2n}	G _{2n}	Y _{3n}	G _{3n}	Y _{4n}	G _{4n}			
-----			$\sum_{i=1}^n q_{ki}=100$	$G_{1K} = \sum_{i=1}^n G_{1i}$	G_{1i}	$G_{2K} = \sum_{i=1}^n G_{2i}$	G_{2i}	$G_{3K} = \sum_{i=1}^n G_{3i}$	G_{3i}	$G_{4K} = \sum_{i=1}^n G_{4i}$	G_{4i}			
Yapım maliyeti		Y (TL/m ²)	q _y = 70	M _{1y}	G _{1y}	M _{2y}	G _{2y}	M _{3y}	G _{3y}	M _{4y}	G _{4y}			
Onarım maliyeti		o (TL/m ²)	q _o = 30	M _{1o}	G _{1o}	M _{2o}	G _{2o}	M _{3o}	G _{3o}	M _{4o}	G _{4o}			
D E Ğ İ Ş İ M D E Ğ E R İ			$q_d = q_y + q_o$ = 100	$G_{1D} = G_{1y} + G_{1o}$		$G_{2D} = G_{2y} + G_{2o}$		$G_{3D} = G_{3y} + G_{3o}$		$G_{4D} = G_{4y} + G_{4o}$				

Şekil C.1: Değerlendirme özeti örneği (Arioğlu, 1993).

EK C2: Balanlı Yöntemi

DEĞER ÖLÇÜTLERİ	ÖLÇÜT ÖNEM AĞIRLIĞI A	SEÇENEKLER									
		S1		S2		S3		S4		S5	
		Yarar Değeri Yd	Ağırlık G	Yarar Değeri Yd	Ağırlık G	Yarar Değeri Yd	Ağırlık G	Yarar Değeri Yd	Ağırlık G	Yarar Değeri Yd	Ağırlık G
1	A ₁	Yd ₁₁	G ₁₁	Yd ₂₁	G ₂₁	Yd ₃₁	G ₃₁	Yd ₄₁	G ₄₁	Yd ₅₁	G ₅₁
2	A ₂	Yd ₁₂	G ₁₂	Yd ₂₂	G ₂₂	Yd ₃₂	G ₃₂	Yd ₄₂	G ₄₂	Yd ₅₂	G ₅₂
3	A ₃	Yd ₁₃	G ₁₃	Yd ₂₃	G ₂₃	Yd ₃₃	G ₃₃	Yd ₄₃	G ₄₃	Yd ₅₃	G ₅₃
4	A ₄	Yd ₁₄	G ₁₄	Yd ₂₄	G ₂₄	Yd ₃₄	G ₃₄	Yd ₄₄	G ₄₄	Yd ₅₄	G ₅₄
.....											
.....											
.....											
n	A _n	Yd _{1n}	G _{1n}	Yd _{2n}	G _{2n}	Yd _{3n}	G _{3n}	Yd _{4n}	G _{4n}	Yd _{5n}	G _{5n}
KULLANIM DEĞERİ	100		G _{1k}		G _{2k}		G _{3k}		G _{4k}		G _{5k}
YAPIM MALİYETİ	$A_y = \% 70 \text{ TL/m}^2$	M _{1y}	G _{1y}	M _{2y}	G _{2y}	M _{3y}	G _{3y}	M _{4y}	G _{4y}	M _{5y}	G _{5y}
BAKIM - ONARIM MALİYETİ	$A_o = \% 30 \text{ TL/m}^2$	M _{1o}	G _{1o}	M _{2o}	G _{2o}	M _{3o}	G _{3o}	M _{4o}	G _{4o}	M _{5o}	G _{5o}
DEĞİŞİM DEĞERİ	% 100		G _{1D}		G _{2D}		G _{3D}		G _{4D}		G _{5D}

Şekil C.2: Seçeneklerin değerlendirilmesi (Balanlı, 1997).

EK C3: Black-Christensen Yöntemi

	FONKSİYON	ETKİ	ÖZELLİK	CIB ^(a)
1	Fiziksel ayırıcı olmalı.	Statik ve dinamik kuvvet	Kuvvetli ve sert olmalı	4.01
2	Akustik izolasyon	Sese maruz kalacak	Ses izolantı olmalı	4.09
3	Termik izolasyon	Sıcak veya soğuk gelebilir	Termik izolan olmalı	4.07
4	Görsel izolan olmalı	Işık	Görsel ayrıcalık	4.08
5	Güvenilir olmalı	Bölünmemek	Stabilite	4.01
6	Yanıcı olmamalı	Yangın	Yangına dayanıklı	4.02
7	Ayrışmaya dayanıklılık	Kimyasal, fiz. biy. ayrışma	Eskimeye dayanıklılık	4.14
8	Higrotermik denge olmalı.	Nem ve sıcaklık	Higrotermik stabilite	4.04
9	Sabit ısıda olmalı	Isı dalgası	Isıya dayanıklılık	4.07
10	Basınç dayanımı olmalı	Statik kuvvet yoğunluğu	İç kuvvetlere dayanım	4.01
11	Darbe dayanımı olmalı	Dinamik kuvvet	Dış kuvvetlere dayanım	4.01
12	Güneş dayanımı olmalı	Donatım etkisi	Donatım eleman geçebilmeli	4.01
13	Geçiş yeri sağlayabilmeli	Dinamik kuvvetler	Geçiş imkanı (kapı)	-
14	Fazla ısınmamalı	Isı dalgası	Isı depolayıcılık	4.07
15	Güzel görünümlü olmalı	-	Dış görünüm	4.14
16	Sesi absorbe etmeli	Ses emme	Sesi yok etme	4.09
17	Detaylandırma kolaylığı	-	Birlikte inşa edebilme	-
18	Detay işlenebilmeli	Taşıma, depolama, montaj	Taşıma-montaj edebilme	-

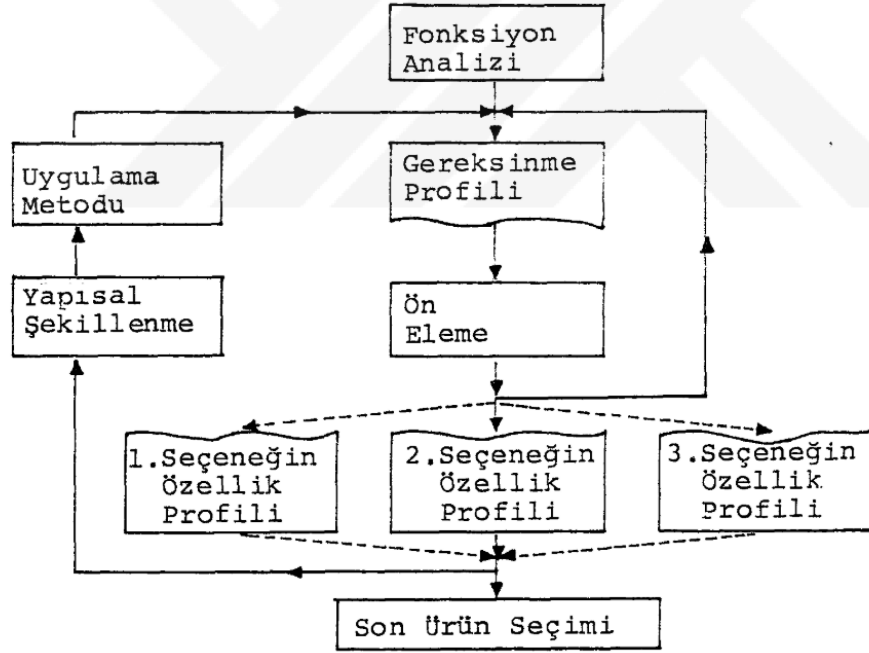
Şekil C.3: Taşıyıcı olmayan bir iç duvarın performans analizi (Arioğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi).

Ek C4- Fischmeister-Larson Yöntemi

GEREKSİNME TANIMI	ÖZELLİK TANIMI	
MEKANİK ORTAM Şeklini korumak Yük taşıyıcı Gerilme Gerilme yoğunluğu Kesme dayanımı Darbe dayanımı Aşınma dayanımı Ağırlık dağıtıcı Enerji toplayıcı Plastik Elastik Kinetik Isı	Sertlik, aşınma direnci, yoğunluk Isıl genleşme katsayısı Elastisite-ve kayma modülü: E_p , G_p Emniyet gerilmesi, σ_{se} Akma dayanımı $\sigma_{(T.F)}^0$ Kırılma dayanımı, çekme dayanımı Yüzey bozulma dayanımı Yorulma dayanımı, yorulma hassasiyeti, paslanma- dan doğan kayıp, ısı değişimine dayanıklılık (termik güç - termo şok) Kırılma riski $G_s(\xi, T)$ $G_F(T)$ Darbeye dayanıklılık, dış yüzey dayanımı Çatlak dayanımı (kırılma tokluğu) $K_{IC}(T)$ Sürtünme gücü, sertlik, lokal yenileme özellikleri, yenileme bağlantıları Sertlik, emniyet gerilmesi: E-Modül Kırılma sınırı veya esnekliği, darbeye dayanıklılık Sehim miktarı, $G_s^2 E$ (yaylanma çalışması) Sürtünme katsayısı, ısı değişimine dayanım Isı kapasitesi, ısı geçirme miktarı, ısı genleşme katsayısı, ısı direnci	Aşağıdaki konulara göre özelliklerin varyasyonları o Kimyasal birleşim, mikroyapı, imalat grubu, ısı işlem, dış yüzey işleme, çalışma ısısı, rölatif çalışma durumu (tartım)
KİMYASAL ORTAM İŞİN ORTAMI ELEKTRİK-MANYETİK ORTAM BİYOLOJİK ORTAM	Paslanmaya karşı dayanım Eskimeye karşı dayanım, optik özellikler (emme, yansımaya, yayma) Elektrik direnci, manyetik geçirgenlik, doyum göstergesi, koersitiv güç Toksik ve oligodinamik özellikler, paslanmaya karşı dayanıklılık	
KALIP VE MALİYET (Şekil)	Döküme uygun olma: erime noktası, katılaşma süresi, akışkanlık, ısı kapasitesi, erime ısısı şekillendirme yetisi: deformasyon katılaşması anotropi faktörü, gerilme sınırı durumu Kırılma esnekliği: Erichsen'in beyanatı ve değişik teknoloji test değeri. Kesilebilirlik: teknolojik test değeri Şekil ilişkisi-yarımamul, hazır şekil (hurda kayıpları, yeniden ele alınma kapsamı) Yenileme maliyeti Kontrol maliyeti Yoğunluk ve kilo fiyatı Dolaylı malzeme maliyeti	

Şekil C.4: Gereksinme-özellik tanımlama tablosu (Arıoğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi).

EK C5-Hill Yöntemi



Şekil C.5: Plastik kökenli ürünler için seçim yöntemi (Arioğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi).

EK C6: Hillerborg Yöntemi

Seçenekler Özellikler	Önem ağırlı- lığı	Minimum gerek- sinme	PLASTİK		PARKE		HALI		SERAMİK	
			Kalite puanı	Ağırlık puanı	Kalite puanı	Ağırlık puanı	Kalite puanı	Ağırlık puanı	Kalite puanı	Ağırlık puanı
Temizlenebilme	0,15	3	4	0,6	4	0,6	②		5	
Leke dayanımı	0,15	3	4	0,6	3	0,45	①		5	
Aşınma dayanımı	0,10	1	3	0,3	4	0,4	4		5	
Darbe dayanımı	0,10	2	3	0,3	3	0,3	4		4	
Isı ve yumaşıklık	0,20	2	4	0,8	2	0,4	5		①	
Yürüme emniyeti	0,10	2	4	0,4	3	0,3	5		①	
Görünüm	0,20	1	2	0,4	4	0,8	4		3	
Kalite Değeri				3,4		3,25				
Yapım maliyeti (kr/m ²)	0,7		20	14	70	49	40	28	80	56
Bakım,onarım maliyeti (kr/m ²)	0,3		20	6	10	3	20	6	0	0
Toplam maliyet				20		53		34		56

② Minimum sınırlama değeri

Şekil C.6: Villa mutfağı için kaplama türü seçimi (Arnoğlu (1993)'te atıfta bulunulduğu gibi).

EK C7: Japon Yöntemi

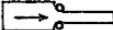
No.	Main Factors	[5] Functional Requirements for Buildings			
		0	1	2	3
50	External forces	Own weight	Movable load	Impulsive load	Vibration
51	Water	Water supply and storage	Discharges	Drainage	Splash
52	Heat	Solar heat	Heat loss	Change of room temperature	Heat of heating, cooking, etc.
53	Fire	Outdoor fire	Outdoor flying sparks	Indoor fire	Interior fire
54	Light and Electricity	Skylight	Infrared ray	Ultraviolet ray	Illuminating light and fluorescence
55	Sound, Air and Gas	Indispensable exterior sound	Dispensable exterior sound	Room noise	Voice
56	Flying, Splash and Sticking Matters	Dust	Sticking matter	Oils	Acids and Alkalis
57	Sense, Human, Animals and Plants	Form and Shape	Dimension	Colour	Touch
58	Operation of Construction Work	Processing	Jointing	Installation	Finishing
59	Economy	Main material cost	Subsidiary material cost	Labour cost	Construction cost

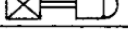
Şekil C.7: Fonksiyonel gereksinimler tablosu (Japon Araştırma Enstitüsü, 1968; Koyaz, 2016).

No.	4	5	6	7	8	9
50	Seismic force	Wind force	Water pressure	Local compressive load	Earth pressure	Wear
51	Outdoor moisture	Indoor moisture	Dew-condensation	Rain water	Underground water	Ocean water
52	Heat of friction	Heat of industrial production	Cyclic heating	Low temperature	Freezing and thawing	Frost and heaving
53	Fire spread	Smoke generation	Leak fire	Flash	Spontaneous combustion	Arson
54	Visual line	Electric supply	Stray current	Static electricity	Lighting	Radioactive rays (harmful)
55	Musical sound	Impact sound	Amount of ventilation	Air cleanliness	Indoor air current	Gas
56	Salts	Radioactive isotope	Smoke	CO, CO ₂ and other harmful gases	Filth	Flying matter
57	Human feeling against action	Odour	Human	Birds and Beasts	Vermin	Fungi and bacteria
58	Transportation and Conveyance	Module	Accuracy of dimension	Stability	Workability	Curing
59	Procurement	Terms of works	Maintenance, replacement, rearrangement and reconstruction	Life-time	Productivity	Ultimate cost

Şekil C.7 (devamı): Fonksiyonel gereksinimler tablosu (Japon Araştırma Enstitüsü, 1968; Koyaz, 2016).

EK C8: Petterson Yöntemi

		↑ Artırma	↓ Azaltma	~ Etkisi Yok					
İlk Tanıtının Yollayanın	Etkilenme Olasılıklarına ALUMİNYUM Dayanarak	Statik Dayanıklılık	Kabuk Dayanımı	Esneklik	Boyut Stabilitesi	Pas Dayanımı	Gerilme Korozyonu	Kesilebilirlik	Açıklama Sınırlamalar
X	Bileşimi Cu, Zn, Mg, vb.	↑↑↑	↑	↓		↑↓	↑↓	↑↑	9 mm levhalar olamaz
X	Bozulmama, temiz kalma		↑				↑		
X X	Unite büyüklüğü-çekme 	↑							
X	Soğuk işleme 	↑↑	↑	↓	↓		↓	↑	
X	Çekme gerilmesi 	~			↑↑	~	~	~	
X X	Isıl işlem-çözümlemesini sağlamak	-	-		↑↓				
	Isıl işlem-soğuk hava tekrar işlem	↑↑	↑	↓		↑		↑	
X	Isıl işlem - ısıtma	↑↑↑	↑	↓		(↓)		↑↑	
X X	Ani soğutma	↑	↑						
X	Boyutsal küçülme 	↑	↑	↑					Özel ürünler için geçerlidir
X	Şekil verme 		↑↑			↑			
X	Dış yüzeyi işlemek		↓			↑↑	↑	~	

		↑ Artırma	↓ Azaltma	~ Etkisi Yok					
İlk Tanıtının Yollayanın	Etkilenme Olasılıklarına ÇELİK Dayanarak	Statik Dayanıklılık	Kabuk Dayanımı	Esneklik	Aşınma Dayanımı	Kaynak Yapılabilirliği	Boyut Stabilitesi	Korozyon Dayanımı	Açıklama- Sınırlamalar
X	Bileşimi C	↑↑↑	↑↑	↑↓	↑↑	↓		~	Büyük değer
X	Bileşimi Cr-/Ni/Mo/ vb.	↑↑↑	↑↑	↑↓	↑↑	↑↓	↑↓	↑↑	
X	Temizlik-Sağlık 	↑	↑	-	-	↑	-	↑	
X	Unite büyüklüğü-küçülme 	↑↑	↑	↑	-	-	-	-	İnce boyutlara aittir
X	Soğuk işleme 	↑↑	↑	↓	↑	~	~	↑	
X	Boyutta küçülme 	↑↑	↑	↓	↑	~	~	~	Genelde soğuk işlemlerde yapılır
X	Dış yüzey düzgünlüğü 	~	↑↑	~	~	~	~	↑	
X	Esneklik 	↑↑	↑	↑	↑↑	↓		~	
X	Sertlik 	↑↑↑	↑↓	↓	↑↑	↑↓	↓	~	
X	Şekil verilebilme 	↑	↑↑	~	~	↑	~	↑	
X	Dış yüzeyi işleme	~	↓	~	↑	~	~	↑↑	

Şekil C.8: Değerlendirme tablosu (Arıoğlu (1993)'te atıfta bulunduğu gibi).

EK D: Tehlike Risk Değerlendirmesi Listelerinin Görselleri

EKD1: Kırmızı Liste (the Red List)

2024 RED LIST CHEMICAL CLASS CHANGES (SINCE APRIL 2023)			
CHEMICAL CLASS	RED LIST (RL)	PRIORITY LIST (PL)	WATCH LIST (WL)
Alkylphenols and related compounds	374 CASRNs added from PL	68 CASRNs added from WL. 24 CASRNs directly added. 1 CASRN corrected. 2 duplicate CASRNs removed	All CASRNs advanced to PL.
Antimicrobials (marketed with a health claim)	No changes.	No changes.	No changes.
Asbestos compounds	12 CASRNs added from PL.	All CASRNs advanced to RL.	No changes.
Bisphenol A (BPA) and structural analogues	25 CASRNs added from PL.	25 CASRNs advanced to RL. 1 CASRN directly added. 2 CASRNs corrected.	No changes.
California-banned solvents	No changes.	No changes.	No changes.
Chlorinated Polymers	111 CASRNs added from PL.	111 CASRNs advanced to RL. 2 duplicate CASRNs removed	12 duplicate CASRNs removed.
Chlorobenzenes	No changes.	1 CASRN directly added.	No changes.
Chlorofluorocarbons (CFCs) and hydrochlorofluorocarbons (HCFCs)	No changes.	2 CASRNs directly added.	No changes.
Formaldehyde (added)	1 CASRN removed.	399 CASRNs added from WL. 734 CASRNs directly added.	All CASRNs advanced to PL. 1 CASRN added from RL. 2 duplicate CASRNs removed.
Monomeric, polymeric, and organophosphate halogenated flame retardants (HFRs)	189 CASRNs added from PL.	189 CASRNs advanced to RL. 63 CASRNs added from WL. 1,119 CASRNs directly added. 4 duplicate CASRNs removed.	All CASRNs advanced to PL. 26 duplicate CASRNs removed.
Organotin compounds	No changes.	202 CASRNs added from WL.	All CASRNs advanced to PL.
Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances (PFAS)	32 CASRNs corrected.	31 CASRNs directly added.	13 duplicate CASRNs removed.
Phthalates (orthophthalates)	13 CASRNs added from PL.	13 CASRNs advanced to RL. 557 CASRNs directly added. 1 duplicate CASRN removed.	No changes.
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	No changes.	No changes.	No changes.
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	70 CASRNs added from PL.	70 CASRNs advanced to RL.	No changes.
Short-chain and medium-chain chlorinated paraffins	1 CASRN added from PL.	1 CASRN advanced to the RL.	No changes.
Toxic heavy metals	122 CASRNs added from PL.	122 CASRNs advanced to RL. 2476 CASRNs added from WL. 904 CASRNs directly added.	All CASRNs advanced to PL. 28 duplicate CASRNs removed.
Volatile organic compounds (VOCs) in wet-applied products*	No changes.	No changes.	No changes.
Wood treatments containing creosote or pentachlorophenol	No changes.	103 CASRNs directly added.	1 duplicate CASRN removed.
Cl-C4 halogenated hydrocarbons	No changes.	No changes.	344 CASRNs added.
Asphalt	No changes.	No changes.	2 CASRNs added.
Stoddard solvent	No changes.	No changes.	1 CASRN added.
Isocyanates	No changes.	No changes.	24 CASRNs added.
*Volatile organic compounds (VOCs) in on-site wet-applied products are not banned, but must have VOC levels below the South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) Rule 1168 for Adhesives and Sealants or the CARB 2007 Suggested Control Measure (SCM) for Architectural Coatings, as applicable.			

Şekil D.1: Kırmızı liste (Living Building, t.y.).

EK D2: Şeffaflık Listesi (Precautionary List)

Where it's Commonly Found

BUILDING PRODUCT	MASTER SPEC SECTIONS
Acoustical Ceiling Panels - Glass-Fiber-Based	09 50 00 – Acoustical Ceilings 09 51 00 – Acoustical Ceilings 09 51 13 – Acoustical Panel Ceilings 09 54 00 – Specialty Ceiling
Acoustical Ceiling Tile - Vinyl Laminated	09 51 00 – Acoustical Ceilings 09 51 13 – Acoustical Panel Ceilings
Acoustical Sealant	07 92 00 – Joint Sealants 09 29 00 – Gypsum Board
Batt or Blanket Insulation	07 21 00 – Thermal Insulation 07 21 13 – Board Insulation
Board & Foam Board Insulation	07 21 00 – Thermal Insulation 07 21 13 – Board Insulation
Casework - MDF & Composite Wood Components	12 30 00 – Casework 12 32 00 – Manufactured Wood Casework 12 32 16 – Plastic-Laminate-Clad Casework
Composite Wood - Adhesives & Binders	06 20 00 – Finish Carpentry 06 40 00 – Architectural Woodwork 06 41 00 – Architectural Wood Casework 06 42 00 – Wood Paneling 06 61 00 – Cast Polyer Fabrication 06 61 13 – Simulated Stone Fabrication 06 61 16 – Solid Surfacing Fabrications 12 50 00 – Furniture 12 60 00 – Multiple Seating (Assembly) 12 90 00 – Other Furnishings
Decorative Laminate - Adhesives & Binders	06 41 00 – Architectural Wood Casework 06 41 16 – Plastic-Laminate Clad Architectural Cabinets 06 42 00 – Wood Paneling 06 42 19 – Plastic-Laminate Faced Wood Paneling 06 65 00 – Plastic Simulated Wood Trim 12 50 00 – Furniture 12 51 00 – Office Furniture 12 52 00 – Seating

Şekil D.2: Şeffaflık listesi (Perkins & Will, t.y.).

EK D3: Beşikten Beşiğe Yasaklı Kimyasallar Listesi (cradle to cradle banned chemicals list)

SUBSTANCE	CAS #	COMMENTS
Metals		
Arsenic	7440-38-2	Restricted to maximum background concentration in soils
Chromium VI	18540-29-9	
Mercury	7439-97-6	
Cadmium	7440-43-9	
Lead*	7439-92-1	
Flame Retardants		
Hexabromocyclododecane	3194-55-6;	
Penta-BDE	32534-81-9	
Octa-BDE	32536-52-0	
Deca-BDE	1163-19-5	
Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs)	Several	
Tetrabromobisphenol A	79-94-7	
Tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate	13674-87-8	
Phthalates		
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	117-81-7	
Butyl benzyl phthalate	85-68-7	
Dibutyl phthalate	84-74-2	
Halogenated Polymers		
Polyvinyl chloride (PVC)	9002-86-2	
Polyvinylidenechloride (PVDC)	9002-85-1	
Chlorinated polyvinyl chloride (CPVC)	68648-82-8	
Polychloroprene	9010-98-4	
Polytetrafluoroethylene (PTFE)*	9002-84-0	

Şekil D.3: Beşikten beşiğe yasaklı kimyasallar listesi (MBDC LLC, t.y.).

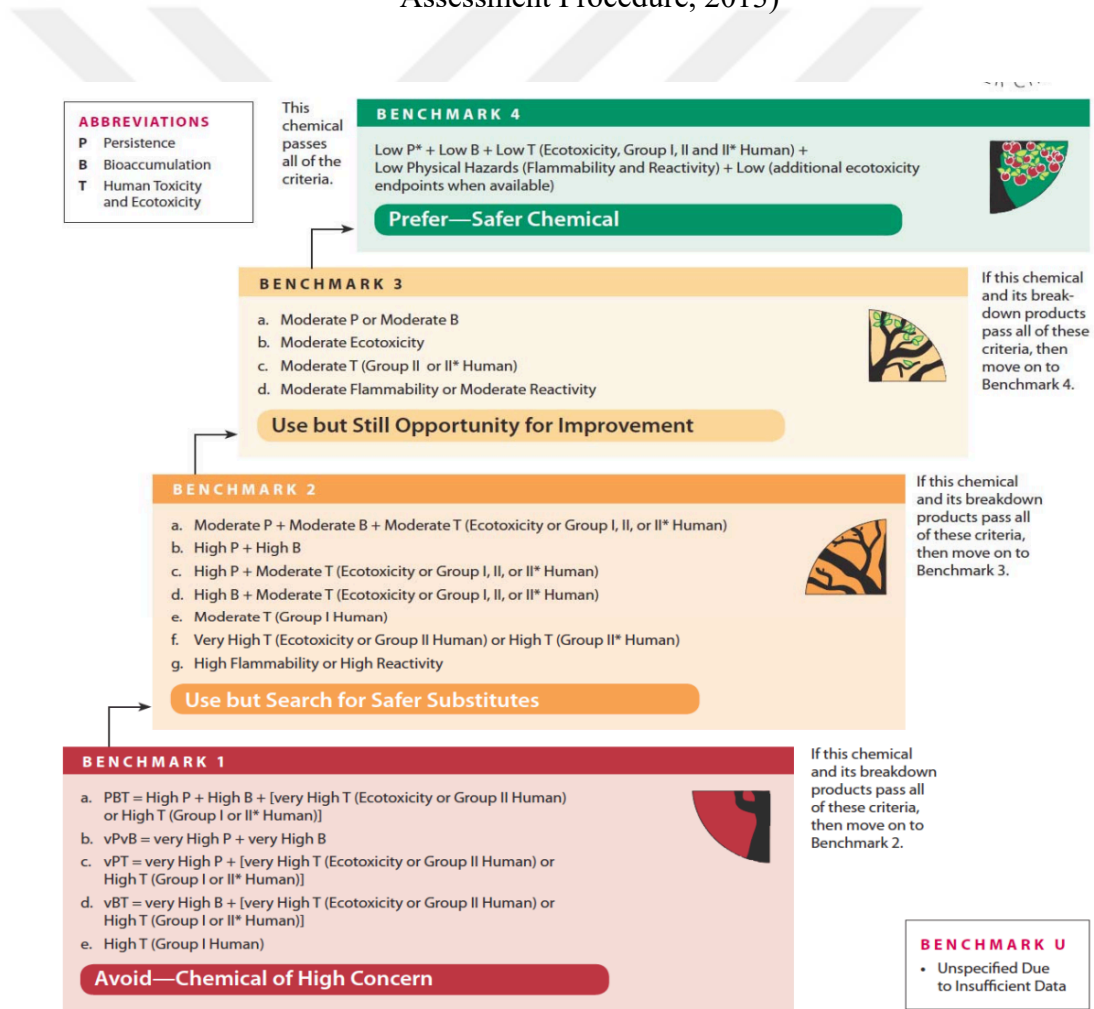
EK D4: Yeşilekran Risk Değerlendirmesi

Group I Human						Group II and II* Human								Ecotox		Fate		Physical	
C	M	R	D	E	AT	ST		N		SnS*	SnR*	IrS	IrE	AA	CA	P	B	Rx	F
						single	repeat*	single	repeat*										
DG	L	L	M	M	DG	L	L	M	M	L	L	L	L	L	L	vH	M	L	L

Abbreviations:

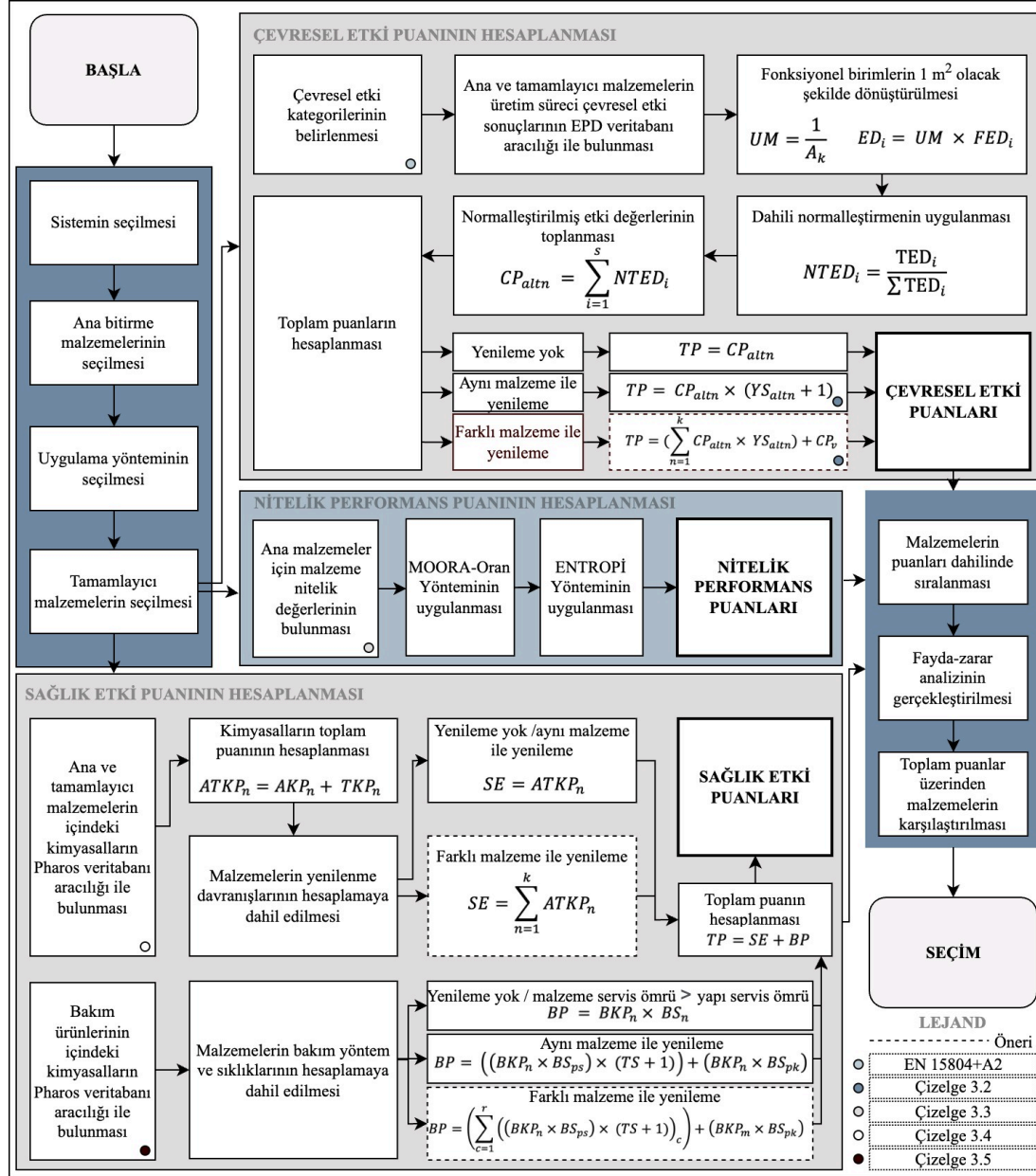
C = Carcinogenicity	SnR = Respiratory sensitization	SnS = Skin sensitization
M = Mutagenicity	IrS = Skin irritation	CA = Chronic aquatic toxicity
R = Reproductive Toxicity	IrE = Eye irritation	P = Persistence
D = Developmental Toxicity	AA = Acute aquatic toxicity	B = Bioaccumulation
E = Endocrine activity	ST = Systemic toxicity	Rx = Reactivity
AT = Acute mammalian toxicity	N = Neurotoxicity	F = Flammability

Şekil D.4: Tehlike kategorileri (Greenscreen® For Safer Chemicals Chemicalhazard Assessment Procedure, 2013)



Şekil D.5: Benchmark gösterimleri (Greenscreen® For Safer Chemicals Chemicalhazard Assessment Procedure, 2013).

EK E: İç Mekan Bitirme Malzemesi Seçim Modeli



Şekil E.1: Model akış şeması.

EK F: Pharos Veritabanında Bulunan Değerlendirme Görselleri

NAME	% WT PART	% WT WHOLE	FUNCTION	GREENSCREEN® SOURCES	
▼ Ceramic Tile Body	98.94%	98.94%	Body	BM-1	
Kaolin 1332-58-7	37.38%	36.98%	Body component	LT-UNK	
FELDSPAR 68476-25-5	31.06%	30.73%	Flux	LT-UNK	
Quartz 14808-60-7	8.72%	8.63%	Body component	BM-1	
Limestone 1317-65-3	8.31%	8.22%	Body component	BM-3dg	
Talc 14807-96-6	6.23%	6.16%	Body component	BM-1	
Aluminum oxide 1344-28-1	4.15%	4.11%	Body component	BM-2	
NEPHELINE SYENITE 37244-96-5	4.15%	4.11%	Flux	LT-UNK	
▶ Ceramic Tile Glaze	1.06%	1.06%	Glaze	BM-1	

Şekil F.1: Seramik karonun içindeki kimyasallar (Greenscreen® For Safer Chemicals Chemicalhazard Assessment Procedure, 2013).

All Hazards View

Q Add chemical...

Add from file...

Chemical	GREENSCREEN®	Group I Human					Group II and III Human										Ecotox			Fate		Physical		Mult	Non-GSLT			
		C	M	R	D	E	AT	ST	ST	N	N	SnS	SnR	IrS	IrE	AA	CA	ATB	P	B	Rx	F	PBT		GW	O	Other	
× Formaldehyde 50-00-0	BM-1	H	M	DG	M	M	vH	vH	H	vH	H	M	H	vH	vH	vH	H	-	vL	vL	M	H	vH	-	-	-	R	
× Benzene 71-43-2	BM-1	H	H	H	M	M	L	H	H	M	H	L	L	H	H	H	H	-	vL	vL	L	H	vH	-	-	-	R	
× 3-METHYLPENTANE 96-14-0	LT-P1	-	-	-	H-L	-	H	pC	-	M-L	VH-L	-	-	H	pC	pC	-	-	-	-	-	H	vH	-	-	-	R	
× 2-Ethyl-1-hexanol 104-76-7	BM-2	L	L	DG	M	DG	M	DG	L	DG	DG	L	DG	M	H	M	L	-	vL	vL	L	M	H	-	-	-	R	
× 1-ETHYL-4-METHYLBENZENE 622-96-8	LT-UNK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M	-	-	-	-	R	
× Benzyl 4-(benzyloxy)-3-methoxybenzoate 91203-74-6	NoGS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Şekil F.2: Kimyasalların insan sağlığına etkileri (Greenscreen® For Safer Chemicals Chemicalhazard Assessment Procedure, 2013).

EK G: Anket Çalışması

Bilgilendirilmiş Onam Formu

İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Seden Acun Özgünler ve doktora öğrencisi Nil Kokulu tarafından otel standart odalarında kullanılan yapı malzemeleri, bu malzemelerde gerçekleştirilen bakım-onarım ve yenileme faaliyetleri konusunda yürütülen araştırmaya katılımınız rica olunmaktadır. Bu çalışmada katılımınız tamamen gönüllülük esasına dayanır. Lütfen aşağıdaki bilgileri okuyunuz ve katılmaya karar vermeden önce anlamadığınız herhangi bir şey varsa çekinmeden sorunuz.

ÇALIŞMANIN ADI

Otel Standart Odalarında Kullanılan Bitirme Malzemelerine Yönelik Bir Araştırma

ÇALIŞMANIN AMACI

Bu anket; İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilimleri Doktora Programı'nda gerçekleştirilen doktora tez çalışmasına veri sağlamak üzere hazırlanmıştır.

PROSEDÜRLER

Bu çalışmaya gönüllü katılmak istemeniz halinde yürütülecek çalışmalar şöyledir:

OLASI RİSKLER VE RAHATSIZLIKLAR: Yanıtlar gizli tutulacak, yalnızca araştırma ekibinin erişimine açık olacaktır. Çalışma ile ilgili herhangi bir şikâyet, görüş veya soru olması durumunda anketi uygulayacak olan araştırmacının iletişim bilgileri anket içerisinde verilmiştir. Katılımcılar anketten istedikleri zaman çekilme hakkına sahiptir. Bu durumda, katılımcı ile ilgili toplanan tüm veriler veri tabanımızdan silinecektir ve veriler çalışmada kullanılmayacaktır. Tüm bu anlatılanlar ışığında, çalışmada herhangi bir risk ve rahatsızlık bulunmamaktadır.

TOPLUMA VE/VEYA DENEKLERE OLASI FAYDALARI: Anketten elde edilecek veriler ile, otel standart odalarında kullanılan malzemelere yönelik bilgi sahibi olunabilecek, ileride gerçekleştirilecek yeni otel tasarımlarında, oluşturulan veri tabanından yararlanılabilecektir. Otellerde uygulanan bakım-onarım ve yenileme faaliyetleri ile ilgili bilgi sahibi olunabilecek, doktora tez çalışması kapsamında oluşturulacak olan modelde bulgulara göre malzeme seçimi için bir yöntem geliştirilebilecektir. İleri vadede, otellerin malzeme seçimiindeki ekonomik kayıpları giderilebilecektir.

ONAM FORMU TALEP YÖNTEMİ:

☒ yazılı belge ☐ sözlü ☐ sesli kayıt ☐ görüntülü kayıt ☒ çevrimiçi onay

GİZLİLİK: Bu çalışmayla bağlantılı olarak elde edilen ve sizinle özdeşleşmiş her bilgi gizli kalacak, üçüncü kişilerle paylaşılmayacak ve yalnızca sizin izniniz ile ifşa edilecektir. Gizlilik, tanımlanmış bir kodlama prosedürüyle sağlanacak ve kod çözümüne erişim yalnızca çalışmanın sorumlusu araştırmacıyla sınırlı kalacaktır. Araştırma sonuçları tüm gizlilik ilkelerine uyularak sadece bilimsel çalışmalarda kullanılacaktır. Tüm veriler sınırlı erişime sahip güvenli ve şifreli bir veritabanında tutulacaktır.

KATILIM VE AYRILMA: Bu çalışmanın içinde olmak isteyip istemediğinize tamamen bağımsız ve etki altında kalmadan karar veriniz. Bu çalışmaya gönüllü olarak katılmaya karar vermeniz halinde dahi, sahip olduğunuz herhangi bir hakkı kaybetmeden veya herhangi bir cezaya maruz kalmadan istediğiniz zaman çekilebilirsiniz.

ARAŞTIRMACILARIN KİMLİĞİ: Bu araştırma ile ilgili herhangi bir sorunuz veya endişeniz varsa, lütfen iletişime geçiniz:

Nil Kokulu

İstanbul Teknik Üniversitesi

T: 0542 284 92 64

E: kokulu@itu.edu.tr

Yukarıda açıklanan prosedürleri anladım. Sorularım tatmin olacağım şekilde yanıtladı ve dilediğim zaman ayrılma hakkım saklı kalmak koşulu ile bu çalışmaya katılmayı onaylıyorum. Bu formun bir kopyası tarafıma verildi (lütfen işaretleyiniz) ☐

Şekil G.1: Anket çalışması.

Tarih:

Katılımcının Adı, Soyadı:

E-posta:

İletişim bilgilerimin diğer araştırmacıların benimle iletişime geçebilmesi için "ortak araştırma havuzuna" aktarılmasını (lütfen işaretleyiniz);

☐ Kabul ediyorum

☐ Kabul etmiyorum

Sorumlu Araştırmacı-Öğretim Üyesi

İmza

(Lisansüstü Tez Danışmanı):

Prof. Dr. Seden Acun Özgünler

Yardımcı Araştırmacı

İmza

(Lisansüstü Tezi Yürüten Öğrenci):

Nil Kokulu

Şekil G.1 (devamı): Anket çalışması.

ANKET İÇİN BİLGİLENDİRME

Ankette 10 soru bulunmaktadır ve anket, toplamda 10 dakikada cevaplandırılmaktadır.

Sizlere sorulan soruların doğru ya da yanlış cevapları yoktur. Soruları cevaplarken, hepsini okuyarak, boş bırakmadan cevaplandırmanız, samimi ve dürüst olmanız araştırma sonuçları için oldukça önemlidir ve araştırmanın güvenilir olmasına katkıda bulunacaktır.

Eğer araştırmanın sonuçlarıyla ilgileniyorsanız 01.11.2023 tarihinden itibaren araştırmacıyla iletişime geçebilirsiniz.

Katılımınız, ilgi ve yardımlarınız için teşekkür ediyoruz.

Bitirme malzemeleri: Duvar, döşeme ve tavanda kullanılan ahşap, boya, sıva, mermer, duvar kâğıdı gibi son kat malzemelerdir.

Bakım: Malzemede meydana gelebilecek hasarı önlemek ve malzemenin kullanım ömrünü uzatmak için yapılan rutin çalışmalardır. Bu çalışma kapsamında oda içerisinde gerçekleştirilen temizlik; bakım olarak adlandırılmaktadır.

Onarım: Bir malzeme bozulduğunda, hasar gördüğünde veya işlevini yerine getiremediğinde yapılan çalışmalardır.

Yenileme: Kullanılamaz hale gelen, eskimiş olan ya da farklı herhangi bir sebepten ötürü, malzemelerin yenisiyle değiştirilmesi işlemidir.

Mineral kaplama: Ana malzemesi cam yünü ya da taş yünü olan, yüzeyinde kumaşın kullanılabildiği bitirme malzemesidir.

Organik kaplama: Muz, hindistan cevizi gibi doğal ürünlerin atıklarından oluşturulan kaplamalardır.

Ana malzeme örnekleri	Tamamlayıcı malzeme örnekleri
Duvar kâğıdı	Yapıştırıcı
Doğal taş	Harç
Boya	Sıva
Seramik	Derz

ÖNEMLİ NOT: Standart odalarda bulunan banyoların içindeki bitirme malzemeleri, bu çalışma kapsamına girmemektedir. Soruları cevaplarken lütfen banyoların dışında kalan alanlar ile ilgili cevap veriniz.

Şekil G.1 (devamı): Anket çalışması.

1. Çalıştığınız otelin ismi nedir? Lütfen yazınız.

2. Çalıştığınız otel kaç yıldızlı? Lütfen işaretleyiniz.

☐ Yıldız yok ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

3. Kaç senedir bu sektörde görev yapıyorsunuz? Lütfen işaretleyiniz.

☐ 1-5 ☐ 6-11 ☐ 12-17 ☐ 18-23 ☐ 24 ve üzeri

4. Firmada hangi departmanda görev yapmaktasınız? Lütfen işaretleyiniz.

☐ Ön büro ☐ Satış ve pazarlama ☐ Teknik servis ☐ Yönetim
☐ Yiyecek & içecek ☐ Muhasebe ☐ Bilgi Teknolojisi (IT) ☐ Diğer (lütfen belirtiniz)
☐ Kat hizmetleri ☐ İnsan kaynakları ☐ Güvenlik

5. Çalıştığınız otelin yalnızca standart odalarında kullanılan bitirme malzemelerini seçiniz. Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz.

DUVAR

☐ Doğal taş kaplama (1) ☐ Seramik kaplama (5) ☐ Duvar kâğıdı (9) ☐ Mantar kaplama (13)
☐ Yapay taş kaplama (2) ☐ Plastik kaplama (6) ☐ Sıva (10) ☐ Organik kaplama (14)
☐ Ahşap kaplama (3) ☐ Alçı kaplama (7) ☐ Boya (11) ☐ Diğer (15) (lütfen belirtiniz)
☐ Metal kaplama (4) ☐ Cam kaplama (8) ☐ Kompozit kaplama (12)

DÖŞEME

☐ Doğal taş kaplama (16) ☐ Seramik kaplama (19) ☐ Mantar kaplama (22) ☐ Diğer (25) (lütfen belirtiniz)
☐ Yapay taş kaplama (17) ☐ PVC kaplama (20) ☐ Halı kaplama (23)

TAVAN

☐ Asma tavan varsa, işaretleyiniz.
☐ Alçı kaplama (26) ☐ Ahşap kaplama (28) ☐ Plastik kaplama (30) ☐ Cam kaplama (32)
☐ Metal kaplama (27) ☐ Mineral kaplama (29) ☐ Seramik kaplama (31) ☐ Diğer (33) (lütfen belirtiniz)
.....

Şekil G.1 (devamı): Anket çalışması.

6. a) Standart odalarda kullanılan 5. soruda seçtiğiniz bitirme malzemeleri için BAKIM (TEMİZLİK) yöntemlerini işaretleyiniz (TABLO 1). Malzeme numaraları; 5. soruda her malzemenin yanında bulunmaktadır.

TABLO 1	Temizlik Ürünü	MALZEME NUMARASI																																				
		Duvar															Döşeme										Tavan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33				
KURU YÖNTEM	Toz bezi																																					
	Elektrikli süpürge																																					
	Diğer.....																																					
ISLAK YÖNTEM	Bez																																					
	Sünger																																					
	Mop-paspas																																					
KİMYASAL YÖNTEM	Diğer.....																																					
	Koku																																					
	Dezenfektan																																					
	Cila																																					
	Çözücü																																					
	Deterjan																																					
	Diğer.....																																					

- b) Malzemelerin BAKIM (TEMİZLİK) sıklığını rakamla giriniz (TABLO 2). Örneğin: Halı kaplama (23), haftada 2 kez. Malzeme numaraları; 5. soruda her malzemenin yanında bulunmaktadır.

TABLO 2	Bakım (Temizlik) Sıklığı	MALZEME NUMARASI																																					
		Duvar															Döşeme										Tavan												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33					
KURU YÖNTEM	Gün																																						
	Hafta																																						
	Ay																																						
	Yıl																																						
	Bakım yok																																						
ISLAK YÖNTEM	Gün																																						
	Hafta																																						
	Ay																																						
	Yıl																																						
	Bakım yok																																						
KİMYASAL YÖNTEM	Gün																																						
	Hafta																																						
	Ay																																						
	Yıl																																						
	Bakım yok																																						

Şekil G.1 (devamı): Anket çalışması.

7. a) Standart odalarda kullanılan 5. soruda seçtiğiniz bitirme malzemeleri için ONARIM ve YENİLEME yöntemlerini işaretleyiniz (TABLO 3). Malzeme numaraları; 5. soruda her malzemenin yanında bulunmaktadır. Ana malzeme örneği: duvar kâğıdı, Tamamlayıcı malzeme örneği: duvar kâğıdı yapıştırıcısı.

TABLO 3		Yöntem	MALZEME NUMARASI																															
			Duvar															Döşeme										Tavan						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
ONARIM		Yalnızca ana malzeme																																
		Yalnızca tamamlayıcı malzeme																																
		Ana + tamamlayıcı malzeme																																
		Yöntem	MALZEME NUMARASI																															
			Duvar															Döşeme										Tavan						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
YENİLEME	ESKİ KAPLAMAYI SÖKMEYEN ÜZERİNE YENİ KAPLAMA UYGULAMA	Aynı malzeme ile																																
		Farklı malzeme ile																																
	ESKİ KAPLAMAYI SÖKEREK YENİ KAPLAMA UYGULAMA	Aynı malzeme ile																																
		Farklı malzeme ile																																

- b) Malzemelerin onarım ve yenileme sıklığını rakamla giriniz (TABLO 4). Örneğin: Halı kaplama (23), 5 yılda 1. Malzeme numaraları; 5. soruda, her malzemenin yanında bulunmaktadır.

TABLO 4	Sıklık	MALZEME NUMARASI																																
		Duvar														Döşeme										Tavan								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
ONARIM	Kaç ayda 1																																	
	Kaç yılda 1																																	
	Onarım yok																																	
YENİLEME	Kaç ayda 1																																	
	Kaç yılda 1																																	
	Yenileme yok																																	

Şekil G.1 (devamı): Anket çalışması.

8. Malzemelerin yenilenme nedenini işaretleyiniz.

☐ İhtiyaç dahilinde yenileme

☐ Diğer

☐ Modayı takip etmek için yenileme

.....

9. Yenileme sırasında otelinizde depoda bulunan, kullanılmayan bitirme malzemelerini standart odalarda değerlendiriyor musunuz?

☐ Evet

☐ Hayır

10. Yenileme faaliyetlerini genellikle hangi ayda/ aylarda yapıyorsunuz?

☐ Ocak

☐ Nisan

☐ Temmuz

☐ Ekim

☐ Şubat

☐ Mayıs

☐ Ağustos

☐ Kasım

☐ Mart

☐ Haziran

☐ Eylül

☐ Aralık

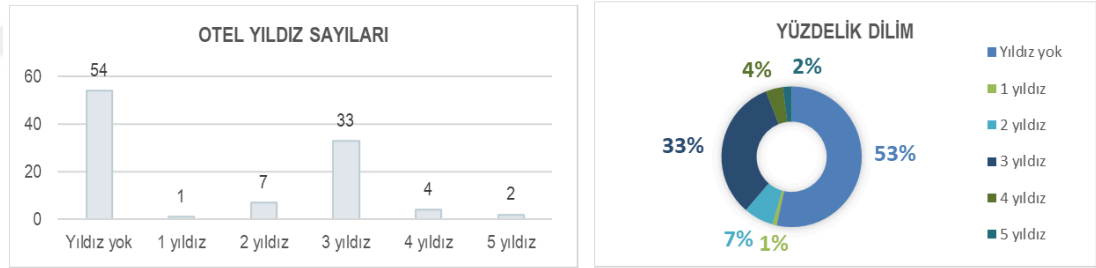
İsterseniz araştırma ile ilgili fikir veya önerilerinizi bu bölüme yazabilirsiniz. Teşekkür ederiz.

Şekil G.1 (devamı): Anket çalışması.

EK H: Anket Sonuçları

OTEL İSİMLERİ						
Acropolis Beach	Beyaz Melek Apart	Furkan Homes	Kristal	Meyde Boutique & Suites	Royal Loft Suit	Uygulama
Ada Apart	Beyond	Golden Orange	La Cactus Butik	Mic Royal	S White	Vienna
Af-ra	Blue Garden	Grand Lavin	Lavin Garden	Mustang Suite	Santa Marina	Vienna Apart
Afşin	Bodensee	Güden Pearl Apart	Leaf Port	My New	Sare beach	Villa Granada
Akçahan	Casa de Sirena Apart	Gülizar	Lemon	NFK The House	Sava	Vista Family
Ale Park	Cemre	Gündüz	Lisva	Opera Park	Sealife Lounge	Volikii
Alp Inn	Citrus Park	Harrington Park	Loft 85 Apart	Opera Suites	Send Apart	Volikii Apart
Anatolian Homes	Corner Park	Kalkas	Luna Apart	Öz Mert	Serenity Suit	White Country
Aspendos Extra	Cyole Trend	Kartal	Luna Suite	Pacco	Style Suite	Yelken Apart
Ataer	Deniz	Kent	Lunay	Pearly	The Room	Zel
Babil Butik	Der Inn	Khan's B&B	Mango Suites	Pukka	The Suites Apart	Zeynel
Basel	Erdem	Kolibry	Maya Apart	Rega	Trend Park	
Beetle House Coffee	Europa	Konyaaltı	Megasaray Westbeach	Rodinn Park	Tunalı Apart	
Behram	Eva Butik	Konyaaltı Homes	Melles	Roma Residence Apart	Tut	
Benna	Far Life	Köprübaşı Aile Apart	Meltem	Royal Hill	Türkey	

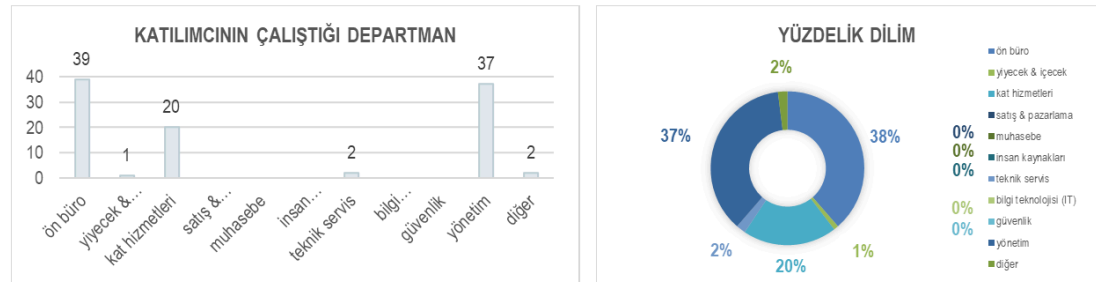
Şekil H.1: Ankete katılan otellerin listesi.



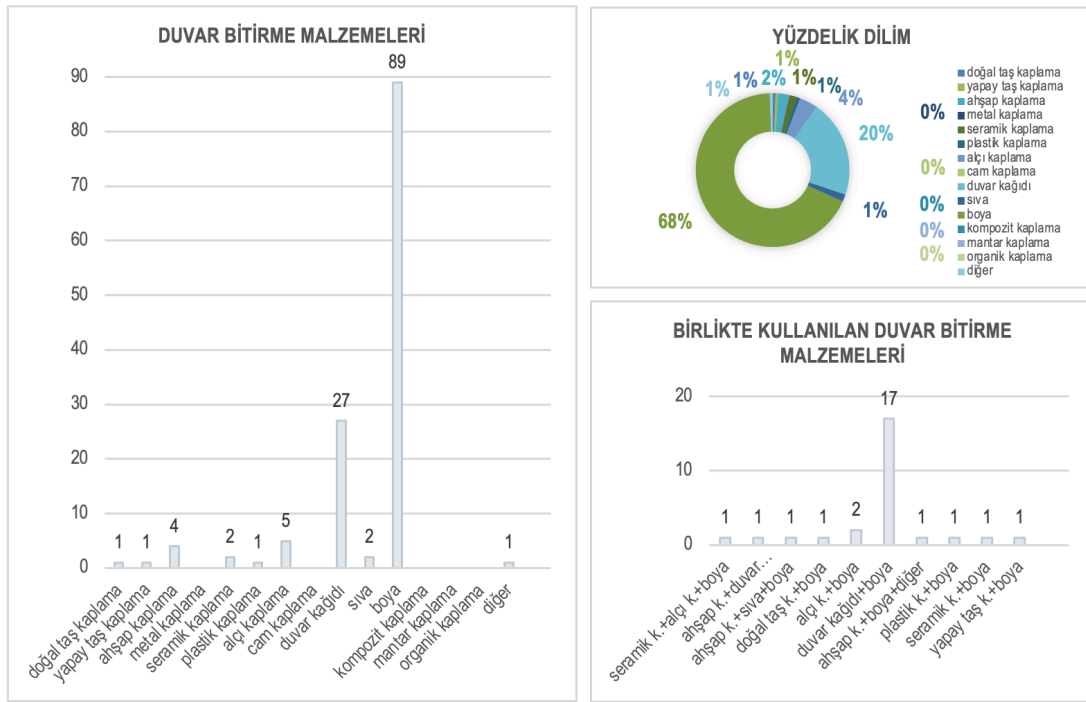
Şekil H.2: Otellerin hizmet dereceleri.



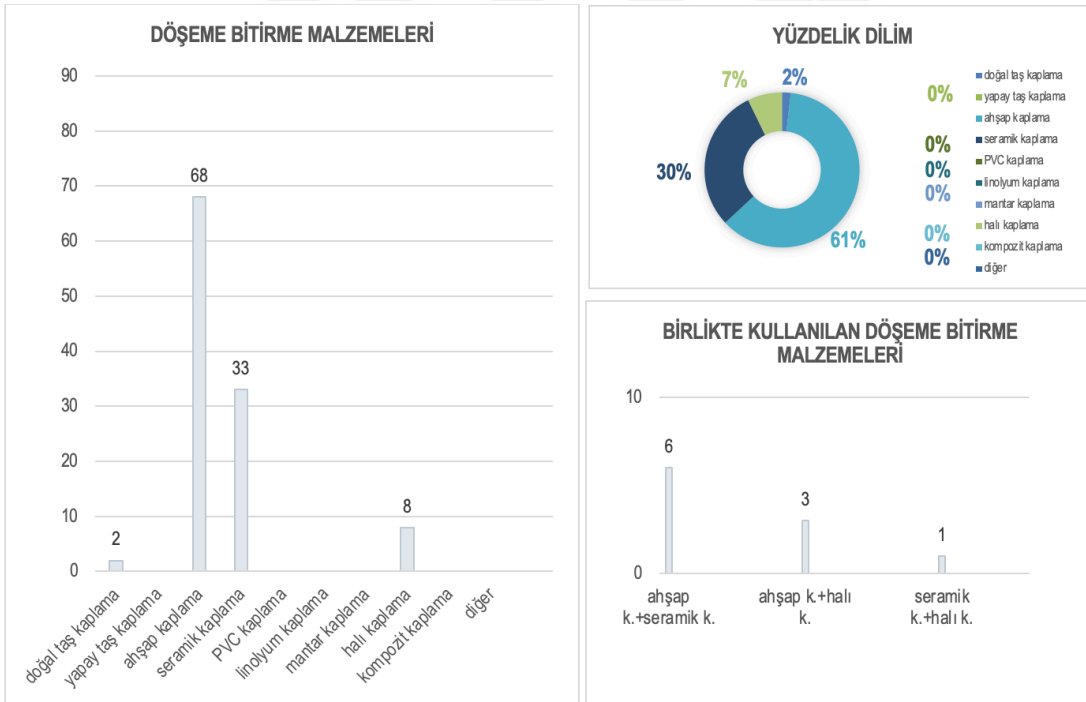
Şekil H.3: Anket katılımcılarının sektörde görev yapma süresi.



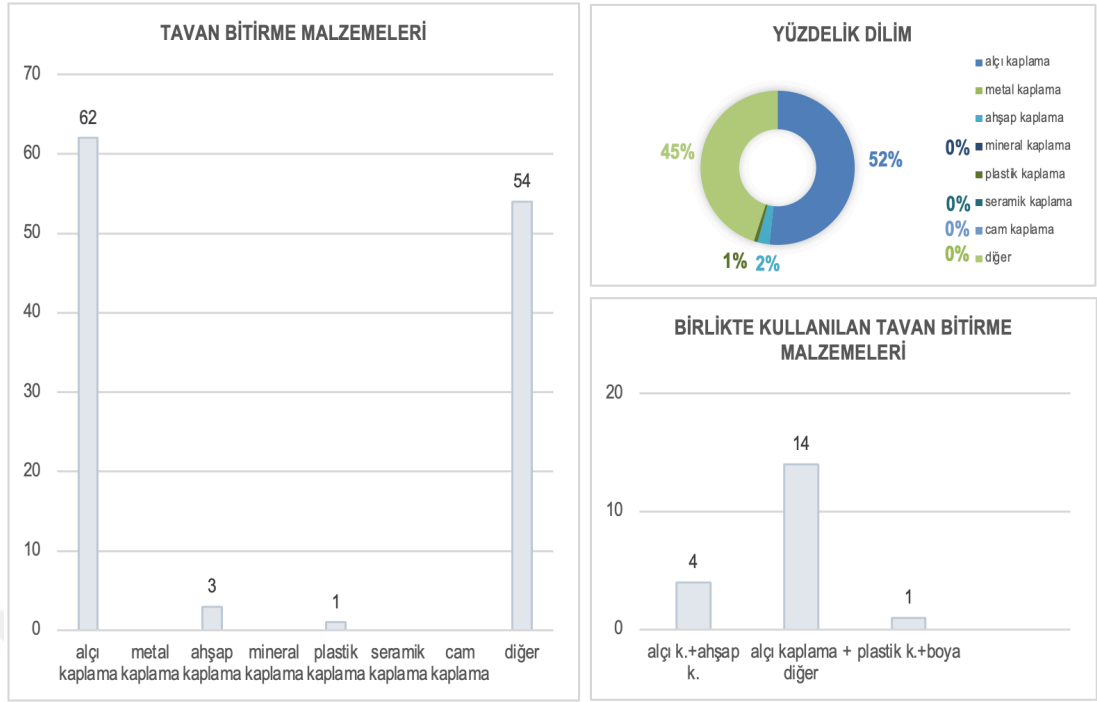
Şekil H.4: Anket katılımcılarının çalıştığı departman.



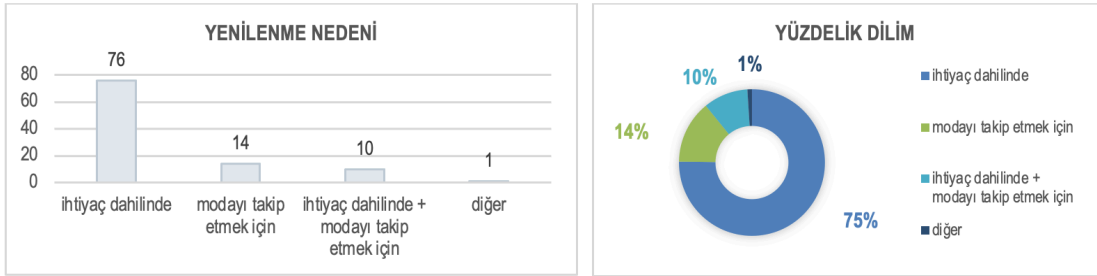
Şekil H.5: Otel yatak odalarında kullanılan duvar bitirme malzemeleri.



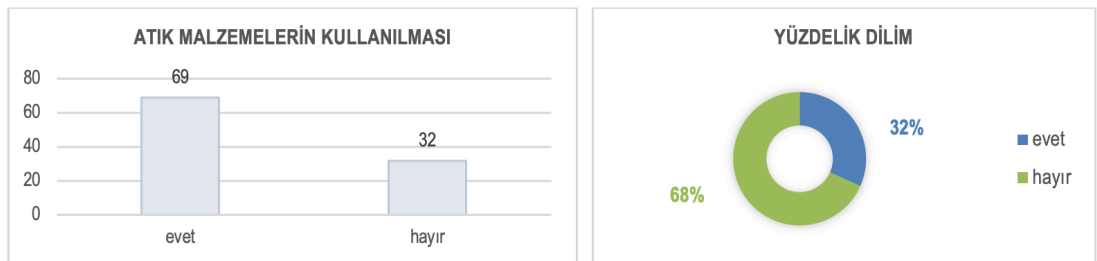
Şekil H.6: Otel yatak odalarında kullanılan döşeme bitirme malzemeleri.



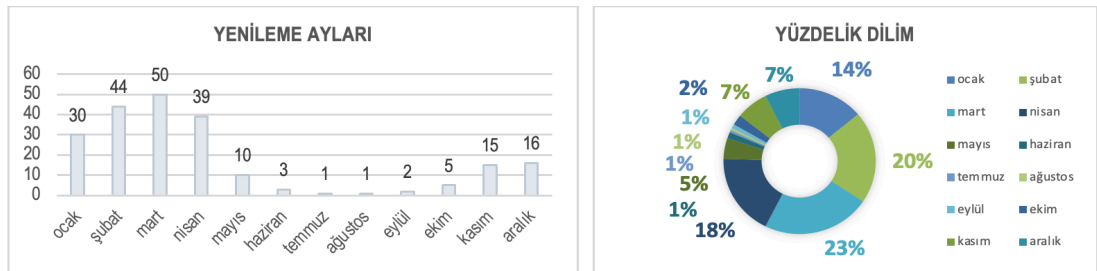
Şekil H.7: Otel yatak odalarında kullanılan tavan bitirme malzemeleri.



Şekil H.8: Bitirme malzemelerinin yenilenme nedenleri.



Şekil H.9: Atık bitirme malzemelerinin yeniden kullanılması.



Şekil H.10: Yenilemenin gerçekleştirildiği aylar.

Çizelge H.1: Bitirme malzemelerinin bakım yöntemleri.

Bakım Yöntemi/ Malzeme		MALZEME NUMARASI																																		
		Duvar															Döşeme										Tavan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	#	#	27	28	29	30	31	32	33		
KURU YÖNTEM	Toz bezi			x				x		x	x					x				x	x						x		x							x
	Elektrikli süpürge																x			x	x				x											
	Diğer.....							x			x								x	x							x				x				x	
ISLAK YÖNTEM	Bez	x	x	x		x	x	x		x		x				x											x		x						x	
	Sünger									x																									x	
	Mop paspas																x		x	x				x												
	Diğer.....																							x			x									
KİMYASAL YÖNTEM	Koku	x						x		x	x						x		x	x				x			x		x						x	
	Dezenfektan			x				x		x	x								x	x				x			x		x							
	Cila									x	x										x															
	Çözücü					x				x	x								x	x																
	Deterjan			x		x				x	x						x	x		x	x				x			x		x						
	Diğer.....						x	x		x							x																			

Çizelge H.2: Bitirme malzemelerinin bakım sıklıkları.

Bakım Sıklığı /Malzeme		MALZEME NUMARASI																																	
		Duvar															Döşeme										Tavan								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	#	#	27	28	29	30	31	32	33	
KURU YÖNTEM	Gün																																		
	Hafta								2								2																		
	Ay																		2	2											1			1	
	Yıl	1						5			1					1								6			1		2						
	Bakım yok																																		
ISLAK YÖNTEM	Gün																																		
	Hafta		1																								1								
	Ay	1		2		1		2			1					1		2	2				5					1					1		
	Yıl						1			4	1					1																			
	Bakım yok																																		
KİMYASAL YÖNTEM	Gün																																		
	Hafta																																		
	Ay	1						2								1																			
	Yıl			1		1	1			4	1						2		1	1				4			1		1					2	
	Bakım yok																																		

Çizelge H.3: Bitirme malzemelerinin onarım yöntemleri.

Onarım yöntemi/ Malzeme		MALZEME NUMARASI																																
		Duvar															Döşeme										Tavan							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	#	26	27	28	29	30	31	32	33
ONARIM	Yalnızca ana malzeme							x		x	x	x															x							
	Yalnızca tamamlayıcı malzeme							x												x														
	Ana + tamamlayıcı malzeme	x	x					x		x		x					x		x	x							x							x

Çizelge H.4: Bitirme malzemelerinin onarım sıklıkları.

Onarım sıklığı/ Malzeme		MALZEME NUMARASI																																
		Duvar															Döşeme										Tavan							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	#	26	27	28	29	30	31	32	33
ONARIM	Kaç ayda 1								6	6	6																							
	Kaç yılda 1	1	1				1									3		2	3							5							2	
	Onarım yok			x		x	x								x								x					x		x				

Çizelge H.5: Bitirme malzemelerinin yenileme yöntemleri.

Yenileme Yöntemi/ Malzeme		MALZEME NUMARASI																																
		Duvar															Döşeme										Tavan							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
ESKİ KAPLAMAYI SÖKMEĞEN ÜZERİNE YENİ KAPLAMA UYGULAMA	Aynı malzeme ile								x	x	x																							
	Farklı malzeme ile										x																							
ESKİ KAPLAMAYI SÖKEREK YENİ KAPLAMA UYGULAMA	Aynı malzeme ile	x		x			x	x		x	x	x					x		x	x														
	Farklı malzeme ile		x					x				x							x	x														x

Çizelge H.6: Bitirme malzemelerinin yenileme sıklıkları.

Yenileme Sıklığı/ Malzeme	MALZEME NUMARASI																																
	Duvar															Döşeme										Tavan							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Kaç ayda 1																																	
Kaç yılda 1	10	15	4			17	32		50	24	50					3		26	10														50
Yenileme yok																																	

BAŞLA

Sistemin seçilmesi

Duvar Döşeme Tavan

Ana birime malzemelerin seçilmesi

Alt₁ Alt₂ Alt₃

Uygulama yönteminin seçilmesi

U₁ U₂ U₃ U₄

U₅ U₆ U₇ U₈

U₉ U₁₀ U₁₁ U₁₂

Tamamlayıcı malzeme gerekli mi?

Hayır

Evet

Tamamlayıcı birime malzemelerin seçilmesi

T₁ T₂ T₃ T₄

T₅ T₆ T₇ T₈

T₉ T₁₀ T₁₁ T₁₂

3

Ana ve tamamlayıcı malzemelerin içindeki kimyasalların Pharos veritabanı aracılığı ile bulunması

Kimyasalların toplam puanının hesaplanması

Yenileme isteniyor mu?

Evet

Yenileme aynı malzeme ile mi yapıyor?

Hayır

Yenileme dikkate alınmaz

Farklı malzeme ile yenileme puanlarının hesaplanması

Kullanım puanları

SEÇİM

Toplam puanlar üzerinden malzemelerin karşılaştırılması

Fayda-zarar analizinin gerçekleştirilmesi

Malzemelerin puanları dahilinde sıralanması

ETKİ KATEGORİSİ

iklim değişikliği_fosil

iklim değişikliği_biyojenik

iklim değişikliği_arazi kullanımı ve arazi kullanımı değişimi

ozon tabakasının incelmesi

asitleşme

ötrofikasyon_tatlı su

ötrofikasyon_deniz

ötrofikasyon_karasal

fotokimyasal sis oluşumu

abiyotik kaynakların tükenmesi_mineraller ve metaller

abiyotik kaynakların tükenmesi_fosil yakıtlar

su kullanımı

BİRİM

kg CO₂ eq.

kg CO₂ eq.

kg CO₂ eq.

kg CFC 11 eq.

mol H⁺ eq.

kg N eq.

mol N eq.

kg NMVOC eq.

kg Sb eq.

MJ, net calorific value

m³ world eq. deprived

Çevresel etki kategorilerinin belirlenmesi

Ana ve tamamlayıcı malzemelerin üretim süreci çevresel etki sonuçlarının EPD veritabanı aracılığı ile bulunması

Fonksiyonel birimlerin 1 m² olacak şekilde dönüştürülmesi

Dahili normalleştiriminin uygulanması

Normalleştirilmiş etki değerlerinin toplanması

NİTELİKLER

Ank üretimi

Kaynak kullanımı

Niteliği içgüçü

Yapım maliyeti

Yapım süresi

Bakım-onarım maliyeti

Kullanıcıya bağlı nitelikler

Servis ömrü

Damlı/tanecik oluşturma

Duman oluşturma

Yanıcılık sınıfı

Yangına dayanım süresi

Işık geçirgenliği

Işık yansıma

Yürüme güvenliği

Ses iletimi

Ses yutuculuk

Isı geçirgenlik direnci

Isı biriktirme kapasitesi

Isı iletkenlik katsayısı

Isı genleşme

Ağırlama dayanımı

Basma dayanımı

Cekme dayanımı

Darbe dayanımı

Eğilme dayanımı

Sertlik

BEKLENTİ

dişük

dişük

opsiyonel

dişük

dişük

yüksek

yüksek

dişük

dişük

opsiyonel

opsiyonel

yüksek

yüksek

yüksek

yüksek

opsiyonel

opsiyonel

opsiyonel

opsiyonel

yüksek

yüksek

yüksek

yüksek

yüksek

MOORA-Oran Yönteminin uygulanması

Ağırlıklandırma isteniyor mu?

Evet

Entropi Yönteminin uygulanması

NİTELİK PERFORMANS PUANLARI

SAĞLIK ETKİ PUANLARI

Toplam puanların hesaplanması

Yenileme isteniyor mu?

Evet

Yenileme aynı malzeme ile mi yapıyor?

Hayır

Farklı malzeme ile yenileme puanlarının hesaplanması

Bakım puanları

Toplam puanların hesaplanması

Malzemelerin puanları dahilinde sıralanması

Fayda-zarar analizinin gerçekleştirilmesi

Toplam puanlar üzerinden malzemelerin karşılaştırılması

LEJAND

—— Kullanıcının etkin olduğu alanlar

----- Yazılımın etkin olduğu alanlar

227



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : NİL KOKULU

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Bahçeşehir Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yükseklisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2011 yılında Uffizi degli Mauro Alpini, Montevarchi, İtalya’da üç ay staj yaptı. Bu staj sırasında oluşturduğu proje, 2012 Venedik Mimarlık Bienali’nde sergilendi.
- 2012 yılında Polimeks İnşaat’ta çalıştı.
- 2015 yılında Tabanlıoğlu Mimarlık’ta çalıştı.
- 2013-2016 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Bölümü’nde yüksek lisansını tamamladı.
- 2018 yılında Antalya Bilim Üniversitesi’nde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı.
- 2024 yılında Tiago do Vale Arquitectos, Portekiz’de üç ay staj yaptı.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Kokulu, N., Acun Özgünler, S.** 2023. An Investigation On The Maintenance, Repair, And Renovation Behaviours of Finishing Materials Used In Hotel Bedrooms, *III. International Architecture Symposium*, December 11-12, 2023 Diyarbakır, Türkiye.
- **Kokulu, N., Acun Özgünler, S.** 2023. Investigation Of Methods and Studies For Determining The Material Selection Criteria With Low Environmental Impact In Hotel Buildings, *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 8(1), 25-37.
- **Kokulu, N., Acun Özgünler, S., Edis, F. E., Karaman Öztaş, S.** 2024. An LCIA-Based Model Proposal for The Selection of Building Interior Finishing Materials, *Heritage and Sustainable Development*, 6(1), 379–394.
- **Kokulu, N. & Acun Özgünler, S.** 2022. Environmental Impact Assessment Models for the Selection of Building Products. In M. Dal & G. Dinç. (Eds.). *Architectural Sciences and Building & Construction*. (1-26). ISBN: 978-625-8213-89-8. Ankara: Iksad Publications.